

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЧИСЛЕННОСТИ МОЛОДИ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *RATINOPECTEN YESSOENSIS* НА ПЛАНТАЦИЯХ МОРСКИХ ХОЗЯЙСТВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

© 2020 г. Д. Д. Габаев

Национальный Научный Центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток, 690092
E-mail: gabaevdd@mail.ru

Поступила в редакцию 23.03.2020 г.

Представлено биологическое обоснование возможности долгосрочного прогнозирования численности молоди приморского гребешка *Ratinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis*, (Jay, 1856) — основного объекта культивирования в Приморском крае, по хорошо заметной продолжительности ледового периода в мелководных бухтах. Возможность прогнозирования стала краеугольным камнем созданного в прошлом веке способа беспересадочного разведения морского гребешка и устройства для его осуществления.

Ключевые слова: приморский гребешок, динамика воспроизводства, факторы среды, рентабельный способ разведения.

ВВЕДЕНИЕ

Как и любая деятельность марикультура нуждается в прогнозировании всех этапов технологии культивирования с целью их оптимизации. У созданного в Японии способа разведения холодноводного двустворчатого моллюска — приморского гребешка *Ratinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis*, (Jay, 1856) наиболее критическим звеном является сбор личинок из планктона на коллекторы. В Приморском крае в зависимости от биотических и абиотических факторов плотность молоди на одном коллекторе может варьировать от 10–20 до 1500–2000 экз. гребешка (Белогрудов, 1987). По японской технологии подросшую на коллекторах молодь осенью пересаживают в садки, поэтому морские фермеры пытаются собрать коллекторами максимальное количество личинок. Однако короткий и изменчивый период их оседания привел к необходимости прогнозирования времени начала выставления коллекторов.

Для этого изучают динамику гонадного индекса гребешка по методу Ито и соавторов (Ito et al., 1975) и по резкому снижению этого показателя определяют начало его нереста (Белогрудов, 1981; Брегман, Седова, 1989). Добавляя к этому времени известную продолжительность пелагического периода (Габаев, Калашникова, 1980), исследователи прогнозируют начало оседания личинок. Для уточнения этой даты изучают динамику численности личинок гребешка в планктоне. При обнаружении личинок с длиной раковины 200–225 мкм необходимо срочно (за 2–3 дня) погрузить коллекторы в море (Белогрудов, 1987). Однако этот прогноз не выполним, поскольку для образования на субстратах бактериально- водорослевой пленки их необходимо несколько дней поддерживать в море (Белогрудов, 1986) и не менее 10 дней требуется для выставления в море 55 тыс. коллекторов (Габаев, 1990).

На основе наблюдаемого обилия личинок перед оседанием Белогрудов и Скокленева (1983), по методу Ито и соавторов

(Ito et al., 1975), составляли краткосрочный прогноз численности молоди гребешка на коллекторах. Для прогнозирования численности спата с заблаговременностью 20–30 сут. Брегман и др., (1986; 1987) пытались найти взаимосвязь между плотностью спата (экз./коллектор) и длительностью ледового периода, а также суммой среднесуточных температур воды от даты их перехода через 0°C до начала массового нереста гребешка. При этом они предположили, что между длительностью ледового периода в прошедшую зиму и численностью молоди гребешка наблюдается обратная зависимость (Брегман и др., 1986), но это предположение оказалось ошибочным и их прогнозы на конец 80-х гг., либо не оправдывались, либо были не точными (Гайко, 2018).

Однако в 1985 г. автор статьи получил авторское свидетельство на способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления, в котором показано, что между длительностью ледового периода и численностью молоди гребешка на коллекторах наблюдается прямая зависимость (Габаев, 1985). Л. А. Гайко (2006) предприняла еще одну попытку «доказательства» обратной зависимости между численностью молоди и длительностью ледового периода, несмотря на неудачное прогнозирование. Для этого она привлекла завышенные более чем в 5 раз данные Григорьевой и др. (2005) по количеству молоди гребешка в 1990 г. (Габаев, 2010). В завершение Л. А. Гайко (2006) дает рекомендации фермерским хозяйствам не погружать в море гребешковые коллекторы в неурожайный год (на самом деле урожайный).

Наши многолетние наблюдения в б. Минозосок зал. Посыета позволяют облегчить прогнозирование времени начала выставления коллекторов и рекомендуют ежегодно завершать погружение коллекторов в море до 15 июня каждого года (Габаев, 1990, Габаев, Айздайчер, 2012), а в более холодноводной б. Кит (среднее Приморье) их следует погрузить к началу июля (Габаев, 1990). Методы достижения максимальной

численности молоди и вычисления плотности спата по обилию личинок и климатическим факторам (Ito et al., 1975; Белогрудов, 1981; Белогрудов, Скоклеева, 1983; Брегман, Седова, 1989) не предлагают приемов для ее повышения в неурожайные годы, которые встречаются довольно часто, поскольку динамика численности гребешка демонстрирует квазидвухлетнюю изменчивость (Габаев, 1986).

