

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 594.124–152.6(265.53)

В.С. Жарников*

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН,
685000, г. Магадан, ул. Портовая, 18ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВОДСТВА МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS*
(BIVALVIA: MYTILIDAE) В БУХТЕ ВЕСЕЛОЙ ТАУЙСКОЙ ГУБЫ
ОХОТСКОГО МОРЯ

В бухте Веселой Тауйской губы исследовались численность, размерный состав, сроки пребывания личинок тихоокеанской мидии в планктоне в разные по гидрологическим условиям годы. Первые личинки мидий с длиной раковины 75–150 мкм в количестве от 8 до 30 экз./м³ обнаружены в конце июня в теплый год (2016) и в начале июля — в холодный (2011 г.). Динамика численности личинок мидии в планктоне характеризовалась наличием одного максимума (1750 экз./м³) в первой декаде августа в 2016 г. и во второй половине этого месяца (1320 экз./м³) в более холодном 2011 г. Оценены плотность, размерный состав молоди мидий на подвесных коллекторах и в садках в период оседания и после его завершения. Отмечены различия в скорости роста у разноразмерных мидий. Показано, что культивирование спата мидий эффективнее проводить на подвесных коллекторах, а для подращивания литоральных моллюсков целесообразно применять садки.

Ключевые слова: личинки, молодь мидий, численность, температура воды, размерный состав, культивирование, подвесные садки, коллекторы.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-175-187.

Zharnikov V.S. Evaluation of reproduction for mussel *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) in the Veselaya Bay (Tauskaya Guba Bay, Okhotsk Sea) // *Izv. TINRO.* — 2018. — Vol. 194. — P. 175–187.

Abundance, size composition, and terms of plankton stage were investigated for the larvae of pacific mussel in the Veselaya Bay (Okhotsk Sea) in two years with different oceanographic regime. The first larvae (density 8–30 ind./m³, shell length 75–150 μm) appeared in late June in the year with relatively high water temperature (2016) and in early July in the year with lowered temperature (2011), then their number had increased to 1750 ind./m³ in early August of 2016 and to 1320 ind./m³ in late August of 2011. Density and size composition of the spat and young mussels were examined in hanging collectors and nurseries. The growth rate change in dependence on shell length was noted. There is concluded that the hanging collectors are more effective for spat collection, while the nurseries are better for growing of littoral mussels.

Key words: larva, young mussel, larvae abundance, water temperature, size composition, cultivation, nursery, hanging collector.

Введение

На рубеже XX и XXI столетий большое внимание уделяется изучению различных аспектов биологии тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* — одного из наиболее распространенных и массовых видов двустворчатых моллюсков дальневосточных морей. Вы-

* Жарников Вячеслав Сергеевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: Izharnikov@mail.ru.

Zharnikov Vyacheslav S., Ph.D., researcher, e-mail: Izharnikov@mail.ru.

сокий продукционный потенциал, относительная простота технологий культивирования тихоокеанской мидии позволяют рассматривать этот объект как один из перспективных для промышленного освоения. В настоящее время культивированием тихоокеанской мидии занимаются 4 хозяйства в Приморье (Гаврилова, 2012) и два — на Сахалине (<https://www.eastrussia.ru/news/na-sakhaline-sozdadut-dve-fermy-po-vyrashchivaniyu-mol-ljuskov-gubernator/>). Несмотря на большое количество публикаций (Семенихина, 1998; Брыков и др., 2004; Гаврилова, Кучерявенко, 2011), отражающих разнообразные аспекты биологии мидий и положительный практический опыт их культивирования в Приморье, прямое приложение этой информации к условиям севера Охотского моря не всегда возможно. Региональные различия абиотических факторов среды обитания мидий обуславливают особенности процессов роста, динамики численности особей на искусственных субстратах, поэтому возрастает актуальность поиска других способов культивирования мидий в условиях Тауйской губы, где планируется организация марикультуры тихоокеанской мидии.

Тауйская губа — наиболее прогреваемый участок в северной части Охотского моря (Чернявский, Радченко, 1994), отличается высокой амплитудой приливов (5,1 м), поселениями тихоокеанской мидии на обширных площадях литорали и имеет множество мелководных бухт для возможного размещения хозяйств марикультуры. Широкое распространение и высокая биомасса поселений мидии на литорали свидетельствуют о том, что этот вид может рассматриваться как объект, потенциально пригодный для промысла и марикультуры (Жарников, 2010, 2014), поэтому оценка его естественного воспроизводства в этом участке ареала в настоящее время актуальна.

Первые данные по динамике численности личинок мидии в планктоне в бухтах Тауйской губы (Нагаева, Веселая и у мыса Нюкля) были получены в 2009 г., а сопоставление количественных характеристик по районам показало, что бухта Веселая — наиболее прогреваемая, отличается высокой численностью личинок (Жарников, 2011) и может рассматриваться как перспективный участок для развития марикультуры мидий.

Цель настоящей работы: определить обилие и сроки пребывания в планктоне личинок тихоокеанской мидии в разные по гидрологическим условиям годы (2011, 2016 гг.), выявить особенности заселения молодью искусственных субстратов и провести анализ линейного роста мидий из природных поселений, подращиваемых в садках и на коллекторах, для совершенствования технологии культивирования моллюсков в Тауйской губе.

Материалы и методы

Мониторинг личинок мидий в меропланктоне. Сборы планктонных проб и измерение температуры воды проводились в бухте Веселой Тауйской губы с июня по октябрь в 2011 и 2016 гг. (рис. 1). Пробы отбирались сетью Джели (площадь входного отверстия 0,1 м², ячея фильтрующего конуса 0,00168 мм²) по полной воде в слое 0–10 м на трех станциях с десятидневной дискретностью. Пробы планктона (87) обрабатывались на свежем материале по методике В.А. Куликовой и Н.К. Колотухиной (1989). После идентификации личинок *M. trossulus* по признакам, описанным Де-Бойд и Кевин (DeBoyd, Kevin, 1996), подсчитывали их количество в камере Богорова. Измерение личинок *M. trossulus* проводили под микроскопом МБС-10 с точностью до 25 мкм. При этом различали три стадии развития: ранний велигер — 75–150 мкм, великонх — 150–250 мкм и с ярко выраженной ногой педивелигер — более 250 мкм. Впоследствии количество личинок пересчитывали на 1 м³ средней численности личинок в планктоне за декаду.

