

Донное поселение приморского гребешка в бухте Миноносок залива Посьета в условиях марикультуры

А. В. Силина*

Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН
Владивосток, 690041, Российская Федерация
e-mail: allasilina@mail.ru

Аннотация

В бухте Миноносок с 1972 г. в толще воды выставляются коллекторы для сбора спата приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* Jay, а также его выращивают в подвесных садках и донной культуре до промысловых размеров. Ранее исследовали влияние марикультуры на динамику и состав некоторых групп макро- и мейобентоса, но изменения в донном поселении самого объекта культивирования практически не были изучены. Установлено, что в составе и плотности его поселения постоянно происходили существенные изменения. Плотность поселения изменялась от 50 экз./м² после отсадки молоди до почти нулевой после промыслового отбора подросших моллюсков, а возрастной состав периодически определялся наличием в поселении только 1–2 генераций. Обычно абсолютное большинство донного поселения составляли отсаженные особи. Темпы роста моллюсков невысокие. Все параметры нативных гребешков значимо выше, чем у отсаженных на дно культивируемых особей. По результатам исследования микроскульптуры верхних створок моллюсков выявлено, что особи, отсаженные осенью в полугодовалом возрасте, росли не намного медленнее, чем нативные, но были значимо крупнее гребешков, отсаженных весной в годовалом возрасте. Гребешки, населявшие заиленный песок, имели значимо большие параметры, чем особи с илистого грунта. Повышение концентрации взвеси и снижение насыщенности воды кислородом чаще происходит над илистыми участками дна, что ухудшает условия обитания моллюсков, чувствительных к этим факторам среды. Установлено, что верхние створки гребешков с илистого грунта более эродированы, чем особи того же возраста, но росшие на заиленном песке. Биоэрозия раковины также снижает темпы роста моллюска. При снижении антропогенного прессинга на акваторию скорость роста донных гребешков (интегральный показатель состояния организма) изменилась мало, за исключением кутового участка, где моллюски стали крупнее.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, приморский гребешок, *Mizuhopecten yessoensis*, марикультура, популяции, условия роста, Японское море.

Введение. Бухта Миноносок вдаётся в юго-западную часть п-ова Краббе зал. Посьета Японского моря и входит в состав акватории, охраняемой Дальневосточным морским биосферным заповедником. Здесь с 1972 г. в толще воды выставляются коллекторы для сбора спата приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* Jay, а также его выращивают в подвесных садках и в донной культуре до товарных размеров. На момент создания хозяйства марикультуры на дне бухты обитало около 70 тыс. половозрелых гребешков. По данным Экспериментальной станции Посьет, через 10 лет численность донного гребешка возросла примерно до 650 тыс. экз. за счёт отсадки его молоди на грунт. Наиболее плотное поселение (до 40–45 экз./м²) отмечено в кутовой части бухты.

* Сведения об авторе: Силина Алла Владимировна, канд. биол. наук, снс, ННЦМБ ДВО РАН, Владивосток, e-mail: allasilina@mail.ru

В 1978 г. на акватории бухты Миноносок дополнительно установлены коллекторы для сбора и выращивания мидии *Mytilus trossulus* Gould, которые в 1984 г. были перенесены в соседнюю бухту Клыкова. Постепенно сокращались и масштабы промышленного выращивания молоди гребешка. Если в 1980-х годах и начале 90-х подвесные установки занимали до 16–18 га, что составляло 17–20 % площади акватории бухты, а в 1994 г. — 9 га, то с 1996 г. — только 1.5–5.0 га [1; 2]. В настоящее время здесь осуществляется сбор спата, подращивание молоди в садках до годовалого возраста, а также донное выращивание гребешка. Вследствие этого бентосное поселение гребешка на некоторых участках бухты периодически подвергается перенаселению (вплоть до 50 экз./м²) [3].

Подвесное и донное хозяйство марикультуры создаёт большую массу органических отходов в виде продуктов жизнедеятельности гребешков и обрастателей садков-коллекторов и раковин моллюсков, что повышает степень эвтрофикации бухты и загрязняет донные осадки, а также увеличивает личиночный пул гребешков и организмов-обрастателей [4; 5]. Более того, недалеко от изучаемого района расположен посёлок Посъет, где в течение нескольких десятилетий действует порт и рыбокомбинат. Все эти антропогенные факторы ухудшают экологическую и эпидемиологическую ситуацию бухты Миноносок, что в свою очередь влияет на популяцию обитающего здесь гребешка.

Ранее неоднократно проводили многолетний мониторинг влияния марикультуры на динамику обилия личинок гребешка в толще воды и изменения в составе некоторых групп макро- и мейобентоса этой акватории [1; 2; 6–9]. Результаты изучения изменений, происходящих в донном поселении гребешка в процессе эксплуатации бухты, практически не опубликованы. Известно, что на разные участки бухты молодь гребешка отсаживали с неодинаковой плотностью, иногда крайне обильно, а в некоторые годы отсадку не производили. Кроме того, особой промыслового размера отбирали также нерегулярно. Все это приводило к изменениям в составе и распределении гребешка по акватории бухты, а высокая плотность поселения не могла не влиять на его состояние, включая темпы роста.

Цель данной работы — исследование влияния многолетнего функционирования хозяйства марикультуры в бухте на поселение приморского гребешка. Для этого поставлены следующие задачи: 1) выявить изменения в распределении, размерном и возрастном составе моллюсков на разных участках бухты; 2) сравнить скорости роста нативного и культивируемого гребешка; 3) установить степени перфорации раковины эндолитическими видами организмов в условиях повышенной плотности поселения моллюска на разных типах грунта.

Материалы и методы. Исследования донного поселения гребешка бухты Миноносок проводились в 1990, 1998, 2000, 2003 и 2004 гг. Бухта простирается с запада на восток и имеет вытянутую форму длиной около 1.5 км и шириной около

0.8 км. Для картирования поселения гребешка, а также отбора проб грунта и моллюсков был использован метод трансект, которые направлены практически параллельно друг другу и перпендикулярно берегу (Рис. 1).

