



УДК [639.27.053:594.124-13](265.54.04)

**РЕСУРСЫ И СОСТАВ ПОСЕЛЕНИЙ
МОДИОЛУСА КУРИЛЬСКОГО *MODIOLUS KURILENSIS*
В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

© 2021 г. Л. Г. Седова, Д. А. Соколенко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии», г. Владивосток, Российская Федерация

E-mail: ludmila.sedova@tinro-center.ru

Поступила в редакцию 17.08.2020; после доработки 12.11.2020;
принята к публикации 04.06.2021; опубликована онлайн 16.06.2021.

Модиолус курильский *Modiolus kurilensis* F. R. Bernard, 1983 (Mollusca, Bivalvia) — двустворчатый моллюск семейства Mytilidae; он встречается в заливе Петра Великого (Японское море) на мягких и твёрдых субстратах, зачастую совместно с мидией Грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853), и является перспективным промысловым видом. Его добывают в качестве прилова при добыче *C. grayanus*. Цель работы — оценить ресурсы и состав поселений *M. kurilensis* в заливе Петра Великого. Исследования проводили в 2007–2018 гг. с применением стандартных водолазных гидробиологических методов, изучая глубины до 20 м. Выполнено 2409 станций, модиолус обнаружен на 308 из них. Собранных моллюсков измеряли и взвешивали. В результате статистической и картографической обработки материала получены усреднённые данные о плотности и биомассе поселений *M. kurilensis*. Для изучения состава поселений модиолуса проанализировано 870 экз. Определяли следующие параметры: показатель оседания молоди (отношение численности молоди размером 1–30 мм (сеголетки, годовики) к числу взрослых особей с длиной раковины более 50 мм); показатель созревания (отношение численности молодых моллюсков пререпродуктивного возраста (35–50 мм) к числу взрослых особей с длиной раковины более 50 мм); пополнение промысловой части поселений (отношение рекрутов (95–100 мм) к числу особей промыслового размера с длиной раковины > 100 мм). Состояние популяции *M. kurilensis* в заливе Петра Великого стабильно: доля особей непромыслового размера в разных поселениях варьирует от 52 до 86 %, что свидетельствует об активном естественном воспроизводстве и регулярном пополнении бентосной части популяции на протяжении многих лет. Пополнение поселений оседающей молодью зависит от наличия пелагических личинок в планктоне, а их половозрелой части — от благоприятных условий для выживания молоди. Средние значения показателей оседания и созревания в поселениях *M. kurilensis* в заливе Петра Великого в 2007–2018 гг. составляли $(0,18 \pm 0,07)$ и $(0,05 \pm 0,01)$ соответственно. Ресурсы *M. kurilensis* оценены в 27,1 тыс. т, а промысловый запас — в 16,4 тыс. т. Ежегодное пополнение промысловой части поселений *M. kurilensis* в заливе Петра Великого возможно в объёме более 3 тыс. т. Среднее значение показателя пополнения промысловой части — $(0,21 \pm 0,03)$.

Ключевые слова: модиолус курильский, *Modiolus kurilensis*, ресурсы, промысловый запас, состав поселений, пополнение, залив Петра Великого, Японское море

Двустворчатый моллюск модиолус курильский *Modiolus kurilensis* F. R. Bernard, 1983 (Mytilidae) — обычный представитель эпифауны верхней сублиторали. Распространён от Жёлтого моря до залива Петра Великого, у Юго-Западного Сахалина, от северных Японских до Командорских островов, у берегов Камчатки. Вид эвритопный, встречается как на мягких, так и на твёрдых субстратах, зачастую совместно с мидией Грея *Crenomytilus grayanus*

(Dunker, 1853) (Седова и Соколенко, 2018a, b, c ; Селин, 2018a ; Селин и др., 1991). Моллюски ведут прикрепленный образ жизни, образуя агрегации (друзы и «щётки»); встречаются и одиночные особи.

M. kurilensis — перспективный промысловый вид, в настоящее время его добывают как прилов при добыче *C. grayanus* у берегов Приморья (Гаврилова и Жембровский, 2000 ; Разин, 1934 ; Седова, 2020 ; Седова и Соколенко, 2019a). Дифференциацию уловов не проводят, поскольку эти два вида схожи по морфологии раковины и сопоставимы по размерам и вкусовым качествам (Вехова, 2013). Модииолусов отличает от *C. grayanus* более лёгкая раковина и относительно более высокое содержание мягких тканей.

В настоящее время в литературе нет информации о ресурсах *M. kurilensis* в заливе Петра Великого, имеются только отдельные сведения о составе скоплений и биологии вида на некоторых участках этой акватории — в заливах Посъета, Амурском, Восток, Находка и в районе о-ва Путятина (Вехова, 2013 ; Гальшева и Яковлева, 2007 ; Седова и Соколенко, 2018a ; Селин, 2018b ; Селин и Понуровский, 1981 ; Селин и др., 1991).

Цель исследования — оценить состав поселений и ресурсы *M. kurilensis* в заливе Петра Великого (Японское море).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в заливе Петра Великого на НИС «Убеждённый» Базы исследовательского флота ТИНРО в летне-осенние периоды 2007–2018 гг. Данные о пространственном распределении и обилии моллюсков получены с применением стандартных водолазных гидро-биологических методов (на глубинах до 20 м) (Седова и Соколенко, 2019a). Для подготовки картографических материалов использовали ГИС MapInfo Pro. Исследования планировали на основе анализа данных о распределении промысловых беспозвоночных, полученных нами ранее в ходе мониторинговых работ в заливе Петра Великого.

Основная часть водолазных станций выполнена на разрезах, перпендикулярных береговой линии, на расстоянии 200–500 м (в зависимости от орографии береговой линии и характера донных отложений). На разрезе выполняли от 2 до 10 станций, ориентируясь как на изменения глубины, так и на границы подводных ландшафтов. На обширных участках относительно ровного дна котловин бухт и заливов использовали регулярную сетку станций.

Суммарно в заливе Петра Великого выполнено 2409 станций вдоль всего побережья (участки на карте без отмеченных водолазных станций — особо охраняемые территории, плантации марикультуры и акватории портов, где исследования не проводили) (рис. 1, табл. 1). *M. kurilensis* обнаружен на 308 станциях (около 13 % от общего числа станций).

