Известия ТИНРО

2017 **Том 188**

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.446(265.54)

Г.С. Гаврилова, Е.С. Кондратьева*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ПОЛУЧЕНИЕ СПАТА ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS* В УСЛОВИЯХ СОПУТСТВУЮЩЕГО ОСЕДАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS*

Получение качественного посадочного материала в необходимых количествах для товарного выращивания приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* — одна из основных проблем марикультурных хозяйств Приморского края. В одном из марикультурных районов (восточное побережье Уссурийского залива) основным видом-обрастателем, заселяющим коллекторные установки для сбора спата гребешка, является тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus*. Ее численность на коллекторах выше в 5–65, а средняя биомасса — 3–140 раз. Закономерности в изменении выживаемости спата гребешка при разной заселенности субстратов молодью мидии в период исследований не выявлено. В бухтах Уссурийского залива получают посадочный материал невысокого качества, что в дальнейшем приводит к низкой выживаемости моллюсков при товарном выращивании. Средние размеры спата гребешка укладываются в диапазон нормативов для этого вида в зал. Петра Великого, но соответствуют их нижней границе — 10–11 мм. В годы обильного оседания мидии количество доступной для спата гребешка пищи на плантациях в бухте Суходол может быть ограничено.

Ключевые слова: Уссурийский залив, сбор спата, плантация, коллектор, культивирование гребешка.

Gavrilova G.S., Kondratieva E.S. Collecting the spat of scallop *Mizuhopecten yessoensis* in conditions of associated settling of pacific mussel *Mytilus trossulus* // Izv. TINRO. — 2017. — Vol. 188. — P. 204–211.

Collecting the spat of good quality and enough quantity, as the seeding material for commercial cultivation of scallop *Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857, is one of the main problems for aquaculture farms in Primorye. In the eastern Ussuri Bay, pacific mussel *Mytilus trossulus* Gould, 1850 is the dominant species which larvae settle on the systems designed for the scallop spat collecting. Its spat quantity in collectors exceeds the scallop spat number in 5–65 times, with the biomass in 3–140 times higher. The scallop spat survival dependence on abundance of the mussel spat is investigated but any correlation is not detected. However, general quality of the scallop spat in the farms in the Ussuri Bay is poor that could be a reason of its low survival on further stages of cultivation: mean size of the scallop spat here is close to the lower acceptable limit of the standard range (10–11 mm). Besides, food resources for the scallop spat could be limited in the years with high abundance of the mussel spat.

Key words: Ussuri Bay, spat collecting, marine plantation, collector, scallop cultivation.

** Гаврилова Галина Сергеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: gavrilova@tinro.ru; Кондратьева Елена Станиславовна, аспирант, e-mail: elena.kondratieva@tinro-center.ru.*

Gavrilova Galina S., D.Sc., principal researcher, e-mail: gavrilova@tinro.ru; Kondratieva Elena S., postgraduate student, e-mail: elena.kondratieva@tinro-center.ru.

Введение

На Дальнем Востоке России марикультура двустворчатых моллюсков представлена только экстенсивными технологиями, что подразумевает получение посадочного материала в природных условиях. Во многом именно этим обусловлены колебания численности молоди моллюсков, которых расселяют для товарного выращивания в каждом году. Конкретные причины ежегодных изменений объемов посадочного материала моллюсков определить довольно сложно из-за отсутствия регулярных гидрологических и гидробиологических наблюдений на марикультурных участках. Но основные из них в настоящее время известны: это гидрологические особенности года, обилие на коллекторах молоди хищников (морских звезд, крабов), а также оседание других видов, конкурирующих с аквакультурантами за пищевые ресурсы и жизненное пространство.

Результаты наблюдений последних лет показывают, что у восточного побережья Уссурийского залива на плантациях для сбора спата приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* одним из основных видов, заселяющих коллекторные установки, является тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus*.

Цель нашего исследования состояла в оценке результативности сбора спата гребешка в сложившихся условиях. В ходе работ определяли численность и биомассу моллюсков двух видов на коллекторных установках, выживаемость и размерные характеристики спата гребешка при разной численности мидии, а также были оценены доступные пищевые ресурсы и пищевые потребности моллюсков в условиях плантационного разведения.

