БИОЛОГИЯ МОРЯ, 2023, том 49, № 6, с. 396–406

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 591.5:594.133

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, РАЗМЕРНЫЙ И ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВЫ ПОСЕЛЕНИЙ *MYA JAPONICA* JAY, 1857 (BIVALVIA: MYIDAE) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

© 2023 г. Н. И. Селин* (ORCID: 0000-0003-0793-9371)

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского (ННЦМБ) ДВО РАН, Владивосток, 690041 Россия

**e-mail: nikselin@yandex.ru*

Поступила в редакцию 10.03.2023 г.
После доработки 31.05.2023 г.
Принята к публикации 08.06.2023 г.

В июле–августе 2022 г. исследовали пространственное распределение и состав локальных скоплений двустворчатого моллюска *Mya japonica* Jay, 1857 в зал. Восток (зал. Петра Великого Японского моря). *M. japonica* встречалась почти по всему заливу в широком диапазоне глубин от 0 до 22 м при температуре воды от –1.9 до 25°С и солености от 0 до 34‰. Наиболее обильна мия японская была на мелководных участках бухт, закрытых от прямого воздействия волн, где на глубине до 4–5 м плотность поселения моллюска достигала 27 экз./м^2, а биомасса почти 4 кг/м^2, что составляло в среднем 56% от всей биомассы макрозообентоса. С увеличением глубины и продвижением от кутовой части залива к открытому морю численность *M. japonica* снижалась на один–два порядка. Локальные скопления существенно различались по размерному и возрастному составам, частотному распределению моллюсков, свидетельствовавшим о характере пополнения донного населения молодью, а также долей особей промыслового размера, которая колебалась от 37 до 98%. Обсуждаются причины выявленных особенностей распределения и состава населения *M. japonica*.

Ключевые слова: двустворчатый моллюск *Mya japonica*, пространственное распределение, состав локальных поселений, условия обитания, сопутствующая фауна, залив Петра Великого, Японское море

DOI: 10.31857/S0134347523060062, **EDN:** HCWUHD

Семейство Myidae Lamarck, 1809 включает около 25 видов космополитического распространения (Coan et al., 2000; Coan, Valentich-Scott, 2012), среди которых пять относятся к роду *Mya* Linnaeus, 1758. Эти промысловые моллюски образуют массовые поселения на литорали и в верхней сублиторали, что объясняет интерес исследователей к изучению их биологии, роли в биогеохимии среды и в функционировании донных сообществ, а также к оценке особенностей распределения и обилия (Максимович, 1989; Hanks, 1963; Baker, Mann, 1991; Hansen et al., 1996, и др.). В северо-западной части Японского моря обитает мия японская *Mya japonica* Jay, 1857, известная также из других дальневосточных морей России, прибрежных вод Кореи и Китая, Британской Колумбии и Тасмании (Скарлато, 1981; Lutaenko, Noseworthy, 2012; Dann et al., 2020, и др.). Данные по биологии моллюсков этого вида в открытой печати немногочисленны в отличие от близкородственного вида *Mya arenaria* Linnaeus, 1758, значительное морфологическое сходство с которым до недавнего времени приводило к путанице в определении этих моллюсков и к сведению *M. japonica* в синоним. Основная доступная информация, касающаяся *M. japonica*, включает описание внешней морфологии и мест обитания (Скарлато, 1981; Атлас двустворчатых ..., 2000; Higo et al., 1999; Okutani, 2000; Zhang et al., 2018), а также данные о сроках размножения, обилии личинок в планктоне и времени их оседания на дно (Масленникова, 1981; Дзюба, Масленникова, 1987; Куликова, Колотухина, 1990). Для рационального использования официально промышляемого объекта, каковым является *M. japonica* (Правила рыболовства..., 2022), и оценки его роли в прибрежных донных сообществах этих сведений явно недостаточно.

Цель работы – изучить пространственное распределение и оценить обилие и структуру локальных поселений *M. japonica* из зал. Восток (зал. Петра Великого Японского моря).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пространственное распределение *Mya japonica* и сопутствующих макроформ инфауны верхних

слоев грунта (далее – макробентос) исследовали с привлечением легководолазного снаряжения в июле–августе 2022 г. в зал. Восток на двух участках (рис. 1), визуально различавшихся условиями среды и составом донного населения. Первый полигон располагался в кутовой части, недоступной для проникновения волн из открытой части залива. По классификации биономических типов сублиторали (Лукин, Фадеев, 1982) этот участок залива относится к хорошо защищенному побережью второй степени прибойности. Здесь от берега в сторону глубоководной части залива вдоль склона были выполнены пять станций (далее – ст.) на глубине 0.3–0.7, 1.0–1.5, 3–5, 6–7 и 8–10 м. Ст. 1 представляла собой гравийно-галечный с крупным песком прибрежный участок дна с подвижным эпибентосом, представленным морскими звездами *Patiria pectinifera*, раками-отшельниками *Pagurus* spp. и прибрежными крабами *Hemigrapsus* spp., а также единичными особями полузарывшихся в грунт хищных брюхоногих моллюсков *Cryptonatica yanthostoma* и *Boreotrophon candelabrum*. Ст. 2 характеризовалась небольшим уклоном дна и едва заметным заилением песчаного осадка, включавшего редкие валуны малого и среднего размера, а также гальку. Здесь были обычны небольшие агрегации крупных двустворчатых моллюсков мидии Грея *Crenomytilus grayanus* и модиолуса *Modiolus kurilensis* с комплексом сопутствующих организмов, таких как морские звезды, голотурии, брюхоногие моллюски и др. Ст. 3 представляла собой сходный по эпифауне наклонный участок дна, где верхние 5–10 см осадка из-за остатков корневищ недавно существовавших здесь зарослей морской травы зостеры *Zostera marina* и относительно высокого содержания в песке частиц ила были более плотными, чем на ст. 2. Для этой станции характерна сравнительно высокая численность морских звезд, брюхоногих моллюсков и раков-отшельников. На ст. 4 агрегации крупных митилид были наиболее массовыми, илистый песок включал остатки раковин двустворчатых и брюхоногих моллюсков, а также немногочисленную гальку. Ст. 5 охватывала нижний участок склона и плоский участок илистого дна, где тоже встречались единичные агрегации митилид.

