

УДК 574.2:594.117(265.54)

ПИТАНИЕ И РОСТ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ДОННЫХ ОСАДКОВ

© 2006 г. А. В. Силина, Н. В. Жукова

Институт биологии моря ДВО РАН, 690041 Владивосток, ул. Пальчевского, 17

E-mail: allasilina@mail.ru, nzjukova35@list.ru

Поступила в редакцию 10.10.2005 г.

Были сравнены две части популяции гребешка *Mizuhopecten yessoensis*, обитающей на участках с различающимся грунтом в открытой бухте зал. Петра Великого Японского моря. Установлено, что гребешки с заиленного участка росли медленнее, чем гребешки с песчаного участка, несмотря на большее количество и доступность пищи для гребешка на заиленном участке. Пищевые источники гребешка были определены на основании метода биомаркеров – жирных кислот. Анализ данных по составу жирных кислот гребешка показал, что основным источником пищи приморского гребешка служат диатомовые водоросли, флагеллаты и личинки беспозвоночных. Бентосные бактерии составляли незначительный вклад в пищу моллюска. Состав потребленной гребешком пищи мало варьировал на различных грунтах. Наиболее вероятно, что пониженная концентрация кислорода, высокая взмучиваемость мелкозернистых частиц грунта, обогащенного мертвым органическим веществом, а также повышенное содержание загрязнителей, накапливающихся в иле – главные причины уменьшения скорости роста гребешка на заиленных участках.

Для бентосной эпифауны структура донных осадков – важная характеристика среды (Nilsson, Rosenberg, 2000; Thrush *et al.*, 2003). Тип осадков влияет на обилие и качество пищи для бентосных организмов, что не может не сказаться на росте донных животных (Grizzle, Lutz, 1988; Lenihan, 1999). Гранулометрический состав грунта определяет многие физико-химические параметры, как осадков, так и придонного слоя воды (Peddicord, 1977; Spies, 1989). Исследование влияния типа донных осадков на питание и рост бентосных беспозвоночных в природных условиях обычно затруднено комплексным воздействием различных факторов среды на организмы. Для морских пойкилотермных организмов наиболее важными факторами являются температура и соленость воды, а также скорость течения (MacDonald, Thompson, 1985, 1986; Laing 2000). Поэтому, для того чтобы минимизировать последствия варьирования в скорости роста и питания, обусловленного воздействием этих факторов на животных, проведено сравнение исследуемых процессов в одной и той же бухте, но на участках с разной степенью заиленности донных осадков.

Целью исследования было сравнение темпов роста и пищевых источников подвижного бентосного приморского гребешка *Mizuhopecten (=Patinopecten) yessoensis* на участках с различающимся типом грунта, а также выяснение причин вариабельности питания и роста гребешка при различающихся абиотических условиях, зависящих от степени заиленности грунта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Популяцию гребешка в бух. Сивучья зал. Петра Великого (северо-западная часть Японского моря) изучали в августе 2003 г. Выборки из популяции брали с двух участков. Участок 1 располагался на песчаном грунте (глубина 8–10 м), а участок 2 – на заиленном песке (глубина 12–14 м). Гребешки с данных участков не смешивались из-за особенностей донного рельефа между изучаемыми участками. Для сравнения определены характеристики и участка из сильно заиленной центральной части бухты (участок 3, глубина 16 м), где гребешки не были найдены.

Изучаемые участки бухты практически не отличаются по таким параметрам среды как температура, соленость, направление и скорость течения. Так, в 1996–1999 гг. температура придонного слоя воды в течение года изменялась от –1.8 до 16.9–19.3°C и от –1.8 до 16.5–18.7°C на участках 1 и 2 соответственно (Moshchenko *et al.*, 2001; данные авторов). Таким образом, различия в средней температуре не были физиологически существенны для изучаемого вида гребешков (Силина, 1983; Силина, Позднякова, 1986). Годовые колебания солености придонной воды на обоих участках незначительные: от 32.4 до 33.8‰, т.е. практически оптимальные для гребешка (Силина, Позднякова, 1986). Направление и скорость течений, вызванных ветровой и приливо-отливной активностями вод, значительно варьируют в исследуемой открытой бухте на глубине 0–15 м, от 3–8 до 20–30 см/с (Vanin *et al.*, 2000; Moshchenko *et*

al., 2001). В бух. Сивучья концентрация фитопланктона в толще воды невысока, до 800 тыс. клеток на литр (кл./л) (в августе). Доминируют диатомовые водоросли, составляя более 80% от общего количества фитопланктона (Orlova et al., 2001).