Оценка оседания спата мидий на искусственных субстратах. В районе бухты Веселой в июне 2011 и в 2016 гг. были выставлены две установки «длинная линия» с прикрепленными 12 сетными коллекторами на каждой и одна установка с прикрепленными 12 садками, свисающими друг над другом до глубины 3 м от поверхности воды (рис. 2). Коллекторы, выполненные из капроновой дели с ячеей 5 мм, представляют собой цилиндры длиной 2,5 м и 0,2 м в диаметре. Садки состояли из решетчатой



Рис. 1. Карта-схема района исследований: 1 — станции отбора проб личиночного планктона; 2 — местоположение установок

Fig. 1. Schematic map of study area: 1 — stations of sample collection of larvae plankton; 2 — locations of plants

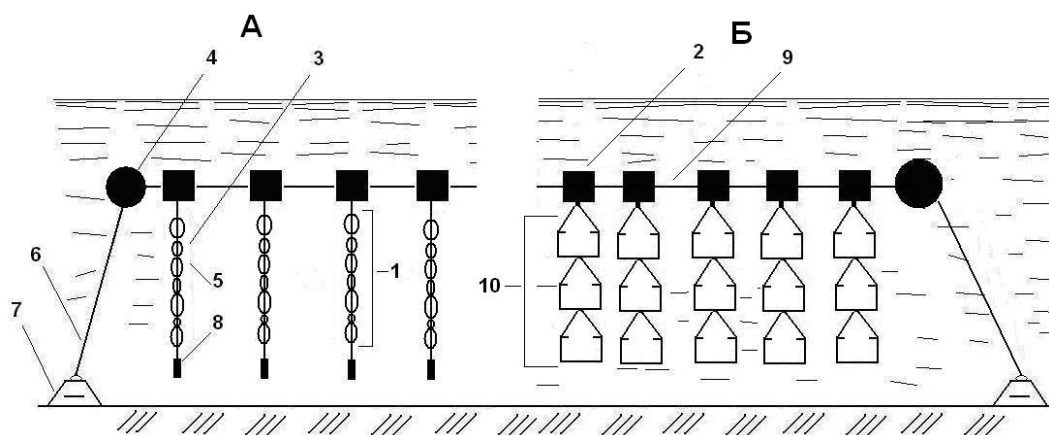


Рис. 2. Схема экспериментальных установок: А — установка с коллекторами; Б — установка с садками: 1 — коллектор, 2 — наплав, 3 — дель, 4 — вспомогательные буй, 5 — вставки, 6 — боковые оттяжки, 7 — якорь, 8 — дополнительный груз, 9 — канат, 10 — садки

Fig. 2. Scheme of experimental plants: А — plant with collectors; Б — plant with hatcheries: 1 — collector, 2 — floats, 3 — webbing, 4 — subsidiary buoys, 5 — framings, 6 — side guys, 7 — anchor, 8 — additional load, 9 — rope, 10 — corf

пластмассы размерами (40 × 25 × 20 см). Установки экспонировались в бухте с 15 июня до 20 октября.

В процессе оседания личинок (с 5 августа по 20 октября) каждые 15 дней брали пробы спата мидий. Для этого вырезали по 3 участка капроновой дели размером 5 × 5 см в

верхней (0,5–1,0 м) и в нижней (2,5–3,0 м) частях искусственных субстратов. Молодь счищали, измеряли и просчитывали количество в камере Богорова в пробе. Плотность спата, осевшего на коллекторы и садки, пересчитывали на 1 м² искусственного субстрата. Для получения размерно-частотной структуры спата просчитывали и измеряли всю молодь в пробе. Всего собрано и обработано 107 проб.

Температура воды регистрировалась с помощью термохроннов (DS1921G-F5) с частотой 4 ч, прикрепленных к подвесным коллекторам на глубине 1,5 м от поверхности воды.

Изучение роста мидий из природных поселений на коллекторах и садках. В бухте Веселой на нижнем горизонте литорали в июне в 2016 г. были собраны моллюски, измерены, пронумерованы и разделены на три размерные группы (10–20 мм, 20–30 и 30–40 мм). Мидии каждой размерной группы посадили в отдельные садки и коллекторы (по три садка и коллектора на группу). В каждый садок и коллектор поместили по 40 предварительно промеренных и промаркированных особей. Всего было измерено и промаркировано 720 экз. мидий. Все садки и коллекторы располагались вертикально через 1,5 м на 25-метровом канате установки «длинная линия» и были опущены в толщу воды на глубину 0,5 м от поверхности. 20 октября садки и коллекторы, задействованные в эксперименте, были изъятые, все промаркированные мидии измерены, рассчитаны абсолютные приросты. В садках и коллекторах оценивали смертность мидий в процентах.

Статистический анализ результатов исследований. Статистические сравнения проводили с помощью дисперсионного анализа в варианте LSD-теста Фишера с поправкой на множественность сравнений. Доли предварительно подвергали фи-преобразованию Фишера (Лакин, 1990). Достоверность различий количества личинок в планктоне сравнивали критерием Стьюдента. В тексте и на графиках в качестве показателя варьирования признака указана ошибка среднего.

Результаты и их обсуждение

Динамика численности и размерного состава личинок тихоокеанской мидии в бухте Веселой в 2011 и 2016 гг.

Под воздействием юго-западного ветра, формирующего циркуляцию вод Тауйской губы, в мае 2011 г. в бухту Веселую был занесен дрейфующий лед, который сохранялся до второй декады июня. Температура воды в бухте в третьей декаде июня 2011 г. едва достигала 9,0 °С и прогрелась до 12,5 °С лишь к 15 июля. Первые личинки *M. trossulus* в планктоне были зарегистрированы 5 июля при температуре воды 11,5 °С в количестве 7–22 экз./м³ с длиной раковины 75–100 мкм. Во второй декаде июля при прогреве поверхности воды до 14,7 °С численность велигеров в планктоне составила 339 экз./м³. В третьей декаде при повышении температуры воды до 15,6 °С концентрация личинок в планктоне возросла до 807 экз./м³ (рис. 3). В этот период в планктоне отмечались личинки с длиной раковины от 75 до 250 мкм, с переменным преобладанием велигеров различных размеров (рис. 4, А). В первой декаде августа наблюдалось увеличение численности личинок размерами 100–300 мкм от 998 до 1250 экз./м³, в среднем 1120 ± 45 экз./м³, во второй декаде концентрация личинок в планктоне была максимальной (1320 экз./м³). В это время ранние велигеры составили 16,1 %, великонхи — 48,9, педивелигеры — 35,0 % (рис. 4, А). В результате охлаждения вод в третьей декаде августа с 12,3 до 8,5 °С и оседания крупных велигеров количество особей размерами от 150 до 350 мкм сократилось до 762 экз./м³. В сентябре температура воды снизилась до 6 °С, численность личинок в планктоне уменьшилась в начале месяца до 66 экз./м³, к концу сентября — до единичных особей. При этом все личинки имели длину раковины более 300 мкм, а в конце сентября отмечалось присутствие в планктоне личинок с длиной раковины до 400 мкм.