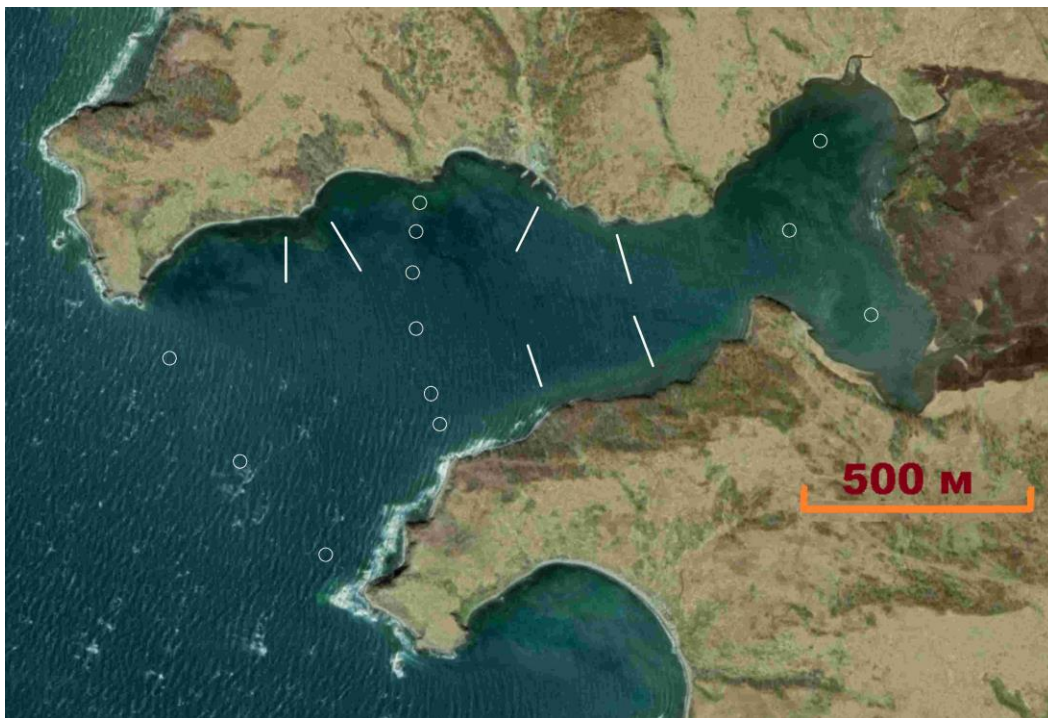


Рис. 1. Карта-схема района работ в бухте Миносок залива Посыета. Линиями белого цвета отмечены трансекты наблюдения за плотностью поселения, а кружками – места сбора выборок приморского гребешка (<https://yandex.ru/maps/>)

Fig. 1. Map of survey at Minonosok Bay of Posyet Bay. White lines show transects and circles indicate places of Yesso scallop sampling

Плотность поселения гребешков подсчитывали либо в полосе шириной 1 м, либо с помощью мерной рамки площадью 1 м². По результатам картирования определяли площади участков с различной плотностью поселения. Путём умножения значений площадей на соответствующие им плотности поселения и их суммирования определяли запасы гребешка на исследуемых участках. Пробы для исследования роста и соотношения нативных и отсаженных особей составляли 132–225 экз. Гребешки отбирали со дна на разных участках бухты с разной глубины. В сравнительных целях исследованы особи, выращенные в подвесной культуре до трёхлетнего возраста. Садок с такими моллюсками содержал 10 экз. Для каждой выборки гребешка определяли её размерную и возрастную структуры. Возраст каждой особи определён по микроскульптуре внешней поверхности верхней створки согласно методу, предложенному нами ранее [10]. Этот метод основан на использовании особенности приморского гребешка в разные сезоны образовывать различающиеся по виду и ширине микрокольца на

раковине. По количеству участков, образованных в летнее время года, можно определить индивидуальный возраст моллюска. Измерение расстояний от вершины раковины до каждого летнего годового кольца на верхней створке даёт возможность определить скорость роста каждой особи в течение её жизни.

Отсаженных гребешков выявляли по отметкам от поломок раковины, полученных гребешком во время пребывания в садке при высокой скученности, а также в период транспортировки и отсадки на грунт. Эти отметки различимы на раковине среди микроколец, образованных в сезон отсадки моллюска на грунт и имеющих характерный вид и размеры [11]. В некоторых случаях сгущение отметок поломок образовывало небольшой уступ. Такие отметки, как с уступом, так и без него, у гребешка остаются на всю жизнь [12]. Это позволяет отличить отсаженную особь от нативного гребешка в любом возрасте. Астрономический год пересадки на дно определяли по возрасту и году отлова каждого моллюска.

Площадь створки гребешка, повреждённая эндолитическими организмами (со следами сверления раковины на её внешней поверхности) темно-коричневого или чёрного цвета, определена в проходящем свете с внутренней стороны створки, используя прозрачную палетку с сеткой 1×1 мм. Степень биоэрозии рассчитана как отношение повреждённой площади ко всей площади верхней створки (в %). Нижняя створка обычно поражена незначительно. Поражение раковины гребешка изменяется с его возрастом, поэтому сравнение степени биоэрозии раковин из выборок разных лет проводили отдельно для каждого возрастного класса моллюска-хозяина.

Проведено сравнение морфометрических параметров гребешков: 1) отсаженных в разные годы, 2) культивируемых и нативных, 3) особей, выращиваемых в садках и на дне до трёхлетнего возраста, 4) гребешков с разной степенью биоэрозии. Для идентификации различий сравниваемых выборок использовали *t*-критерий Стьюдента, рассчитанный с помощью программы Excel. Достоверность различий установлена на уровне $P < 0,05$. До статистического анализа все данные проверены на нормальность, используя критерий Колмогорова-Смирнова. Показатели степени биоэрозии раковины, в целях обеспечения однородности и нормальности отклонений, трансформированы из процентных величин путём извлечения квадратного корня.

Результаты и обсуждение. В центральной узкой части бухты Миноносок, образовавшейся на месте речной долины, проходит желобовидное углубление, заполненное мелкодисперсными отложениями, преимущественно пелитом и алевроитом, с погруженными в грунт частями садков и коллекторов. Отходы жизнедеятельности культивируемых моллюсков, сброс обрастателей при очистке садков и коллекторов, а также рельеф дна, способствующий скату и скоплению органических веществ в центральной илистой части бухты, создали здесь неблагоприятные условия для жизни гребешков. Оставшуюся часть бухты Миноносок можно условно разделить на три участка. Один из них – северный

участок, пригодный для донного поселения гребешка, располагается вдоль берега на подводных террасах шириной 100–120 м до глубины примерно 10 м, с которой начинаются жидкие илы. Южный участок, пригодный для жизни донного гребешка, расположен на террасах шириной 40–50 м, он отделяется от северного участка жидкими илами центральной части бухты с глубинами более 10 м. Кутовой участок располагается за перешейком, где северная и центральная части наиболее благоприятны для донного выращивания гребешка (Рис. 1).

Поселение гребешка и пространственно и структурно подразделяется на три участка: северный, южный и кутовой, поэтому сравнительный анализ проведён раздельно для каждого из них. На северном участке прибрежная зона донных осадков сложена в основном из средне- и мелкозернистого песка, а более глубокая зона – из мелко- и среднезернистого песка и ила (Рис. 2А). На южном участке бухты донные осадки состоят преимущественно из среднезернистого песка между валунами (Рис. 2Б). Донные осадки большей части кутового участка бухты – алеврит.

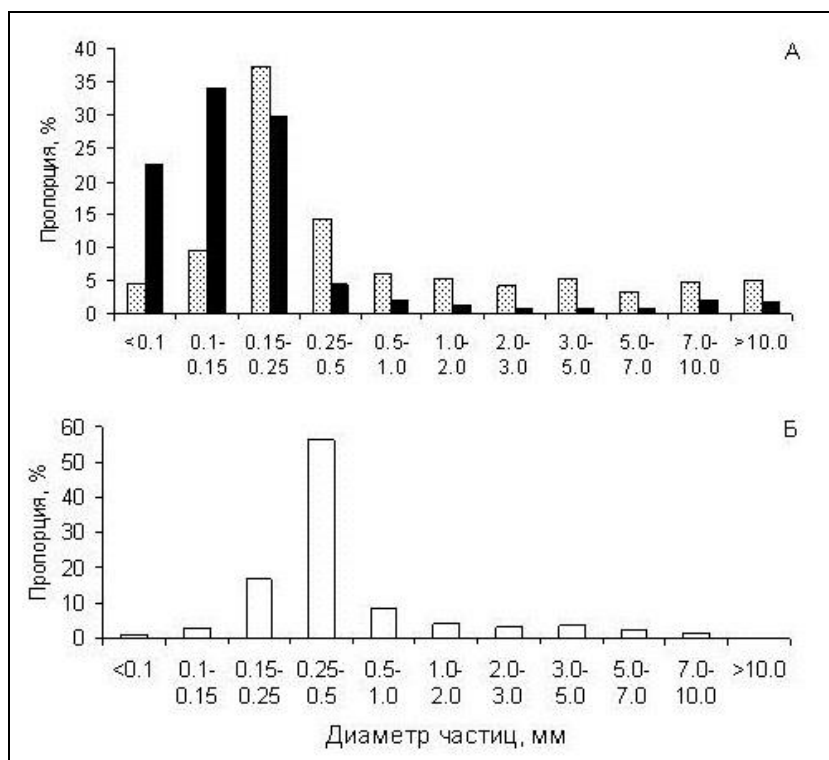


Рис. 2. Гранулометрический состав донных осадков у северного берега (А), глубина 4 м (серые столбцы) и 8.1–8.7 м (черные столбцы), и у южного берега (Б), глубина 5 м, на центральном поперечном разрезе бухты Миносок в 2004 г.