Для определения гранулометрического состава донных осадков на каждом участке брали по пять проб грунта с интервалом в 5 м глубиной 0–2 см. Грунт высушивали и просеивали через сита с ячейей 0.1, 0.25, 0.5 и 1.0 мм. Распределение долей осадка с соответствующим диапазоном размера частиц было выражено в процентах от общего сухого веса пробы. Дополнительно был исследован поверхностный слой донного осадка участка 3 из сильно заиленной центральной части бухты.

Для каждой выборки гребешка определяли ее возрастную структуру. Возраст и линейный рост каждой особи были определены по микроскульптуре внешней поверхности его верхней створки согласно методу, предложенному ранее (Силина, 1978; Silina, 1996). Этот метод основан на способности приморского гребешка формировать в разные сезоны различающиеся по виду и ширине микрокольца на поверхности раковины. По количеству участков раковины (колец), образованных в летнее время года, возможно определение индивидуального возраста гребешка, а измерения высоты раковины от ее вершины до каждого из годовых колец предоставляют ретроспективные данные по линейному росту изучаемой особи.

После проверки выборок на нормальность распределения с помощью метода Стьюдента для каждого возраста были проведены сравнения линейных и весовых параметров гребешков, отобранных с изучаемых участков. Критерий значимости был <0.05.

Для изучения питания гребешка применили метод биохимических маркеров, в качестве которых использовали жирные кислоты (Sargent, Whittle, 1981). По составу жирных кислот многие микроорганизмы различаются между собой, а также отличаются от растений и животных. Животные обладают ограниченной способностью к синтезу жирных кислот и значительную их часть получают из пищи. Поэтому состав пищи отражается на составе жирных кислот животных (Howell et al., 2003). Преимущество метода биохимических маркеров по сравнению с традиционным анализом содержимого желудка состоит в том, что анализ жирных кислот позволяет ответить на вопрос, что именно было усвоено животным, т.е. что является для него пищей.

Для определения источников пищи гребешка анализировали жирные кислоты пищеварительной железы и мягких тканей моллюска и его потенциальных источников пищи: планктона и микропланктона (сестон) из придонного слоя (наил-

Таблица 1. Гранулометрический состав донных осадков в местах отбора проб приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*, % от сухого осадка (бух. Сивучья зал. Петра Великого, Японское море)

Размер частицы, мм	Участок		
	1	2	3
>1.0	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.2
0.5–1.0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
0.25–0.5	33.7 ± 2.5	13.7 ± 1.0	9.0 ± 0.9
0.1–0.25	61.2 ± 3.7	62.4 ± 3.8	19.2 ± 1.0
<0.1	4.4 ± 0.8	23.2 ± 2.1	69.8 ± 4.1

Примечание. Указаны средние значения и их ошибки.

ка). Планктон собирали сетью с ячейей 20 мкм, наилок собирали с поверхности грунта. Пробы взяты в трех повторностях. Образцы заливали смесью хлороформ–метанол (1 : 1, по объему) и хранили до анализа при –20°C. Липиды экстрагировали методом Блайя и Дайера (Bligh, Dyer, 1959). Метилловые эфиры жирных кислот получали этерификацией липидов (Carreau, Dubacq, 1978), очищали тонкослойной хроматографией в бензоле. Анализ эфиров жирных кислот выполняли на хроматографе Shimadzu GC-17A с пламенно-ионизационным детектором, используя капиллярную кварцевую колонку (30 м × 0.25 мм) с привитой полярной фазой Supelcowax, температура 210°C, газ-носитель гелий. Жирные кислоты идентифицировали по относительным временам удерживания и значениям углеродных чисел.