Второй полигон располагался у относительно открытого скально-валунного берега, подверженного в штормовую погоду скользящему воздействию волн, распространяющихся вдоль береговой черты во внутреннюю часть залива с юго-востока и юга. Этот участок залива относится к умеренно защищенному побережью третьей степени прибойности (Лукин, Фадеев, 1982). Здесь были выполнены три станции на глубине 3.0, 4.0–5.0 и 8–10 м (соответственно ст. 6, 7 и 8). Ст. 6 располагалась у основания скально-валунного берега. Чистый промытый песок залегал на глубину 25–30 см, ниже располагались валуны и скальные материнские породы. Иногда встречались крупные валуны, окатанные вершины которых торчали из песка. Ст. 7 располагалась на удалении 50–60 м от берега на глубине 4–5 м. Визуально эпифауна была представлена редкими особями морского ежа *Mesocentrotus nudus* и морских звезд *Asterias amurensis* и *P. pectinifera*. Слой чистого песка составлял 30–40 см, его подстилали многочисленные раковины двустворчатых моллюсков, валуны и материковые скальные породы. По мере удаления от берега и увеличения глубины участок песчаного дна сменялся валунной грядой, уходящей в виде подводной косы на юго-восток. На глубине 6 м в 60–100 м от берега валунная гряда образует резкий свал до 8 м. От основания свала в сторону мористой части залива распространяется пологое песчаное дно. Ст. 8 на глубине более 8 м представляла собой типичный биотоп заиленных песчаных грунтов залива, составляющих значительную часть дна (Тарасов, 1978).

В условиях удовлетворительной видимости (ст. 1, 2, 6, 7 и 8) всех зарывающихся животных собирали путем послойного смыва донного осадка (“археологический метод”, по: Dworschak et al., 2012) в питомзу из сетки с размером ячеи около 1.5 мм. На участках с плотным осадком использовали небольшую лопату. Во всех случаях грунт просматривали в рамке площадью 1.0 м^2 на глубину 40 см или мельче при наличии подстилающего слоя из валунов и/или скал. На каждой станции обрабатывали по 20 рамок, случайным образом расположенных вдоль изобаты. В районе полигона I исследованием охвачена площадь дна около 1 га, полигона II – почти 1.5 га.

Моллюсков и других представителей макробентоса из проб подсчитывали и взвешивали для оценки плотности поселения и биомассы. Размерный состав *M. japonica* анализировали, измеряя длину раковины у всех особей штангенциркулем с точностью до 0.1 мм. Индивидуальный возраст моллюсков оценивали несколькими взаимодополняющими методами: по кольцам роста на просвет, а также по скульптурным и структурным меткам на наружной поверхности и на спиле раковины и хондрофора (Newcombe, 1936; Feder, Paul, 1974; Brousseau, 1979; Золотарев, 1876, 1980, 1989; MacDonald, Thomas, 1980, 1982; Максимович, 1989; Maximovich, Guerassimova, 2003).

В районе полигонов I и II на разной глубине колонки грунта взяли для оценки гранулометрического состава осадка. Анализ выполняли весовым методом в соответствии с классификацией осадков по Парсонсу с соавторами (1982). При статистической обработке эмпирических данных использовали обычные приемы дисперсионного анализа из пакета прикладных компьютерных программ SPSS17. Размерный и возрастной составы поселений *M. japonica* на разной глубине в

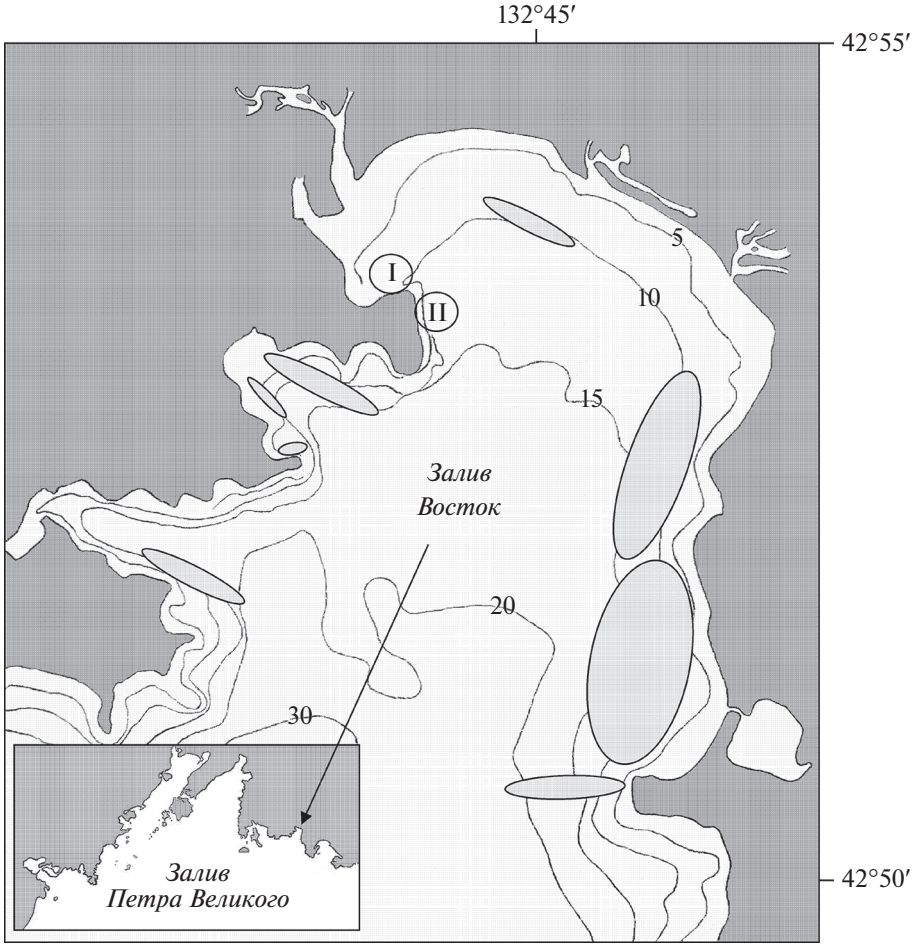

Рис. 1. Карта-схема района исследований в зал. Восток Японского моря. I и II – полигоны количественного учета *Mya japonica* в 2022 г.; эллипсы – места обнаружения *M. japonica* в предыдущих исследованиях автора; волнистые линии и цифры на них – изобаты с глубинами, м.

районе полигона I, где были получены массовые выборки моллюсков (ст. 1, 2 и 3), сравнивали, используя непараметрический критерий Крускала–Уоллиса. Апостериорные сравнения выполнены с помощью критерия Манна–Уитни при скорректированном уровне статистической значимости $p' < 0.017$ (поправка Бонферрони), дающем объективные результаты расчетов при небольшом количестве сравнений (в нашем случае – три). Этот же парный критерий использовали для оценки сходства (различия) состава поселений моллюсков между полигонами, объединив весь материал в две выборки (соответственно ст. 1–5 и ст. 6–8). При обсуждении результатов исследования использовали неопубликованные данные автора о находках *M. japonica* в зал. Восток в предшествующие годы.