На плотных поселениях отбор проб моллюсков на станции проводили с трёх мерных рамок площадью 1 м² каждая, расположенных случайным образом в непосредственной близости друг от друга. Для учёта обилия моллюсков в разреженных поселениях использовали метод трансект: водолаз обследовал определённый участок дна, осуществляя подсчёт и периодический отбор проб животных в зоне видимости. Друзы моллюсков срезали водолажным ножом, стараясь сохранить их целостность. На судне разбирали друзы и подсчитывали всех особей модииолуса, включая, при наличии, сеголеток.

Длину раковин моллюсков (1186 экз.) измеряли штангенциркулем с точностью до 1 мм, общую прижизненную массу особи устанавливали взвешиванием с точностью до 0,1 г.

В результате статистической и картографической обработки материала получены усреднённые данные по плотности и биомассе поселений. Расчёт общей биомассы и численности модииолусов осуществлён методом диаграмм Вороного (полигоны Тиссена), построенных с учётом батиметрических диапазонов и границ подводных ландшафтов (Седова и Соколенко, 2019a).



Рис. 1. Карта-схема района исследований и сбора материала в заливе Петра Великого (Японское море)

Fig. 1. Map of the area of research and sampling in Peter the Great Bay (the Sea of Japan)

Таблица 1. Объём выполненных учётных станций в заливе Петра Великого

Table 1. Number of stations surveyed in Peter the Great Bay

Район исследований	Год	Количество учётных станций	Количество станций, на которых обнаружен модиолус	Общая выборка, экз.
Юго-западная часть залива Петра Великого	2007	290	14	40*
Залив Посьета	2015	172	53	236*
	2016	166	27	85
Бухта Бойсмана	2014	294	13	17
Бухта Баклан	2016	127	11	61
Амурский залив	2009	426	52	72
	2016	83	24	110*
Район архипелага Императрицы Евгении	2016	27	6	67
	2017	171	62	369*
Уссурийский залив	2018	230	21	62*
Район острова Путятина	2007	63	8	14
Район острова Аскольд	2017	48	0	0
Восточная часть залива Петра Великого	2012	312	17	53*
Итого		2409	308	1186

Примечание: * — выборка использована для анализа состава поселений *M. kurilensis*.

Note: * – sample was used to analyze *M. kurilensis* settlement structure.

Для изучения состава поселений проанализировали 870 экз. *M. kurilensis*. Состав поселений модиолуса в бухте Бойсмана и побережье о-ва Путятина не рассматривали из-за нерепрезентативности выборок (табл. 1). В бухте Баклан в пробах в основном присутствовала молодь размером 4–36 мм (95 %), в районе о-ва Аскольд модиолус найден не был. Состав поселений в Амурском заливе и районе архипелага Императрицы Евгении анализировали по данным исследований последних лет, в заливе Посьета — по результатам съёмок 2015 г. (табл. 1).

Показатели оседания и созревания *M. kurilensis* определяли методами, принятыми ранее для *C. grayanus* (Вигман, 1983 ; Вигман и Кутищев, 1979 ; Гаврилова, 2002 ; Седова и Соколенко, 2019b). С учётом небольших различий в росте *M. kurilensis* и *C. grayanus* в первые годы жизни (Вехова, 2013) интенсивность пополнения скоплений модиолуса оседающей молодью (показатель оседания, ПО) определяли как отношение численности молоди размером 1–30 мм (сеголетки, годовики) к числу взрослых особей с длиной раковины более 50 мм. Интенсивность пополнения половозрелой части скоплений (показатель созревания, ПС) устанавливали как отношение численности молодых моллюсков пререпродуктивного возраста (35–50 мм) к числу взрослых особей с длиной раковины более 50 мм.

Промыслового размера (длина раковины — 100 мм) модиолус достигает, по разным данным, в возрасте от 9 до 18 лет; прирост особей с 15-летнего возраста составляет 1–2 мм·год⁻¹ (Вехова, 2013 ; Селин и Понуровский, 1981 ; Селин и др., 1991). Именно поэтому пополнение промысловой части (далее — ППЧ) поселений определяли по отношению моллюсков размером 95–100 мм (рекруты), бóльшая часть которых через год пополнит промысловую часть поселения, к числу особей промыслового размера.

Статистическую обработку полученных данных проводили с применением программ Statistica и Microsoft Excel (определяли средние значения показателей и ошибку среднего при 5%-ном уровне значимости).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение и ресурсы. Для *M. kurilensis* благоприятными являются защищённые участки дна с преобладанием мягких осадков, в местах с активной гидродинамикой модиолус встречается редко (Вехова, 2013 ; Селин, 2018a ; Селин и др., 1991 ; Rees et al., 2008). В заливе Петра Великого на глубинах до 20 м *M. kurilensis* распространён широко, однако показатели его обилия на разных участках значительно отличаются (рис. 2). Друзы модиолуса, как совместные с *C. grayanus*, так и моновидовые, занимают значительные пространства (8,1–10,6 км²) в заливах Посьета и Уссурийском и акваториях архипелага Императрицы Евгении; максимальное распространение (36,0 км²) зарегистрировано в Амурском заливе (табл. 2).

Наиболее высокие значения средней плотности поселений (6,6–8,8 экз·м⁻²) и биомассы (384–510 г·м⁻²) отмечены в заливах Посьета, Амурском и Уссурийском; максимальных значений показатели достигали в поселениях Амурского залива (100 экз·м⁻² и 8000 г·м⁻²). В остальных районах показатели обилия были значительно ниже (табл. 2). В побережье о-ва Аскольд (район с повышенной гидродинамикой) *M. kurilensis* не был встречен, что связано, вероятно, с не подходящими для вида условиями обитания. Плотность поселений модиолуса в восточной части залива Петра Великого (заливы Восток и Находка) в 2001–2005 гг. варьировала от 0,5 до 50 экз·м⁻² (Галышева и Яковлева, 2007).