Обозначение жирных кислот: первое число указывает количество атомов углерода в цепи жирной кислоты, второе – количество двойных связей (через двоеточие); число при *n* – положение крайней двойной связи, ближайшей к метильному концу; другие двойные связи отделены друг от друга метиленовыми группами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На участке 1 донные осадки на 95.6% состояли из песка, а на участке 2 – из песка (76.8%) и илистых частиц (23.2%). На участке 3, где гребешок не встречался, грунт содержал около 69.8% ила (табл. 1). В период исследования температура и соленость придонного слоя воды были действительно сходны на изучаемых участках (табл. 2). В придонном слое воды концентрация кислорода понижалась от 7.37 до 6.14 мл/л с увеличением доли илистых частиц в грунте от участка 1 к участку 3 (табл. 2). Также уменьшалась концентрация органического фосфора, а концентрация PO_4^{3-} возрастала. В то же время, концентрации таких тяжелых металлов, как медь, цинк, марганец и железо, в

Таблица 2. Параметры среды на участках отбора проб приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (бух. Сивучья зал. Петра Великого, Японское море, август 2003 г.)

Параметр	Участок		
	1	2	3
Глубина, м	8	12	16
Придонный слой воды			
температура, °С	18	18	19
соленость, ‰	31.23	32.20	32.66
кислород			
концентрация, мл/л	7.37	6.50	6.14
насыщение, %	112.0	98.9	95.3
биологическое потребление (БПК ₅), мл/л	2.00	1.27	1.16
органический фосфор, мкг/л	–	21.0	14.0
PO ₄ ³⁻ , мкг/л	–	9.5	11.0
сестон, мг/л	1–28	5–122	15–343
В сухом донном осадке, мкг/г			
медь	3.7–4.5	5.0–6.0	10.0
цинк	36.5–39.0	40.5–45.0	60.0
марганец	100–101	89–130	208
железо	9.3–9.9	9.3–11.6	20.5
Поверхностный слой донных осадков			
диатомовые, кл. × 10 ³ /л	636.0	2432.0	1378.3
другие микроорганизмы, кл. × 10 ³ /л	0	167.4	173.0
бактериальные агрегации	0	+	0

Примечание. Через тире указан интервал измеренных значений; “–” – отсутствие данных, “+” – наличие в пробе.

донных осадках возрастали с повышением содержания мелкодисперсной составляющей в грунте. В наилке было обнаружено 636 и 2432 тыс. кл./л диатомовых водорослей, соответственно на участках 1 и 2. На заиленном участке 2 в наилке были обнаружены бактериальные агрегаты. Таким образом, количество и доступность пищи для гребешков на этих участках существенно различались и были выше на участке 2.

Пищевые источники гребешка были определены, основываясь на данных состава жирных кислот моллюсков. Главную долю жирных кислот гребешка составляли жирные кислоты 14 : 0, 16 : 0, 16 : 1(*n*–7) и 20 : 5(*n*–3), которые считаются биомаркерами диатомовых водорослей (Volkman

et al., 1989), а также 18 : 2(*n*–6), 18 : 3(*n*–3), 18 : 4(*n*–3), 20 : 4(*n*–6) и 22 : 6(*n*–3), происходящие из флагеллят и простейших (Zhukova, Kharlamenko, 1999), а также зоопланктона. Причем в пищеварительной железе гребешка с илистого участка 2 доля маркеров диатомей была несколько больше, чем в гребешке с песчаного участка 1 (рис. 1а). Тогда как на песчаном участке 1 возрастал вклад жирных кислот динофлагеллят и животных (рис. 1а). Хотя считается, что состав жирных кислот пищеварительной железы в большей мере отражает состав потребленной моллюском пищи (Napolitano *et al.*, 1993), сходное соотношение маркеров было обнаружено и в мягких тканях моллюска (рис. 1б).

