

УДК 639.4.062(265.54)

Г.С. Гаврилова¹, В.Е. Терехова^{2*}¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;² Приморский океанариум ДВО РАН,
690059, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

ОСЕДАНИЕ МОЛЛЮСКОВ И ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ НА ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТАХ В БУХТЕ СУХОДОЛ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

На плантациях в бухте Суходол (Уссурийский залив) оценены интенсивность оседания двустворчатых моллюсков (приморского гребешка и тихоокеанской мидии) в последнее десятилетие и величина аккумуляции балластных веществ летом 2012 г. Средняя численность сеголеток гребешка в разные годы составляла от 77 до 200 экз./кол., а годовиков мидии — от 500 до 2330 экз. на погонный метр, что позволяет хозяйству получать ~ 2 млн экз. спата гребешка и 10–30 т товарных мидий с 1 га плантаций. Концентрация взвеси и биомасса живых организмов в местах установки коллекторов существенно увеличиваются уже в первые несколько месяцев — до 0,31 т на 1 га стандартной плантации за месяц. На таких участках марикультуры необходимо проводить восстановительные мероприятия, а также создавать бикультурные плантации в толще воды.

Ключевые слова: бухта Суходол, коллектор, спат гребешка, мидия, взвешенное вещество.

Gavrilova S.G., Terekhova V.E. Settling of mollusks and sedimentation on artificial substrata in the Sukhodol Bay (Japan Sea) // *Izv. TINRO.* — 2014. — Vol. 176. — P. 201–209.

Density of bivalve spat settled on collectors determines the yield of aquaculture plantation. It varies considerably in different water areas at Primorye coast and has year-to-year variability. The spat settling intensity in the last decade is considered for a marine farm in the Sukhodol Bay (Ussuri Bay) and sedimentation of suspended matter on collectors is estimated for the same plantation in the summer of 2012. Period of the scallop spat settling is rather long and continues until late June. Mean spat size is 9.2 ± 2.2 mm (modal group 8–10 mm), mean weight is 0.08 g. The average density of juvenile scallops *Mizuhopecten yessoensis* changes year-to-year from 77 to 200 ind./collector, and the density of juvenile mussels *Mytilus trossulus* — from 500 to 2,330 ind. per meter of the collectors set. These values provide the annual harvesting of > 2 million ind. of the scallop spat and 10–30 ton of commercial-size mussels from 1 hectare of plantation. Juveniles of sea cucumber *Apostichopus japonicus* settle on collectors as well, in less number, but sufficient for their growing on bottom plantations in some years. Suspended matter sedimentation on collectors, including agrestal marine organisms, is rather high in the first months after the collectors installation — up to 0.31 ton/month per 1 hectare of standard

* Гаврилова Галина Сергеевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: gavrilova@tinro.ru; Терехова Валерия Евгеньевна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник, e-mail: allexxus@yandex.ru.

Gavrilova Galina S., D.Sc., leading researcher, e-mail: gavrilova@tinro.ru; Terekhova Valeria E., Ph.D., researcher, e-mail: allexxus@yandex.ru.

plantation. Reclamation measures are recommended in the cases of high sedimentation, possibly installation of bicultural plantations in the water column.

Key words: Sukhodol Bay, collector, scallop spat, mussel, suspended matter.

Введение

Изучение величин и скорости аккумуляции живого и неживого органического вещества на марикультурных плантациях в небольших мелководных бухтах и заливах необходимо для определения допустимых антропогенных нагрузок на акватории, расчета продукции хозяйств аквакультуры, а также выполнения сравнительных стоимостных оценок производимых биоресурсов и таких характеристик, как экосистемные услуги.