Ресурсы *M. kurilensis* в заливе Петра Великого оценены в 27,1 тыс. т, их основная часть (66,8 %) приходится на Амурский залив (табл. 2, рис. 2).

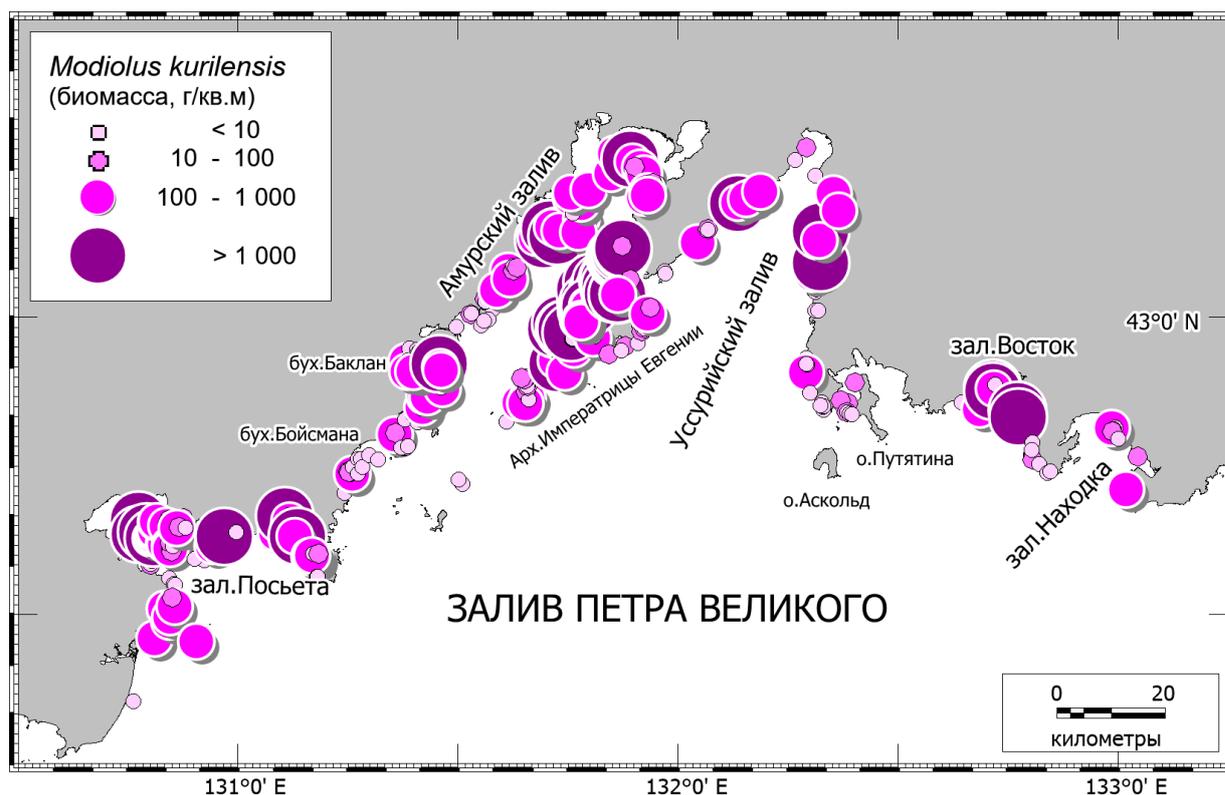


Рис. 2. Распределение биомассы *M. kurilensis* в заливе Петра Великого

Fig. 2. *M. kurilensis* biomass distribution in Peter the Great Bay

Таблица 2. Биостатистические характеристики и ресурсы *M. kurilensis* в заливе Петра Великого

Table 2. *M. kurilensis* biostatistical characteristics and resources in Peter the Great Bay

Район и год	Площадь, км ²	Глубина, м	Средняя плотность, экз.·м ⁻²	Максимальная плотность, экз.·м ⁻²	Средняя биомасса, г·м ⁻²	Максимальная биомасса, г·м ⁻²	Ресурсы	
							тыс. экз.	т
1	0,9	1–15	0,5 ± 0,1	2	62 ± 16	230	249	34,7
2	8,1	1–20	6,7 ± 2,0	84	384 ± 131	5048	29322	2065,0
3	2,6	2–20	1,1 ± 0,5	15	32 ± 22	600	1554	108,6
4	36,0	1–18	8,8 ± 2,7	100	468 ± 179	8000	412134	18 116,0
5	10,6	1,4–19	2,8 ± 0,8	44	258 ± 62	3120	60396	4489,9
6	9,0	1,8–20	6,6 ± 2,3	40	510 ± 152	2360	20208	1678,7
7	0,8	9–19	0,03 ± 0,02	0,1	4 ± 2	13	36	5,5
8	1,7	2–19	3,6 ± 1,1	39	249 ± 78	3018	7566	614,2
Итого	69,7	1–20					531465	27112,6

Примечание: 1 — юго-западная часть залива Петра Великого (2007); 2 — залив Посыета (2015–2016); 3 — бухты Бойсмана (2014) и Баклан (2016); 4 — Амурский залив (2009, 2016); 5 — акватории архипелага Императрицы Евгении (2016–2017); 6 — Уссурийский залив (2018); 7 — район острова Путятина (2007); 8 — восточная часть залива Петра Великого (2012).

Note: 1 – southwestern Peter the Great Bay (2007); 2 – the Posyet Bay (2015–2016); 3 – the Boisman Bay (2014) and Baklan Bay (2016); 4 – the Amur Bay (2009, 2016); 5 – the Empress Eugénie Archipelago water area (2016–2017); 6 – the Ussuri Bay (2018); 7 – the Putyatín Island water area (2007); 8 – eastern Peter the Great Bay (2012).