Fig. 2. Granulometric composition of the bottom sediments at the northern coast (A), depth of 4 m (gray columns) and 8.1-8.7 m (black columns), and at the southern coast (B), depth of 5 m, along a central cross-section of Minosok Bay in 2004

Исследования 1990 г. Популяцию гребешков изучали на трёх участках. Общая численность моллюсков составляла 127 тыс. экз. [3]. Особей, осевших естественным путём, было значительно меньше, чем отсаженных (Рис. 3).

Установлено, что отсадку в разные годы проводили на участки неодинаково. Гребешков отсаживали на дно преимущественно в конце весны–начале лета, примерно в годовалом возрасте.

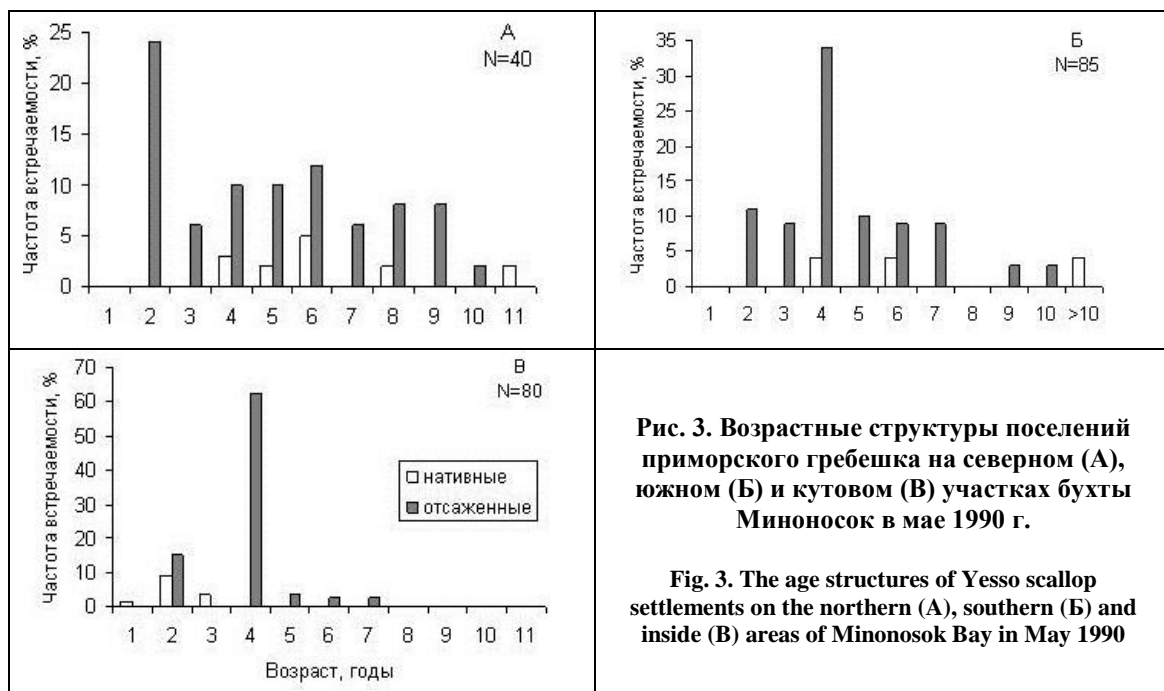


Рис. 3. Возрастные структуры поселений приморского гребешка на северном (А), южном (Б) и кутовом (Б) участках бухты Миноносок в мае 1990 г.

Fig. 3. The age structures of Yesso scallop settlements on the northern (A), southern (Б) and inside (Б) areas of Minonosok Bay in May 1990

У северного берега гребешки встречались пятнами плотностью не более 0,5 экз./м². Их общая численность – около 13 тыс. особей в возрасте 2–11 лет. Возрастная структура выборки с этого участка имела максимумы для двух- (высота раковины 70–80 мм) и 4–6-леток (110–140 мм) (Рис. 3А). Культивируемые моллюски составляли абсолютное большинство пробы. Темпы роста гребешков были невысокие (Табл. 1). Наибольший экземпляр, найденный на северном участке, имел высоту раковины 143,5 мм и возраст 11 лет, что является очень низким показателем скорости роста приморского гребешка по сравнению с другими районами его обитания в заливе Петра Великого [13–15].

По результатам исследования микроскульптуры верхних створок двухлетних гребешков выявлено, что одну их часть отсаживали на дно весной в годовалом возрасте в 1989 г., а другую часть — осенью 1988 г. в полугодовалом возрасте (Табл. 2). Особи, отсаженные осенью, росли не намного медленнее, чем нативные гребешки того же возраста, осевшие естественным путём на этот же участок ($P > 0,05$ для высоты раковины в годовалом и двухлетнем возрасте), но были статистически значимо ($P < 0,01$ для тех же параметров) крупнее гребешков отсадки в годовалом возрасте (Табл. 2).

Таблица 1. Рост культивируемого приморского гребешка *M. yessoensis* на дне в бухте Миноносок

Table 1. Growth of the cultured Yesso scallop *M. yessoensis* at the different areas of Minonosok Bay

Возраст, годы	Высота раковины, мм	Общая сырая масса, г	Сырая масса мускула, г
Северный участок			
2	74,4 ± 1,3	40,0 ± 1,8	6,5 ± 0,5
3	96	84	13,2
4	108,2 ± 1,8	127,6 ± 6,3	26,7 ± 0,5
5	116,3 ± 1,5	135,7 ± 8,3	28,3 ± 2,4
6	120,8 ± 2,1	169,8 ± 10,2	32,0 ± 3,1
7	124,7 ± 2,3	197,3 ± 13,7	37,2 ± 3,6
8	135,0 ± 2,1	233,8 ± 12,4	44,3 ± 3,0
9	136,8 ± 2,5	253,3 ± 12,3	44,6 ± 2,8
Южный участок			
2	75,9 ± 1,9	41,6 ± 2,3	6,7 ± 0,5
3	97,6 ± 1,9	84,7 ± 2,8	17,5 ± 1,8
4	113,8 ± 2,4	131,3 ± 6,8	25,4 ± 1,6
5	121,2 ± 2,9	177,0 ± 8,8	30,9 ± 1,9
6	127,5 ± 3,4	205,0 ± 10,9	40,6 ± 2,6
7	129,4 ± 3,6	196,0 ± 12,7	41,7 ± 2,8
Кутовый участок			
2	72,3 ± 1,8	–	–
3	–	–	–
4	114,5 ± 1,5	–	–
5	125,0	–	–

Примечание. Приведены средние значения, ошибки средних, прочерк "–" — отсутствие измерений; данные на 30.05.1990 г.