Материалы и методы

Работы проводили в Уссурийском заливе: в бухте Суходол в 2012–2015 гг., в бухте Малые Куши (местное название) в 2014–2015 гг. (рис. 1). Гребешковые коллекторы в бухтах устанавливали в конце мая — в июне и экспонировали до конца сентября —

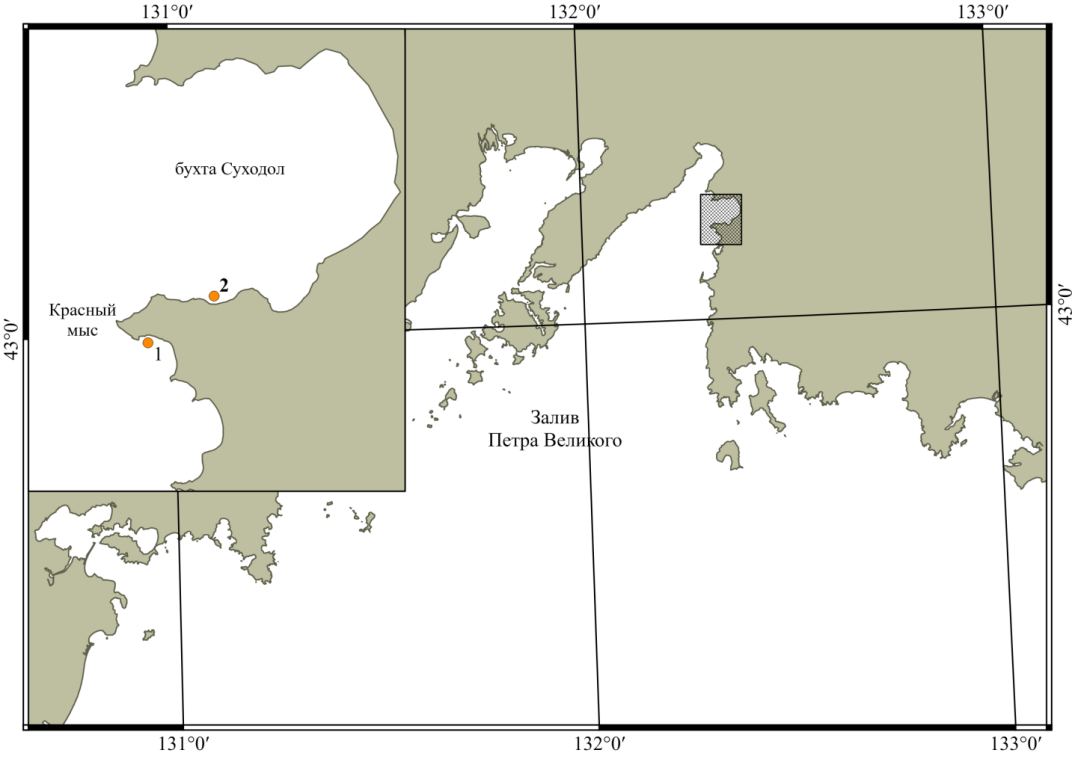


Рис. 1. Район исследований: *1* — плантации марикультуры в бухте Малые Куши; *2* — плантации марикультуры в бухте Суходол

Fig. 1. Study area: *1* — aquaculture plantations in the Maliye Kushi Bay; *2* — aquaculture plantations in the Sukhodol Bay

начала октября. Коллекторы обрабатывали в лабораторных условиях: оценивали численность и массу спата гребешка, морских звезд и мидии. При высокой численности последней ее количество подсчитывали в половине или четверти выборки, полученные значения пересчитывали на целый коллектор. Аналогично оценивалась и общая масса мидий. Индивидуальную массу тела определяли у живых моллюсков сразу после поднятия коллекторов с точностью до 0,1 г. Высоту раковины измеряли у живых и мертвых (после заморозки) животных с точностью до 1 мм.

Всего обработано 114 коллекторов со средней площадью 1,0–1,5 м^2, промерено и взвешено около 2,5 тыс. экз. молоди моллюсков. В 2012–2014 гг. численность моллюсков оценивали на экспериментальных коллекторах, в 2015 г. — на промышленных коллекторах, приобретенных в хозяйствах ООО «Марикультура» и ООО «Рыбозавод». Статистическую обработку данных проводили с применением программы MS Excel 2007.