Видовые названия животных приведены в соответствии с базой данных World Register of Marine Species (WoRMS).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Пространственное распределение

В районе полигона I моллюски *Mya japonica* встречались почти от уреза воды до глубины 7 м. Вблизи от берега на глубине 0.3–0.7 м среди небольших валунов в гравийно-галечном грунте с относительно низким содержанием песка (рис. 1; табл. 1), толщина слоя которого до подстилающего скального основания составляла 15–20 см, средняя плотность поселения мии японской (± стандартное отклонение) была 16 ± 7 экз./м^2 (максимальная – 27 экз./м^2), средняя биомасса – 1064.86 ± ± 480.83 г/м^2 (максимальная – 1849.50 г/м^2) (рис. 2). Моллюски зарывались до подстилающего скальника. В состав сопутствующего макробентоса входили двустворчатый моллюск *Saxidomus purpurata*, актиния *Anthopleura* sp. и декапода *Upogebia issaeffi*. Суммарная биомасса животных, 97% которой приходилось на *M. japonica*, составляла в среднем 1098.61 ± 484.44 г/м^2.

Таблица 1. Гранулометрический состав осадка (в %) в районе полигонов I и II в зал. Восток Японского моря

№ станции	Глубина, м	Гравий, галька (>2 мм*)	Песок		Ил (<0.05 мм)
			1.0–2.0 мм	0.05–1.0 мм	
1	0.3–0.7	58.5	14.0	25.8	1.7
2	1.0–1.5	10.0	17.1	71.0	1.9
3	3.0–5.0	10.2	21.0	63.6	5.2
4	6.0–7.0	6.8	11.3	42.5	39.4
5	8.0–10.0	3.2	–	5.4	91.4
6	3.0	–	2.2	93.4	4.4
7	4.0–5.0	–	0.9	92.9	6.2
8	8.0–10.0	1.4	5.9	85.5	7.2

* Размер частиц грунта.

На ст. 2 на удалении 15–20 м от берега на глубине 1.0–1.5 м, где грунт включал значительную долю песка и следы ила, моллюски закапывались на глубину 20–25 см. Плотность поселения составляла 14 ± 5 экз./м^2 (максимальная – 27 экз./м^2), биомасса – 1256.57 ± 453.24 г/м^2 (максимальная – 1966.80 г/м^2). Среди сопутствующих видов макробентоса кроме двустворчатых моллюсков *S. purpurata*, *Ruditapes philippinarum* (молодь) и *Callista brevisiphonata*, отмечены также декапода *U. issaeffi*, актинии, немертина *Cerebratulus* sp. и полихета *Chaetopterus variopedatus*. Суммарная биомасса животных составляла 1548.66 ± 539.12 г/м^2, доля *M. japonica* – 81.1%. Значительная часть населения представлена *S. purpurata* (13.5%).

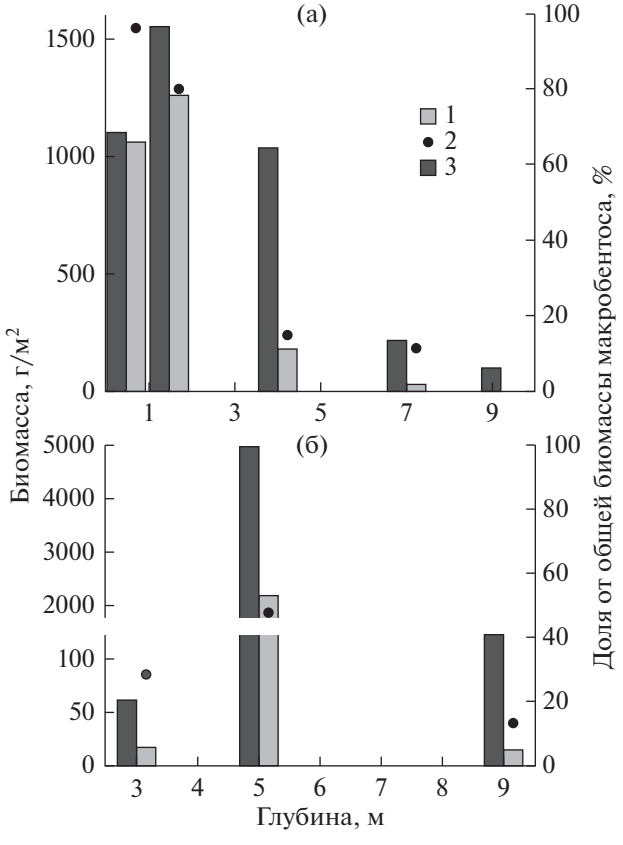

Рис. 2. Биомасса макробентоса (3) и *Mya japonica* (1) в районе полигона I (а) и II (б) в зал. Восток Японского моря. 2 – доля *M. japonica* от общей биомассы организмов инфауны.

На ст. 3 на глубине 3–5 м было заметно заиление грунта. Средняя плотность поселения мии японской, закапывавшейся на глубину 20–30 см, составляла 3 экз. на 2 м^2 (максимальная – 3 экз./м^2), биомасса – 173.94 ± 164.16 г/м^2 (максимальная – 443.1 г/м^2). Видовой состав сопутствовавшего макробентоса был почти таким же, как на глубине 1.0–1.5 м: отсутствовали *R. philippinarum*, актинии и немертины, но обнаружены немногочисленные особи двустворчатых моллюсков *Felaniella usta*, *Protocallithaca adamsi* и *Macoma tokyoensis*. Суммарная биомасса животных была 1031.31 ± 376.21 г/м^2; доля *Mya japonica* – 16.9%. По биомассе заметно преобладал *S. purpurata* (623.78 ± 324.98 г/м^2 или 60.5%), обильно представлен *C. brevisiphonata* (149.06 ± 131.60 г/м^2; 14.5%).

На бóльшем удалении от берега при увеличении глубины до 6–7 м песок сменялся илистым песком. Средняя плотность поселения *M. japonica* составляла 1 экз. на 5 м^2, биомасса – менее 27 г/м^2. В составе населения, включавшего 8 видов, не зарегистрированы *F. usta* и *U. issaeffi*, но впервые встречены единичные особи *Mya truncata* и *Macoma scarlatoi* (1 экз. на 3 м^2). Суммарная биомасса животных равнялась 214.20 ± 134.49 г/м^2; доля *Mya japonica* составляла 12.4%. Основная часть биомассы приходилась на *P. adamsi* (132.54 ± 90.86 г/м^2 или 61.9%).