Учитывая положительную взаимосвязь между легко определяемой продолжительностью ледового периода в мелководных бухтах и обилием молоди на коллекторах мы предлагали строить долгосрочный прогноз обилия спата по времени освобождения этих бухт ото льда. В урожайные годы лед сходит к середине апреля, а в неурожайные — раньше, причем было обнаружено, что неурожайные 1980 и 1981 гг. совпали с максимальной солнечной активностью (Габаев, 1982), которая положительно воздействует на температурные условия Земли (Абдусаматов, 2009). Связанная с солнечной активностью ультрафиолетовая радиация (UV) отрицательно влияет на гаметогенез *P. yessoensis* (Li et al., 2000) и пищу для личинок (Rech et al., 2005). Это приводит к тому, что урожайные годы наблюдаются при низкой солнечной активности (рис. 1) и между обилием молоди и числами Вольфа наблюдается достоверная обратная взаимосвязь ($r = -0.343$; $p = 0.043$) (табл. 1). Возможно, солнечная активность ответственна и за то, что все исследованные нулевые годы (1980, 1990, 2000 и 2010), отличающиеся высокой солнечной активностью, оказались неурожайными на молодь *P. yessoensis* (Gabaev, 2013) (рис. 1). Между продолжительностью ледового периода и солнечной активностью наблюдается высокая отрицательная взаимосвязь (Габаев, 1987), а динамика солнечной активности прогнозируема (Резников, 1980), и может служить ориентиром в долгосрочном прогнозировании численности молоди.

Многолетняя проверка японской технологии культивирования приморского гребешка показала ее убыточность в наших

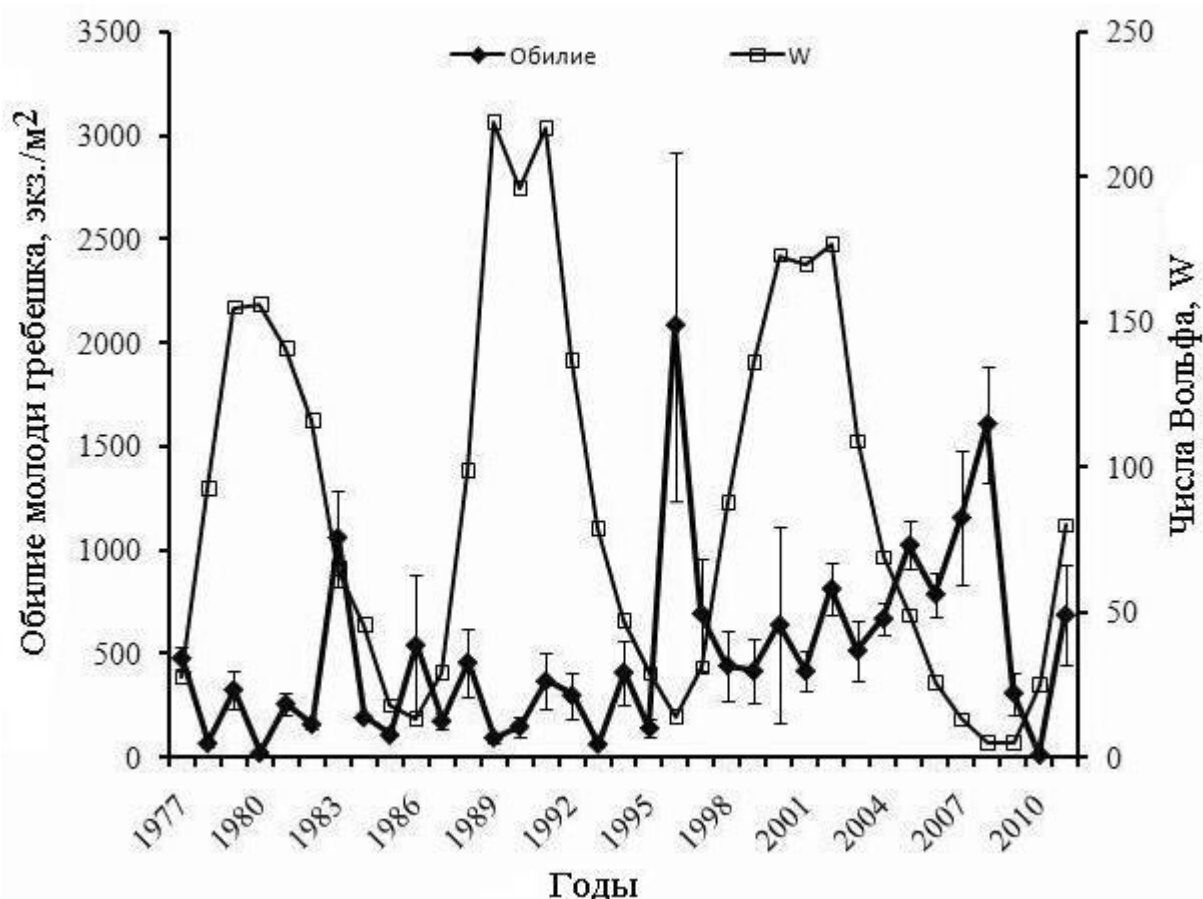


Рис. 1. Динамика численности молоди приморского гребешка (экз./м²) коллектора и среднегодовой солнечной активности в числах Вольфа, W.