Состав поселений. Длина раковины *M. kurilensis* в наших сборах варьировала от 5 до 163 мм, индивидуальная масса особи — от 0,03 до 330 г (табл. 3). В юго-западной части залива Петра Великого отмечены максимальные средние размеры моллюсков, а доля особей непромыслового размера (с длиной раковины менее 100 мм) здесь составляла 47,5 % (табл. 4). В остальных поселениях модиолуса доля непромысловой части превышала 72,7 %, что отразилось на средней величине длины раковины моллюсков: она изменялась от 69,0 до 82,5 мм (табл. 3). Средний размер особей промыслового размера варьировал: длина раковины — от 110,3 мм (Амурский залив) до 125,1 мм (Уссурийский залив), индивидуальная масса — от 160 г (залив Посыета, акватории архипелага Императрицы Евгении) до 241 г (Уссурийский залив) (табл. 3).

Состав поселений *M. kurilensis* в разных районах залива Петра Великого отличается. Доля моллюды размером до 30 мм в годы исследований варьировала от 2,5 % (юго-западная часть залива Петра Великого) до 28,0 % (залив Посыета) (табл. 4). В Уссурийском заливе молодь размером до 50 мм не обнаружена. Возможно, сказались сроки проведения работ: здесь исследования были выполнены в октябре — ноябре 2018 г., в то время как в остальных районах — в период со второй половины июля до начала сентября. Показатель оседания в разных районах залива Петра Великого изменялся от 0,03 до 0,42 (табл. 3). Доля молодых моллюсков пререпродуктивного возраста во всех районах, кроме Уссурийского залива, варьировала от 2,5 до 7,5 %, а показатель созревания — от 0,03 до 0,11 (табл. 3, 4). Доля взрослых моллюсков (с длиной раковины более 50 мм) во всех поселениях была значительной — от 67,4 % в заливе Посыета до 100 % в Уссурийском заливе.

Таблица 3. Параметры *M. kurilensis* и показатели оседания (ПО), созревания (ПС) и пополнения промысловой части (ППЧ) его поселений (в скобках приведены диапазоны значений)

Table 3. *M. kurilensis* indicators, as well as indices of settling (ПО), maturation (ПС), and replenishment of the commercial stock (ППЧ) of horse mussel settlements (in brackets, ranges of values are given)

Район и год	Все особи		Особь промыслового размера		ПО	ПС	ППЧ
	Средняя длина раковины, мм	Средняя масса особи, г	Средняя длина раковины, мм	Средняя масса особи, г			
1	101,1 ± 4,1 (27–163)	145 ± 12 (3–330)	119,5 ± 3,5 (100–163)	199 ± 14 (120–330)	0,03	0,03	0,19
2	69,0 ± 2,5 (5–133)	70 ± 4 (0,03–304)	111,5 ± 1,1 (100–133)	160 ± 6 (94–304)	0,42	0,05	0,30
3	72,2 ± 3,3 (11–131)	76 ± 6 (0,3–302)	110,3 ± 1,5 (100–131)	162 ± 8 (100–302)	0,29	0,06	0,13
4	80,3 ± 1,5 (10–137)	82 ± 3 (0,1–321)	111,5 ± 0,9 (100–137)	160 ± 5 (70–321)	0,09	0,06	0,30
5	82,5 ± 2,5 (59–143)	89 ± 9 (31–311)	125,1 ± 2,5 (120–143)	241 ± 16 (173–311)	0	0	0,11
6	73,6 ± 4,6 (20–123)	76 ± 10 (1–270)	115,9 ± 1,7 (105–123)	198 ± 13 (118–270)	0,27	0,11	0,25

Примечание: 1 — юго-западная часть залива Петра Великого (2007); 2 — залив Посыета (2015); 3 — Амурский залив (2016); 4 — акватории архипелага Императрицы Евгении (2017); 5 — Уссурийский залив (2018); 6 — восточная часть залива Петра Великого (2012).

Note: 1 – southwestern Peter the Great Bay (2007); 2 – the Posyet Bay (2015); 3 – the Amur Bay (2016); 4 – the Empress Eugénie Archipelago water area (2017); 5 – the Ussuri Bay (2018); 6 – eastern Peter the Great Bay (2012).

Таблица 4. Соотношение размерных групп в поселениях *M. kurilensis* (частота встречаемости, %)**Table 4.** Ratio of size groups in *M. kurilensis* settlements (frequency of occurrence, %)

Район (год исследования)	Длина раковины, мм					
	1–30	35–50	> 50	95–100	> 100	< 100
Юго-западная часть залива Петра Великого (2007)	2,5	2,5	95,0	10,0	52,5	47,5
Залив Посьета (2015)	28,0	3,4	67,4	6,8	22,9	77,1
Амурский залив (2016)	20,9	4,5	72,7	3,6	27,3	72,7
Район архипелага Императрицы Евгении (2017)	7,9	5,7	83,2	7,3	24,4	75,6
Уссурийский залив (2018)	0	0	100,0	1,6	14,5	85,5
Восточная часть залива Петра Великого (2012)	18,9	7,5	69,8	5,6	22,7	77,3

Примечание. Длина раковины: 1–30 мм — сеголетки, годовики; 35–50 мм — особи пререпродуктивного возраста; > 50 мм — взрослые особи; 95–100 мм — рекруты; > 100 мм — особи промыслового размера; < 100 мм — особи непромыслового размера.

Note. Shell length: 1–30 mm – spat and yearlings; 35–50 mm – pre-reproductive molluscs; > 50 mm – adults; 95–100 mm – recruits; > 100 mm – molluscs of commercial length; < 100 mm – molluscs of non-commercial length.

Доля особей промыслового размера изменялась от 14,5 % в Уссурийском заливе до 52,5 % в юго-западной части залива Петра Великого (в среднем по этому заливу — $(27,4 \pm 5,3)$ %) (табл. 4). С учётом этого и общего числа модиолусов в заливе Петра Великого (табл. 2) можно заключить, что количество особей промыслового размера составило 145,6 млн. С учётом минимальной средней массы модиолусов промыслового размера [$(112,5 \pm 14,2)$ г], которая была рассчитана из общего числа проанализированных особей рассмотренных скоплений, промысловая часть популяции составила $(16,4 \pm 2,0)$ тыс. т.