Величины биомассы и продукции моллюсков на искусственных субстратах плантаций заметно превышают таковые в природных популяциях, несмотря на то, что выживаемость личинок и рост молоди беспозвоночных зависят от многих факторов (Милейковский, 1985; Касьянов, 1989). Плотность спата двустворчатых моллюсков на коллекторах определяет урожайность их плантаций. Она рассматривалась нами ранее, и, как было показано, в разных районах зал. Петра Великого и у восточного побережья Приморья эта характеристика заметно различается (Гаврилова и др., 2005; Гаврилова, Кучерявенко, 2011). Известно также, что на марикультурных установках создается сообщество организмов-обрастателей и концентрируется значительное количество взвешенных органических веществ, способствующих вторичному загрязнению акваторий (Золотницкий, Семик, 1998; Звягинцев, 2005).

Цель этой работы заключалась в оценке величин оседания двустворчатых моллюсков и аккумуляции балластных веществ на искусственных субстратах плантаций в последние десять лет в одной из бухт Уссурийского залива.

Материалы и методы

Материал для исследования получен в 2001–2012 гг. в южной части бухты Суходол (рис. 1). При анализе использовали собственные данные и информацию из отчетов хозяйства ООО «Марикультура» о численности спата моллюсков на плантации в разные годы.

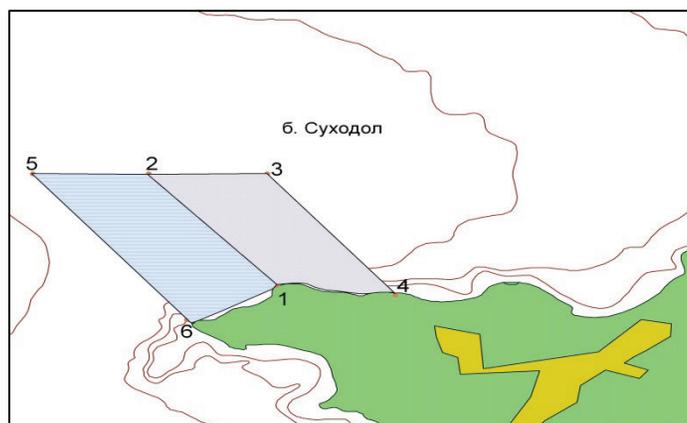


Рис. 1. Расположение участка марикультуры в бухте Суходол. Координаты участка: 1 — $43^{\circ}10,282' 132^{\circ}19,333'$; 2 — $43^{\circ}11,000' 132^{\circ}18,500'$; 3 — $43^{\circ}11,200' 132^{\circ}19,260'$; 4 — $43^{\circ}10,200' 132^{\circ}20,100'$; 5 — $43^{\circ}11,200' 132^{\circ}17,750'$; 6 — $43^{\circ}10,000' 132^{\circ}18,750'$

Fig. 1. Location of the aquaculture area in the Sukhodol Bay. Perimeter coordinates: 1 — $43^{\circ}10.282' 132^{\circ}19.333'$; 2 — $43^{\circ}11.000' 132^{\circ}18.500'$; 3 — $43^{\circ}11.200' 132^{\circ}19.260'$; 4 — $43^{\circ}10.200' 132^{\circ}20.100'$; 5 — $43^{\circ}11.200' 132^{\circ}17.750'$; 6 — $43^{\circ}10.000' 132^{\circ}18.750'$

Спат моллюсков собирали с помощью коллекторов — искусственных субстратов для оседания молоди гидробионтов. Мешочные коллекторы с наполнителем, собранные в гирлянды, использовали для сбора спата приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*, веревочные коллекторы — для спата тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*.

Коллекторы размещали на горизонтальном канате гидробиотехнического сооружения (ГБТС) у поверхности воды (Справочник ..., 2002). В хозяйстве марикультуры в бухте Суходол используется схема разреженной постановки ГБТС, в соответствии с которой на 1 га расположено лишь 8–10 несущих хребтин, а не 21, как на стандартной плантации. Следовательно, общее количество коллекторов на плантации в бухте было в 2,0–2,6 раза меньше — всего 8 тыс. сетных мешочков с наполнителем.