Таблица 2. Рост двухлетних приморских гребешков *M. yessoensis* на различных участках бухты Миноносок

Table 2. Growth of 2-years-old aged Yesso scallops *M. yessoensis* at the different areas of Minonosok Bay

Показатели роста	Параметры гребешков				
	культивируемых				нативных
	северный участок, N=9	южный участок, N=10	кутовый участок		
			отсадка на дно сеголетками осенью, N=5	отсадка на дно годовиками весной, N=7	кутовый участок, N=7
Высота раковины при отсадке на дно, мм	21,7 ± 1,3	24,6 ± 1,3	11,6 ± 1,0	23,4 ± 1,3	–
Высота раковины в годовалом возрасте, мм	33,6 ± 1,4	33,8 ± 1,2	60,8 ± 1,6	35,4 ± 1,3	63,5 ± 2,4
Высота раковины в двухлетнем возрасте, мм	74,4 ± 1,3	75,9 ± 1,9	100,6 ± 2,0	72,3 ± 1,8	105,3 ± 2,2
Общая сырая масса, г	40,0 ± 1,9	41,6 ± 2,0	–	–	–
Сырая масса мускула аддуктора, г	6,5 ± 0,5	6,7 ± 0,5	–	–	–

Примечание. Приведены средние значения, ошибки средних, прочерк "–" — отсутствие измерений; данные на 30.05.90 г.

Таблица 3. Рост культивируемого и нативного приморского гребешка *M. yessoensis* в бухте Миноносок

Table 3. Growth of the cultured and native Yesso scallop *M. yessoensis* at the different areas of Minonosok Bay

Возраст, годы	Высота раковины, мм	Общая сырая масса, г	Сырая масса мускула, г
Северный участок, заиленный песок, глубина 5 м			
3	96,3 ± 1,4	109,1 ± 4,0	13,4 ± 0,6
4	115,5 ± 1,8	150,0 ± 6,3	19,0 ± 1,8
5	118,3 ± 2,1	189,6 ± 6,5	22,8 ± 2,4
Северный участок, ил, глубина 10 м			
4	104,5 ± 1,6	143,5 ± 2,2	17,5 ± 0,7
5	112,3 ± 2,0	170,3 ± 5,6	23,3 ± 2,5
6	108,0 ± 2,1	168,5 ± 6,2	23,0 ± 3,6
Южный участок			
1 (нативные)	59,0 ± 1,9	26,5 ± 2,8	–
2	69,5 ± 1,3	48,0 ± 1,9	5,0 ± 0,5
3	90,0 ± 1,9	86,3 ± 1,9	9,7 ± 1,9
4	96,5 ± 1,8	101,0 ± 2,4	13,5 ± 1,6
Кутовый участок			
2	87,7 ± 1,6	70,0 ± 2,8	9,5 ± 0,5
3	103,6 ± 1,9	119,3 ± 4,9	16,9 ± 1,6

Примечание. Приведены средние значения, ошибки среднего, прочерк "–" — отсутствие измерений; данные на 08.09.2000 г.

На южном участке гребешки встречены вдоль побережья бухты в полосе шириной 60–90 м и длиной около 1000 м на площади около 6 га. Наибольшая плотность (4–5 экз./м²) отмечена в центральной зоне, занимавшей полосу шириной от 10 до 40 м. На периферии этого участка плотность составляла менее 1–2 экз./м². На южном участке было около 89 тыс. экз. При этом молодые особи найдены преимущественно в западной части. В целом, поселение гребешков южного участка состояло на 38 % из четырёхлетних особей с высотой раковины 110–130 мм. Большинство особей – это выращиваемые моллюски; нативные составляли лишь 12 % от общей численности поселения гребешков на участке (Рис. 3Б).

Наиболее плотно заселён кутовый участок. Поселение гребешка занимало площадь около 9 га. Зона с наибольшей плотностью (5–6 экз./м²) отмечена в центральной части участка и состояла на 60 % из молоди. На глубине более 5 м у выхода из кута встречались только взрослые особи, плотность которых составляла 0,5–1,0 экз./м². Всего численность гребешков в этой части бухты была около 25 тыс. экз. Культивируемые четырёхлетки (высота раковины 110–120 мм, т.е. не достигшие промысловых размеров), составляли 62,5 % поселения (Рис. 3В).

Гребешки, отсаженные на трёх участках в бухте в разные годы, имели сходные темпы роста, но более низкие, чем у нативных особей (Табл. 1; 2). Это связано с более медленными темпами роста культивируемых особей в садке в течение первого года при высокой плотности. Кроме того, после отсадки молоди на дно гребешкам требовались время на адаптацию к новым условиям существования и на регенерацию растущего края раковины, повреждаемого при транспортировке. Культивируемые моллюски в своём большинстве достигали

промыслового размера (120 мм) обычно в возрасте более четырёх лет (Табл. 1). Таким образом, бухта Миносок мало пригодна для донного подращивания приморского гребешка до промысловых размеров.

Исследования 1998 г. Отбор пробы проведён в северном участке с глубины 4–6 м. Из 132 экземпляров только три особи были в шестилетнем возрасте с высотой раковины $122,0 \pm 0,3$ мм. Остальные гребешки – трёхлетки, с высотой раковины $96,8 \pm 0,8$ мм. Эти два возрастных класса имели одинаковую высоту раковины при отсадке на дно — $35,9 \pm 0,5$ и $36,7 \pm 2,3$ мм для трёх- и шестилеток соответственно. Тот факт, что структура поселения была представлена практически одной генерацией, свидетельствует о крайне неравномерной пространственной и временной отсадке молоди на дно, т. е. о нерациональном использовании акватории для донного выращивания моллюсков.

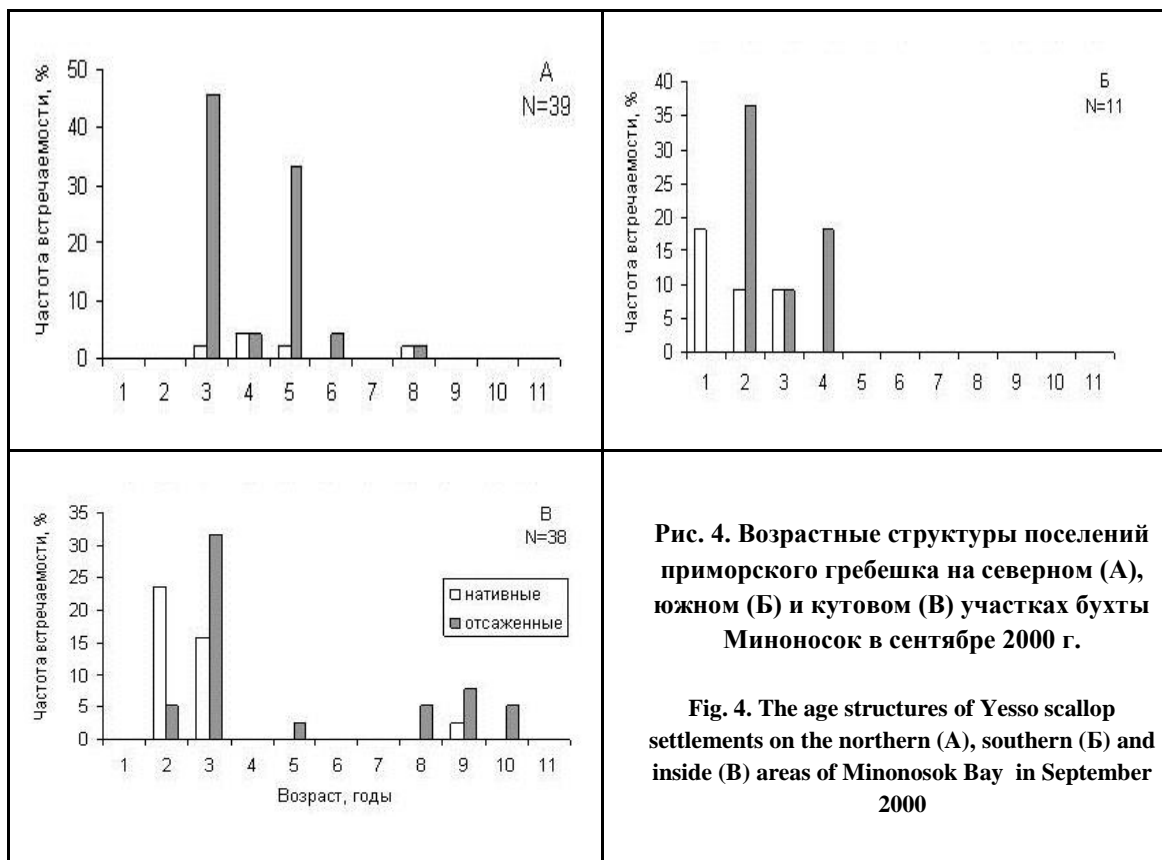
Проведено сравнение параметров особей, выращенных в подвесной культуре до трёхлетнего возраста, и донных культивируемых гребешков того же возраста. Садковые моллюски показали с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$) более низкие показатели. Из 10 исследованных садковых гребешков, раковины пяти особей были деформированы, и имели высоту только $72,2 \pm 1,7$ мм. По-видимому, столь долгое содержание моллюсков в подвесных садках не позволяет сохранять постоянно садки в горизонтальном положении. Они постепенно наклоняются, и животные сбиваются в кучу на одной стороне садка. Судя по деформации раковины, это произошло на третьем году жизни гребешков.