На ст. 5, где осадок был представлен илом с небольшим содержанием гравия и песка, *M. japonica* не обнаружили. Макробентос включал пять видов двустворчатых моллюсков: *P. adamsi*, *Macoma*

tokyoensis, *M. scarlatoi*, *Mya truncata* и *Panopea japonica*. Суммарная биомасса животных составляла около 100 г/м^2, из которой 90.2% приходилось на *P. adamsi*.

В районе полигона II у основания скально-валунного берега на глубине 3 м в зоне относительно высокой турбулентности воды в штормовую погоду средняя плотность поселения *M. japonica* составляла 1 экз. на 5 м^2, биомасса – 17.5 г/м^2. Моллюски закапывались в чистый, почти не заиленный слой средне- и мелкоразмерного песка, упираясь передней частью раковины в скальный грунт и/или валуны. Сопутствующий макробентос был представлен двустворчатыми моллюсками *S. purpurata*, *F. usta* и *Mactra chinensis* (молодь), а также полихетой *C. variopedatus* и единичными особями сердцевидного морского ежа *Echinocardium cordatum*. Суммарная биомасса животных равнялась 60.1 г/м^2. Наибольшая часть биомассы приходилась на *S. purpurata* (49.1%); доля *Mya japonica* была 29.1%.

На ст. 7 в осадке, сходном по структуре с осадком на ст. 6, средняя плотность поселения *M. japonica* составляла 15 ± 9 экз./м^2 (максимальная – 25 экз./м^2), биомасса – 2251.10 ± 1279.12 г/м^2 (максимальная – 3901.00 г/м^2). Обычно моллюски закапывались на глубину 30–35 см. Им сопутствовали 13 видов макробентоса, среди которых помимо животных, уже отмеченных для ст. 6, присутствовали двустворчатые моллюски *R. philippinarum*, *Acila insignis*, *Mercenaria stimpsoni* (молодь), *Solen krusunshterni* (молодь), *Spisula sachalinensis* (молодь) и *C. brevisiphonata*, а также брюхоногий моллюск *C. yanthostoma* и представитель полухордовых *Balanoglossus* sp. Суммарная биомасса животных была 4941.79 ± 2424.02 г/м^2. Наибольший вклад в биомассу вносил *S. purpurata* (49.1%), доля *Mya japonica* была несколько меньше – 45.6%.

За валунной грядой на ст. 8 грунт немного жестче, чем на других станциях этого полигона. Плотность поселения и биомасса *M. japonica* здесь были значительно ниже, чем на ст. 7 и почти такими же, как на ст. 6. Видовой состав сопутствующего макробентоса существенно изменился, такие двустворчатые моллюски как *R. philippinarum*, *Mactra chinensis*, *S. sachalinensis*, *Mercenaria stimpsoni* и *S. krusunshterni* отсутствовали, но появились *Protocallithaca adamsi* и *Thracia itoi*, кроме них встречались офиуры *Ophiura sarsii* и немногочисленные другие относительно мелкие животные. Суммарная биомасса макробентоса составляла 123.92 г/м^2. Преобладали *P. adamsi* (34.9%), значительной была доля *S. purpurata* (20.3%), *C. brevisiphonata* (12.9%) и мелких *Acila insignis* (14.2%). Доля особей *Mya japonica* по биомассе составляла 13.6%.

Размерный состав поселений

В зал. Восток длина раковины особей *M. japonica* варьировала от 24.4 до 112.0 мм. В районе ст. 1 на полигоне I поселение *M. japonica* было представлено моллюсками с длиной раковины от 56.5 до 102.1 мм (средняя ± стандартное отклонение = = 77.7 ± 8.6 мм) (рис. 3). На ст. 2 моллюски были как более мелкими, так и более крупными, чем на ст. 1: длина раковины изменялась от 24.4 до 111.3 мм (средняя 85.6 ± 10.1 мм). На ст. 3 встречались особи с длиной раковины от 38.3 до 108.0 мм (средняя 90.2 ± 16.5 мм). На ст. 4 обнаружены всего четыре особи *M. japonica* (длина раковин 85.2, 97.6, 101.5 и 115.0 мм, средняя 99.9 ± 12.3 мм), на ст. 5 мия японская не найдена. Моллюски промыслового размера (длина раковины больше 80 мм) на ст. 1, 2 и 3 составляли 37.3, 77.4 и 84.4% населения соответственно.

На полигоне II на прибрежной ст. 6 собраны только две особи *M. japonica*. Длина раковины равнялась 89.7 и 94.6 мм. На ст. 7 зарегистрированы моллюски с длиной раковины от 78.0 до 112.0 мм (средняя 95.7 ± 7.7 мм); особи промыслового размера составляли 98.2% населения. На самой глубоководной ст. 8 были собраны три особи с длиной раковины 56.5, 106.0 и 111.9 мм.

При множественном сравнении выборок моллюсков со ст. 1, 2 и 3 с использованием критерия Крускала–Уоллиса выявлено значимое различие размерного состава ($p < 0.001$). Использование парного критерия Манна–Уитни показало, что различия значимы при всех трех сравнениях, т.е. между всеми тремя станциями ($p < 0.002$).

Размерный состав *M. japonica* в районе полигона I заметно отличался от такового в районе полигона II (рис. 4): средняя длина раковины составляла соответственно 83.1±11.0 и 95.5±8.8 мм, размерный диапазон – 24.4–115.0 и 56.5–112.0 мм. Наблюдаемые различия статистически значимы (критерий Манна–Уитни; $p < 0.05$).

Возрастной состав поселений

Возраст моллюсков, собранных в заливе, составлял от 1 до 22 лет. В районе ст. 1 поселение было представлено особями *M. japonica* в возрасте от трех до 11 лет (средняя 6 ± 2 года) (рис. 3). Более широкий возрастной диапазон моллюсков характерен для ст. 2, где зарегистрированы 1–21-летние особи (средняя 8 ± 3 года). Доля молодых одно- четырехлетних моллюсков составляла около 13%, животных старше 15 лет – 2%. На ст. 3 поселение было представлено 1–18-летними особями (средняя 7 ± 4 года). Возраст *M. japonica* со ст. 4 равнялся 8, 9, 11 и 16 годам, со ст. 6 – 5 и 12 годам. Возраст моллюсков из поселения на ст. 7 составлял от четырех до 18 лет (средняя 10 ± 3 года), на ст. 8 – 3, 14 и 22 года.