В мешочных коллекторах подсчитывали общее количество сеголеток гребешка, определяли их размеры и массу тела. Данные по оседанию спата гребешка в разные годы оценивали по критерию достоверности разностей показателей: $t = x_1 - x_2/f$; где $f = \sqrt{s_1^2(n-1) + s_2^2(n-1)/n_1 + n_2 - 2 \cdot \sqrt{n_1 + n_2}/n_1 n_2}$; x_1, x_2 — сравниваемые показатели; s_1, s_2 — среднеквадратические отклонения; n_1, n_2 — размеры сравниваемых выборок (Аниканова и др., 2007).

Для определения численности и биомассы мидий на отрезке коллектора известной длины подсчитывали всех моллюсков и определяли общую массу. Полученные данные пересчитывали на всю длину коллектора. Промеры и взвешивания проводили с точностью соответственно ± 1 мм и $\pm 0,1$ г.

Урожайность бухты оценивали как для стандартной плантации, на 1 га которой расположено: при культивировании гребешка — 2100 гирлянд коллекторов (21 тыс. сетных мешочков с наполнителем); при культивировании мидии тихоокеанской — 4200 шт. четырехметровых веревочных коллекторов.

Для определения величины аккумуляции балластных веществ на установках мешочные коллекторы промывали в воде во время переборки, полученную взвесь профильтровывали через сито с ячейей 1 мм. Взвесь с частицами менее 1 мм отстаивали, сифоном удаляли жидкость. Осадок помещали в пробирки и центрифугировали 15 мин со скоростью 5 тыс. оборотов для дальнейшего разделения твердой и жидкой фракций. Натурально-влажный осадок (н.в.о) из пробирки переносили на предварительно взвешенную кальку и определяли сырую массу, далее высушивали в бюксах до постоянного веса при температуре 70 °С и измельчали в фарфоровой ступке до порошкообразного состояния. Биомассу бентоса и эпифитона размером более 1 мм, не прошедшую через сито, высушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали с точностью до $\pm 0,1$ г.

Результаты и их обсуждение

В бухте Суходол в последнее десятилетие средняя интенсивность оседания приморского гребешка изменялась от 77 до 200 экз./кол. В 2009 г. не удалось собрать количество молоди, достаточное для товарного выращивания (табл. 1). Общее количе-

Таблица 1
Характеристики оседания спата приморского гребешка и трепанга на искусственных субстратах в бухте Суходол в 2001–2012 гг.

Table 1
Parameters of spat settling on artificial substrata for scallop and sea cucumber in the Sukhodol Bay in 2001–2012

Дата обработки коллекторов	Количество коллекторов, шт.	Общая численность спата гребешка, млн экз.	Среднее значение/разброс величин оседания спата, экз./кол.	Общая численность трепанга, тыс. экз.	Средняя интенсивность оседания трепанга, экз./кол.
09–11.2001 г.	–	1,64	–	36,5	0,8
09–10.2002 г.	–	0,91	–	8,9	–
09–10.2004 г.	9 932	1,98	199,7	8,3	1,6
09–11.2007 г.	17 121	1,84	107,7	186,3	15,0
09–11.2008 г.	15 172	1,58	104,0/(130,0–12,0)	45,1	2,9/(4,0–0,7)
09–10.2009 г.	17 319	0,08	4,6	91,2	5,3
09.2012 г.	40*	–	77,1/(144,0–32,0)	–	–

* Экспериментальные коллекторы.

ство ежегодно собираемых в хозяйстве сеголеток гребешка не превышало 2 млн экз. и определялось не только количеством субстратов, но и условиями текущего года. Так, наибольший урожай был получен в 2004 г. при наименьшем количестве установленных коллекторов, а при их максимальной численности в 2009 г. было получено только 80 тыс. молоди гребешка.

Согласно биотехническим нормативам гребешковые коллекторы устанавливаются в этом районе с конца мая до середины июня. В 2012 г. экспериментальные коллекторы были установлены 29 июня, и средняя интенсивность оседания спата гребешка составила 77 экз./кол. Это почти в два раза меньше, чем на коллекторах, установленных в начале июня (по сообщению сотрудников хозяйства, среднее оседание в 2012 г. составило ~ 150 экз./кол.). В то же время интенсивность оседания на экспериментальных коллекторах в 2012 г. достоверно не отличалась ($t = 0,21$) от таковой в 2007 и 2008 гг. (табл. 1). Следовательно, период оседания молоди в этом районе довольно продолжительный, и сбор спата может быть результативен и при поздней постановке коллекторов.