Пищевые потребности моллюсков оценивали с учетом зависимостей, полученных для этих видов из зал. Петра Великого (Макарова, 1986; Седова, 1988; Седова, Кошкарева, 1988). Расчеты проводили для температуры 10 °С, что позволяет получить некую усредненную картину процессов для акватории (бухта Суходол), где средняя многолетняя температура поверхностного слоя воды составляет 8,3 °С (Ластовецкий, 1978).

Скорость фильтрации воды мидией при 20 °С рассчитывали по формуле

$$F = (0{,}46 \pm 0{,}02)\ W^{0{,}75 \pm 0{,}04}, \quad (1)$$

где F — скорость фильтрации воды мидией, л · час$^{-1}$ · экз.$^{-1}$; W — масса тела, г.

Для приведения уравнения (1) к температуре 10 °С использовался коэффициент Q_{10} , равный 2,04 (Седова, 1988).

Для гребешка использовали зависимость

$$F = (0{,}366 \pm 0{,}030)\ W^{0{,}70 \pm 0{,}04}, \quad (2)$$

где F — скорость фильтрации воды гребешками на постличиночной стадии, л · час$^{-1}$ · экз.$^{-1}$; W — масса тела, г.

Суточные пищевые потребности спата гребешка и мидии (C) определяли с учетом скорости фильтрации и среднего содержания органического углерода в воде (Методические рекомендации..., 1988):

$$C = F \cdot p \cdot n \cdot 24, \quad (3)$$

где F — скорость фильтрации воды моллюсками, л · час$^{-1}$ · экз.$^{-1}$; p — средняя концентрация взвешенного органического вещества в воде бухты, мгС/л; n — количество экземпляров моллюсков одной генерации.

Содержание взвеси в водах бухты Суходол в разные сезоны принималось равным 5,6–16,8 мг/л, при этом концентрация органического углерода взвешенного органического вещества ($С_{вов}$) изменялась от 4,1 до 6,2 % (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). В расчетах использовали среднее значение концентрации органического углерода в водах бухты Суходол — 0,28 мгС/л.

Результаты и их обсуждение

Численность и биомасса спата гребешка и мидии на коллекторных установках. В 2012–2015 гг. у восточного побережья Уссурийского залива на коллекторах для сбора спата приморского гребешка наблюдалось значительное оседание тихоокеанской мидии. Ее численность на искусственных субстратах превышала численность гребешка от 5 до 20 раз в бухте Суходол и до 46–65 раз в бухте Малые Куши. В эти годы средняя биомасса мидий на одном коллекторе превышала таковую гребешка от 3 до 140 раз (табл. 1).

Многочисленная молодь мидии после оседания заселяла как внутреннюю, так и внешнюю поверхность субстратов. В 2015 г. ее плотность на коллекторах в двух бухтах составляла от 7 до 58 экз./дм^2. Скорость роста мидии внутри и на внешней поверхности коллектора заметно различалась. В бухте Малые Куши биомасса мидий на

Таблица 1

Обилие спата гребешка и мидии на коллекторах в 2012–1015 гг.

Table 1

Abundance of the scallop and mussel spat on collectors in 2012–2015

Год	Кол-во обработанных коллекторов, шт.	Обилие спата гребешка на коллекторе		Обилие спата мидии на коллекторе	
		Средняя численность, экз.	Средняя биомасса, г	Средняя численность, экз.	Средняя биомасса, г
Бухта Суходол					
2012	20	84,1 ± 8,0	6,8	392,0 ± 28,0	23,6
2013	14	19,9 ± 3,0	3,8	402,3 ± 85,0	24,2
2014	30	108,4 ± 4,2	34,7	2179,0 ± 147,0	175,2
2015	19	72,6 ± 2,4	3,6	657,7 ± 20,5	111,2
Бухта Малые Куши					
2014	13	46,0 ± 3,0	28,6	2141,0 ± 285,0	189,0
2015	18	89,0 ± 3,5	4,0	5778,9 ± 209,3	565,2

внешней оболочке субстрата составляла от 370 до 1540 г при численности от 29 до 50 экз. (плотность на внешней оболочке коллектора 0,9–1,5 экз./дм^2). Внешнюю оболочку коллекторов в момент их обработки заселяли крупные моллюски с массой тела от 9,3 до 20,9 г. Внутри этих же коллекторов численность спата мидии была намного выше — от 729 до 8192 экз., а биомасса имела схожие значения — от 49 до 1036 г. Средняя индивидуальная масса тела моллюсков изменялась от 0,05 до 0,13 г в разных коллекторах.