В 2016 г. наблюдалось раннее очищение бухты Веселой ото льда (вторая декада мая), и первые личинки *M. trossulus* в планктоне были обнаружены 28 июня при температуре воды 12,5 °С в количестве 8–30 экз./м³. В конце первой декады июля концентрация молоди с длиной раковины 75–150 мкм увеличилась до 320 экз./м³ (см. рис.

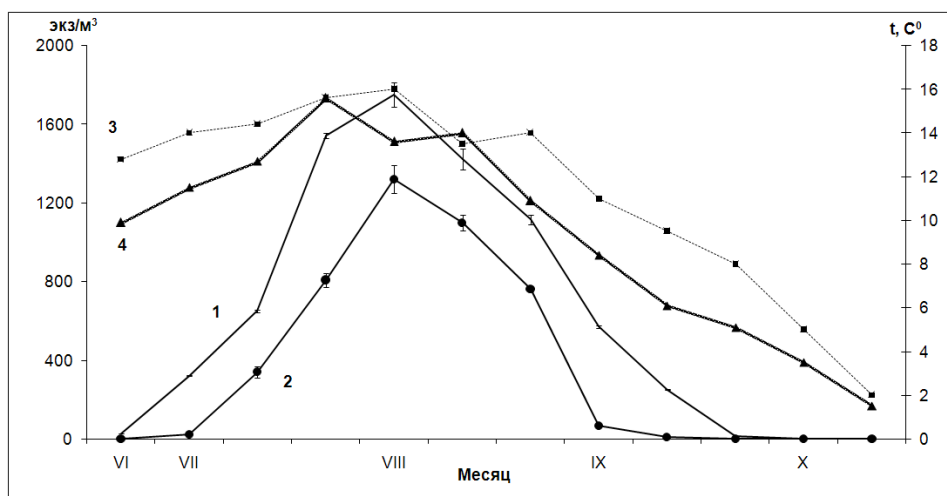


Рис. 3. Сезонные изменения численности личинок в 2016 г. (1), в 2011 г. (2); температуры воды в 2016 г. (3), в 2011 г. (4). Вертикальные линии — ошибка средней
 Fig. 3. Seasonal changes of number of larvae in 2016 (1), in 2011 (2); temperatures in 2016 (3), in 2011 (4). Vertical lines — middle error

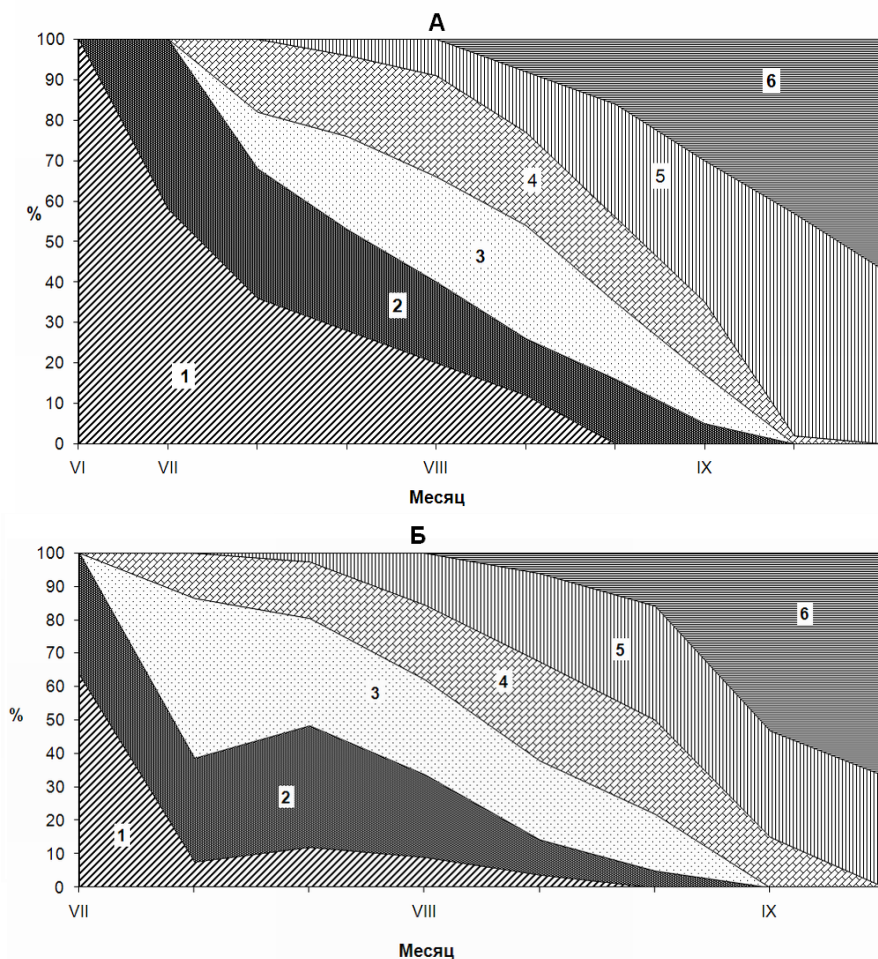


Рис. 4. Сезонные изменения размерного состава личинок *M. trossulus* в 2016 г. (А), 2011 г. (Б): 1 — 75–100 мкм; 2 — <100–150; 3 — <150–200; 4 — <200–250; 5 — <250–300; 6 — <300–400 мкм
 Fig. 4. Seasonal changes of the length composition of larvae of *M. trossulus* in 2016 (А), 2011 (Б): 1 — 75–100 μm; 2 — <100–150; 3 — <150–200; 4 — <200–250; 5 — <250–300 μm; 6 — <300–400 μm

3). Во второй декаде июля 2016 г. при температуре воды в бухте 15,8 °С наблюдалось увеличение численности личинок в планктоне до 650 экз./м³ и появление более крупных велигеров с длиной раковины 200–250 мкм (18 %). В период максимального прогрева поверхностного слоя воды (16,2 °С) наблюдалось поступление ранних велигеров с длиной раковины 75–100 мкм и подъем численности личинок в планктоне до 1250 в конце июля и до 1750 экз./м³ в первой декаде августа (рис. 4, Б).

В результате постепенного охлаждения вод и оседания крупных велигеров на субстрат отмечалось снижение численности личинок мидий в планктоне до 1115 экз./м³ во второй и третьей декадах августа, в сентябре количество сократилось до 570 в начале месяца и 15 экз./м³ к концу. В третьей декаде сентября все личинки имели длину 250–350 мкм. В октябре личинки мидий в планктоне не встречались (рис. 4, Б).

Динамика численности и размерного состава молоди мидий в период оседания на искусственные субстраты

Первые моллюски на коллекторах были зарегистрированы 10 августа в 2011 г. и 5 августа — в 2016 г., т.е. через 35 дней после появления личинок в планктоне. Длина раковины осевшей на коллекторы молоди мидии в 2011 г. составила $0,35 \pm 0,06$ мм при средней плотности поселения 4137 ± 117 экз./м². Размеры молоди в 2016 г. не отличались от таковых в 2011 г. ($0,35 \pm 0,09$ мм), но плотность поселения 5 августа была значительно ниже и составила $86,0 \pm 14,8$ экз./м² на коллекторах и $87,0 \pm 9,5$ экз./м² в садках (рис. 5, А, Б).