Сопутствующим видом при сборе приморского гребешка на этой акватории является дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (табл. 1). Численность молоди этой голотурии на субстратах не столь высока, как моллюсков, но в урожайные годы существенна для пополнения донных плантаций.

Для гребешка поколения 2012 г. в этом районе были оценены размерные характеристики сеголеток. Средняя высота раковины моллюсков составляла $9,2 \pm 2,2$ мм, а средняя масса тела — 0,08 г. На коллекторах преобладали моллюски размером 8–10 мм (39%), у 24% особей высота раковины превышала 10 мм, 76% моллюсков имели размеры 10 мм и менее (рис. 2). Среднемесячный прирост раковины сеголеток гребешка в июле-сентябре составлял 3,6 мм.

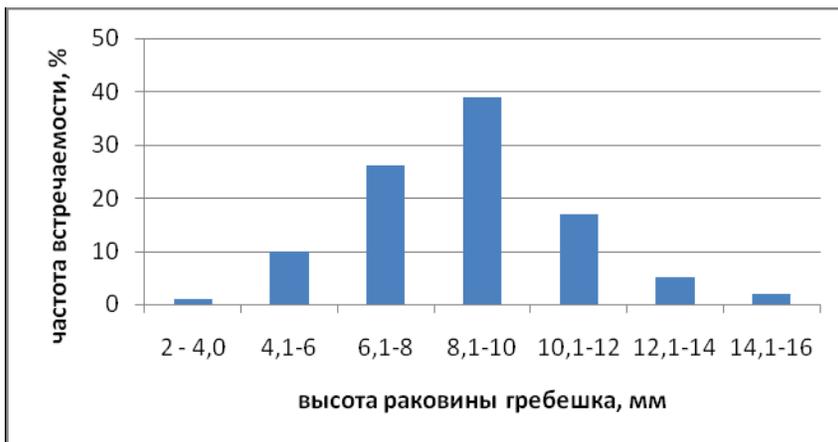


Рис. 2. Размерная структура спата гребешка на коллекторах в 2012 г. (n = 224)
Fig. 2. Size structure of scallop spat on collectors in 2012 (n = 224)

В зал. Петра Великого в октябре в возрасте около 4 мес размеры сеголеток гребешка составляют 10–30 мм при массе тела 1,0–1,5 г (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). Очевидно, что за 2,5 мес молодь гребешка поколения 2012 г. не достигла средних размеров и массы тела, которые наблюдаются у сеголеток при своевременной установке коллекторов, хотя приросты раковины двух групп моллюсков достоверно не различаются — 0,12 и 0,16 мм сут⁻¹.

Урожайность плантаций мидии в бухте Суходол оценивалась в марте-апреле, через 9–10 мес после установки коллекторов. Плотность моллюсков на коллекторах в возрасте до 1 года составляла в бухте от 0,29 до 2,30 тыс. экз. на погонный метр. Такое оседание позволяет хозяйству получать 30–50 т товарной продукции, а в урожайные годы (например, поколение 2007 г.) — до 142 т (табл. 2).

Средняя высота раковины мидии в возрасте 9–10 мес составляет от 30 до 45 мм, а масса тела — около 3 г (табл. 3). Наиболее крупные моллюски наблюдались на кол-

лекторах в 2007 г., что обусловлено самой низкой плотностью мидии на субстратах за рассматриваемый период. Средняя высота раковины и масса тела мидии в возрасте одного года (2012 г.) составляли соответственно 43,0 мм и 5,2 г. Годовальные моллюски были больше 9–10-месячных в годы с высокой интенсивностью оседания (2004, 2005, 2007 гг.). При низкой плотности мидии на коллекторах размеры двух групп моллюсков были сопоставимы (табл. 3). Масса тела годовиков в июне (после нереста) была почти вдвое меньше, чем у моллюсков в мае. Масса мягких тканей составляла лишь 32 % общей массы тела.