Выживаемость спата гребешка в коллекторах. Какой-либо закономерности в изменении выживаемости спата гребешка при разной заселенности субстратов молодью мидии в период исследований не просматривалось (табл. 2). В бухте Суходол самая высокая выживаемость (86,4 %) отмечена в 2014 г. при обильном оседании мидии (свыше 2 тыс. экз. на коллектор). В 2015 г. погибших гребешков было больше, несмотря на то что плотность мидии на коллекторе была в 3,3 раза меньше. В 2013 г. низкая выживаемость спата гребешка была обусловлена высокой плотностью на коллекторах морских звезд. Во второй бухте в 2015 г. с увеличением численности мидии на коллекторе в 2,7 раза выживаемость спата гребешка снизилась незначительно, говорить о какой-либо тенденции вряд ли возможно из-за небольшого ряда наблюдений. Выживаемость молоди гребешков в бухте Малые Куши в 2015 г. была на 16 % выше, чем в бухте Суходол, а в 2014 г. эта величина мало различалась в двух бухтах. В 2015 г. наибольшая смертность спата в бухте Суходол наблюдалась среди особей с высотой раковины 1–8 мм (43,8 % погибших моллюсков), в бухте Малые Куши — в размерных группах 9–10 (26,8 %) и 11–12 мм (26,1 %).

Таблица 2

Выживаемость спата гребешка в коллекторах при разной численности (экз.) и биомассе (г) мидий и морских звезд на субстратах

Table 2

Scallop spat survival rates in collectors with different number and biomass of mussels and starfish on the substrata

Год	Численность/биомасса мидии на коллекторе	Численность/биомасса морских звезд на коллекторе	Выживаемость спата гребешка, %
Бухта Суходол			
2013	402,3/24,2	42,0 ± 3,0/–	5,1
2014	2179,0/175,0	0,5/3,2	86,4
2015	658,0/111,2	4,5/2,9	64,5
Бухта Малые Куши			
2014	2141,0 ± 285,0	0,5/2,3	88,1
2015	5779,0/565,0	6,9/27,1	80,5

Размерные характеристики спата гребешка на коллекторах. Анализ размерного состава молоди гребешка на коллекторах в 2013–2014 гг. был выполнен ранее

(Гаврилова, Ким, 2015). Он показал, что в эти годы высота раковины спата составляла 9–12 мм при индивидуальной массе тела 0,09–0,19 г. В 2015 г. размерный состав выборок мало различался. Средняя высота раковины спата гребешка в Суходоле составляла 10,0 ± 0,01 мм, для второй бухты этот показатель был выше — 12,60 ± 0,01 мм. Модальную группу в обоих районах образовывали особи размером 9–10 мм (25,5 и 22,4 %). В конце октября в бухте Суходол у 40 % моллюсков высота раковины была более 10 мм, в бухте Малые Куши спат размером более 10 мм составлял 55,6 %, однако превышение средних и модальных размеров было незначительным — 1–2 мм. В конце октября минимальный размер спата в этих районах составлял 3 мм. Максимальная высота раковины у моллюсков различалась: 19 мм она достигала в бухте Суходол и 32 мм — в бухте Малые Куши (доля особей с высотой раковины от 20 до 32 мм составляла 6,7 %) (рис. 2).