Анализ потенциальных источников пищи показал, что главными жирными кислотами наилка были компоненты, характерные для диатомей (рис. 2), тогда как жирные кислоты характерные для флагеллят (динофлагеллят и бесцветных жгутиконосцев) и простейших составляли меньшую долю. Соотношение маркеров этих групп микроводорослей на разных участках сходно с тем, что обнаружено в липидах гребешка. Наилком с обоих участков характеризовала высокая концентрация специфических бактериальных кислот: *цис*-вакценовой кислоты 18 : 1(*n*–7), разветвленных и нечетных кислот, которые используются для оценки вклада бактерий в органическое вещество донных осадков. Однако в гребешке эти бактериальные маркеры присутствовали в небольших количествах, свидетельствуя о незначительном вкладе этих микроорганизмов в диету моллюска. Превалирование жирных кислот 14 : 0, 16 : 0, 16 : 1(*n*–7) и 20 : 5(*n*–3) в планктоне бух. Сивучья указывало на то, что главной составляющей фитопланктона в бухте были диатомовые водоросли, что согласуется с литературными данными (Orlova *et al.*, 2001). Высокое содержание жирной кислоты 22 : 6(*n*–3) является показателем обилия зоопланктона в планктоне бухты.

Исследуемые две части популяции гребешка, обитающие в бух. Сивучья, не смешиваются вследствие особенностей донного рельефа. Это подтверждается и различиями в возрастной структуре между исследованными частями популяции, живущими на участках с разным типом донных осадков (рис. 3). Скорости, как линейного роста, так и роста массы гребешка и его органов были выше на песчаном участке 1, чем на заиленном участке 2 (рис. 4). При этом различия в размерных и весовых показателях повышались с возрастом гребешка. Статистически достоверными различия в высоте раковины становились у гребешков с 5-летнего возраста (5 лет – *k* = 34, *t* = 2.35, *P* < 0.05; 6 лет – *k* = 12, *t* = 2.85, *P* < 0.05). Для общей массы и массы мускула различия были значимы уже с 4-летнего возраста (общая масса, 4 года – *k* = 42, *t* = 2.70, *P* < 0.05; 6 лет – *k* = 9, *t* = 3.75,

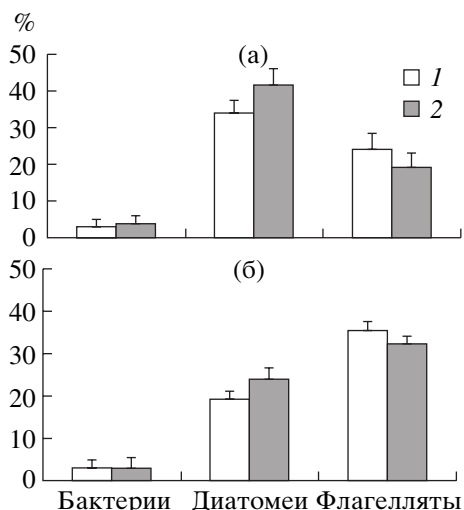


Рис. 1. Содержание маркерных жирных кислот в пищеварительной железе (а) и мягких тканях (б) гребешка *Mizuhopecten yessoensis* с песчаного (1) и илистого (2) участков бух. Сивучья зал. Петра Великого, Японское море. Указаны средние значения и ошибки среднего значения (для рис. 1, 2, 4).

$P < 0.01$; масса мускула, 4 года – $k = 42$, $t = 2.83$, $P < 0.05$; 6 лет – $k = 9$, $t = 3.01$, $P < 0.05$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Распределение жирнокислотных маркеров в липидах гребешка отражало потребление в пищу диатомей, флагеллят и личинок беспозвоночных. Жирные кислоты, ассоциированные с бентосными бактериями и детритом, были идентифицированы во всех образцах, но в основном в следовых количествах, что указывало на их незначительное потребление моллюском независимо от места обитания. Гораздо выше доля этих компонентов в органическом веществе наилка. Согласно литературным данным, животные и микроводоросли в периоды их массового развития в планктоне составляют основу пищи приморского гребешка; тогда как в остальное время он питается детритом (Микулич, Цихон-Луканина, 1981). Однако в нашем исследовании высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, характерных для микроводорослей, и низкий уровень специфических бактериальных жирных кислот (разветвленных и с нечетным количеством атомов углерода в цепи) свидетельствует о том, что детрит не являлся пищей для гребешка. Возможным объяснением этого противоречия может служить то, что по наблюдениям Микулич и Цихон-Луканиной (1981), значительная часть пищи проходит пищеварительный тракт гребешка в интактном виде. По нашим данным, с увеличением обилия бентосных диатомей в наилке заиленного участка (табл. 2), их пропорция заметно увеличивалась в