Таблица 2

Урожайность плантаций мидии в 2005–2008 гг.

Table 2

Yield of mussel plantations in 2005–2008

Дата постановки коллекторов	Дата учета товарной продукции	Численность моллюсков, экз./м	Масса моллюсков, кг/м	Количество/длина коллекторов, шт./м	Продукция мидии, т
17.06.2004 г.	20.04.2005 г.	2330	6,3	1078/4,5	30,5
07.2005 г.	17.04.2006 г.	647	2,6	4260/4,5	49,8
06–07.2006 г.	28.03.2007 г.	292	3,1	1255/6,0	23,3
06–07.2007 г.	27.03.2008 г.	1100	10,4	2275/6,0	141,9
06.2011 г.	29.06.2012 г.	493	2,5	–	–

Таблица 3

Размерно-массовые характеристики мидии на коллекторах в разные годы

Table 3

Size and weight parameters of mussels on collectors, by years

Месяц, год	Высота раковины, мм			Масса моллюсков, г		
	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум	Минимум
04.2005	30	40	17	2,7	5,6	0,6
04.2006	36	44	24	4,0	–	–
03.2007	45	60	30	10,5	16,0	7,0
03.2008	30	42	15	9,5	–	–
06.2012	43	57	27	5,2	9,5	1,5

Для посленерестового периода рассчитана зависимость массы тела мидии от высоты раковины (рис. 3). Сравнивая ее с аналогичным уравнением, полученным для выборки преднерестовых моллюсков (Гаврилова, Кучерявенко, 2011), можно оценить потери биомассы при несвоевременном съеме урожая, они составляют 12–15 %.

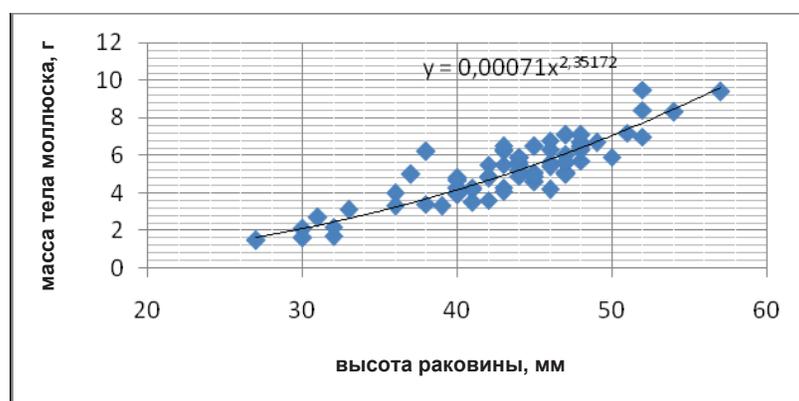


Рис. 3. Зависимость массы тела от высоты раковины у мидии тихоокеанской (n = 68)

Fig. 3. Body weight dependence on shell height for pacific mussel (n = 68)

Размерные характеристики мидии были оценены и на другом субстрате — сетных мешках для сбора спата гребешка, где мидия присутствует в качестве обрастателя (рис. 4). Высота раковины большей части моллюсков в этой выборке (74 %) не превышала

10 мм, и только у 3 % этот показатель был больше 16 мм. Средняя высота раковины составила $8,5 \pm 3,9$ мм. Размерная структура выборки позволяет предполагать, что на данном субстрате происходило оседание нескольких поколений мидии. В самой старшей из них возраст моллюсков может достигать 2,5 мес. К этой группе относятся мидии с высотой раковины более 10 мм (среднее значение 13,9 мм), среднемесячный прирост которых в этот период составил 5,5 мм. Если допустить, что у этой генерации моллюсков средняя высота раковины в возрасте 1 года достигнет 43 мм (табл. 3), а величины среднемесячных приростов в декабре-феврале не будут превышать 2 мм, то осенью (октябрь-ноябрь), а также весной (март-май) моллюски растут со скоростью $\sim 3,0$ мм/мес. Принимая во внимание полученную величину прироста в летние месяцы, можно говорить о том, что оседание наиболее многочисленной генерации мидии с высотой раковины от 4 до 10 мм (среднее значение 7,1 мм) проходило в конце июля — начале августа.