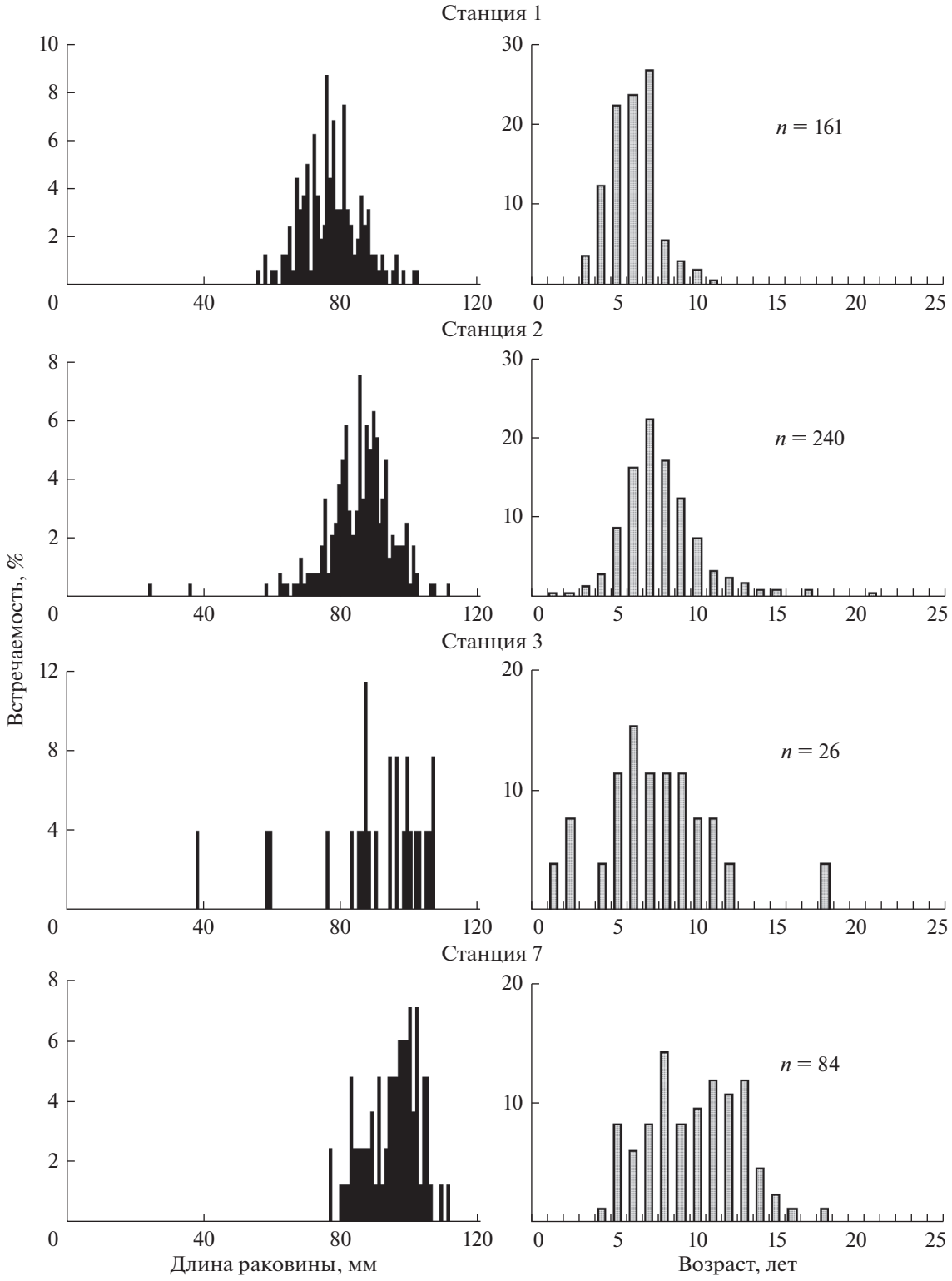

Рис. 3. Размерный (слева) и возрастной (справа) состав скоплений *Mya japonica* в зал. Восток Японского моря на разных станциях. Здесь и на рис. 4: *n* – объем выборки, экз.

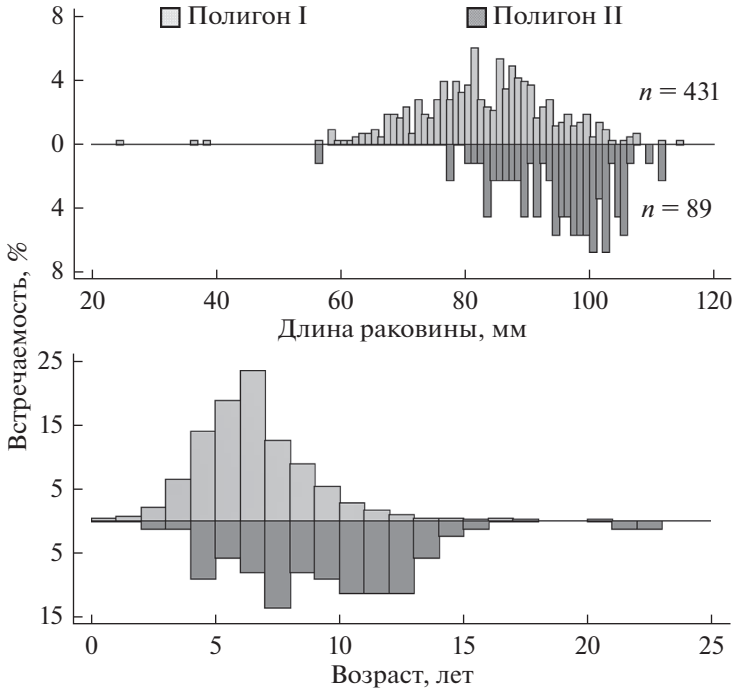

Рис. 4. Размерный и возрастной состав поселений *Mya japonica* в районе полигона I и полигона II в зал. Восток Японского моря.

Множественное сравнение выборок моллюсков со ст. 1, 2 и 3 с использованием критерия Крускала–Уоллиса свидетельствовало о значимом различии возрастного состава поселений ($p < 0.001$). Использование парного критерия Манна–Уитни показало, что значимое различие наблюдалось только между ст. 2 и 3 ($P = 0.527$).

Возрастной состав *M. japonica* в районе полигона I заметно отличается от такового в районе полигона II (рис. 4): средний возраст моллюсков составлял соответственно 7 ± 3 и 10 ± 4 лет, возрастной диапазон – 1–21 и 3–23 лет. Наблюдаемые различия статистически значимы (критерий Манна–Уитни; $p < 0.05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Жизнедеятельность морских донных организмов зависит от комплекса факторов среды обитания (температуры, солености, физико-химических свойств грунта, гидродинамической активности и др.), пределы толерантности к которым у каждого вида специфичны в соответствии с набором морфологических, физиологических, поведенческих и иных адаптаций, выработанных в процессе эволюции. Результаты проведенного исследования и неопубликованные данные автора, полученные ранее при изучении особенностей распределения донных беспозвоночных в зал. Восток, свидетельствуют, что *M. japonica* обитает почти по всему заливу в широком диапазоне глубин и грунтов при значительных колебаниях температуры и солености воды. Моллюсков, зарывшихся в грунт порой на 35 см, отмечали как у границы литорали с сублиторалью, так и на глубине более 20 м. Это существенно расширило представления о диапазоне адаптаций и распространении мии японской, которую ранее при планомерном обследовании дна находили только на небольшой глубине в районе полигона II и у восточного побережья или не находили вовсе (Евсеев, 1976; Тарасов, 1978).