Исследования 2000 г. Пробы были взяты со всех трёх участков бухты. В донном поселении особей, осевших естественным путём, значительно меньше, чем отсаженных (Рис. 4). Также можно сделать вывод, что отсадку в разные годы проводили на разные участки неодинаково. Гребешков отсаживали на дно в годовалом возрасте. Если в 1990 г. структура поселения бухты в целом представлена особями из разных возрастных классов, то в 2000 г., в период снижения интенсивности марикультуры в бухте Миносок, поселение состояло преимущественно из молодых моллюсков, это хорошо видно при сравнении данных, представленных на Рисунках 3 и 4). Это свидетельствует, скорее всего, о более тщательном вылове гребешков промыслового размера.

Несмотря на почти десятикратное уменьшение площади подвесных установок в бухте за десятилетний промежуток времени [1; 2], т. е. при снижении антропогенной нагрузки на акваторию, скорость роста (как интегральный показатель состояния организма) донных гребешков изменилась мало, это видно при сравнении данных Таблиц 1 и 3. На южном участке параметры гребешков в 2000 г. даже несколько меньше, чем для одновозрастных гребешков из проб 1990 г. На кутовом участке гребешки были крупнее в 2000 г., чем в 1990 г.

С северного участка бухты взяты две пробы гребешков с различных глубин, и, соответственно, типов донных осадков (Рис. 2). Установлено, что при

отсадке на илистый грунт (глубина около 10 м) выжили более крупные экземпляры ($P < 0.05$), чем отсаженные на заиленный песок (глубина 5 м) (Табл. 4).



Верхние створки гребешков с илистого грунта более эродированы ($P < 0.05$), чем особи того же возраста, но росшие на заиленном песке (Рис. 5 и 6). Поражение створок гребешка полихетами, основными эндобионтами раковин приморского гребешка в зал. Петра Великого, негативно сказывается на темпах его роста [16], что подтверждается и результатами настоящего исследования (Табл. 4). Большая скученность культивируемых моллюсков способствует распространению полихет.

Исследования 2003 г. В августе 2003 г. распределение гребешка изучали вдоль центрального поперечного разреза и трансекты, направленной от одного входного мыса к другому (Рис. 1). На северном участке центрального разреза поселение моллюсков исследовано на глубине 2–3 м на среднезернистом песке с галькой, где гребешок встречен с плотностью 3 экз./м², на глубине 5–7 м на заиленном песке – 5 экз./м². Здесь обитали практически только трёхлетние отсаженные гребешки с высотой раковины $96,3 \pm 1,8$ мм (2–3 м) и $94,4 \pm 2,0$ мм (5–7 м), т. е. не достигшие промысловых размеров в этом возрасте. Общая сырая масса составляла, соответственно, $119,2 \pm 3,8$ и $98,6 \pm 3,5$ г. Масса мускула была

равна $12,4 \pm 1,8$ и $11,6 \pm 1,1$ %), что свидетельствует, скорее всего, об их регулярном отлове. На илу на глубине более 10 м гребешок не найден.



Рис. 5. Внутренняя поверхность верхней створки приморского гребешка, поражённая эндолитическими полихетами
Fig. 5. The inner surface of the upper valve of Yesso scallop eroded by endolithic polychaetes

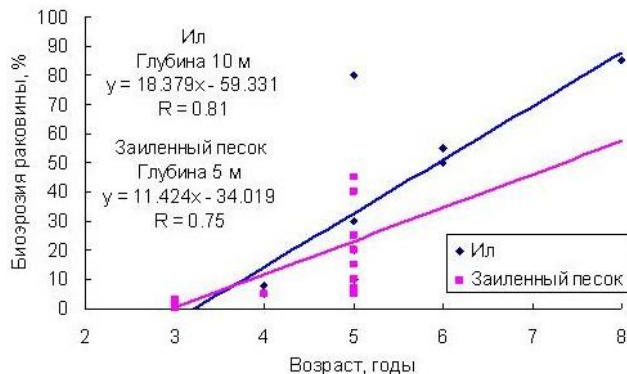


Рис. 6. Возрастная динамика биоэрозии верхней створки приморского гребешка на северном участке бухты Миноносок на площадках с илистыми и песчано-илистыми донными осадками в 2000 г.
Fig. 6. Changes of the bioerosion of the upper scallop valves with age increase in the northern area of Minonosok Bay at sites with silty and sandy-silty bottom sediments in 2000

На заиленном песке с примесью ракуши (глубина около 3 м) южного участка встречен только культивируемый гребешок с плотностью 5 экз. / м². Годовики составляли 28,6 %, а трёхлетки 71,4 % от выборки. Здесь трёхлетки по всем параметрам статистически значимо крупнее ($P < 0,01-0,05$), чем таковые с разных глубин северного участка. Средняя высота их раковины составляла $104,4 \pm 2,0$ мм, общая сырая масса – $128,3 \pm 4,0$ г, а масса мускула – $180 \pm 1,7$ г.

Плотность поселения гребешка на разрезе между входными мысами была ниже, чем на центральном разрезе. У южного мыса Крейсеров на илу (глубина около 10 м) плотность моллюсков составляла 1–2 экз. / м². Трёхлетки с высотой раковины $93,0 \pm 1,6$ мм и общей сырой массой $94,5 \pm 3,6$ г достигали 66,7 % выборки. Это самые низкие показатели для трёхлеток в изучаемой бухте. У северного мыса Фёдорова на глубине 10 м у основания коренных пород на песке найдены только культивируемые особи, 75 % из которых – трёхлетки. Их высота раковины ($11,0 \pm 3,8$ мм) и общая сырая масса ($185,2 \pm 8,6$ г) статистически значимо ($P < 0,01$) больше, чем у гребешков, найденных на илу у южного мыса. Отсадка молоди на илистые донные осадки бухты нецелесообразна.