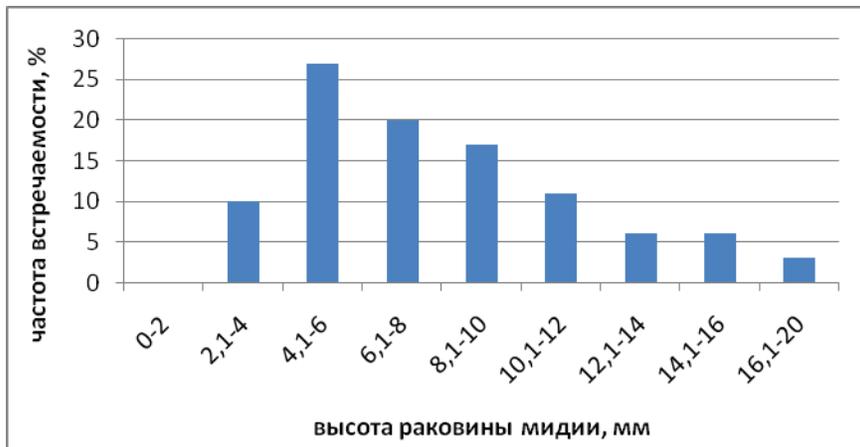


Рис. 4. Размерная структура сеголеток мидии на гребешковых коллекторах в 2012 г. (n = 201)
 Fig. 4. Size structure of juvenile mussels on collectors in 2012 (n = 201)

При разборе коллекторов в 2012 г. были оценены не только численность и биомасса спата гребешка и мидии, но и биомасса других гидробионтов и взвеси. Общая численность сеголеток моллюсков на одном коллекторе составляла в среднем около 500 экз., а биомасса моллюсков и других бентосных организмов — 41 г (табл. 4). В последней группе доминировали амфиподы (*Caprella scaura diceros*, *C. exelsa*, *C. mutica*) (авторы благодарят канд. биол. наук. Л.Л. Будникову за выполненные определения). При такой интенсивности оседания с 1 га стандартной установки может быть получен урожай спата гребешка в объеме 1,6 млн экз. При разреженной установке ГБТС в хозяйстве урожай не будет превышать 0,6–0,7 млн экз.

Таблица 4
 Средние значения численности и биомассы гидробионтов на коллекторных установках для сбора спата гребешка в бухте Суходол в 2012 г.

Table 4
 Mean abundance and biomass of species on collectors in the Sukhodol Bay in 2012

Субстрат	Гребешок		Мидия		Масса других организмов, г	Общая масса, г
	Численность, экз.	Масса, г	Численность, экз.	Масса, г		
Коллектор	$77,1 \pm 33,8$	$6,2 \pm 2,7$	$392,8 \pm 286,0$	$23,6 \pm 17,2$	$11,4 \pm 8,8$	41,2
Установка площадью 1 га	$1619 \cdot 10^3$	$130,2 \cdot 10^3$	$8253 \cdot 10^3$	$495,6 \cdot 10^3$	$239,4 \cdot 10^3$	$864 \cdot 10^3$

В общей биомассе живых организмов на коллекторе доля сеголеток гребешка была незначительна и составляла только 15 %. Наибольшая биомасса (47 %) приходилась на органическое и неорганическое вещество взвеси, далее по величине следуют био-

масса моллюсков (гребешка и мидии) и биомасса прочих организмов (табл. 5). Масса спата гребешка, основного компонента сбора, составляла лишь 8 % массы живого и неживого вещества коллектора.

Таблица 5

Масса балластных веществ и гидробионтов на коллекторных установках в бухте Суходол летом 2012 г.