условиях (Жук, Новоселова, 2009), а существующие конструкции плантаций не позволяют ее механизировать. Однако способ беспересадочного разведения морского гребешка способен добиться рентабельности технологии разведения приморского гребешка (Габаев, 1985), поскольку основан на долгосрочном прогнозировании обилия молоди и на знании реализованной ниши у оседающих личинок. Долгосрочное прогнозирование численности молоди и знание того, как можно ее стабилизировать обеспечивают ее постоянное, оптимальное количество на коллекторах, позволяющее моллюскам без пересадок в садки достигать промыслового размера. Расположение предлагаемого устройства на дне позволяет расширить площадь акватории, пригодной для марикультуры, и механизировать процесс выращивания.

Цель статьи — обоснование возможности долгосрочного прогнозирования численности молоди приморского гребешка на морских плантациях Приморского края и реальности механизации и стабилизации процесса культивирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Определение времени начала нереста

Работа проводилась в 1977–2011 гг. в б. Миноносок (зал. Посыета) (42°36' N, 130°51' E). На ее акватории имелись постоянные морские плантации, что облегчало многолетние наблюдения за воспроизводством приморского гребешка. Каждые десять дней с середины мая по конец июня 1977–1990 с помощью водолазной техники в б. Миноносок отлавливали 25–30 экз.

Таблица 1. Коэффициент корреляции Пирсона между численностью *P. yessoensis* и факторами среды. Жирным шрифтом обозначены достоверные значения

	yess	W	ais	H	tem	dev	flood	sol	wind	currwind	rainfall
yess	1,0000	-0,3434	0,3906	-0,6460	-0,1198	-0,0919	-0,0739	-0,2949	0,6816	0,3767	0,7235
W	-0,3434	1,0000	-0,0826	0,2431	0,2045	-0,0151	-0,0003	0,2951	-0,2735	-0,1882	-0,3115
ais	0,3906	-0,0826	1,0000	-0,3923	-0,1133	0,1225	0,1332	-0,3681	-0,0540	-0,1204	0,3591
H	-0,6460	0,2431	-0,3923	1,0000	0,1707	0,1137	-0,1286	0,4597	-0,3596	-0,2923	-0,7425
tem	-0,1198	0,2045	-0,1133	0,1707	1,0000	0,1062	0,0026	-0,0516	0,0696	0,4214	-0,0956
dev	-0,0919	-0,0151	0,1225	0,1137	0,1062	1,0000	-0,1522	-0,2488	-0,0477	-0,1213	-0,2507
flood	-0,0739	-0,0003	0,1332	-0,1286	0,0026	-0,1522	1,0000	-0,6352	-0,2136	0,1991	0,5024
sol	-0,2949	0,2951	-0,3681	0,4597	-0,0516	-0,2488	-0,6352	1,0000	-0,0507	-0,1911	-0,5787
wind	0,6816	-0,2735	-0,0540	-0,3596	0,0696	-0,0477	-0,2136	-0,0507	1,0000	0,5551	0,3807
currwind	0,3767	-0,1882	-0,1204	-0,2923	0,4214	-0,1213	0,1991	-0,1911	0,5551	1,0000	0,4363
rainfall	0,7235	-0,3115	0,3591	-0,7425	-0,0956	-0,2507	0,5024	-0,5787	0,3807	0,4363	1,0000

Примечание: yess — численность молоди гребешка, экз./м², W — среднегодовая солнечная активность в числах Вольфа, ais — суммарное количество ледовых дней в зал. Посыета, H — средняя высота раковин гребешка к 23 сентября каждого года, tem — средняя июньская температура воды в зал. Посыета, dev — стандартная ошибка среднеиюньской температуры, flood — среднеиюньский уровень моря в зал. Посыета, sol — среднеиюньская соленость в зал. Посыета, wind — среднеиюньская скорость ветра в зал. Посыета, currwind — среднеиюньское направление ветра в зал. Посыета, rainfall — среднеиюньское обилие осадков в зал. Посыета.

гребешка и взвешивали у них общую массу, массу мягких тканей, мускула и гонад с точностью ± 0.02 г. По цвету гонад определяли пол выловленных моллюсков. Гонадный индекс у гребешка изучали по методу (Ito et al., 1975). Время наступления нереста моллюсков определяли по резкому снижению на 9–12% гонадного индекса у самок. Разницу между максимальным и минимальным значениями гонадного индекса считали выметанным объемом гонады.

Исследование планктона

Для определения оптимального времени выставления коллекторов изучали планктонные пробы. Через неделю после нереста один раз в 2–3 дня в течение 14 лет в горизонте 0–10 м на 1–3 станциях б. Миноносков с помощью сети Апштейна брали пробы планктона. Размер ячеек мельничного сита составлял 100 мкм. Скорость подъема сети не превышала 0,5 м/сек. Планктонные пробы фиксировали 3% формальдегидом. Просчет и измерение личинок гребешка проводили под микроскопом МБС с помощью камеры Богорова, а обнаруженную численность переводили на 1 м³.

Наблюдения

на искусственных субстратах

Динамику численности молоди гребешка изучали с помощью сетчатых мешочных коллекторов японской конструкции, помещенных в 1977–2011 гг. на морской плантации в б. Миноносков в горизонте 8–12 м. Оболочка у коллекторного мешка была изготовлена из капрона с размером ячеек 5 мм, в который была вложена полиэтиленовая сетка с размером ячеек 10 мм. Общая площадь одного коллектора составляла 1,44 м², а гирлянда представляла собой 10 коллекторов, поочередно прикрепленных к капроновой веревке \varnothing 3 мм и обеспеченной грузом массой 300 г. Гирлянды погружали в море до и после достижения личинками гребешка длины раковины 250 мкм (перед оседанием) и через 3–4 месяца их поднимали на поверхность.