Данные по обилию, размерному и возрастному составам локальных поселений свидетельствуют, что относительно благоприятными для *M. japonica* являлись защищенные от прямого воздействия морских волн мелководные прибрежные участки залива (полигон I). Они характеризовались хорошим летним прогревом воды до 20–25°C и небольшим опреснением во время ежегодного муссона (Степанов, 1976). Кратковременное значительное снижение солености во время прохождения сильных тайфунов (Брыков, Селин, 1990) многие моллюски переживают довольно успешно, демонстрируя устойчивость к опреснению, свойственную и для других представителей рода *Mya*, обитающих, как известно, не только в полносоленых морских водоемах, но и в морях с пониженным содержанием солей, а также в эстуариях. В смешанном гравийно-галечном с песком грунте, характерном для таких мест, *M. japonica* достигала плотности поселения до 27 экз./м^2, что в семь раз превышало оценки, известные для этого вида

из зал. Петра Великого (Атлас двустворчатых ..., 2000).

Даже в пределах небольшого участка моллюски находились в весьма контрастных условиях. У кромки воды на ст. 1 слой грунта, пригодный для обитания *M. japonica*, довольно маломощный – поэтому моллюски закапывались сравнительно неглубоко, упираясь в подстилающий скальник. В этих условиях они неизбежно испытывали отрицательное воздействие отраженных волн, приходящих иногда от противоположного берега во время сильного тайфуна в августе–сентябре. Не исключено, что перемещение глыб льда вдоль берега в сторону открытой части залива во время весеннего таяния также отрицательно сказывается на выживаемости особей этого поселения. Вероятно потому население характеризовалось более молодым составом, чем на ст. 2, нерегулярным пополнением молодью и сравнительно невысокой локальной продолжительностью жизни моллюсков (11 лет), которая для обитателей Японского моря составляет 42 года (Золотарев, 1980). В районе ст. 2 условия среды более стабильные. Значительна здесь и толщина осадка, что позволяет моллюскам закапываться в грунт относительно глубоко. Все это обеспечивает формирование многовозрастного поселения, для которого характерно хоть и скудное, но более регулярное, чем у кромки воды, пополнение молодью и в два раза более высокая продолжительность жизни.

С увеличением глубины численность *M. japonica* быстро сокращалась, что в этой части залива в значительной мере совпадало с увеличением заиления грунта. Изредка моллюски этого вида встречались даже в сильно заиленном песке, но не были отмечены в илистом грунте, хотя в компилятивной сводке указывалось и такое (Атлас двустворчатых ..., 2000). Результаты исследования свидетельствуют, что эти условия более благоприятны для других видов двустворчатых моллюсков, в частности для *M. truncata* и *P. japonica*, обладающих относительно "раздутой" раковиной, мощным длинным сифоном и другими чертами, обеспечивающими стабильное положение животного в рыхлом осадке и его успешное питание.

На полигоне II не наблюдалось столь значительного, как на полигоне I, заиления грунта по мере возрастания глубины. Это обусловлено более активной гидродинамикой, которая по мере продвижения от кутовой части залива к открытому морю возрастала и оказывала все более существенное воздействие на распределение донных организмов. Характерной чертой такого воздействия, как известно (см. Скарлато и др., 1967), является смена видового состава населения прибрежных мелководий и смещение верхней границы распространения многих организмов на глубину. Этим в значительной мере объясняется, что в районе ст. 6 на участке песчаного дна, примыкающем к скально-валунному берегу, в зоне повышенной турбулентности мии встречаются крайне редко. Лишь на значительном удалении от берега при увеличении глубины до 4–5 м и ослаблении волнового наката они образуют плотное скопление, которое известно с 1971–1974 гг. (Евсеев, 1976) и характеризуется, как и на ст.1 в районе полигона I, нерегулярным пополнением молодью. Необходимо добавить, что в заливе в районе открытых песчаных пляжей из-за пагубного волнового воздействия мия японская отсутствовала и на значительно бóльшей глубине.

О многофакторной природе формирования и функционирования поселений *M. japonica* свидетельствовал и анализ распределения моллюсков на приглубых участках залива. У основания открытых скальных мысов в песке и ракушнике разной степени сохранности на глубине более 8–15 м встречалась только немногочисленная молодь, возраст которой не превышал одного года. Единичные (обычно 1–2 экз. на 30 м^2) взрослые особи были отмечены на некотором удалении от берега на большей глубине в заиленном песке, где волновое воздействие было слабым или отсутствовало. Здесь скопления не зарегистрировали, что связано, скорее всего, с температурными условиями, неблагоприятными для этих моллюсков. Многолетние наблюдения автора и литературные данные (Степанов, 1976) свидетельствуют, что в июне–августе во время значительного прогрева воды в заливе наблюдалась отчетливо выраженная прямая температурная стратификация с двумя термоклинами, залегающими на глубине около 2–4 и 10–15 м. В зависимости от района залива в первом случае перепад температуры составлял 2–5°С, во втором – 5–7°С. Обычно на изобате 20 м в августе температура не превышает 12–13°С. Кроме того, в это время года иногда наблюдается подход охлажденных глубинных вод из открытой части моря, в результате чего на глубине температура падает до 3°С на 2–5 сут. Столь низкая температура, по-видимому, является особенно губительной для молоди и личинок *M. japonica*, поступающих на дно в массовых количествах в конце июля–августе (Куликова, Колотухина, 1990).