В третьей декаде августа (25 августа) 2011 г. плотность поселения молоди мидий увеличилась до 162230 ± 1517 экз./м³ в верхней части коллекторов (соответствует глубине 0,5–1,0 м) и 154044 ± 1000 экз./м² в нижней (2,5–3,0 м) (рис. 5, В).

В 2016 г. пробы были взяты через 15 дней после появления первого спата на субстратах, т.е. 20 августа. Плотность поселения молоди на коллекторах к этому времени возросла до 929000 ± 130000 экз./м² в верхней части и заметно превышала таковую (775000 ± 39000 экз./м²) в нижней (рис. 5, А).

В осенний период 2011 г. в результате ветровых волнений и понижения температуры воды (с 12–13 до 7–8 °С) характер распределения спата по длине коллектора сменился на противоположный. Так, 10 сентября в 2011 г. была зарегистрирована максимальная плотность спата — 312702 ± 3088 экз./м² в нижней части коллекторов, а в верхней — 230656 ± 9627 экз./м². Во второй и третьей декадах сентября плотность молоди на коллекторах постепенно сокращалась и к 10 октября составила 109838 ± 4132 экз./м² в верхнем отделе коллекторов и 153349 ± 2101 экз./м² в нижнем, что соответствовало 47,6 и 49,0 % от максимального количества осевшей молоди в третьей декаде августа (рис. 5, В).

В более теплое 2016 г. максимальная плотность спата была зарегистрирована 5 сентября в нижней части коллектора — 1251000 ± 106000 экз./м², в верхней она была несколько ниже и составила 1203000 ± 86000 экз./м² (рис. 5, А). В сентябре-октябре численность молоди мидий на коллекторах сокращалась, к 20 октября убыль составила 77,3 % от зарегистрированного максимального количества осевшей молоди в верхнем отделе коллектора и 69,1 % в нижнем.

Плотность спата мидий изменялась и в садках. Так, 20 августа 2016 г. средняя плотность спата в садках, расположенных в верхнем (на глубине 1 м) и в нижнем рядах (3 м), составила соответственно 930000 ± 64000 и 914000 ± 35000 экз./м². Наиболее высокая плотность поселений молоди зарегистрирована 5 сентября, в верхнем ряду садков 1117000 ± 95000 и 1269000 ± 74000 экз./м² в нижнем. Через месяц плотность спата снизилась на 85,3 % (164000 ± 52000 экз./м²) в верхнем и на 71,1 % (367000 ± 15000 экз./м²) в нижнем рядах садков (рис. 5, Б).

Спустя две недели после начала оседания личинок на искусственные субстраты (20–25 августа) длина раковины молоди мидий варьировала от 0,35 до 2,0 мм, через месяц максимальная длина на коллекторах составила 7,0 мм и 4,0 мм в садках. Максимального размера мидии достигали к 20 октября: на коллекторах 8 мм и 6 мм в садках (рис. 6).

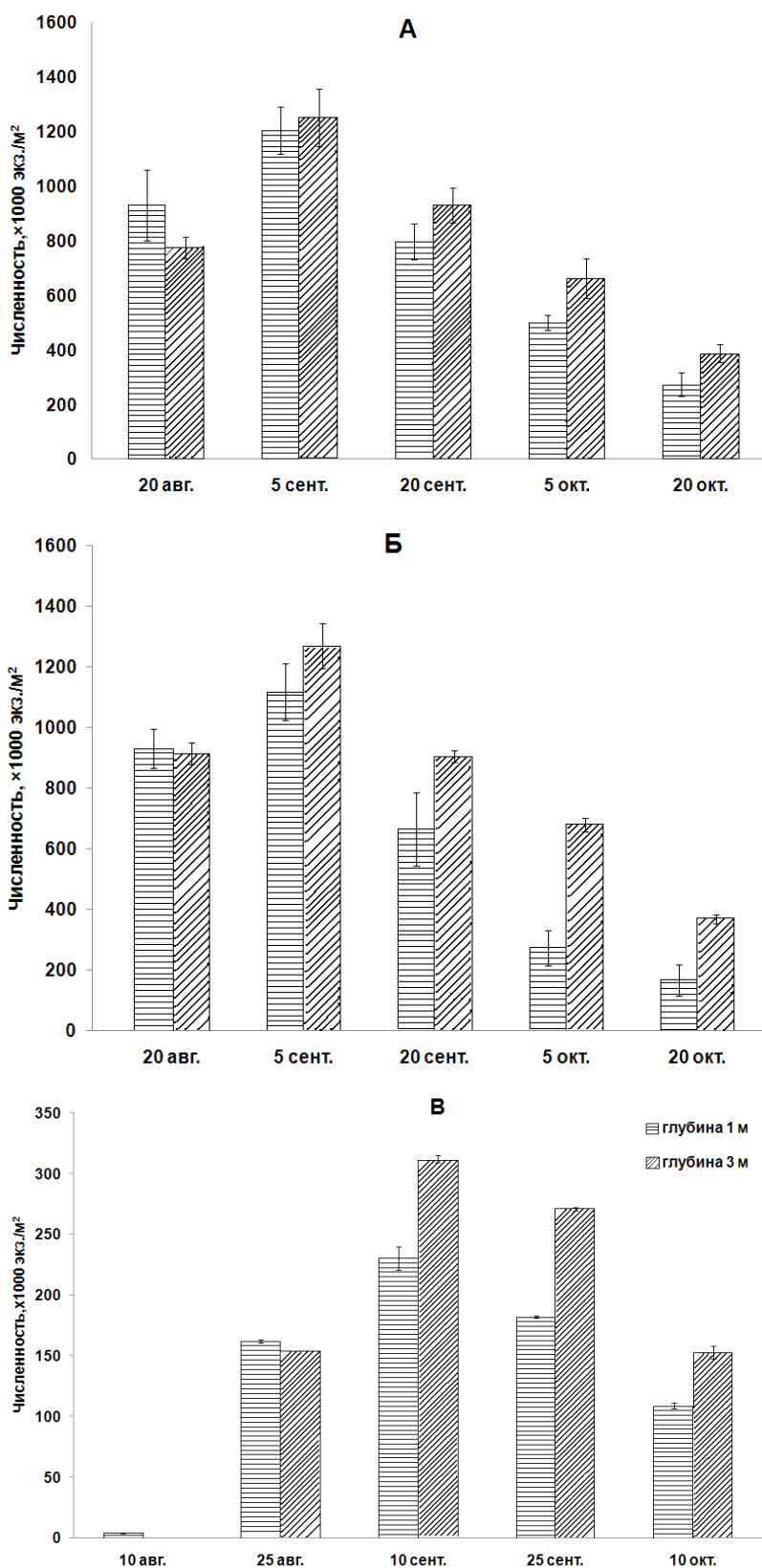


Рис. 5. Плотность осевшей молоди тихоокеанской мидии на коллекторах (А) и в садках (Б) в 2016 г., в 2011 г. на коллекторах (В). Вертикальные линии — ошибка средней