Доля рекрутов в поселениях *M. kurilensis* варьировала от 1,6 % в Уссурийском заливе до 10,0 % в юго-западной части залива Петра Великого (табл. 4). Показатель ППЧ поселений изменялся от 0,11 до 0,30 (табл. 3). Наибольшее его значение отмечено в 2015 г. в заливе Посьета и в 2017 г. в районе архипелага Императрицы Евгении, а наименьшее — в 2018 г. в Уссурийском заливе. Среднее значение ППЧ поселений в заливе Петра Великого за разные годы составило $(0,21 \pm 0,03)$. Таким образом, ежегодное пополнение промысловой части поселений *M. kurilensis* в заливе Петра Великого может достигать 3,4 тыс. т (21 % от промыслового запаса в объёме 16,4 тыс. т).

Изучение состава поселений *M. kurilensis* в отдельных районах залива Петра Великого и в разные годы показало следующее: несмотря на имеющиеся различия, почти во всех поселениях доля непромысловой части превышает 70 % от общего числа особей (табл. 4). Пополнение бентосной части популяции модиолуса происходит регулярно на протяжении многих лет в результате оседания пелагических личинок в донные поселения взрослых особей, преимущественно *M. kurilensis* и *S. grayanus*, на их биссусные нити (Селин, 2018a, b; Lindenbaum et al., 2008; Tsuchiya, 2002).

Согласно литературным данным, индивидуальная плодовитость *M. kurilensis* составляет около 1–2 млн яиц (Микулич и Родин, 1963), что значительно меньше, чем у *S. grayanus* [15–20 млн яиц (Марковская, 1952)]. Созревание половых продуктов и время нереста у *M. kurilensis* в заливе Петра Великого варьируют в зависимости от условий обитания. В планктоне личинки встречаются в июне — октябре, при температуре морской воды $+17...+22$ °С. При достижении размера 300 мкм личинки оседают на раковины взрослых особей митилид, закрепляясь биссусными нитями, где и происходит их дальнейший рост (Евсеев и Колотухина, 2008; Селин, 2018a).

В юго-западной части залива Петра Великого пелагические личинки *M. kurilensis* встречались в августе (Колотухина и др., 2015), в заливе Посьета — с июня по сентябрь с плотностью 70–250 экз.·м⁻³ в разные годы (Радовец и Христофорова, 2008). В Амурском заливе они

обнаружены в июне — сентябре с максимальной плотностью в июле (в вершинной части залива — $865 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$, в открытой — $825 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) (Куликова и др., 2014). В вершинной части Уссурийского залива пелагические личинки *M. kurilensis* встречены в июле — октябре с максимальной плотностью в октябре ($210 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$), в открытой части залива они зарегистрированы в августе — октябре с низкой плотностью (Куликова и др., 2013). В заливе Восток они обнаружены в августе — сентябре с максимальной концентрацией в начале августа ($703 \text{ экз.}\cdot\text{м}^{-3}$) (Радовец и Христофорова, 2008).

По наличию молоди (длина раковины — до 30 мм) в поселениях модиолуса можно судить об интенсивности оседания личинок в предыдущем году. В период наблюдений наиболее низкая интенсивность оседания отмечена в 2017 г. в Уссурийском заливе и в 2006 г. — в юго-западной части залива Петра Великого; наиболее высокая зарегистрирована в 2014 г. в заливе Посыета (табл. 4). В соответствии с этим в разные годы и в различных районах показатель оседания (ПО) молоди *M. kurilensis* значительно варьирует (табл. 3), составляя в среднем $(0,18 \pm 0,07)$. В поселениях *C. grayanus*, обитающих в тех же условиях, среднее значение показателя оседания молоди (Седова и Соколенко, 2019b) выше более чем в 3 раза, что связано, возможно, с более высокой плотностью поселений *C. grayanus*. При оседании личинок модиолуса в друзы мидии Грея или в смешанные друзы молодёжь модиолуса часто не выдерживает конкуренции с моллюсками верхнего яруса друз и с молодью мидии Грея и гибнет (Кутищев и Гоголев, 1983). Кроме положения особей в друзе, обеспечивающего нормальную фильтрационную деятельность моллюсков, на выживаемость осевшей молоди влияют степень заиления субстрата и гидродинамические и гидрологические условия (Авдеева-Марковская, 1979; Вигман, 1983; Селин, 2018a). Также молодёжь моллюсков могут выедать различные хищники: морские звёзды, ракообразные, рыбы. Особи с длиной раковины 62–130 мм преобладают в основании друз модиолусов, а осевшая молодёжь сосредоточена в центральной части, что защищает её от хищников и способствует выживанию (Селин, 2018a, b; Dinesen & Morton, 2014; Lindenbaum et al., 2008).

В период наблюдений наибольшее значение показателя созревания (ПС) получено для поселения *M. kurilensis* в восточной части залива Петра Великого (табл. 3). Это означает, что в данном районе в течение трёх-четырёх лет, предшествовавших установлению значения ПС, складывались самые благоприятные условия для успешного роста молоди. Среднее значение для *M. kurilensis* в заливе Петра Великого составило $(0,05 \pm 0,01)$. В те же годы среднее значение показателя созревания в поселениях *C. grayanus* равнялось $(0,25 \pm 0,05)$ (Седова и Соколенко, 2019b), что в 5 раз выше, чем в поселениях *M. kurilensis*, и является следствием более низкой выживаемости его молоди.

В целом по заливу Петра Великого доля промысловой части поселений *M. kurilensis* составляла $(27,4 \pm 5,3) \%$ (табл. 4), а в поселениях *C. grayanus* в тот же период — $(34,0 \pm 4,8) \%$ (Седова и Соколенко, 2019b). Среднее значение ППЧ поселений *M. kurilensis*, равное $(0,21 \pm 0,03)$, находилось почти на одном уровне со значением ППЧ поселений *C. grayanus* — $(0,17 \pm 0,04)$ (Седова и Соколенко, 2019b). Как указано выше, ежегодное пополнение промысловой части поселений *M. kurilensis* в заливе Петра Великого возможно в объёме более 3 тыс. т. При этом, однако, не учитывается ни промысловая смертность моллюсков, ни естественная (из-за неблагоприятных абиотических условий и антропогенного воздействия), а они могут вносить свои коррективы. В сравнение приведём данные по возможному ежегодному пополнению промысловой части поселений *C. grayanus* в заливе Петра Великого. При современном состоянии промыслового запаса ($32,6 \text{ тыс. т}$) оно оценено в 5 тыс. т (Седова и Соколенко, 2019b).