Все гребешки были извлечены из коллекторов и подсчитаны, причем мертвые и живые особи были суммированы. Высоту раковины у 30–50 живых особей измеряли штангенциркулем с точностью $\pm 0,1$ мм. Результаты измерения молоди гребешка приводили к одной дате (23 сентября) путем использования полученного ранее уравнения:

$$N = 4,7703 + 0,7631 \cdot \text{дата} \quad (R^2 = 0,532),$$

где дата — время наблюдений. Результаты сбора личинок на японские коллекторы сравнивали с материалами, полученными в 1980–1991 гг. на созданных нами коллектор-садках (а.с. 826998), выставляемых в нескольких хозяйствах марикультуры Приморского края.

Для сопоставления трех технологических схем в двух бухтах (б. Миноносков (зал. Посьета) и б. Кит (среднее Приморье)) у одной трети коллектор-садов с 15 мм отверстиями в оболочке осевших личинок содержали без пересадок в течение 3 лет. У второй части коллектор-садов годовалую молодь пересаживали в садки для подращивания, а оставшуюся часть высевали на дно.

Наблюдения за климатом

Ежесуточные значения солёности и температуры воды на поверхности, а также скорость и направление ветра, уровень моря и обилие осадков в зал. Посьета в июне 1977–2011 гг., полученные метеостанцией пос. Посьет (42°39' N, 130°48' E), были предоставлены автору сотрудником ТОИ ДВО РАН к.г.н. Ростовым И. Д. В эти же годы мы отмечали продолжительность ледового покрова в б. Миноносков зал. Посьета. Наиболее важный месяц для воспроизводства гребешка — июнь, поэтому динамику климатических факторов строили по этому месяцу. У средней июньской температуры воды была подсчитана стандартная ошибка, характеризующая изменчивость температуры в период воспроизводства гребешка. Июньские значения солнечной активности, выраженные в числах Вольфа, были получены из <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov>.

Статистическая обработка материала

Взаимосвязь динамики численности молоди гребешка в б. Миноносек зал. Посыта с динамикой перечисленных факторов определяли с помощью линейного регрессионного анализа, а непараметрический многомерный анализ (nMDS) использовали для визуализации взаимосвязи численности спата с абиотическими факторами. Статистическая обработка материала была проведена при помощи STATISTICA 6 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Перед анализом, данные были тестированы на нормальность путем использования теста Shapiro-Wilk's (Боровиков, 2003) с $\alpha = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уже при эксплуатации естественных популяций гребешков было обнаружено непостоянство уловов и обилия молоди (Dickie, 1955; Olsen, 1955) и многие исследователи пытались объяснить это явление. Факторы среды влияют на любой этап годового гонадного цикла моллюсков, включая размножение гониев, рост и созревание гамет (Касьянов, 1989) и каждая стадия репродуктивного цикла имеет определенный температурный оптимум (Кауфман, 1976). В зал. Петра Великого возобновление репродуктивного цикла у приморского гребешка начинается с понижением температуры до 15 °C (Дзюба, Косенко, 1979) и этому способствует более резкое осеннее снижение температуры воды, чем весенний прогрев (Винокурова, Скокле-нева, 1980). К началу зимы половые железы гребешка достигают значительной величины — они становятся плотными, окрашенными, а зимой гаметогенез останавливается (Дзюба, 1986). Однако на Хоккайдо в течение зимы наблюдается период развития гонад (Chang et al., 1985), а с повышением температуры воды отмечается период зрелости (Motoda, 1973; Maru, 1976).

Если осенью возобновление половой активности началось, то зимнее понижение температуры воды его не останавливает, а лишь увеличивает продолжительность

(Lubet, 1981). Протекающая при минимальной температуре стадия вителлогенеза удовлетворяется путем значительного удлинения этой стадии (Кауфман, 1976). Активный гаметогенез в конце зимы при отрицательной температуре воды дает основание полагать, что пусковые механизмы развития гонад гребешка связаны не только с внешними, но и с внутренними факторами (Вараксин и др., 1974; Дзюба, Грузова, 1976).

Активизации гаметогенеза моллюсков в зал. Петра Великого способствует зимнее цветение фитопланктона (Вышкварцев, 1979; Пропп и др., 1979; Коновалова, 1979; 1980), оптимизирующее состав яиц (Robinson, 1992), а созреванию *P. yessoensis* благоприятствует хорошее наполнение желудков (Maru, Obara, 1967; Maru, 1976; Tsuchia, 1981). Существует корреляция между интенсивностью цветения фитопланктона и толщиной гонады у моллюсков (Loosanoff, 1965), причем условия, в которых происходит созревание гонад, в значительной степени определяют их массу (Lewis et al., 1982; Kawamata, 1983). Высокая зимняя активность моллюсков подтверждается интенсивностью потребления ими кислорода (Newell, 1973; Fuji, Hashizume, 1974; Проссер, 1977; Макарова, 1983). Отрицательные температуры воды являются сильным стрессом для животных. Он приводит к появлению высокого гонадного индекса у *Placoresten magellanicus*, поскольку моллюски ограничивают рост в целях сохранения репродукции (MacDonald et al., 1987; MacDonald, 1988). Температура воды в течение зимы 1973/1974 гг. на востоке зал. Муцу была ниже, а гонадный индекс у *P. yessoensis* там оказался выше (Ito et al., 1975). Сходные результаты у этого гребешка получены на о. Хоккайдо (Chang et al., 1985), и в Атлантике у *Argopecten irradians* (Barber, Blake, 1983). По всей вероятности, высокие температуры отрицательно влияют на активность репродуктивной системы приморского гребешка (Дзюба, Грузова, 1976).