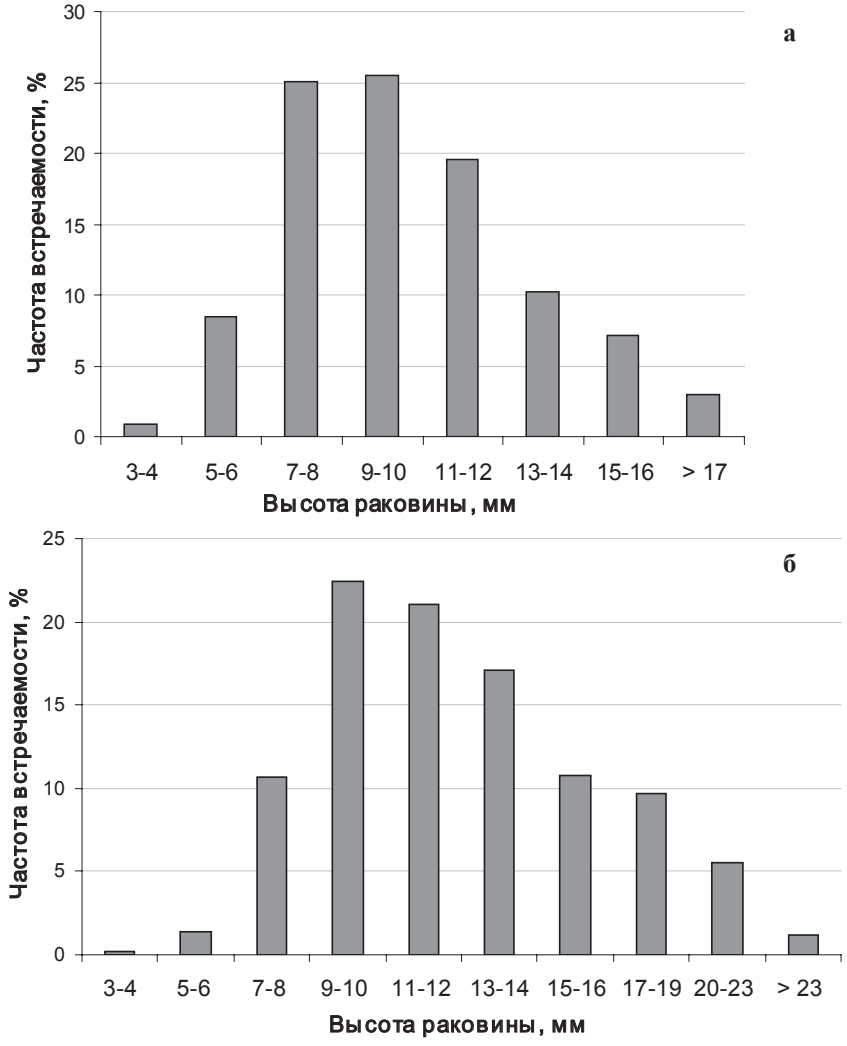


Рис. 2. Размерный состав спата гребешка на коллекторах в 2015 г.: **а** — бухта Суходол; **б** — бухта Малые Куши

Fig. 2. Size structure of the scallop spat on collectors in 2015: **а** — Sukhodol Bay; **б** — Maliye Kushi Bay

Обеспеченность моллюсков пищей в условиях плантационного разведения. Обеспеченность моллюсков пищей можно оценить, сравнивая их пищевые потребности и количество доступной пищи. Первые были рассчитаны по соотношениям (1–3). Количество доступного корма оценивали, рассчитав суточный объем воды, проходящий через тело коллектора. При таких вычислениях принимаются во внимание несколько

известных допущений: устойчивость и сбалансированность экосистем бухт, неизменность основной массы органического вещества в водоеме. Предполагается также, что для питания и роста культивируемых моллюсков задействуется только органическое вещество, дополнительно привносимое в бухту в течение суток, что вполне оправданно для акваторий с ограниченным водообменом (смена 5–10 % общего объема в сутки) (Холодов и др., 1991; Кучерявенко, 2002).