Заключение. Популяция *M. kurilensis* в заливе Петра Великого в период с 2007 по 2018 г. находилась в стабильном состоянии. Доля особей непромыслового размера в разных поселениях варьировала от 52,5 до 85,5 %, что свидетельствует о протекающих процессах активного

естественного воспроизводства и о регулярном пополнении бентосной части популяции на протяжении многих лет.

Пополнение поселений модиолуса оседающей молодью зависит от наличия пелагических личинок в планктоне, а их половозрелой части — от благоприятных условий для выживания молодежи. Средние значения показателей оседания и созревания *M. kurilensis* в заливе Петра Великого в 2007–2018 гг. составляли $(0,18 \pm 0,07)$ и $(0,05 \pm 0,01)$ соответственно.

Ресурсы *M. kurilensis* оценены в 27,1 тыс. т, а промысловый запас — в 16,4 тыс. т. Ежегодное пополнение промысловой части поселений *M. kurilensis* в заливе Петра Великого возможно в объеме более 3 тыс. т. Среднее значение показателя пополнения промысловой части — $(0,21 \pm 0,03)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Авдеева-Марковская Е. Б. О размерно-возрастном составе поселений *Crenomytilus grayanus* (Dunker) в разных условиях обитания в заливе Петра Великого Японского моря // *Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах*. Ленинград : ЗИН АН СССР, 1979. С. 3–8. [Avdeeva-Markovskaya E. B. O razmerno-vozhrastnom sostave poselenii *Crenomytilus grayanus* (Dunker) v raznykh usloviyakh obitaniya v zalive Petra Velikogo Yaponskogo morya. In: *Promyslovy dvustvorchatye mollyuski-midii i ikh rol' v ekosistemakh*. Leningrad : ZIN AN SSSR, 1979, pp. 3–8. (in Russ.)]
2. Вехова Е. Е. Особенности роста и формы раковины трёх представителей семейства Mytilidae (Bivalvia) // *Зоологический журнал*. 2013. Т. 92, № 4. С. 399–408. [Vekhova E. E. The peculiarities of growth and shell morphology of three Mytilidae (Bivalvia) species from the Sea of Japan. *Zoologicheskyy zhurnal*, 2013, vol. 92, no. 4, pp. 399–408. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S0044513413040181>
3. Вигман Е. П. Структура друз мидии Грея // *Биология мидии Грея*. Москва : Наука, 1983. С. 88–108. [Vigman E. P. Structure of Gray's mussel clumps. In: *Biologiya midii Greya*. Moscow : Nauka, 1983, pp. 88–108. (in Russ.)]
4. Вигман Е. П., Кутищев А. А. Роль друз разной величины в поддержании численности популяции *Crenomytilus grayanus* // *Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах*. Ленинград : ЗИН АН СССР, 1979. С. 34–36. [Vigman E. P., Kutishchev A. A. The role of drusen of various sizes in maintaining the population of *Crenomytilus grayanus*. In: *Promyslovy dvustvorchatye mollyuski-midii i ikh rol' v ekosistemakh*. Leningrad : ZIN AN SSSR, 1979, pp. 34–36. (in Russ.)]
5. Гаврилова Г. С. Размерная структура популяции мидии гигантской (*Crenomytilus grayanus* Dunker) в зал. Петра Великого (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2002. Т. 131. С. 300–305. [Gavrilova G. S. The size structure of giant Pacific mussel population in Peter the Great Bay (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 131, pp. 300–305. (in Russ.)]
6. Гаврилова Г. С., Жембровский С. Ю. Современное распределение мидии гигантской *Crenomytilus grayanus* (Dunker) в заливе Петра Великого // *Известия ТИНРО*. 2000. Т. 127. С. 342–350. [Gavrilova G. S., Zhembrovskiy S. Yu. Present distribution of *Crenomytilus grayanus* (Dunker) in Peter the Great Bay (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2000, vol. 127, pp. 342–350. (in Russ.)]
7. Галышева Ю. А., Яковлева А. Н. Оценка количественных показателей некоторых промысловых беспозвоночных в основных местах локализации в заливах Восток и Находка (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2007. Т. 149. С. 191–204. [Galysheva Yu. A., Yakovleva A. N. Assessment of quantitative parameters for some commercial invertebrates in their main settlements in the Vostok and Nakhodka Bays (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2007, vol. 149, pp. 191–204. (in Russ.)]
8. Евсеев Г. А., Колотухина Н. К. Сравнительная морфология и проблемы таксономии пелагических личинок семейства Mytilidae (Mollusca: Bivalvia) залива Петра Великого Японского моря // *Бюллетень Дальневосточного малакологического общества*. 2008. Вып. 12. С. 5–41. [Evseev G. A., Kolotukhina N. K. Comparative morphology and problems of taxonomy of the mytilid pelagic larvae (Bivalvia: Mytilidae)