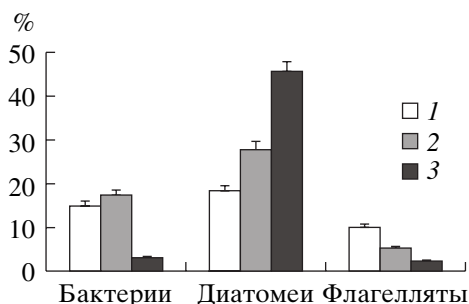


Рис. 2. Содержание маркерных жирных кислот в наилке с песчаного (1) и илистого (2) участков, а также в планктоне (3) бух. Сивучья зал. Петра Великого, Японское море.

пище гребешка. У особей, собранных с песчаного участка, были выше показатели жирных кислот, происходящих из флагеллят и личинок беспозвоночных. Вклад бактерий в питание гребешка был несколько повышен у особей, обитавших на заиленном участке. Таким образом, различия в составе жирных кислот гребешков, собранных в двух различных местах, отражали пространственную вариабельность пищевых компонентов, прежде всего, состав и обилие пищи в придонном слое. Однако очевидно, что эти различия не были столь существенны, чтобы в полной мере определять различия в скорости роста моллюсков на этих двух участках.

Найдено, что, несмотря на лучший пищевой потенциал участка 2 по сравнению с участком 1, скорость роста гребешка была выше на участке 1, чем на участке 2. Таким образом, количество пищи не являлось определяющей причиной различий в росте гребешка на участках с разной степенью заиленности грунта.



Рис. 3. Возрастные структуры выборок приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* на участках 1 (а) и 2 (б) в бух. Сивучья зал. Петра Великого, Японское море, N – численность выборки.