Для оценки доступного моллюскам корма рассчитывали количество взвешенного органического вещества, поступающего в процессе водообмена к каждому коллектору. Во внимание принимались следующие соображения. Ежесуточный сменяемый объем воды в бухте Суходол составляет 8,3 % от общего объема воды, что определено с учетом амплитуды колебаний уровня моря и объема речного стока в бухту (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). Следовательно, на плантации площадью в 1 га на глубине 10 м (где и расположены мидийные коллекторы) в течение суток сменяется около 8,0 $м^3$ воды, а в объеме одного коллектора — 3,3 $м^3$ (на 1 га устанавливают 2400 гребешковых коллекторов). Таким образом, моллюскам для потребления доступно органическое вещество, содержащееся как минимум в 3300 л воды. Его общее количество составляет ~ 924 мгС. Для расчета объемов воды, профильтрованной моллюсками на одном коллекторе, и потребленного ими органического вещества взяты данные по оседанию спата в бухте Суходол за 2014–2015 гг. Для удобства расчетов средняя индивидуальная масса тела моллюсков принималась равной 0,1 г, что не противоречит полученным фактическим данным (табл. 3).

Таблица 3

Скорость фильтрации, пищевые потребности и количество профильтрованной воды культивируемыми моллюсками

Table 3

Filtration rates, nutrition demands, and volumes of water filtered for cultivated shellfishes

Параметр	2014 г.	2015 г.
Скорость фильтрации воды мидией, л/час · экз.	0,04	0,04
Объем воды, профильтрованной мидиями на 1 коллекторе за сутки, л/сутки	4290	1295
Количество $С_{вов}$, потребленного мидиями на 1 коллекторе за сутки, мгС	1201	363
Скорость фильтрации воды спатом гребешка, л/час · экз.	0,07	0,07
Объем воды, профильтрованной спатом гребешка на 1 коллекторе за сутки, л/сутки	189	128
Количество $С_{вов}$, потребленного спатом гребешка на 1 коллекторе за сутки, мгС	52,9	35,8
Общий объем воды, профильтрованной моллюсками на 1 коллекторе за сутки, л/сутки	4479	1423
Общее количество $С_{вов}$, потребленного моллюсками на 1 коллекторе за сутки, мгС	1254	399
Количество $С_{вов}$, доступного для потребления моллюсками на 1 коллекторе, мгС	924	924

Расчеты показывают, что в течение суток моллюски на одном коллекторе могли профильтровывать в 2014 г. 4,5, а в 2015 1,4 тыс. л воды, потребляя при этом соответственно 1254 и 399 мгС. Пищевые потребности всех моллюсков на искусственном субстрате при обильном оседании мидии могут превышать количество доступных пищевых ресурсов.

Получение качественного посадочного материала в необходимых количествах для товарного выращивания приморского гребешка — одна из основных проблем марикультурных хозяйств Приморского края. В условиях, когда спат моллюсков собирают только коллекторным способом, на его обилие и жизнестойкость влияет много факторов. Значительный урон хозяйствам наносят морские звезды, оседающие на коллекторы, в отдельные годы урожай спата может быть полностью утрачен только по этой причине (Габаев, 1990; Гаврилова, Ким, 2015).

Качество посадочного материала и, прежде всего, размеры моллюсков зависят и от других факторов. Одной из причин малочисленности и мелких размеров молоди гребешка на коллекторах является значительная заселенность субстратов организмами-обрастателями. На плантациях в Уссурийском заливе плотность мидии тихоокеанской на поверхности коллекторов в последние годы достигала 58 экз./дм^2. При таком «загрязнении» субстрата в случае более раннего прикрепления мидии оседание спата гребешка затруднительно.

Плотные поселения мидий на искусственных субстратах могут оказывать влияние и на скорость роста спата гребешка через обеспеченность моллюсков пищей, особенно на промышленных плантациях для выращивания гребешков, которые изменяют условия водообмена в бухтах, уменьшая скорость потоков до 50 % (Sun et al., 1998). Оценки показали, что в годы обильного оседания мидии количество доступной для спата гребешка пищи на плантациях в бухте Суходол может быть ограничено (табл. 3). Организмы-обрастатели коллекторов профильтровывают за сутки большие объемы воды, извлекая те компоненты пищи, которые предпочтительны для моллюсков определенной размерной группы. Истощение сестона за счет выедания его отдельных компонентов ранее было показано для мидийных плантаций (Grant et al., 2005).

Такой параметр, как выживаемость спата на коллекторах, является интегральным ответом на влияние всего комплекса факторов, воздействующих на растущие гидробионты. Так, в 2015 г. при умеренном заселении субстратов мидией выживаемость спата гребешка составила лишь 64,5 %, что существенно ниже этого показателя в 2014 г. По-видимому, на результатах не могла не сказаться значительная численность морских звезд, которая была в 9 раз выше таковой в 2014 г.