- from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *The Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*, 2008, vol. 12, pp. 5–41. (in Russ.)]
9. Колотухина Н. К., Омеляненко В. А., Куликова В. А. Состав и фенология пелагических личинок *Bivalvia* юго-западной части залива Петра Великого (Японское море) // *Биота и среда заповедников Дальнего Востока*. 2015. № 5. С. 73–84. [Kolotukhina N. K., Omelyanenko V. A., Kulikova V. A. Composition and phenology of pelagic larvae of *Bivalvia* in southwestern part of the Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2015, no. 5, pp. 73–84. (in Russ.)]
 10. Куликова В. А., Колотухина Н. К., Омеляненко В. А. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Уссурийского залива Японского моря // *Биология моря*. 2013. Т. 39, № 6. С. 452–458. [Kulikova V. A., Kolotukhina N. K., Omelyanenko V. A. Pelagic larvae of the bivalves of Ussuriysky Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya*, 2013, vol. 39, no. 6, pp. 452–458. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S1063074013060059>
 11. Куликова В. А., Колотухина Н. К., Омеляненко В. А. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Амурского залива Японского моря // *Биология моря*. 2014. Т. 40, № 5. С. 342–352. [Kulikova V. A., Kolotukhina N. K., Omelyanenko V. A. Pelagic larvae of bivalve mollusks of Amursky Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya*, 2014, vol. 40, no. 5, pp. 342–352. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S1063074014050034>
 12. Кутищев А. А., Гоголев А. Ю. Взаимодействие видов мидии Грея и модиолуса диффицилиса в различных экологических условиях // *Биология мидии Грея*. Москва : Наука, 1983. С. 115–118. [Kutishchev A. A., Gogolev A. Yu. Interaction of *Crenomytilus grayanus* and *Modiolus difficilis* mussel species under different ecological conditions. In: *Biologiya midii Greya*. Moscow : Nauka, 1983, pp. 115–119. (in Russ.)]
 13. Марковская Е. Б. К биологии мидии зал. Петра Великого // *Известия ТИНРО*. 1952. Т. 37. С. 163–173. [Markovskaya E. B. On the biology of mussel in Peter the Great Bay. *Izvestiya TINRO*, 1952, vol. 37, pp. 163–173. (in Russ.)]
 14. Микулич Л. В., Родин В. Е. К вопросу использования модиолуса // *Учёные записки Дальневосточного государственного университета*. 1963. Вып. 6. С. 159–163. [Mikulich L. V., Rodin V. E. On the question of using *Modiolus*. *Uchenye zapiski Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo universiteta*, 1963, iss. 6, pp. 159–163. (in Russ.)]
 15. Радовец А. В., Христофорова Н. К. Динамика численности личинок промысловых видов двустворчатых моллюсков в планктоне бухты Миноносок (зал. Посыета) и зал. Восток (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2008. Т. 153. С. 201–214. [Radovets A. V., Khristoforova N. K. Density dynamics of commercial bivalves larvae in plankton of the Minonosok Bight and Vostok Bay (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2008, vol. 153, pp. 201–214. (in Russ.)]
 16. Разин А. И. Морские промысловые моллюски южного Приморья // *Известия ТИРХ*. 1934. Т. 8. 110 с. [Razin A. I. Morskije promyslovyje mollyuski Primorskogo Kraya. *Izvestiya TIRKh*, 1934, vol. 8, 110 p. (in Russ.)]
 17. Седова Л. Г. Промысел и ресурсы двустворчатых моллюсков в прибрежье Приморского края (Японское море) // *Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование* : материалы 11-й Нац. (всерос.) науч.-практ. конф., 24–25 марта 2020 г. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2020. С. 54–58. [Sedova L. G. Bivalve mollusks fishery and resources at the coast area of Primorsky Krai (Japan Sea). In: *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie* : materialy 11-i Nats. (vseros.) nauch.-prakt. konf., 24–25 March, 2020. Petropavlovsk-Kamchatsky : KamchatGTU, 2020, pp. 54–58. (in Russ.)]
 18. Седова Л. Г., Соколенко Д. А. Распределение и ресурсы мидии Грея и модиолуса курильского в Амурском заливе (залив Петра Великого, Японское море) // *Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана* : материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф., 22–24 мая 2018 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2018а. Ч. 1. С. 184–189. [Sedova L. G., Sokolenko D. A. Distribution and resources of Gray's mussel and Kuril horse mussel in Amur Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan). In: *Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana* : materialy 5-i Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf., 22–24 May, 2018. Vladivostok : Dal'rybvruz, 2018a, pt. 1, pp. 184–189. (in Russ.)]

19. Седова Л. Г., Соколенко Д. А. Распределение мидии Грея и модиолуса курильского в заливе Посыета (залив Петра Великого, Японское море) // *Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование* : материалы 9-й Всерос. науч.-практ. конф., 20–22 марта 2018 г. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2018b. Ч. 1. С. 88–92. [Sedova L. G., Sokolenko D. A. Distribution of mussel *Crenomytilus grayanus* and horsmussel *Modiolus kurilensis* in the Posyet Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan). In: *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie* : materialy 9-i Vseros. nauch.-prakt. konf., 20–22 March, 2018. Petropavlovsk-Kamchatsky : KamchatGTU, 2018, pt. 1, pp. 88–92. (in Russ.)]
20. Седова Л. Г., Соколенко Д. А. Ресурсы и распределение мидии Грея и модиолуса курильского в бухтах Бойсмана и Баклан (залив Петра Великого, Японское море) // *Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем* : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Азовского науч.-иссл. ин-та рыбн. хоз-ва, 11–12 декабря 2018 г. Ростов-на-Дону : АЗНИИРХ, 2018с. С. 215–219. [Sedova L. G., Sokolenko D. A. Resources and distribution of Gray's mussel and Kuril horse mussel in Boisman and Baklan bays (Peter the Great Bay, Sea of Japan). In: *Aktual'nye voprosy rybolovstva, rybovodstva (akvakul'tury) i ekologicheskogo monitoringa vodnykh ekosistem* : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 90-letiyu Azovskogo nauch.-issl. in-ta ryb. khoz-va, 11–12 Dec., 2018. Rostov-on-Don : AzNIIRKh, 2018с, pp. 215–219. (in Russ.)]
21. Седова Л. Г., Соколенко Д. А. Состояние поселений, ресурсы и промысел мидии Грея *Crenomytilus grayanus* в прибрежье Приморского края (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2019а. Т. 198. С. 33–45. [Sedova L. G., Sokolenko D. A. State of settlements, resources and fishery of Gray mussel *Crenomytilus grayanus* at the coast of Primorsky Region (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2019a, vol. 198, pp. 33–45. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-198-33-45>
22. Седова Л. Г., Соколенко Д. А. Размерная структура поселений мидии Грея *Crenomytilus grayanus* в прибрежье Приморского края (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 2019b. Т. 199. С. 35–48. [Sedova L. G., Sokolenko D. A. Size structure in settlements of mussel *Crenomytilus grayanus* at the coast of Primorsky Krai (Japan Sea). *Izvestiya TINRO*, 2019b, vol. 199, pp. 35–48. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-199-35-48>
23. Селин Н. И. Состав и структура смешанных поселений *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) и *Modiolus kurilensis* (Bernard, 1983) (Bivalvia: Mytilidae) в заливе Петра Великого Японского моря // *Биология моря*. 2018а. Т. 44, № 5. С. 307–316. [Selin N. I. The composition and structure of a mixed population of *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) and *Modiolus kurilensis* (Bernard, 1983) (Bivalvia: Mytilidae) in Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya*, 2018a, vol. 44, no. 5, pp. 307–316. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S0134347518050029>
24. Селин Н. И. Онтогенетическая изменчивость прочности биссусного прикрепления к субстрату у *Modiolus kurilensis* F. R. Bernard, 1983 (Bivalvia: Mytilidae) в связи с дружным характером организации // *Биология моря*. 2018b. Т. 44, № 6. С. 418–420. [Selin N. I. Ontogenetic variation in byssal attachment strength of *Modiolus kurilensis* F. R. Bernard, 1983 (Bivalvia: Mytilidae) in connection with spatial organization in druses. *Biologiya morya*, 2018b, vol. 44, no. 6, pp. 418–420. (in Russ.)]. <https://doi.org/10.1134/S106307401806010X>
25. Селин Н. И., Понуровский С. К. Некоторые особенности роста мидии Грея и модиолуса длиннощетинкового в бухте Витязь залива Посыета Японского моря // *Биология моря*. 1981. № 6. С. 75–77. [Selin N. I., Ponurovsky S. K. Some growth peculiarities of the mussel *Crenomytilus grayanus* and horse mussel *Modiolus difficilis* in Vityaz Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya*, 1981, no. 6, pp. 75–77. (in Russ.)]
26. Селин Н. И., Гоголев А. Ю., Буяновский А. И. Локальная и широтная изменчивость линейного роста двустворчатого моллюска *Modiolus kurilensis* // *Биология моря*. 1991. № 3. С. 45–54. [Selin N. I., Gogolev A. Yu., Buyanovsky A. I.