Fig. 5. Density of the settled young mussels on collectors (А) and in hatcheries (Б) 2016, in 2011 on collectors (В). Vertical lines — middle error

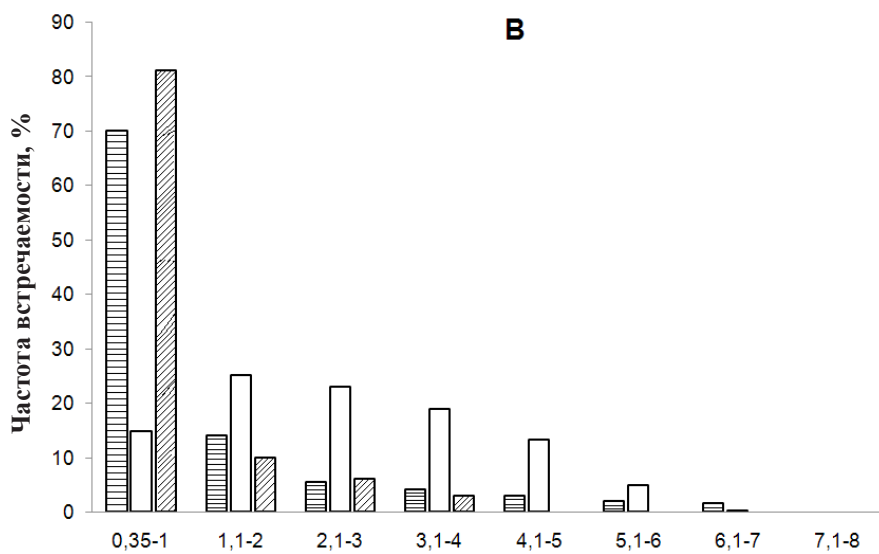
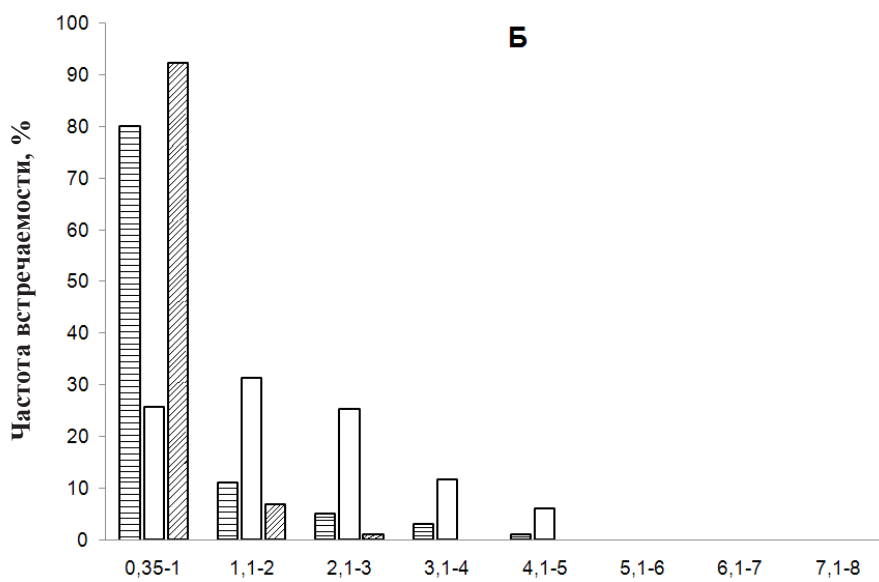
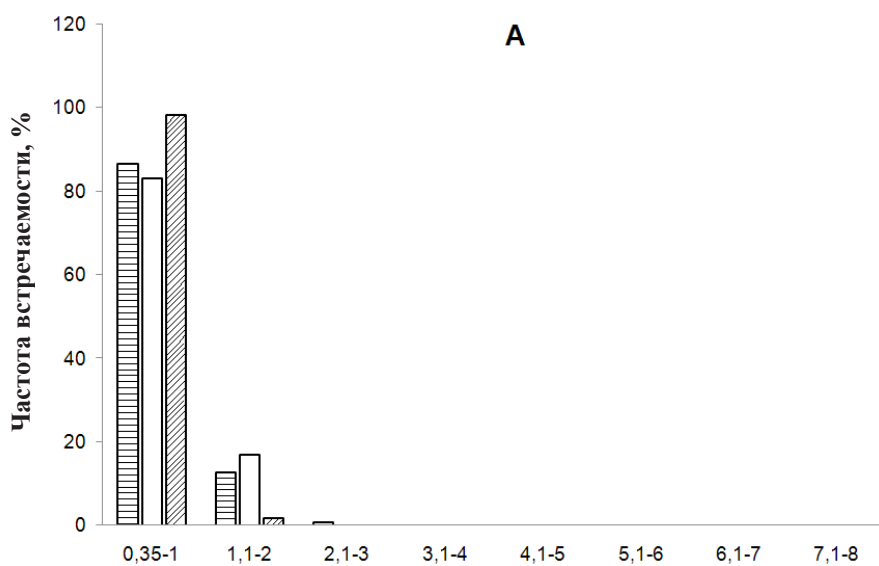