Таблица 4. Рост пятилетних особей приморского гребешка *M. yessoensis* на различных донных осадках северного участка бухты Миноносок

Table 4. Growth of 5-years-old aged Yesso scallops *M. yessoensis* cultured at the different bottom sediments at the north areas of Minonosok Bay

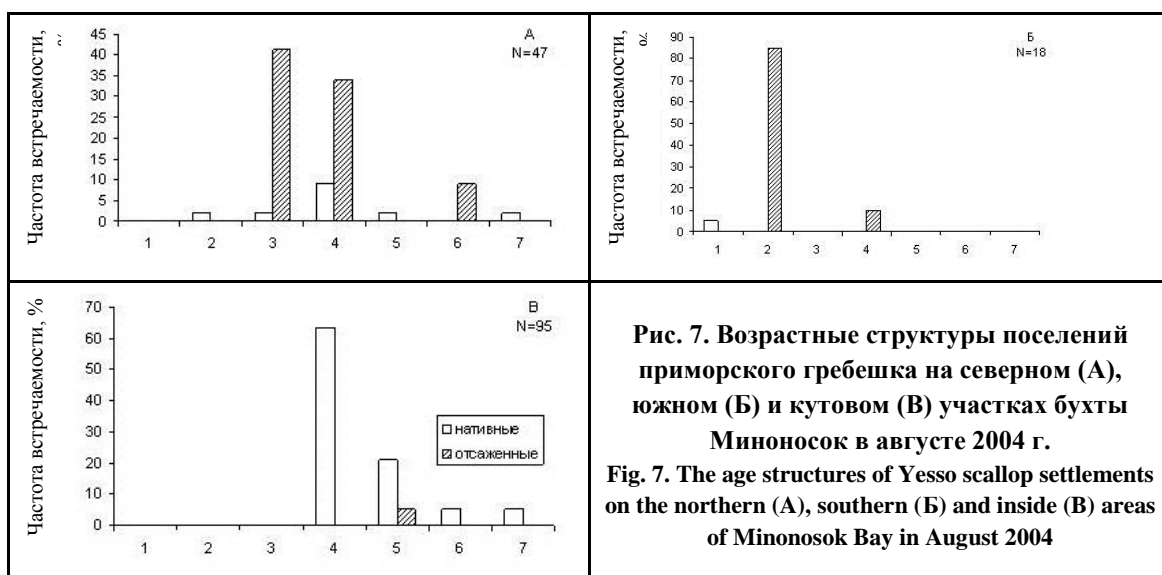
Показатели роста	Параметры гребешков	
	на заиленном песке, глубина 5 м, N=5	на илу, глубина 10 м, N=13
Высота раковины при отсадке на дно, мм	33,1 ± 2,9	40,0 ± 1,9
Высота раковины в годовалом возрасте, мм	46,4 ± 2,4	46,5 ± 3,2
Высота раковины в 2-летнем возрасте, мм	79,9 ± 2,8	71,0 ± 1,9
Высота раковины в 3-летнем возрасте, мм	100,6 ± 2,6	88,0 ± 2,0
Высота раковины в 4-летнем возрасте, мм	110,0 ± 3,0	101,5 ± 2,4
Высота раковины, мм	118,3 ± 2,1	112,3 ± 2,0
Степень биоэрозии верхней створки, %	23,6 ± 2,9	35,0 ± 3,0
Общая сырая масса, г	189,6 ± 6,5	170,3 ± 5,6
Сырая масса мускула аддуктора, г	23,8 ± 2,4	22,3 ± 2,5

Примечание. Приведены средние значения, ошибки средних; данные на 08.09.2000 г.

Исследования 2004 г. Гребешки изучены с трёх участков. В августе на северном участке гребешок встречался на песке (глубина 4 м) с плотностью поселения 1–2 экз. / м²; на заиленном песке (8–9 м) плотность моллюсков в два раза ниже, а на илу (12,8 м) он встречался единично. На южном участке плотность моллюсков ниже. На песке (глубина 5 м) она была менее 0,5 экз. / м², глубже, на заиленном песке, составляла около 1,2 экз. / м², на илу (15 м) найден единственный экземпляр нативного годовика. В центре кута бухты на илу (глубина 6 м) плотность поселения гребешка составляла 0,6 экз. / м². На севере кута на галечнике с примесью ракуши (4 м) она равна 1,5 экз. / м².

Северный и южный участки заселены в абсолютном большинстве отсаженными особями, а в куте посев давно не производили так же, как и отлов гребешков (Рис. 7). На северном участке годовалую молодь отсаживали в 1999, 2001 и 2002 гг. Гребешков 1999 г. отсадки к моменту исследования осталось мало. В 2004 г. основу поселения составляли 3–4-летние особи. На глубине 4 м их морфометрические параметры были следующие: высота раковины 100,5 ± 1,8 и 115,1 ± 1,9 мм, общая сырая масса – 123,8 ± 5,8 и 172,2 ± 6,0 г, масса мускула – 16,7 ± 1,6 и 24,3 ± 1,8 г, соответственно для трёх- и четырёхлеток. На глубине 8–9 м 3–4-летние особи были нативные. Их параметры заметно больше: высота раковины составляла 106,5 ± 1,8 и 122,5 ± 2,1 мм, общая масса – 142,0 ± 4,8 г и 216,5 ± 6,3 г, а масса мускула – 21,7 ± 1,8 и 34,5 ± 2,1 г, соответственно для трёх- и четырёхлеток.

На южном участке встречены практически только двухлетние гребешки отсадки годовиков 2003 г. (Рис. 7). Высота их раковины была в среднем около 86,5 ± 1,5 мм на песчаном грунте (глубина 5 м) и 82,1 ± 1,8 мм на сильно заиленном песке (10–12 м). Общая сырая масса составляла 66,8 ± 3,8 и 58,6 ± 2,2 г, а масса мускула — 8,9 ± 1,3 и 8,7 ± 1,5 г., соответственно. На сильно заиленном грунте условия для роста гребешка хуже, чем у обитателей песчаных осадков.



В кутовой части бухты найдены в основном (63 %) четырёхлетние нативные гребешки (рис. 6). На севере кута (глубина 4 м, галечник и ракуша) высота раковины составляла $128,5 \pm 2,1$ мм, общая сырая масса – $250,1 \pm 6,8$ г и масса мускула – $32,0 \pm 2,8$ г, т.е. они достигли промыслового размера. Здесь 20 % поселения составляли культивируемые пятилетки с параметрами, сходными с таковыми нативных четырёхлеток: высота раковины $130,4 \pm 1,8$ мм, общая масса – $264,0 \pm 5,9$ г, и масса мускула – $34,1 \pm 2,3$ г. В центре кута (6 м, ил) гребешки росли более медленными темпами. Здесь у четырёхлеток высота раковины $123,8 \pm 2,0$ мм, общая сырая масса – $207,5 \pm 5,8$ г, и масса мускула – $30,1 \pm 1,9$ г. Это также свидетельствует о менее благоприятных условиях для жизни гребешка на илу. Известно, что приморский гребешок чувствителен к недостатку кислорода и повышенной концентрации илистых частиц во взвеси в придонном слое воды [17]. Летом в придонном слое воды вдоль заиленной глубоководной части бухты и в центре кута концентрация кислорода в воде снижается до 4,8–5,4 мл/л, что ниже оптимальных значений для обитания гребешка – 6 мл/л [17–19].