- Local and latitudinal variability of the linear growth of the bivalve *Modiolus kurilensis*. *Biologiya morya*, 1991, no. 3, pp. 45–54. (in Russ.)]
27. Dinesen G. E., Morton B. Review of the functional morphology, biology and perturbation impacts on the boreal, habitat-forming horse mussel *Modiolus modiolus* (Bivalvia: Mytilidae: Modiolinae). *Marine Biology Research*, 2014, vol. 10, iss. 9, pp. 845–870. <https://doi.org/10.1080/17451000.2013.866250>
28. Lindenbaum C., Bennell J. D., Rees E. I. S., McClean D., Cook W., Wheeler A. J., Sanderson W. G. Small-scale variation within a *Modiolus modiolus* (Mollusca: Bivalvia) reef in the Irish Sea: I. Seabed mapping and reef morphology. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2008, vol. 88, iss. 1, pp. 33–141. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000374>
29. Rees E. I. S., Sanderson W. G., Mackie A. S. Y., Holt R. H. F. Small-scale variation within a *Modiolus modiolus* (Mollusca: Bivalvia) reef in the Irish Sea. III. Crevice, sediment infauna and epifauna from targeted cores. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2008, vol. 88, iss. 1, pp. 151–156. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000052>
30. Tsuchiya M. Faunal structures associated with patches of mussels on East Asian coasts. *Helgolander Marine Research*, 2002, vol. 56, pp. 31–36. <https://doi.org/10.1007/s10152-001-0099-2>

RESOURCES AND STRUCTURE OF HORSEMUSSEL *MODIOLUS KURILENSIS* SETTLEMENTS IN PETER THE GREAT BAY (THE SEA OF JAPAN)

L. G. Sedova and D. A. Sokolenko

Pacific branch of the FSBSI “Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography”, Vladivostok,
Russian Federation
E-mail: ludmila.sedova@tinro-center.ru

Modiolus kurilensis F. R. Bernard, 1983 (Mollusca, Bivalvia) can be found in Peter the Great Bay (the Sea of Japan) both on soft and hard substrates, often together with the mussel *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853); it is a promising commercial species. This mollusc is a by-catch when catching *C. grayanus*. The aim of the work was to assess *M. kurilensis* resources and settlement structure in Peter the Great Bay. The research was carried out in 2007–2018 by scuba-diving methods of hydrobiological research at the depths of down to 20 m. In total, the data were analyzed for 2,409 stations; *M. kurilensis* was found at 308 stations. Sampled molluscs were measured and weighed. The material was processed statistically and cartographically; the mean biomass and distribution density of *M. kurilensis* settlements were calculated. In total, 870 horse mussels were analyzed for studying the settlement structure. The following indicators were estimated: index of settling (ratio of the abundance of juvenile molluscs with a shell length of 1–30 mm (spat, yearlings) to the abundance of adults with a shell length of > 50 mm); index of maturation (ratio of the abundance of pre-reproductive molluscs with a shell length of 35–50 mm to the abundance of adults with a shell length of > 50 mm); index of replenishment of the commercial stock (ratio of the abundance of molluscs with a shell length of 95–100 mm (recruits) to the abundance of molluscs of commercial length of > 100 mm). The state of *M. kurilensis* population in Peter the Great Bay is stable: the ratio of molluscs of non-commercial length varies 52 to 86 % in most settlements, which indicates active natural reproduction and regular replenishment of the benthic part over many years. Replenishment of settlements with settling of both spat and yearlings depends on the presence of pelagic larvae in the plankton, while replenishment of the mature molluscs depends on favorable conditions for juvenile survival. In 2007–2018, the mean values of the indices of settling and maturation in *M. kurilensis* settlements in Peter the Great Bay were of (0.18 ± 0.07) and (0.05 ± 0.01) , respectively. *M. kurilensis* resources are estimated at 27.1 thousand tons, and the commercial stock – at 16.4 thousand tons. The annual replenishment of the commercial stock of *M. kurilensis* in Peter the Great Bay is possible in a volume of more than 3 thousand tons. The mean value of the index of replenishment of the commercial stock is of (0.21 ± 0.03) .

Keywords: horse mussel, *Modiolus kurilensis*, resources, commercial stock, settlement structure, replenishment, Peter the Great Bay, Sea of Japan