Рис. 6
Fig. 6

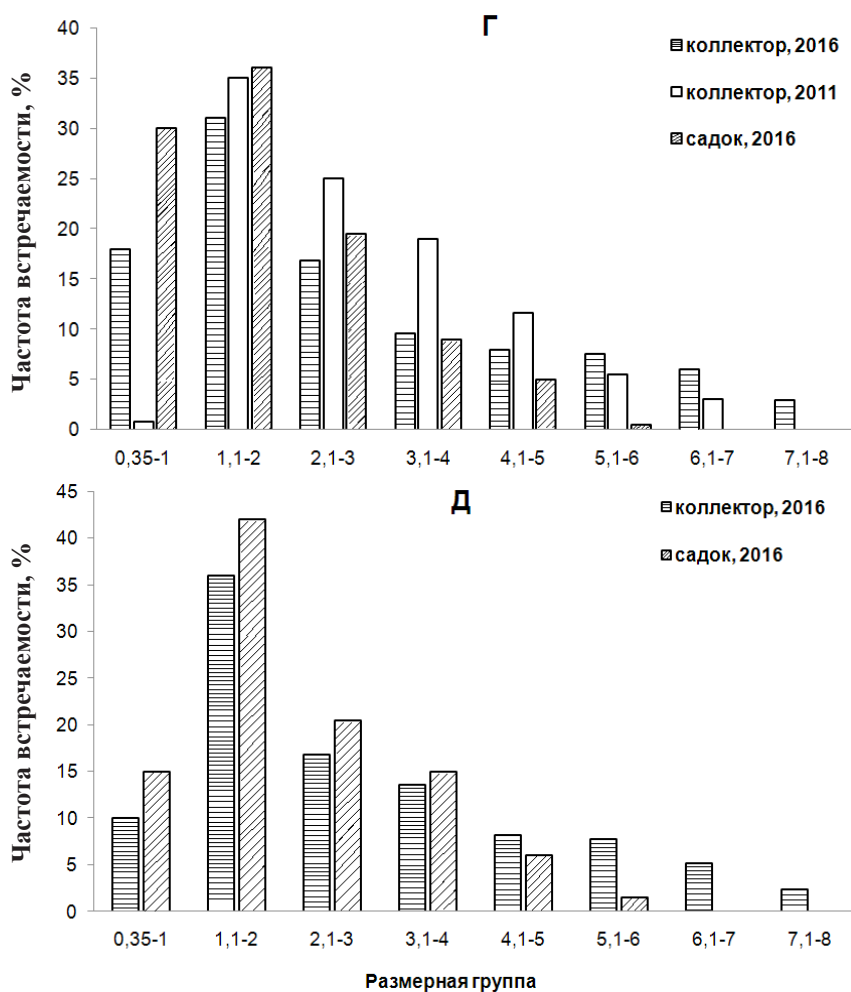


Рис. 6. Размерное распределение молоди тихоокеанской мидии на коллекторах и садках в бухте Веселой в 2016 и 2011 гг. по декадам: **А** — III декада августа; **Б** — I сентября; **В** — III сентября; **Г** — I октября; **Д** — III декада октября

Fig. 6. Size-length frequency of the young Pacific mussels on collectors and hatcheries in Vesyolaya Cove in 2016 and 2011 on decade: **A** — III of August; **B** — I of September; **B** — III of September; **Г** — I of October; **Д** — III of October

Рост литоральных мидий в коллекторах и садках

У мидий из природных поселений, пересаженных на коллекторы и в садки, наибольший прирост длины раковины отмечен в размерной группе 10–20 мм. Медленнее росли моллюски размерами 20–30 мм. У более крупных особей (30–40 мм) приросты длины раковины за сезон составили $5,3 \pm 0,4$ мм на коллекторах и $5,6 \pm 0,3$ мм в садках (табл. 1). Дисперсионный анализ подтвердил достоверное влияние длины раковины мидий на скорость линейного роста. Темп линейного роста моллюсков на коллекторах достоверно отличается от роста мидий, находящихся в садках. Однако у моллюсков размерной группы 30–40 мм таких различий не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 1

Прирост длины раковины мидий различных размерных групп

Table 1

Length increase of the mussel shells of different size groups

| Субстрат | 10–20 мм | 20–30 мм | 30–40 мм |
|------------|----------------|---------------|---------------|
| Коллекторы | $12,7 \pm 0,3$ | $9,3 \pm 0,6$ | $5,3 \pm 0,4$ |
| Садки | $13,8 \pm 0,3$ | $9,9 \pm 0,7$ | $5,6 \pm 0,3$ |

Статистическое сравнение показателей прироста длины раковины мидий
на коллекторах и в садках

Statistics comparison of values of the length increase of the mussel shells
in collectors and nurseries

| Размерная группа | 10–20 мм (садок) | 20–30 мм (коллектор) | 20–30 мм (садок) | 30–40 мм (коллектор) | 30–40 мм (садок) |
|----------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| 10–20 мм (коллектор) | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ |
| 10–20 мм (садок) | – | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ |
| 20–30 мм (коллектор) | $p < 0,001$ | – | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ |
| 20–30 мм (садок) | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | – | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ |
| 30–40 мм (коллектор) | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | – | $p = 0,216$ |
| 30–40 мм (садок) | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p < 0,001$ | $p = 0,216$ | – |

Максимальная смертность была отмечена у мидий с максимальными и минимальными размерами на коллекторах. Так, у особей размерами 10–20 мм элиминация на коллекторах составила 15,8 %, в садках — 14,3 %. Смертность мидий размерной группы 20–30 мм на коллекторах составила 13,6 %, в садках — 12,5 %, несколько меньше элиминировало мидий с длиной раковины 30–40 мм (12,8 % на коллекторах и 10,8 % в садках). Полученные результаты зависимости смертности мидий от размерной группы не имели достаточного статистического подтверждения.

Погодные условия прибрежных районов Тауйской губы типичны для территорий с квазимуссонным климатом и являются одним из очагов ледообразования в Охотском море. Климат характеризуется существенной межгодовой изменчивостью и слабой прогнозируемостью погодных явлений (Чернявский, Радченко, 1994). В холодные зимы лед можно встретить в губе с конца ноября до середины июня (Якунин, 1987). Прогрев вод в Тауйской губе начинается в мае, в период интенсивного таяния льда. Климатические условия местности оказывают существенное влияние на гидрологические режимы прибрежных акваторий и на сроки нереста мидий. Максимальных значений температура воды достигает в небольших полузакрытых мелководных бухтах в июле-августе, где вода прогревается до 13–16 °С (Мельникова, 1965, 1971). С середины августа по сентябрь воды медленно охлаждаются, а в конце месяца температура снижается до 7–10 °С (Винокурова, 1965). В октябре интенсивность охлаждения поверхностных вод сильно возрастает, и в ноябре температура воды понижается до 0–1 °С (Румянцев, 1974).

Результаты планктонных съемок, выполненных в бухте Веселой в 2011 и 2016 гг., показали, что сроки появления и плотность личинок в планктоне на этой акватории в разные годы существенно различаются. Так, в холодный 2011 г. ранние личинки мидии были обнаружены в планктонных пробах 5 июля, тогда как в более теплый 2016 г. их появление в планктоне наблюдали на 7 дней раньше — 28 июня (см. рис. 3). По-видимому, смещение сроков нереста моллюсков и, соответственно, сроков появления личинок в планктоне обусловлено межгодовой изменчивостью температурного режима акватории.