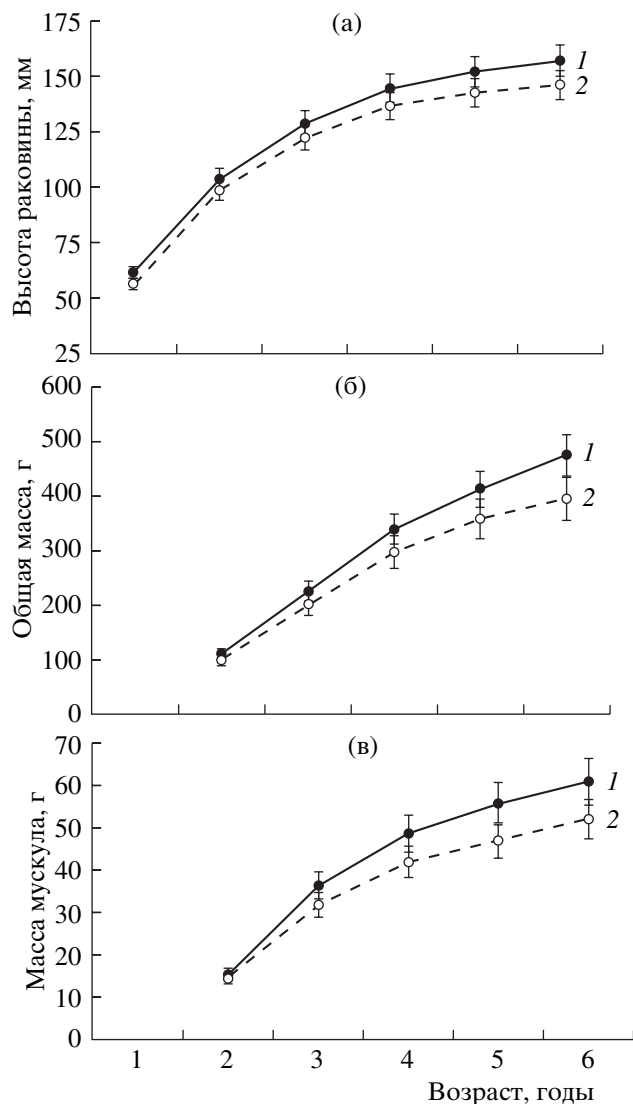


Рис. 4. Линейный рост (а) и рост сырой массы (общей (б) и мускула аддуктора (в)) приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* на песчаном (1) и илистом (2) участках в бух. Сивучья зал. Петра Великого, Японское море.

При сравнении других параметров среды, зависящих от состава грунта, было выявлено, что концентрация кислорода в придонном слое воды была более низкая на заиленном участке, чем на песчаном. Известно, что понижение концентрации кислорода происходит вследствие его потребления в процессе разложения органических веществ донных осадков. Концентрация органических веществ на заиленных грунтах выше, чем на песчаных (Rossi, Underwood, 2002). Ранее было показано, что на песчаном участке 1 концентрация общего углерода составляет 0.14, а на участке 2 – 1.09% сухого веса осадка (Vanin *et al.*, 2000; Moshchenko *et al.*, 2001; Shulkin, 2001). Известно, что гребешок чувствителен к пониженной концен-

трации кислорода (Yamamoto, 1957). Кроме того, в исследуемой бухте в летний период на непродолжительные промежутки времени наблюдается такое явление как стратификация вод, при котором насыщенность придонного слоя воды кислородом может понижаться до 71–74% (Moshchenko *et al.*, 2001).

Также, на исследованных участках различалась концентрация sestona в придонном слое воды (табл. 2). Над песчаным участком значение этого показателя даже в период активного движения вод практически не превышало оптимальный уровень для морских организмов (Патин, 2002). Над заиленным участком оно несколько выше допустимого, а на участке, где гребешок не был встречен, – превышало уровень повреждающего порога (100 мг/л). Мелкодисперсные неорганические частицы заиленного грунта при взмучивании осадка смешиваются с пищевыми частицами. Это уменьшает доступность пищи для гребешка на заиленном участке в большей степени, чем на песчаном участке, особенно в периоды активности вод (Grant *et al.*, 1990). Кроме того, по нашим данным и мертвые органические частицы, которыми обогащены заиленные участки, практически не усваиваются гребешком. При взмучивании осадка мелкодисперсные частицы могут забивать жабры гребешка, тем самым затрудняя его нормальное дыхание (Yamamoto, 1957), что не может не сказаться на его росте.

Грунты исследованных участков содержат разные концентрации тяжелых металлов (табл. 2). Известно, что тяжелые металлы, органические токсические вещества и другие загрязнители накапливаются больше в иле, чем в песке из-за связывающих свойств ила (Spies, 1989). Ткалин (Tkalin, 1999) показал, что в исследуемом районе зал. Петра Великого пространственное распределение органохлориннов и тяжелых металлов коррелирует с гранулометрическим составом и содержанием органического углерода в донных осадках. Так, в 1996–1998 гг. в бух. Сивучья концентрации металлов, нефтеуглеводородов, пестицидов и ДДТ в заиленном песке были в 2–3 раза выше, чем в песчаном грунте, хотя они не превышали предельно допустимых норм для соответствующих грунтов (Tkalin, 1999; Shulkin *et al.*, 2001). Например, донные осадки содержали свинца 2.6 и 9.3 мкг/г, изомеров гексахлорциклогексана 0.36 и 1.85 нг/г, ДДТ 1.0 и 2.4 нг/г и нефтяных углеводородов 41 и 102 мкг/г сухой массы грунта на участках 1 и 2 соответственно (Shulkin *et al.*, 2001). Известно, что даже небольшие концентрации загрязнителей, но встречающихся в комплексе и в течение длительного периода времени, могут давать заметный отрицательный эффект на состояние организмов.