Заключение. Установлено, что в составе и плотности поселения приморского гребешка в бухте Миноносок, обитающего на дне бухты, постоянно происходили существенные изменения. На разные участки бухты неравномерно производили как отсадку молоди (осенью сеголеток и в конце весны–начале лета годовиков), так и отбор взрослых промысловых моллюсков. Это изменяло плотность поселения гребешка от 50 экз./м² (наибольшая плотность отсадки) до практически нулевой на том же месте после промыслового отбора. Размерный и возрастной состав моллюсков периодически определялся наличием в поселении только одной–двух генераций. Обычно абсолютное большинство донного поселения на всех участках бухты составляли отсаженные особи. Все параметры

нативных гребешков значимо выше, чем у отсаженных на дно культивируемых особей. По результатам исследования микроскульптуры верхних створок выявлено, что гребешки, отсаженные осенью, росли медленнее, чем нативные особи, но были крупнее моллюсков отсадки в годовалом возрасте. Особенно низкие темпы роста наблюдали у моллюсков, выращиваемых на илистых грунтах. Кроме того, на таких осадках снижена выживаемость мелких особей. Таким образом, отсадка молоди на илистые донные осадки бухты нецелесообразна.

В бухте Миноносок при интенсивной эксплуатации акватории отмечено сильное поражение раковин моллюсков эндолитическими полихетами. Возможно, что при многолетнем культивировании гребешка в бухте его высокая плотность поселения способствует распространению эндолитических видов инфауны раковины. Установлено, что верхние створки гребешков с илистого грунта более эродированы, чем особи того же возраста, но росшие на заиленном песке. Биоэрозия раковины снижает темпы роста моллюска. Это ещё одна из причин меньших морфометрических показателей гребешков, населявших илистые донные осадки, чем у особей с заиленного песка.

При снижении антропогенной нагрузки на акваторию, т. е. при десятикратном уменьшении площади подвесных установок в бухте за десятилетие, скорость роста донных гребешков изменилась мало, за исключением кутового участка, где моллюски стали крупнее. Из полученных результатов следует, что бухта мало пригодна для донного дорастивания гребешка до промысловых размеров. При этом следует отметить, что бухта Миноносок достаточно глубокая и вода хорошо аэрируема, поэтому она перспективна для сбора спата и выращивания молоди до годовалого возраста. За период эксплуатации акватории бухты для получения молоди приморского гребешка были достигнуты высокие показатели. Спат и молодь гребешка регулярно использовали для выращивания этого ценного моллюска и восстановления естественных популяций в других районах Приморья.

Литература

1. Gabaev D. D., Kucheryavenko A. V., Shepel N. A. Anthropogenic eutrophication of Pos'eta Bay (Sea of Japan) by mariculture installations // Russian Journal of Marine Biology. 1998. Vol. 24, no. 1, pp. 51–61.
2. Лебедев Е. Б., Левенец И. Р., Вышкварцев Д. И. Донные сообщества бухты Миноносок залива Посьета (Японское море) // Известия ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 378–392.
3. Pozdnyakova L. A., Silina A. V., Evseev G. A. Age, size distribution and growth of native and cultured Japanese scallops in Possjet Bay, Sea of Japan, Russia // Aquaculture International. 1997. No. 5. P. 79–88.
4. Кучерявенко А. В., Григорьева Н. И., Лебедев Е. Б., Вышкварцев Д. И. Абиотические условия 30-летнего функционирования хозяйства марикультуры в Приморье // Известия ТИНРО. 2002. Т. 131. С. 359–372.

5. Morozova T. V., Orlova T. Yu., Selina M. S. Phytoplankton in the scallop culture area in Minonosok Bight (Pos'eta Bay, Sea of Japan) // Russian Journal of Marine Biology. 2002. Vol. 28. no. 2. pp. 94–99.
6. Лебедев Е. Б., Вышкварцев Д. И. Состав и распределение донных сообществ бухты Миносок залива Посъета Японского моря (разрезы № 3 и № 4) // Биота и среда заповедников Дальнего Востока = Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2011. № 1. С. 82–110.
7. Pavluk O. N., Trebukhova Yu. A., Chernova E. N. The meiobenthos in the area of Japanese scallop cultivation in Minonosok Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // Russian Journal of Marine Biology. 2005. Vol. 31, no 5. P. 279–287.
8. Tarasova T. S., Preobrazhenskaya T. V. Benthic foraminifera at a scallop aquaculture site in Minonosok Bay, the Sea of Japan // Russian Journal of Marine Biology. 2007. Vol. 33, No. 1. P. 17–29.
9. Радовец А. В., Христофорова Н. К. Влияние климатических условий на динамику численности личинок двустворчатых моллюсков в планктоне бухты Миносок (залив Посъета, Японское море) // Известия ТИНРО. 2006. Т. 147. С. 303–320.
10. Силина А. В. Определение возраста и темпов роста приморского гребешка по скульптуре поверхности его раковины // Биология моря. 1978. Т. 4, № 5, С. 29–39.
11. Silina A. V. Survival of different size-groups of the scallop, *Mizuhopecten yessoensis* (Jay), after transfer from collectors to the bottom // Aquaculture. 1994. Vol. 126. P. 51–59.
12. Silina A. V. Growth of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* cultured in the coastal waters of Primorye Province, Russia // Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 1994. Vol. 2. P. 99–103.
13. Силина А. В. Выбор районов и сроков выращивания приморского гребешка у берегов Приморья // Биология моря. 1990. № 5. С. 48–52.
14. Силина А. В., Позднякова Л. А. Рост // Приморский гребешок / отв. ред. П. А. Мотавкин. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. Гл. 12. С. 144–164.
15. Силина А. В., Позднякова Л. А. Приморский гребешок на акватории Южного и Западного районов // Дальневосточный Морской Биосферный Заповедник. Исследования / отв. ред. А. Н. Тюрин. – Владивосток: Дальнаука, 2004. Т. 1. С. 541–551, 823.
16. Silina A. V. Growth responses of the scallop *Patinopecten yessoensis* (Pelecypoda: Pectinidae) to shell bioerosion and bottom sediment type // The Korean Journal of Malacology. 2007. Vol. 23. No. 1. P. 9–16.
17. Yamamoto G. Tolerance of scallop spats to suspended silt, low oxygen tension, high and low salinities and sudden temperature changes // Science Report of Tohoku University. Ser. IV Biol. 1957. Vol. 23. P. 73–82.
18. Григорьева Н. И. Физико-географическая, гидрохимическая и гидрологическая характеристики бухты Миносок // Дальневосточный Морской Биосферный Заповедник. Исследования / отв. ред. А. Н. Тюрин. – Владивосток: Дальнаука, 2004. Т. 1. С. 333–342.
19. Григорьева Н. И., Кучерявенко А. В., Федосеев В. Я. Гидрометеорологическая характеристика залива Посъета как района культивирования гидробионтов // Вопросы рыболовства. 2002. Т. 3. № 4 (12). С. 574–604.

The Yesso scallop on the bottom in Minonosok Bay of Posjeta Bay under mariculture condition

Silina A. V.