Процесс нереста играет огромную роль в воспроизводстве. Пищевой и темпе-

ратурный факторы при благоприятных сочетаниях могут ускорить наступление нереста (Касьянов и др., 1974), а количество выметанных при нересте гамет зависит от запасов гликогена, накопленных в преднерестовый период (Loosanoff, Nomejko, 1951; Maru, 1976; Lubet, 1981; Tardy, 1982). Распределение и численность моллюсков в разных частях ареала подчинено термическому режиму водных масс (Caddy, 1979; Скарлато, 1981; Галкин, 1987), а колебание температуры между 9 и 15 °C — основной стимулятор нереста *P. yessoensis* (Imai, 1967; Maru, 1976). Скорее всего, низкие температуры сказываются благоприятно только на плодовитости холодолюбивых животных. Во время нереста *P. yessoensis* в Японском море понижение температуры приводит к его задержке, что часто ведет к смерти (Osanai, 1975; Uno, Hayashi, 1980; Сэкино, 1981; Chang et al., 1985), или к уменьшению уровня воспроизводства (Белогрудов, 1975; Maru, 1976; Куликова, 1979). Зрелая на вид половая железа приморского гребешка представлена 2–3 генерациями клеток и в годы с резким и длительным понижением температуры воды клетки не всех генераций во время нереста попадают в море (Дзюба, 1971).

В неурожайный 1980 г. гонадный индекс после нереста у приморского гребешка был высоким (Белогрудов, 1987). Однако под сильным воздействием химических и термических факторов могут выбрасываться яйца, не достигшие полной зрелости, что также снижает количество личинок (Loosanoff, Davis, 1963). В годы, когда в период нереста гребешка температура воды повышается постепенно появляется больше личинок, чем в другие годы (Материалы ..., 1973). Сходная зависимость от температуры воды наблюдается у этого гребешка в б. Миноносков зал. Посыета (Габаев, 1981), и у *Crassostrea gigas* в б. Новгородской этого же залива (Белогрудов и др., 1986). Если быстрое повышение температуры вызывает ранний нерест и затем температура падает, то замедление развития личинок *P. yessoensis* при низких температурах увеличивает веро-

ятность их выноса из оз. Сарома в открытое море (до 76% всех личинок) и год оказывается не урожайным на молодь (Maru, 1994). Обратная зависимость между обилием молоди гребешка на коллекторах и температурой, а также ее изменчивостью в июне каждого исследованного нами года обнаружена в б. Миноносков зал. Посыета (табл. 1).

Однако есть акватории, где после суровой зимы условия способствуют не только гаметогенезу, но и эмбриогенезу. Низкие температуры воды благотворно действуют на личинок *P. yessoensis* (Kingzett et al., 1990) в Канаде, *A. purpuratus* (Uribe et al., 1994) и *Chlamys hastata* (Hodgson, Bourne, 1988), что предполагает там стабильные термические условия. Температура воды повышается постепенно после холодных зим, благоприятствуя воспроизводству приморского гребешка (Габаев, 1982). В урожайные для молоди гребешка годы (1977, 1979, 1981, 1983, 1986, 1988, 1996, 1999) падения поверхностной температуры в б. Миноносков во время нереста практически не было (рис. 2). Скорее всего здесь присутствует следующий механизм: весной, при плавном повышении температуры воды она не провоцирует преждевременный нерест и не задерживает его. Это позволяет гонадам гребешка дозреть. Если процесс созревания яиц протекает в нормальных условиях, то овулировавшие яйца обладают, как правило, высокой способностью к оплодотворению (Гинзбург, 1968; 1975; Mason, 1983).

Повышенные температуры воды уменьшают стресс и уровень воспроизводства моллюсков снижается. У *Macoma balthica* и других двустворчатых моллюсков воспроизводство снижалось после мягких зим (Honkoop et al., 1998, Philippart et al., 2003), а интенсивное пополнение молодь у многих бореальных морских животных наблюдается после суровых зим (Ижевский, 1964; Кушинг, 1979; Beukema, 1982; Rachor, 1982; Beukema, Dekker, 2007).