Таким образом, состав потребленной гребешком пищи мало варьировал на различных грунтах.

Наиболее вероятно, что пониженная концентрация кислорода, высокая взмучиваемость мелкозернистых частиц грунта, обогащенного мертвым органическим веществом, а также повышенное содержание загрязнителей, накапливающихся в иле – главные причины уменьшения скорости роста гребешка на заиленных участках.

Авторы благодарят Е.Н. Чернову (ТИГ ДВО РАН) за выполнение гидрохимических работ, Н.Н. Бельчеву (ТОИ ДВО РАН) за предоставленные данные по концентрации тяжелых металлов в грунте, Г.В. Коновалову (ИБМ ДВО РАН) за определение основных групп планктона в sestone придонного слоя воды исследованных участков.

Работа поддержана грантами РФФИ № 04-04-49738 и ДВО РАН № 06-III-A-06-171.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Микулич Л.В., Цихон-Луканина Е.А. Состав пищи приморского гребешка // *Океанология*. 1981. № 6. С. 894–897.
- Патин С.А. Взвесь как природный и антропогенный фактор воздействия на морскую среду и организмы // *Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и внутренних водных объектах Российской Федерации*. М.: Экономика и информатика. 2002. С. 177–170.
- Силина А.В. Определение возраста и темпов роста приморского гребешка по скульптуре поверхности его раковины // *Биология моря*. 1978. № 5. С. 29–39.
- Силина А.В. Влияние температуры на линейный рост приморского гребешка // *Экология*. 1983. № 5. С. 86–89.
- Силина А.В., Позднякова Л.А. Рост // *Приморский гребешок*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 144–164.
- Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // *Can. J. Biochem. Physiol.* 1959. V. 37. P. 911–917.
- Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // *J. Chromatogr.* 1978. V. 151. P. 384–390.
- Grant J., Enright C.T., Griswold A. Resuspension and growth of *Ostrea edulis*: a field experiment // *Mar. Biol.* 1990. V. 104. P. 51–59.
- Grizzle R.E., Lutz R.A. A statistical model relating horizontal seston fluxes and bottom sediment characteristics to growth of *Mercenaria mercenaria* // *Mar. Biol.* 1988. V. 102. P. 95–105.
- Howell K.L., Pond D.W., Billet D.S., Tyler P.A. Feeding ecology of deep-sea seastars (Echinodermata: Asteroidea): a fatty-acid biomarker approach // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2003. V. 255. P. 193–206.
- Laing I. Effect of temperature and ration on growth and condition of king scallop (*Pecten maximus*) spat // *Aquaculture*. 2000. V. 183. P. 325–334.
- Lenihan H.S. Physical-biological coupling on oyster reefs: how habitat structure influences individual performance // *Ecol. Monogr.* 1999. V. 69. P. 251–275.
- MacDonald B., Thompson R.J. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1985. V. 25. P. 279–294.
- MacDonald B., Thompson R.J. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. III. Physiological ecology, the gametogenic cycle and scope for growth // *Mar. Biol.* 1986. V. 93. P. 37–48.
- Moshchenko A.V., Vanin N.S., Lamykina A.E. Bottom relief, sediments and hydrological conditions of the Russian part of the mouth area of Tumen River // *The state of environment and biota of the southwestern part of Peter the Great Bay and the Tumen River mouth*. V. 1 / Eds. Kasyanov V.L., Vaschenko M.A., Pitruk D.L. Vladivostok: Dalnauka, 2001. P. 39–71.
- Napolitano G.E., Ackman R.G. Fatty acid dynamics in sea scallops *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) from Georges Bank, Nova Scotia // *J. Shellfish Res.* 1993. V. 12. P. 267–277.
- Nilsson H., Rosenberg R. Succession in marine benthic habitats and fauna in response to oxygen deficiency: analysed by sediment profile-imaging and by grab samples // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2000. V. 197. P. 139–149.
- Orlova T.Yu., Selina M.S., Stonik I.V. Phytoplankton of the Tumen River mouth and the adjacent waters of Peter the Great Bay // *The state of environment and biota of the southwestern part of Peter the Great Bay and the Tumen River mouth*. V. 1. / Eds. Kasyanov V.L., Vaschenko M.A., Pitruk D.L. Vladivostok: Dalnauka, 2001. P. 125–142.
- Peddicord R.K. Salinity and substratum effects on condition index of the bivalve *Rangia cuneata* // *Mar. Biol.* 1977. V. 39. P. 351–360.
- Rossi F., Underwood A.J. Small-scale disturbance and increased nutrients as influences on intertidal macrobenthic assemblages: experimental burial of wrack in different intertidal environments // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2002. V. 241. P. 29–39.
- Sargent, J.R., Whittle K.J. Lipids and hydrocarbons in the marine food web // *Analysis of marine ecosystems* / Ed. Longhurst A.R. L.: Academic Press, 1981. P. 491–533.
- Silina A.V. Mortality of late juvenile and adult stages of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) // *Aquaculture*. 1996. V. 141. P. 97–105.
- Shulkin V.M., Moshchenko A.V., Lischavskaya T.S. Pollution level and factors determining contaminant contents in the bottom sediments of the Russian part of the Tumen River mouth area // *The state of environment and biota of the southwestern part of Peter the Great Bay and the Tumen River mouth*. V. 1 / Eds. Kasyanov V.L., Vaschenko M.A., Pitruk D.L. Vladivostok: Dalnauka, 2001. P. 83–95.
- Spies R.B. Sediment bioassays, chemical contaminants and benthic ecology: new insights or just muddy water // *Mar. Env. Res.* 1989. V. 27. P. 73–75.
- Thrush S.F., Hewitt J.E., Norkko A. et al. Habitat change in estuaries: predicting broad-scale responses of intertidal