Table 5

Weight of accumulated sediments and aggregated marine organisms on collectors in the Sukhodol Bay in the summer of 2012

Субстрат	Масса взвеси, г		Масса гидробионтов, г	Общая масса: взвесь (н.в.о) + гидробионты, г	Соотношение: взвесь/моллюски/ другие организмы, %
	Натурально-влажная	Сухая			
Коллектор (n = 20)	37 ± 12	4 ± 1	41,2	78,2	47/38/15 (гребешки — 8 %)
Установка площадью 1 га	777·10 ³	84·10 ³	864·10 ³	1639·10 ³	

Величина натурально-влажного осадка на коллекторах изменялась более чем в 3 раза — от 18 до 64 г (среднее значение 37 г). С увеличением массы спата моллюсков масса взвешенного вещества коллектора уменьшалась незначительно, коэффициент корреляции между этими величинами — 0,34 (рис. 5). Следовательно, потребление взвеси моллюсками мало сказывалось на общем ее количестве, оседающем на установке. В 2012 г. на субстратах ГБТС количество взвеси было сопоставимо с массой всех осевших живых организмов и в шесть раз превышало массу объекта культивирования — сеголеток гребешка. Объемы взвеси на 1 га стандартной плантации за месяц достигали значительных величин — 0,31 т.

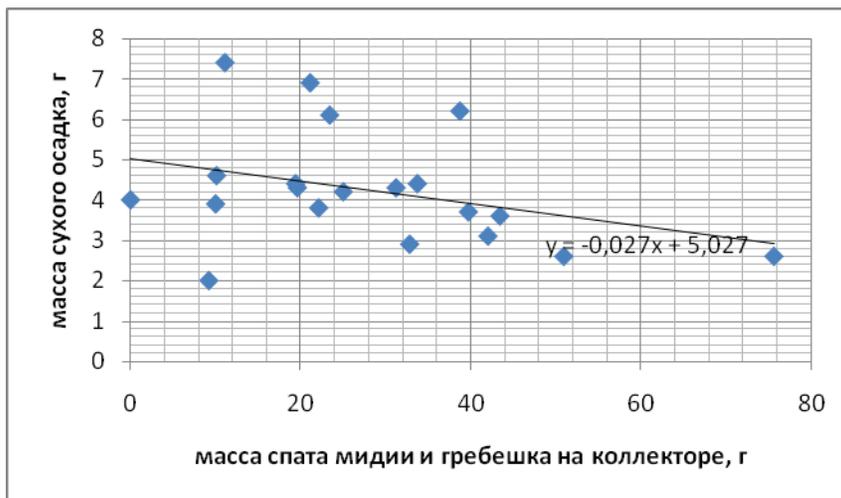


Рис. 5. Зависимость массы сухого вещества осадка от массы спата мидии и гребешка на коллекторе

Fig. 5. Relationship between suspended matter (dry weight) and spat biomass (mussels and scallops) on collector (n = 20)

Итак, урожайность плантаций при сборе спата приморского гребешка в южной части бухты Суходол в последние 10 лет составляла менее 2 млн экз. на 1 га, что меньше средних величин, рассчитанных ранее для всего зал. Петра Великого (6,5 млн экз./га) и для Уссурийского залива (3,0 млн экз./га) (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). Урожайность плантаций в бухтах Уссурийского залива наиболее низкая среди других заливов второго порядка, больше всего спата гребешка собирается в зал. Посьета — 12,5 млн экз. на 1 га стандартной плантации.

Многолетние наблюдения показывают, что интенсивность оседания сеголеток гребешка в бухте Суходол продолжает оставаться на невысоком уровне (~ 100 экз./кол.) и в последнее десятилетие, несмотря на, казалось бы, имеющиеся предпосылки для роста. К таковым можно отнести то, что в исследуемом районе хозяйство марикультуры существует более 12 лет. За это время на донных плантациях было создано большое маточное стадо гребешка (ежегодная добыча товарной продукции — 10–30 т), производящее значительный личиночный пул. Более того, для этого района существуют прямые инструментальные наблюдения за течениями, которые показали, что в теплое время года здесь существует устойчивая антициклоническая циркуляция, способствующая удержанию личинок беспозвоночных на акватории бухты (Рогачев, Горячев, 2008). Повидимому, выживаемость личинок и рост численности сеголеток гребешка на искусственных субстратах сдерживаются иными факторами, требующими специального анализа.