Косвенно, для приморского и королевского гребешков это подтверждают Ямамото (Yamamoto, 1975) и Паул (Paul, 1981). Обилие

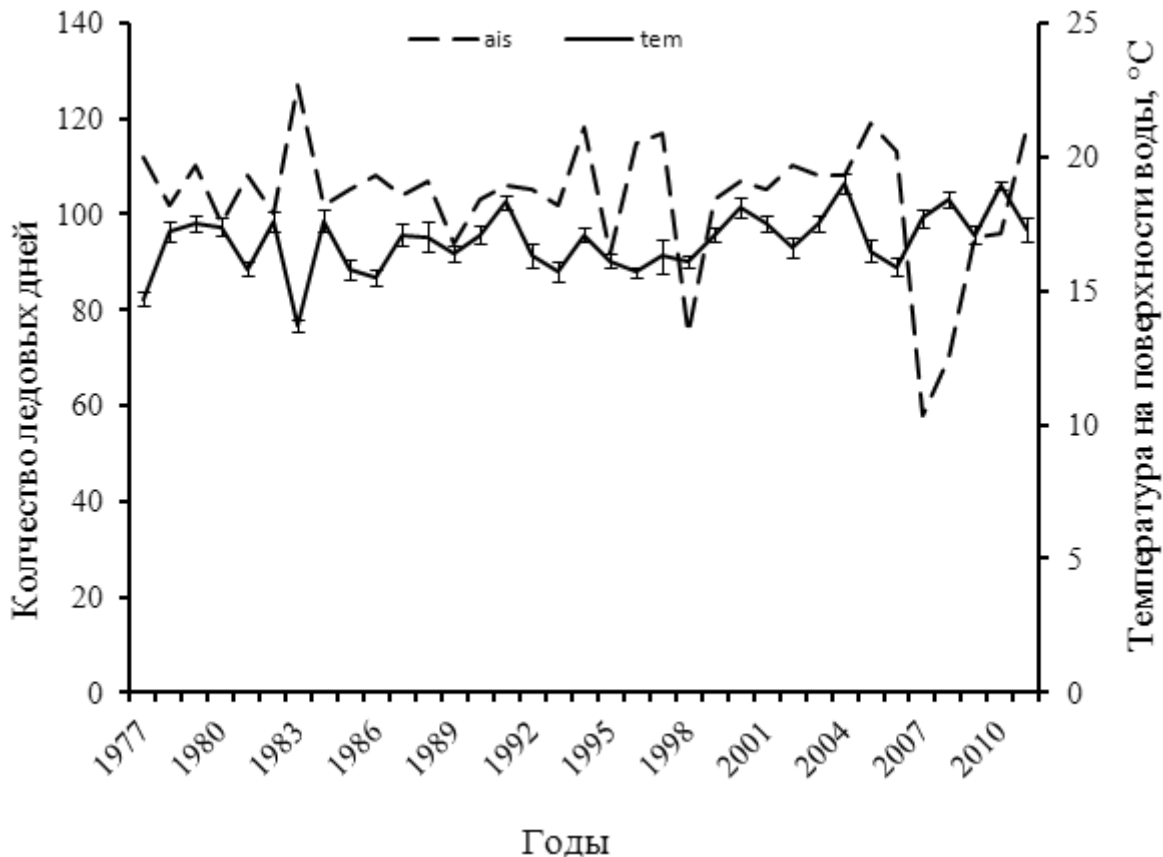


Рис. 2. Динамика ледовых дней в мелководных бухтах зал. Посьета и среднемесячная температура воды в июне этого залива.

молоди гребешка на коллекторах достоверно положительно взаимосвязано с длительностью ледового периода и отрицательно с поверхностной температурой воды в зал. Посьета в июне (табл. 1). Поэтому на юге Японии численность молоди этого вида уменьшается (Yamamoto, 1975). Негативное влияние глобального потепления на жизнедеятельность этого вида привело к тому, что за последние 20 лет южная граница обитания *P. yessoensis* сместилась в Корею почти на 1° севернее от $36^\circ 04'N$ в 1980-х до $37^\circ 13'N$ в 2000-е гг. (NFRDI, 2006; Kosaka, Ito, 2006). Тепловое загрязнение уменьшает плодовитость у морских беспозвоночных (Милейковский, 1977).

По-видимому, это общебиологический закон, поскольку в районах с умеренным климатом для стимуляции созревания семян у растений их подвергают выдерживанию на холоде.

Выращиваемые в искусственных условиях животные не образуют массовых нерестов, а лишь частичные нересты или извержения спермы при значительном овоцитарном лизисе (Maru, 1976; Martinez et al., 1992). Низкая температура определяет уровень созревания гребешка и метод температурной стимуляции гаметогенеза не очень эффективен: одновременно созревает небольшой процент особей и образуется ограниченное количество зрелых яйцеклеток (Мотавкин, Вараксин, 1983). Это же подтверждают наши наблюдения за гребешками, всю зиму обитающими в аквариуме с положительной температурой. К весне они не созревают, а чуть позже погибают. В аквариальной части Национального научного центра морской биологии и в бассейнах Приморского океанариума (г. Владивосток) зимой держится положительная температура морской воды, по-

этому обслуживающий персонал вынужден ежегодно подновлять холодноводную фауну, погибающую после теплой зимовки.

Рост и развитие справедливо считаются достаточно самостоятельными процессами, каждый из которых требует различных условий внешней среды для своего успешного завершения (Шварц и др., 1976). Чем интенсивнее происходит созревание организма, тем более замедляется его рост. В англоязычной литературе эта закономерность называется «trade-off» (Гиляров, 2005). Создается впечатление о невозможности одновременного повышения у морских беспозвоночных и скорости роста и интенсивности размножения (Кузнецов, 1951). Весной 1974 г. на востоке зал. Муцу гонадный индекс у *P. yessoensis* из-за низкой температуры был выше, а масса мускула ниже на 5 г (Ito et al., 1975). Сходные результаты были получены у *Argopecten irradians* (Bricelj et al., 1987).