*National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Science
Vladivostok 690041, Russian Federation
e-mail: allasilina@mail.ru*

Since 1972, collectors were exposed in the water column of Minonosok Bay for collection of a spat of the Yesso scallop *Mizuhopecten* (= *Patinopecten*) *yessoensis* (Jay). Also the scallops were reared in suspended cages and on the bottom up to their trade size. Previously, the mariculture influence on the dynamic and composition of macro- and meiobenthos was studied, but the changes in the bottom scallop settlement were practically not studied for the period of mariculture in the Bay. The work was made to meet this lack. It was found, that there were significant changes in the structure and abundance of the scallop population all time. The density of the local scallop settlements varied from 50 ind./m² (just after transfer of juveniles to the bottom) to about of zero density (after taking commercial scallops away) at the same places; and only 1–2 scallop generations were periodically determined at the age structures of these settlements. Usually, the absolute majority in the local scallop settlements were the cultured individuals transferred to the bottom. The growth rate was low for the species. All parameters of native scallops (settled to the bottom in a natural way) were significantly higher than that of cultivated specimens. According to the results of the microsculpture study of the upper scallop valves it was revealed that individuals, transferred to the bottom in the autumn (0.5-year-olds) grew slightly slower than native scallops, but were significantly larger than the scallops transferred in the spring at 1-year-old age. Scallops from muddy sand had significantly larger parameters than individuals from mud. Increasing of a concentration of suspended particles and reducing of an oxygen concentration in the water are more frequent events over mud, than over sand, worsen the environmental conditions for the scallop, which is sensitive to these factors. Besides, it was found that the upper valves of the scallops from the mud were more bioeroded than valves of the individuals of the same age from muddy sand. Bioerosion of the shell also reduces the scallop growth rate. With a decrease of anthropogenic pressure of this kind on the Bay, the growth rates of the bottom scallops changed little, except the innermost area of the Bay, where the scallops became larger in 2004 than in 1990.

Key words: bivalves, Yesso scallop, *Mizuhopecten yessoensis*, mariculture, populations, growth, Sea of Japan.

References

1. Gabaev D. D., Kucheryavenko A. V., Shepel N. A., 1998, Anthropogenic eutrophication of Pos'eta Bay (Sea of Japan) by mariculture installations, *Russian Journal of Marine Biology*, vol. 24, no. 1, pp. 51–61.
2. Lebedev E. B., Levenets I. R., Vyshkvartsev D. I., 2004, I. Donnyye soobshchestva bukhty Minonosok zaliva Pos'yeta (Yaponskoye more) [Benthic communities of Minonosok Bay (Posyet Bay, Japan Sea)], *Izvestiya TINRO*, vol. 137, pp. 378–392. (in Russ.)
3. Pozdnyakova L. A., Silina A. V., Evseev G. A., 1997, Age, size distribution and growth of native and cultured Japanese scallops in Possjet Bay, Sea of Japan, Russia, *Aquaculture International*, vol. 5, no. 1, pp. 79–88.
4. Kucheryavenko A. V., Grigoryeva N. I., Lebedev E. B., Vyshkvartsev D. I., 2002, Abioticheskiye usloviya 30-letnego funktsionirovaniya khozyaystva marikul'tury v Primor'ye [Abiotic condions of 30-years work of aquaculture farm in Primorye], *Izvestiya TINRO*, vol. 131, pp. 359–372. (in Russ.)
5. Morozova T. V., Orlova T. Yu., Selina M. S., 2002, Phytoplankton in the scallop culture area in Minonosok Bight (Pos'eta Bay, Sea of Japan), *Russian Journal of Marine Biology*. vol. 28, no. 2, pp. 94–99.

6. Lebedev E. B., Vyushkvartsev D. I., 2011, Sostav i raspredeleniye donnykh soobshchestv bukhty Minonosok zaliva Pos'yeta Yaponskogo morya (razrezy № 3 i № 4) [Structure and distribution of the bottom communities in Minonosok Bay of Possjeta Bay of the Sea of Japan (transects 3 and 4), *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, no. 1, pp. 82–110.
7. Pavluk O. N., Trebukhova Yu. A., Chernova E. N., 2005, The meiobenthos in the area of Japanese scallop cultivation in Minonosok Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan), *Russian Journal of Marine Biology*, vol. 31, no 5, pp. 279–287.
8. Tarasova T. S., Preobrazhenskaya T. V., 2007, Benthic foraminifera at a scallop aquaculture site in Minonosok Bay, the Sea of Japan, *Russian Journal of Marine Biology*, vol. 33, no. 1, pp. 17–29.
9. Radovets A. V., Khristoforova N. K., 2006, Vliyaniye klimaticheskikh usloviy na dinamiku chislennosti lichinok dvustvorchatykh mollyuskov v planktone bukhty Minonosok (zaliv Pos'yeta, Yaponskoye more) [Influence of climate change on the density dynamics of bivalves larvae in plankton of Minonosok Bight (Possyet Bay, Japan Sea)], *Izvestiya TINRO*, vol. 147, pp. 303–320.
10. Silina A. V., 1978, Opredeleniye vozrasta i tempov rosta primorskogo grebeshka po skul'pture poverkhnosti ego rakoviny [Using the shell sculpture for determination of age and growth rates in the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*], *Biologiya Morya-Marine Biology*, no. 5, pp. 29–39.
11. Silina A. V., 1994, Survival of different size-groups of the scallop, *Mizuhopecten yessoensis* (Jay), after transfer from collectors to the bottom, *Aquaculture*, vol. 126, pp. 51–59.
12. Silina A. V., 1994, Growth of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* cultured in the coastal waters of Primorye Province, Russia, *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 2, pp. 99–103.
13. Silina A. V., 1990, Vybór rayonov i srokov vyrashchivaniya primorskogo grebeshka u beregov Primor'ya [Choice of cultivation time and site for the scallop *Mizuhopecten yessoensis* off Primorye], *Biologiya Morya-Marine Biology*, no. 5, pp. 48–52.
14. Silina A. V., Pozdnyakova L. A., 1986, Gl. 12. Rost [Chapter 12, Growth], in P. A. Motavkin (ed.) *Primorskiy grebeshok* [Japanese scallop], pp. 144–164, DVNTS AN SSSR, Vladivostok. (in Russ.)
15. Silina A. V., Pozdnyakova L. A., 2004, Primorskiy grebeshok na akvatorii Yuzhnogo i Zapadnogo rayonov [The Yesso scallop in the South and West areas], in A. N. Tyurin (ed.), *Dal'nevostochnyy morskoy biosfernyy zapovednik. Issledovaniya* [Far Eastern Marine Biosphere Reserve. Research Activities], vol. 1, pp. 541–551, Dalnauka, Vladivostok. (in Russ.)
16. Silina A. V., 2007, Growth responses of the Scallop *Patinopecten yessoensis* (Pelecypoda: Pectinidae) to shell bioerosion and bottom sediment type, *The Korean Journal of Malacology*, vol. 23, no. 1, pp. 9–16.
17. Yamamoto G., 1957, Tolerance of scallop spats to suspended silt, low oxygen tension, high and low salinities and sudden temperature changes, *Science Report of Tohoku University*. Ser. IV Biol., Vol. 23, pp. 73–82.
18. Grigoryeva N. I., 2004, Fiziko-geograficheskaya, gidrokhimicheskaya i gidrologicheskaya kharakteristika bukhty Minonosok [Physical-geographic, hydrochemical and hydrological parameters of Minonosok Bay], in A. N. Tyurin (ed.), *Dal'nevostochnyy morskoy biosfernyy zapovednik. Issledovaniya* [Far Eastern Marine Biosphere Reserve. Research Activities], vol. 1, pp. 333–342, Dalnauka, Vladivostok. (in Russ.)
19. Grigoryeva N. I., Kucheryavenko A. V., Fedoseev V. Ya., 2002, Gidrometeorologicheskaya kharakteristika zaliva Pos'yeta kak rayona kul'tivirovaniya gidrobiontov [Short hydrometeorological characteristics of the Possjet Bay as the region of cultivation of hydrobionts], *Voprosy rybolovstva* [Problems of fisheries], vol. 3, no. 4 (12), pp. 574–604. (in Russ.)