Более успешно в эти годы в бухте осуществлялся сбор мидии. Биомасса товарных годовалых моллюсков составляла ~ 20 кг на 4-метровом коллекторе. Это больше, чем в других районах зал. Петра Великого, и сравнимо с товарной продукцией плантаций в этом районе в начале 2000-х гг. Вместе с тем в этом районе наблюдаются и неурожайные годы, когда низкое обилие мидии на коллекторах не позволяет вести их промышленную обработку, что и происходило в 2010 г.

Создание гидротехнических сооружений в бухте влияет на потоки органического и неорганического взвешенного вещества. В местах установки коллекторов на небольшом участке бухты (1–2 га) происходит существенное увеличение массы взвеси уже в первые месяцы существования плантации. При этом биомасса объекта культивирования (спата гребешка) в такой искусственно созданной системе составляет незначительную часть (8 %), тогда как масса взвеси на 1 га стандартной установки в бухте за 2,5 мес достигла 0,777 т.

Заключение

Для исследуемого района впервые оценены объемы взвешенного вещества на субстратах для оседания моллюсков. Концентрация значительных объемов взвеси (до 0,31 т на 1 га стандартной плантации за месяц) позволяет говорить о необходимости ремедиационных мероприятий на участках марикультуры, например, применения технологии эффективных микроорганизмов. Кроме того, скорости осадконакопления в бухте являются предпосылками для организации в этом районе бикультурного хозяйства, расположенного в водной толще. Такой способ апробирован на плантациях КНР, где совместное культивирование в подвесных садках гребешков (*Argopecten irradians irradians*, *Chlamys farreri*) и трепанга позволяет получать дополнительно продукцию этого коммерчески ценного объекта без использования искусственных кормов. Экспериментально показано, что 350 экз. гребешка, выращиваемого в садке, обеспечивали рост 10–20 экз. трепанга, которые потребляли биодепозиты (фекалии, псевдофекалии) моллюсков, а также микроводоросли и бактерии на субстрате (Zhou et al., 2006). Детритофаги утилизировали ~ 17 % органического вещества биодепозитов, при этом приросты массы тела особей составляла 1,38–1,60 % в сутки. Благодаря потреблению биодепозитов моллюсков трепангом уменьшается количество биоотложений и органического вещества в донных осадках марикультурных участков. Следовательно, введение голотурий в бикультуру с моллюсками при выращивании в толще воды обеспечивает возможность биологической очистки осадков еще до оседания на дно, что важно в бухтах с высокими скоростями осадконакопления.

Список литературы

- Аниканова В.С., Бугмырин С.В., Иешко Е.П. Методы сбора и изучения гельминтов мелких млекопитающих : учеб. пособ. — Петрозаводск : КНЦ РАН, 2007. — 145 с.
- Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В. Продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье : монография. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 113 с.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Ляшенко С.А. Современное состояние культивирования гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в Приморье // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 140. — С. 376–382.

Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана : монография. — Владивосток : Дальнаука, 2005. — 432 с.

Золотницкий А.П., Семик А.М. О величине и скорости аккумуляции балластных веществ на искусственных субстратах в процессе культивирования черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) // Тр. ЮгНИРО. — 1998. — Т. 44. — С. 52–54.

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

Милейковский С.А. Личинки морских донных беспозвоночных и их роль в биологии моря : монография. — М. : Наука, 1985. — 120 с.

Рогачев К.А., Горячев В.А. Подветренная антициклоническая циркуляция в бухте Суходол (залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2008. — Т. 154. — С. 125–134.

Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / сост. А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 83 с.

Zhou Y., Yang H., Liu S. et al. Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicas* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) co-cultured in lantern nets // Aquaculture. — 2006. — Vol. 256. — P. 510–520.

Поступила в редакцию 14.10.13 г.