- macrofauna to sediment mud content // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2003. V. 263. P. 101–112.
- Tkalin A.V.* Marine environment contamination near Tuman-gang (Tuman) River Mouth // *Ocean Res.* 1999. V. 21. P. 81–86.
- Vanin N.S., Moshchenko A.V., Feldman K.L., Yurasov G.I.* Simplified numerical model of the wind-driven circulation with emphasis on distribution of the Tuman River solid run-off // *Ocean Res.* 2000. V. 22. P. 81–90.
- Volkman J.K., Jeffrey S.W., Nichols P.D. et al.* Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1989. V. 128. P. 219–240.
- Yamamoto G.* Tolerance of scallop spats to suspended silt, low oxygen tension, high and low salinities and sudden temperature changes // *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV, Biol.* 1957. V. 23. P. 73–82.
- Zhukova N.V., Kharlamenko V.I.* Sources of essential fatty acids in the marine microbial loop // *Aquat. Microb. Ecol.* 1999. V. 17. P. 153–157.

Feeding and Growth of Japanese Scallop Inhabiting Different Bottom Sediment Types

A. V. Silina and N. V. Zhukova

*Institute of Marine Biology, Far East Division, Russian Academy of Sciences,
ul. Pal'chevskogo 17, Vladivostok, 690041 Russia
e-mail: allasilina@mail.ru, nzhukova35@list.ru*

Abstract—Two parts of the population of Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* inhabiting sites with different bottom sediments in an open part of Peter the Great Bay of the Sea of Japan were compared. The scallops grew slower on muddy site compared to sandy site despite better food availability at muddy site. The food sources were determined using fatty acids as biomarkers. Analysis of the fatty acid composition of the scallops has identified diatom plankton, flagellates, and invertebrate larvae as the main scallop food sources. Benthic bacteria insignificantly contributed to the scallop diet. The food composition slightly varied in scallops on different sediment types. Most likely, low oxygen content in water, high resuspension of fine sediment particles rich in dead organic matter, and high content of contaminants accumulated in muddy sediments are the main factors of decelerated growth of scallops on muddy sites.