Период массового нереста мидии в бухте Веселой проходил в относительно сжатые сроки при прогреве воды выше 14 °С — в первой декаде августа в теплом 2016 г. и во второй половине месяца в холодном 2011 г. Однако в целом нерест *M. trossulus* растянут, интервал между временем появления ранних велигеров в планктоне и моментом начала оседания педивелигеров на субстрат независимо от гидрологического режима года составил 35 сут, однако личинки мидии регистрировались в планктоне в течение 3 мес. Значения максимальной концентрации личинок тихоокеанской мидии в планктоне в 2016 г. составили 1750 экз./м³, заметно превысили таковые 2011 г. (1320 экз./м³) и имеют достоверные отличия от них ($t = 4,47$; $p = 0,0011$). Оседание педивелигеров на субстрат начинается со второй декады августа при достижении размера 250–350 мкм и продолжается около 2 мес. В целом сроки появления и пребывания

личинки мидии в планктоне, возможно, зависят от прогрева воды в местах обитания родительских форм и последовательного вступления в нерест особей, обитающих в пределах исследованной акватории.

На основании проведенных в 2016 г. экспериментов выявлено, что оседание личинок на коллекторах происходило интенсивнее, чем в садках. В третьей декаде августа характерно преобладание численности моллюсков в верхней части коллекторов и верхних рядах садков (рис. 5, А, Б). Наблюдаемое распределение молоди мидий по вертикали коллекторов и садков, по всей вероятности, связано как с положительным фототаксисом, так и с термотаксисом педивелигеров (Милейковский, 1979). Численность молоди на коллекторах в 2016 г. была в 4 раза выше, чем в холодном 2011 г. (рис. 5).

Максимальная плотность молоди была зарегистрирована на коллекторах в первой декаде сентября и была выше, чем в садках. Характерно, что молодь на коллекторах росла лучше. Различие по плотности поселений и росту молоди на различных искусственных субстратах сопряжено с тем, что в период оседания личинки мидий воспринимают определенные свойства субстрата, такие как его текстура, цвет, освещенность, пространственное расположение (Касьянов, 1989). Репелленты, выделяемые взрослыми мидиями, способствуют массовому оседанию личинок на стенках садков и коллекторов (Халаман и др., 2009). Субстрат коллекторов — шероховатый, лучше покрыт водорослевой и бактериальной пленкой и является более привлекательным для педивелигеров в сравнении с гладкими решетчатыми пластиковыми садками, где молодь после метаморфоза, примерно через месяц, может свободно открепляться, покидать первичные убежища (садки) и перемещаться на более подходящие для них субстраты (Брыков и др., 2004).

Независимо от типа года подвесные коллекторы эффективнее заселяются молодью в сравнении с садками, но при высокой плотности спата на субстратах происходит сокращение численности вследствие осыпания моллюсков на грунт, миграции на другие субстраты или гибели. Но не все осевшие моллюски покидают первоначально занятые поверхности, например, на коллекторах мидии обитают по нескольку лет, обеспечивая стабильность урожая (Буяновский, 1994).

Результаты эксперимента, проведенного с мидиями из природных поселений, пересаженными на коллекторы и в садки, выявили, что наибольшей скоростью роста обладают молодые моллюски, что отражает общие закономерности онтогенетических и энергетических процессов. Мидии с длиной раковины 10–20 мм за летне-осенний период (4 мес.) практически удваивали начальные размеры, тогда как у крупных моллюсков (30–40 мм) приросты не превышали 15 % (см. табл. 1).

Вместе с тем наиболее перспективны для подращивания особи с длиной раковины 30–40 мм, так как за один сезон роста (июнь-сентябрь) мидии очищаются от песка, ила, интенсивно растут и достигают товарного размера (более 35 мм). В этом случае для подращивания целесообразнее применять садки, а для культивирования молоди эффективнее использовать коллекторы, где мидии хорошо прикреплены, меньше осыпаются и лучше растут.

Заключение

Тихоокеанская мидия, обитающая в Тауйской губе, в настоящее время не вовлечена в промысел, хотя запасы ее значительны (Жарников, 2015). Промышленное освоение мидий не ведется ввиду непригодности применения этого объекта для пищевых целей из-за присутствия в теле моллюска инородных примесей (песок, ил) и небольших размеров особей, обитающих на литорали.

При подвесном подращивании мидий из природных поселений в садках и коллекторах моллюски очищаются от песка, ила, интенсивно растут и достигают товарного размера (более 35 мм). Одновременно появляется возможность культивировать спат мидий на коллекторах и в садках. Таким образом, применяя комбинированный метод, можно подращивать литоральных мидий и культивировать моллюсков с личинок.

Представленные данные могут служить основой для рационального использования биологических ресурсов тихоокеанской мидии на литорали для развития марикультуры мидий в Тауйской губе Охотского моря.

Список литературы

Брыков В.А., Семенихина О.Я., Колотухина Н.К., Радовец А.В. Культивирование тихоокеанской мидии в прибрежных водах северо-западной части Японского моря // *Вопр. рыб-ва.* — 2004. — № 4. — С. 708–733.

Буяновский А.И. Морские двустворчатые моллюски Камчатки и перспективы их использования : моногр. — М. : ВНИРО, 1994. — 99 с.

Винокурова Т.Т. Изменчивость температурных условий вод в северной части Охотского моря // *Изв. ТИНРО.* — 1965. — Т. 59. — С. 14–26.

Гаврилова Г.С. Приемная емкость аквакультурной зоны залива Петра Великого (Японское море) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Владивосток, 2012. — 38 с.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В. Продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 112 с.

Жарников В.С. Динамика численности личинок мидии *Mytilus trossulus*, Gould (Bivalvia: Mytilidae) в меропланктоне и их оседание на коллекторы и литораль в бухте Веселая Тауйской губы Охотского моря // *Вестн. СВНЦ ДВО РАН.* — 2014. — № 1. — С. 55–62.

Жарников В.С. Особенности биологии и культивирования тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в Тауйской губе Охотского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский, 2015. — 24 с.

Жарников В.С. Рост мидии (*Mytilus trossulus* Gold, 1850) на плавучих экспериментальных установках радиального типа в бухте Веселая Тауйской губы // *Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России : мат-лы Дальневост. регион. конф., посвящ. памяти А.П. Васильковского и в честь его 100-летия.* — Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. — С. 127–128.

Жарников В.С. Рост мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в садках и на плавучих «коллекторах» в Тауйской губе Охотского моря // *Вестн. СВНЦ ДВО РАН.* — 2010. — № 2. — С. 70–74.

Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих : моногр. — Л. : Наука, 1989. — 179 с.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Японского моря. Методы, морфология, идентификация : препр. — Владивосток : ИБМ ДВО РАН ; Камчат отд. природопольз. ДВО РАН, 1989. — 60 с.

Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. — М. : Высш. шк., 1990. — 352 с.

Мельникова Т.В. Климат Магадана : моногр. — Л. : Гидрометеиздат, 1965. — 96 с.

Мельникова Т.В. Краткая характеристика климатических условий Магаданской области в различные месяцы года. — Магадан : Колым. управл. гидрометслужбы, 1971. — 104 с.

Милейковский С.А. Экология и поведение личинок мидий во время их пребывания в планктоне // *Промысловые двустворчатые моллюски-мидии и их роль в экосистемах.* — Л. : ЗИН АН СССР, 1979. — С. 86–88.