Современная картина пространственного распределения и характерные черты структуры локальных поселений *M. japonica* в зал. Восток, конечно же, определяются не только рассмотренными факторами. По-видимому, значительную роль играют и биотические взаимодействия, в частности хищничество, в результате которого часто гибнет большое количество двустворчатых моллюсков. Особенно высокая смертность наблюдается в молодом возрасте, когда моллюски закапываются в грунт еще сравнительно неглубоко, имеют тонкую хрупкую раковину и потому наи-

более уязвимы. Чаще всего хищниками выступают десятиногие ракообразные, морские звезды, брюхоногие моллюски и рыбы (бычки, камбалы и др.) (Kelso, 1979; Commito, 1982; Möller, Rosenberg, 1983; Möller et al., 1985; Beal, Otto, 2019; Young, 2022), т.е. гидробионты, обитающие в районе исследования. Не исключено, что относительно низкая численность молоди мии японской в возрасте одного года в поселениях залива, а в некоторых случаях и отсутствие пополнения в течение ряда лет, в какой-то мере связаны с внутривидовой топической конкуренцией между взрослыми особями и спатом. Наличие такого взаимодействия у двустворчатых моллюсков ранее как неоднократно постулировалось, так и ставилось под сомнение (Möller, Rosenberg, 1983; Максимович, 1989; Günter, 1991, 1992; Strasser et al., 1999; Maximovich, Guerassimova, 2003; Буяновский, 2004 и др.).

Таким образом, наиболее плотными поселения *M. japonica* были в защищенных от волн частях залива и бухтах. С увеличение глубины, как и с продвижением от кутовой части залива к открытому морю, численность мии японской снижалась, в размерной и возрастной структуре возрастала дискретность, отражающая нерегулярность пополнения населения молодью и/или высокую смертность моллюсков в условиях все возрастающей напряженности их взаимодействия со средой. В соответствии с этим роль *M. japonica* в донных сообществах зал. Восток, как, очевидно, и в других частях ареала, снижалась. Например, в районе полигона I на ст. 1 *M. japonica* была основой не только инфауны, но и макробентоса в целом: биомасса эпибентоса составляла в среднем лишь 5.7 г/м^2 (Селин, 2022), суммарная биомасса бентоса была 1104.31 г/м^2, а доля мии японской – 96.4%. Чуть глубже на ст. 2 биомасса *M. japonica* была еще выше, но здесь в инфауне присутствовали и другие относительно крупные гидробионты и эпифауна была обильнее, чем у уреза воды за счет появления крупных митилид (в среднем около 410 г/м^2). Поэтому доля исследуемого моллюска составляла лишь 64.3% от суммарной биомассы макрозообентоса. Глубже 3 м в эпифауне массовое развитие получили модиолусы и мидии Грея, формировавшие многочисленные агрегации большого размера (Селин, 2011, 2018, 2022); численность *M. japonica* заметно снижалась, доля в сообществе организмов, населяющих заиленные пески, постепенно переходящие в ил, уменьшалась с 8.3% до нуля, а в среднем по местообитанию составляла около 56%. Глубже 8–10 м в условиях относительно низкого содержания в грунте ила, как на станции 8 и в районе большинства других обследованных ранее участков залива, мия японская встречалась редко, занимая скромное место в донном населении, не более 2–3%. Все это следует учитывать при планировании мероприятий по промыслу этих моллюсков и для сохранения природного биоразнообразия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование было выполнено при финансовой поддержке Научной и технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы (проект № 123080800009-5).

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю искреннюю благодарность анонимным коллегам за критические замечания по улучшению рукописи и сотрудникам Водолазной группы ННЦМБ ДВО РАН за помощь в проведении подводных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России. Составитель С.В. Явнов. Владивосток: Дюма. 2000. 168 с.

Брыков В.А., Селин Н.И. Воздействие опреснения морской воды на популяцию приморского гребешка // Биол. моря 1990. № 4. С. 70–72.

Буяновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двустворчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. М.: Изд. ВНИРО. 2004. 306 с.

Дзюба С.М., Масленникова Л.А. Репродуктивный цикл двустворчатого моллюска *Mya arenaria* в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 1987. № 2. С. 38–41.

Евсеев Г.А. Происхождение залива Восток Японского моря и история его фауны двустворчатых моллюсков // Биол. исслед. зал. Восток. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 23–62.

Золотарев В.Н. Строение раковин двустворчатых моллюсков залива Восток Японского моря // Биол. исслед. зал. Восток. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 99–121.

Золотарев В.Н. Продолжительность жизни двустворчатых моллюсков Японского и Охотского морей // Биол. моря.1980. № 6. С. 3–12.

Золотарев В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. Киев: Наукова думка. 1989. 112 с.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. Личинки ряда промысловых видов двустворчатых моллюсков в зали-

ве Восток (Японское море) и лагуне Буссе (Охотское море) // V Всесоюз. конф. по пром. беспозв. Минск (Нарочь), 9–13 октября 1990. Тез. докл. М.: ВНИРО. 1990. С. 119–121.

Лукин В.И., Фадеев В.И. Особенности планирования гидробиологических работ на акваториях большой протяженности // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1982. С. 13–20.

Максимович Н.В. Динамика продукционных свойств литорального поселения *Mya arenaria* L. (губа Чупа, Белое море) // Вестник ЛГУ. 1989. Сер. 3. Вып. 1. С. 19–24.

Масленникова Л.А. Сезонные изменения семенников *Mya japonica* в заливе Петра Великого (Японское море) // Биол. ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1981. С. 101–102.

Парсонс Т.П., Такахаши М., Харгрейв Б. Биологическая океанография. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. 432 с.

Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Приложение к Приказу Минсельхоза России от 6 мая 2022 г. № 285. М. https://sudact.ru/law/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-06052022-n-285/prilozhenie/.

Селин Н.И. Использование фотометода в исследованиях состава и обилия гидробионтов, обитающих на мягких грунтах // Биол. моря. 2011. Т. 37. № 3. С. 222–228.

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 // Биол. моря. 2018. Т. 44. № 5. С. 307–316.

Селин Н.И. Пространственное распределение и состав поселений двустворчатого моллюска *Tetrarca boucardi* (Jousseaume, 1894) (Arcidae) в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. 2022. Т. 48. № 2. С. 90–100.

Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука. 1981. 479 с.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В. и др. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посьет (Японское море) // Исслед. фауны морей. 1967. Т. 5(13). С. 5–61.

Степанов В.В. Характеристика температуры и солености вод залива Восток Японского моря // Биол. исслед. зал. Восток. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 12–22.

Тарасов В.Г. Распределение и трофическое районирование сообществ мягких грунтов залива Восток Японского моря // Биол. моря. 1978. № 6. С. 16–22.

Baker P.K., Mann R.L. Soft Shell Clam *Mya arenaria* // VIMS Books and Book Chapters. 1991. № 19. 18 p. https://scholarworks.wm.edu/vimsbooks/19

Beal B.F., Otto W. How acidic sediments and seawater affect interactive effects of predation on survival, growth, and recruitment of wild and cultured soft-shell clams, *Mya arenaria* L., along a tidal gradient at two intertidal sites in eastern Maine // Final rep. SEANET Sustainable Ecol. Aquacult. Network. Univ. of Maine, Machias. 2019. 17 p. + 11 tables; 14 Figs; 6 photos.