По нашим наблюдениям популяция приморского гребешка в холодноводной б. Кит более плодовита, чем в б. Миноносок зал. Посыета, а темп роста ее ниже (Габаев, 1988). У этого гребешка нерест не наступает до тех пор, пока температура воды не достигнет 8–8,5 °C (Yamamoto, 1964), а максимальная скорость роста наблюдается при температуре 12–16 °C (Тибилова, Брегман, 1975; Краснов, Позднякова, 1982) или 14–16 °C (Силина, 1983). Отсюда следует, что если среднегодовая температура в водоеме сходна с нерестовой, то условия благоприятны для воспроизводства, а при более высокой температуре гребешки лучше растут.

Многие авторы считают, что температура — не единственный сигнал к нересту. В различных ареалах гребешки нерестятся при разных температурах (Мотавкин, Вараксин, 1983; MacDonald, Thompson, 1988) и для успешного размножения животных с планктотрофной личинкой еще требуется достаточное количество пищи (Thorson, 1966; Касьянов и др., 1974; Paul, 1981; Starr et al., 1990). Возникновение мощных поколений гидробионтов объясняется совпадением времени появления личинок с обилием

кормовых организмов в планктоне (Книпович, 1938; Кушинг, 1979). В годы «красных приливов», из-за отсутствия пищи, у гребешков отмечалась задержка нереста и повышенная смертность в садках (Габаев, 1987). Аномалии развития велигеров могут быть связаны с нарушением питания (Edouard et al., 1984/1986), поскольку при 3-х суточном голодании личинки теряют запас липидов почти полностью, исключая тем самым наступление метаморфоза (Lucas, 1982).

На мелководье Японского моря продукция фитопланктона лимитируется косвенными факторами: зимой — волнением, весной — выеданием, а летом и в начале осени — биогенными элементами (Стародубцев, 1975). При больших концентрациях фитопланктона биогенные элементы быстро истощаются, и обилие пищи снижается (Стародубцев, Кайгородов, 1975), вызывая гибель 99,8% икры при достижении стадии плавающей личинки, а от плавающей личинки до спата доживает только 5–43% (Maqu, 1985). Вследствие этого, только по поздней стадии (высота створок 230–250 мкм) можно прогнозировать обилие молоди гребешка (Ito et al., 1975).

В зал. Посыета на обилие молоди приморского гребешка положительно воздействуют продолжительность ледового периода, скорость и направление ветра, а также сумма выпадающих в июне осадков, определяющих через терригенный сток концентрацию биогенов в море (рис. 3, табл. 1). Юг Сихотэ-Алиньского хребта, включая самую высокую в Приморском крае гору Облачная (1854 м), изменяет климат близлежащей акватории (Наумов, 2010), и вызывает асинхронную динамику численности молоди гребешка между б. Кит и зал. Петра Великого (Габаев, 1988, 2009), что используют морские фермеры, привозя посадочный материал из урожайных районов.

Наиболее экономичным способом культивирования приморского гребешка можно считать выращивание осевших на коллекторы личинок без пересадок до товарного размера. Для его осуществления нами был

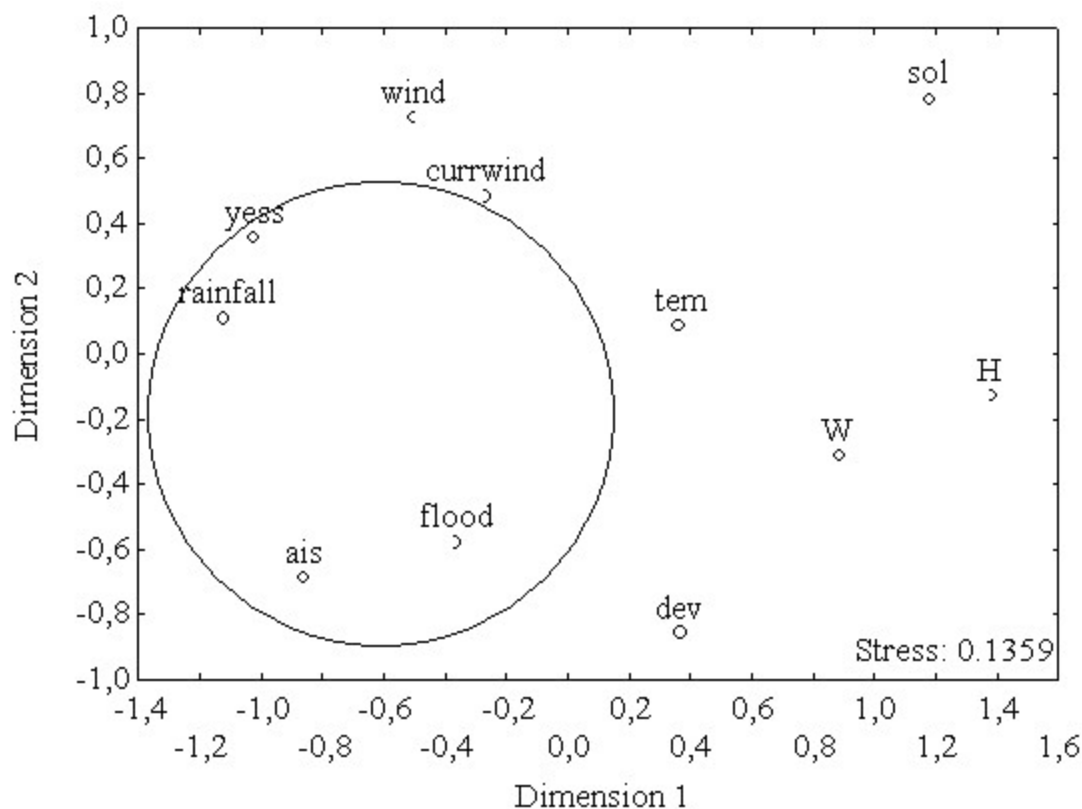


Рис. 3. Непараметрический мультидименсионный анализ (nMDS) взаимосвязи численности молоди гребешка и факторов среды в зал. Посыета.