Румянцев Г.В. Распределение температуры воды по поверхности и гидрологические фронты в промысловых районах Охотского моря (по данным авиасъемок) // *Тр. ДВНИИГМИ.* — 1974. — Вып. 45. — С. 15–23.

Семенихина О.Я. Динамика численности, рост и продукция тихоокеанской мидии в подвесной культуре : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1998. — 24 с.

Халаман В.В., Флячинская Л.П., Лезин П.А. Влияние экскреторно-секреторных продуктов некоторых животных-обрастателей на оседание личинок *Mytilus edulis* L. (Bivalvia: Mollusca) // *Зоология беспозвоночных.* — 2009. — Т. 6, № 1. — С. 65–72.

Чернявский В.И., Радченко Я.Г. Физико-географическая характеристика Тауйской губы Охотского моря // *Сб. науч. тр. ГосНИОРХ.* — 1994. — Вып. 308. — С. 10–24.

Якунин Л.П. Атлас ледовитости дальневосточных морей СССР. — Владивосток : ПОП ПУГКС, 1987. — 78 с.

DeBoyd L.S., Kevin B.J. A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. — Kendall : Hunt Publ. Co., 1996. — 221 p.

References

Brykov, V.A., Semenikhina, O.Ya., Kolotukhina, N.K., and Radovets, A.V., Cultivation of the Pacific mussel in coastal waters of the northwestern Sea of Japan, *Vopr. Rybolov.*, 2004, no. 4, pp. 708–733.

- Buyanovsky, A.I.**, *Morskie dvustvorchatye mollyuski Kamchatki i perspektivy ikh ispol'zovaniya* (Marine Bivalve Mollusks of Kamchatka and Prospects of Their Use), Moscow: VNIRO, 1994.
- Vinokurova, T.T.**, Variability of temperature conditions of waters in the northern Sea of Okhotsk, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1965, vol. 59, pp. 14–26.
- Gavrilova, G.S.**, The receiving capacity of the aquaculture zone in Peter the Great Bay (Sea of Japan), *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2012.
- Gavrilova, G.S. and Kucheryavenko, A.V.**, *Produktivnost' plantatsii dvustvorchatykh mollyuskov v Primorye* (Productivity of Bivalve Farms in Primorsky Krai), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011.
- Zharnikov, V.S.**, Number dynamics of the mussel *Mytilus trossulus*, Gould (Bivalvia: Mytilidae) larvae in the sea plankton and their settlement on manifolds and litoral in the Vesolaya Bay, Tauy Inlet, Sea of Okhotsk, *Vestn. Sev.-Vost. Nauch. Tsentra, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2014, no. 1, pp. 55–62.
- Zharnikov, V.S.**, Features of biology and cultivation of the Pacific mussel *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) in Taiu Bay, Sea of Okhotsk, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2015.
- Zharnikov, V.S.**, Growth of mussel (*Mytilus trossulus* Gold, 1850) on experimental floating facilities of the radial type in Veselaya Cove, Taiu Bay, in *Mater. Dal'nevost. reg. konf., posvyashch. pamyati A.P. Vas'kovskogo i v chest' ego 100-letiya "Geologiya, geografiya, biologicheskoe raznoobrazie i resursy Severo-Vostoka Rossii"* (Proc. Far Eastern Reg. Conf. Commem. A.P. Vas'kovsky Honoring His 100th Anniv. "Geology, Geography, Biological Diversity, and Resources of the Northeast of Russia"), Magadan: Sev.-Vost. Nauch. Tsentra, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2011, pp. 127–128.
- Zharnikov, V.S.**, The growth characteristics of the Pacific mussel *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) in fishponds and suspended farms in Tauiskaya Bay, the Sea of Okhotsk, *Vestn. Sev.-Vost. Nauch. Tsentra, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2010, no. 2, pp. 70–74.
- Kasyanov, V.L.**, *Reproduktivnaya strategiya morskikh dvustvorchatykh mollyuskov i iglokozhihkh* (Reproductive Strategy of Marine Bivalve Mollusks and Echinoderms), Leningrad: Nauka, 1989. — 179 c.
- Kulikova, V.A. and Kolotukhina, N.K.**, *Pelagicheskie lichinki dvustvorchatykh mollyuskov Yaponskogo morya. Metody, morfologiya, identifikatsiya* (Pelagic Larvae of Bivalve Mollusks from the Sea of Japan: Methods, Morphology, and Identification), Vladivostok: Inst. Biol. Morya, Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 1989.
- Lakin, G.F.**, *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vysshaya Shkola, 1990.
- Mel'nikov, T.V.**, *Klimat Magadana* (Climate of Magadan), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1965.
- Mel'nikova, T.V.**, *Kratkaya kharakteristika klimaticheskikh uslovii Magadanskoj oblasti v razlichnye mesyatsy goda* (Brief Description of the Climatic Conditions of the Magadan Oblast in Different Months of the Year), Magadan: Kolymское Upr. Gidrometsluzhby, 1971.
- Mileikovskiy, S.A.**, Ecology and behavior of mussel larvae during their stay in the plankton, *Promyslovye dvustvorchatye mollyuski-midii i ikh rol' v ekosistemakh* (Commercial Bivalve Mollusks–Mussels, and Their Role in Ecosystems), Leningrad: Zool. Inst., Akad. Nauk SSSR, 1979, pp. 86–88.
- Rumyantsev, G.V.**, The distribution of water temperature over the surface and the hydrological fronts in the fishery areas of the Sea of Okhotsk (according to aerial surveys), *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1974, vol. 45, pp. 15–23.
- Semenikhina, O.Ya.**, Dynamics of abundance, growth, and production of the Pacific mussel in a hanging culture, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1998.
- Khalaman, V.V., Flyachinskaya, L.P., and Lezin, P.A.**, Impact of excretory-secretory products of some fouling organisms on settling of mussel's larvae (*Mytilus edulis* L., Bivalvia, Mollusca), *Zool. Bespozvon.*, 2009, vol. 6, no. 1, pp. 65–72.
- Chernyavskiy, V.I. and Radchenko, Ya.G.**, Physico-geographical characteristics of Taiu Bay, Sea of Okhotsk, *Sb. Nauchn. Tr. - Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozern. Rechn. Rybn. Khoz.*, 1994, vol. 308, pp. 10–24.
- Yakunin, L.P.**, *Atlas ledovitosti dal'nevostochnykh morei SSSR* (Atlas of Ice Cover in the Far Eastern Seas of the USSR), Vladivostok: Primorsk. Upr. Gidrometeorol. Kontrolyu Sredy, 1987.
- DeBoyd, L.S. and Kevin, B.J.**, *A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae*, Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publ., 1996. — 221 p.

Поступила в редакцию 7.03.18 г.

Принята в печать 13.07.18 г.