Brousseau D.J. Analysis of growth rate in *Mya arenaria* using the Von Bertalanffy equation // Mar. Biol. 1979. V. 51. P. 221–227. Marine Biology 51, 2

Coan E.V., Scott P.V., Bernard F.R. Bivalve seashells of western North America: Marine bivalve mollusks from Arctic Alaska to Baja California. Santa Barbara: Santa Barbara Museum of Natural History. 2000. 766 p.

Coan E.V., Valentich-Scott P. Bivalve seashells of tropical West America: Marine bivalve mollusks from Baja California to Perú. Santa Barbara: Santa Barbara Museum of Natural History. 2012. Part 2. P. 599–1258.

Commito J.A. Effects of *Lunatia heros* predation on the population dynamics of *Mya arenaria* and *Macoma balthica* in Maine, USA // Mar. Biol. 1982. V. 69. P. 187–193.

Dann A.L., Ellard K., Simon J. et al. Genetic confirmation of *Mya japonica* Jay, 1857 (Bivalvia: Myidae) in Tasmania, Australia: first record of any species of *Mya* in the southern hemisphere // BioInvasions Rec. 2020. V. 9. № 1. P. 102–108.

Dworschak P.C., Felder D.L., Tudge C.C. Infraorders Axiidea de Saint Laurent, 1979 and Gebiidea de Saint Laurent, 1979 (formerly known collectively as Thalassinidea) // Treatise Zool. – Anat. Tayon. Biol. The Crustacea. Leiden; Boston: Brill. 2012. V. 9. Part B. P. 109–219.

Feder H.M., Paul A.J. Age, growth and size-weight relationships of the soft-shell clam, *Mya arenaria*, in Prince William Sound, Alaska // Proc. Natl. Shellfish Assoc. 1974. V. 64. P. 45–52.

Günther C.-P. Settlement of *Macoma balthica* on an intertidal sandflat in the Wadden Sea // Mar. Ecol.: Prog. Ser. 1991. V. 76. P. 73–79.

Günther C.P. Settlement and recruitment of *Mya arenaria* L in the Wadden Sea // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1992. V. 159. P. 203–215.

Hanks R.W. The soft-shell clam. U.S. Fish Wildl. Serv. 1963. Circ.162. 16 p.

Hansen K., King G.M., Kristensen E. Impact of the soft-shell clam *Mya arenaria* on sulfate reduction in an intertidal sediment // Aquat. Microb. Ecol. 1996. V. 10. P. 181–194.

Higo S., Callomon P., Goto Y. Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing Mollusca of Japan. Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora, Scaphopoda. Elle Sci. Publ. 1999. 748 p.

Kelso W.E. Predation of the soft-shell clams, *Mya arenaria*, by the common mummichog, *Fundulus heteroclitus* // Estuaries. 1979. V. 2. № 4. P. 249–254.

Lutaenko K.A., Noseworthy R.G. Catalogue of the living Bivalvia of the continental coast of the Sea of Japan (East Sea).Vladivostok: Dalnauka. 2012. 247 p.

MacDonald B.A., Thomas M.L.H. Age determination of the soft-shell clam *Mya arenaria* using shell internal growth lines // Mar. Biol. 1980. V. 58. P. 105–109.

MacDonald B.A., Thomas M.L.H. Growth reduction in the soft-shell clam *Mya arenaria* from a heavily oiled lagoon in Chedabucto Bay, Nova Scotia // Mar. Environ. Res. 1982. V. 6. P. 145–156.

Maximovich N.V., Guerassimova A.V. Life history characteristics of the clam *Mya arenaria* in the White Sea // Helgol. Mar. Res. 2003. V. 57. P. 91–99.

Möller P., Rosenberg R. Recruitment, abundance and production of *Mya arenaria* and *Cardium edule* in marine shallow waters, Western Sweden // Ophelia. 1983. V. 22. P. 33–35.

Möller P., Pihl L., Rosenberg R. Benthic faunal energy flow and biological interaction in some shallow marine soft bottom habitats // Mar. Ecol.: Prog. Ser. 1985. V. 27. P. 109–121.

Newcombe C.L. Validity of concentric rings of *Mya arenaria,* L. for determining age // Nature. 1936. V. 137. P. 191–192.

Okutani T. Marine mollusks in Japan. Tokyo: Tokai Univ. Press. 2000. 1174 p.

Strasser M., Walensky M., Reise K. Juvenile-adult distribution of the bivalve *Mya arenaria* in the Wadden Sea: why are there so few year classes? // Helgol. Mar. Res. 1999. V. 53. P. 45–55.

Young A.M. Effect of predator exclusion on softshell clam (*Mya arenaria* L.) recruitment // J. Shellfish Res. 2022. V. 41. № 1. P. 119–124.

Zhang J., Yurchenko O.V., Lutaenko K.A. et al. A tale of two soft-shell clams: an integrative taxonomic analysis confirms *Mya japonica* as a valid species distinct from *Mya arenaria* (Bivalvia: Myidae) // Zool. J. Linn. Soc. 2018. V. 184. P. 605–622.

Spatial Distribution, Size and Age Composition of Population of *Mya japonica* Jay, 1857 (Bivalvia: Myidae) in Peter the Great Bay, Sea of Japan

N. I. Selin

Zhirmunsky National Scientific Centre of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690041 Russia

In July–August 2022, the spatial distribution and the composition of local aggregations of the bivalve mollusc *Mya japonica* Jay, 1857 in the Vostok Bay (Peter the Great Bay of the Sea of Japan) were studied. *M. japonica* occurred almost throughout the entire bay in a wide range of depths from 0 to 22 m at water temperatures from –1.9 to 25°C and salinity from 0 to 34‰. *M. japonica* was the most abundant in the shallow areas of the bays, closed from the direct wave impact, where, at a depth of up to 4–5 m, the density of the mollusc reached 27 ind./m^2, and the biomass was almost 4 kg/m^2, which averaged 56% of the total macrozoobenthos biomass. With increasing depth and moving from the dead-end of the bay to the open sea, the abundance of *M. japonica* decreased by one or two orders of magnitude. Local settlements differed significantly in size and age composition, size-frequency distribution of molluscs, indicating the nature of the replenishment of the benthic population with juveniles, as well as the proportion of commercial size individuals, which ranged from 37 to 98%. The reasons for the revealed features of the distribution and structure of the population of *M. japonica* are discussed.

Keywords: bivalve mollusc *Mya japonica*, spatial distribution, composition of local settlements, habitat conditions, associated fauna, Peter the Great Bay, Sea of Japan