Полученные многолетние данные о размерной структуре молоди гребешка на коллекторах в бухтах Уссурийского залива показывают, что в хозяйствах осенью получают посадочный материал невысокого качества. В дальнейшем это приводит к низкой выживаемости моллюсков при товарном выращивании. Средние размеры спата гребешка укладываются в диапазон нормативов для этого вида в зал. Петра Великого, но соответствуют их нижней границе — 10–11 мм (Инструкция по технологии..., 2011). Модальную группу (до 25 % от осевшей молоди в 2015 г.) составляют и гребешки с высотой раковины 9–10 мм, что ниже норматива. Для сравнения приводим многолетние данные из разных районов прибрежья Приморья. Средняя высота раковины спата гребешка к началу октября в период 2001–2004 гг. составляла в бухте Воевода (Амурский залив) 12–17 мм, в бухте Киевка (восточное побережье Приморья) 12–18, в зал. Посьета в 2002 г. — 12–30 мм (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). При донном выращивании, которое широко практикуется и в этих хозяйствах, нормативной величиной для расселения является высота раковины спата 15–25 мм (Инструкция по технологии..., 2011). Следовательно, объемы посадочного материала для донного культивирования в этом районе ограничены, а расселение нежизнестойких особей приводит к низкой выживаемости моллюсков и потере урожая.

Заключение

Полученные результаты подтверждают существующее мнение о негативном влиянии оседания мидии на процесс получения спата гребешка в природных условиях, а также свидетельствуют о бесперспективности данного района для сбора посадочного материала этого вида моллюсков в промышленных масштабах.

Авторы благодарят руководителей ООО «Марикультура» и ООО «Рыбозавод» за предоставленную возможность приобрести промышленные коллекторы.

Список литературы

Габаев Д.Д. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье : автореф. дис. … канд. биол. наук. — Владивосток, 1990. — 30 с.

Гаврилова Г.С., Ким Л.Н. Современная урожайность плантаций приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) в бухтах Уссурийского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 183. — С. 242–251.

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

Инструкция по технологии садкового и донного культивирования приморского гребешка / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 44 с.

Кучерявенко А.В. Органическое вещество в мелководных бухтах залива Посьета : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 86 с.

Ластовецкий Е.И. Климатические особенности омывающих морей // Климат Владивостока. — Л. : Гидрометеоиздат, 1978. — С. 159–162.

Макарова Л.Г. Продукционные характеристики приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) как объекта марикультуры : дис. ... канд. биол. наук. — Л., 1986. — 20 с.

Методические рекомендации по оценке трофической базы и возможного количества выращиваемых в бухтах моллюсков / А.В. Кучерявенко, Л.Г. Седова. — Владивосток : ТИНРО, 1988. — 10 с.

Седова Л.Г. Зависимость скорости обмена от температуры у мидии съедобной *Mytilus edulis* // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных : тез. докл. Всесоюз. совещ. — Владивосток : ТИНРО, 1988. — С. 116–117.

Седова Л.Г., Кошкарева Л.Н. Зависимость скорости фильтрации и питания от массы тела у мидии съедобной *Mytilus edulis* // 3-я Всесоюз. конф. по мор. биологии. — Киев, 1988. — Ч. 1. — С. 64.

Холодов В.И., Иванов В.Н., Сеничева М.И. Оценка мощности и размеров мидиевых хозяйств на основе данных о трофической емкости района // Экол. моря. — 1991. — Вып. 38. — С. 35–40.

Grant J., Cranford P., Hargrave B. et al. A model of aquaculture biodeposition for multiple estuaries and field validation at blue mussel (*Mytilus edulis*) culture sites in eastern Canada // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2005. — № 62. — P. 1271–1285.

Sun Y., Zhao J., Zhou S.L. et al. Environmental features of cultural waters in Sanggou Bay // J. Fish Sci. China. — 1998. — № 5. — P. 69–75 (in Chinese with English abstract).

Поступила в редакцию 16.12.16 г.

Принята в печать 27.01.17 г.