создан способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления (Габаев, 1985). Он основан на использовании знания биологии гребешка и сопутствующих ему видов, позволяющего найти реализованную для него экологическую нишу. Обнаруженные различия пространственного распределения культивируемого и конкурентных видов облегчают оптимизацию сообщества обрастателей на экспонируемых на дне моря коллектор-садках.

Сущность способа состоит в том, что для получения постоянной, оптимальной численности личинок гребешка, в мелководных бухтах отмечают время образования и схода льда. После многолетнего наблюдения за продолжительностью ледового периода и численностью молоди на коллекторах строится график, интерпретирующий результаты наблюдений. Для составления прогноза обилия молоди вся наблюдаемая продолжительность ледового периода разбивается на

три части (рис. 4). В случае, если в прогнозируемом году продолжительность ледового периода была меньше или равна 103, то его относят к неурожайным годам, наличие «ледовых дней» от 103 до 108 предполагает средний урожай, а более 108 «ледовых дней» говорит о урожайном годе.

В случае неурожайного года яруса с коллектор-садками устанавливают на дно через 25–32 дня после начала нереста гребешка на глубине 14–16 м под углом 90–120° к течению у берега, обращенного к ветру, преобладающему в пелагический период. В случае среднеурожайного года коллекторы устанавливают через 15–20 дней после начала нереста гребешка на глубине 12–14 м под углом 120–150° к течению, а в случае урожайного года коллекторы устанавливают с осени предыдущего года на глубине 10–12 м под углом 150–180° к течению. В неурожайный год коллекторы помещают в море с 5–8 мм отверстиями в оболочке, в случае

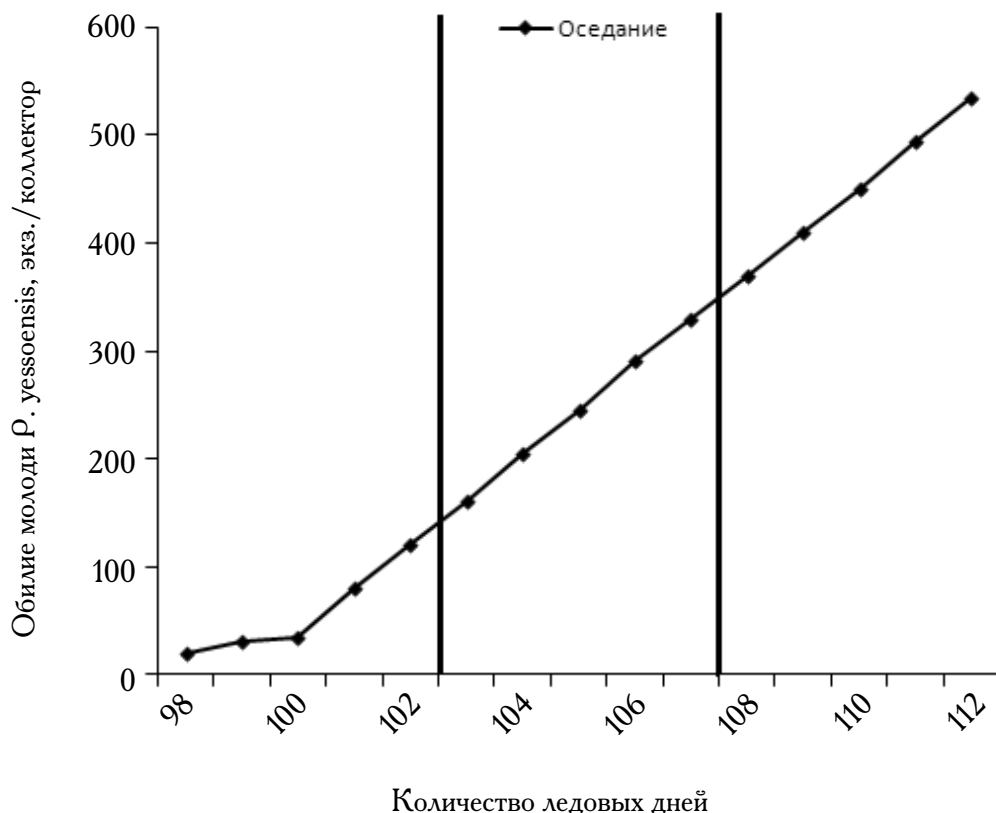


Рис. 4. Взаимосвязь обилия молоди гребешка в зал. Посъета и длительности ледовых дней в мелководных бухтах зал. Посъета. Две вертикальные линии делят представленные наблюдения на три части из: (Габаев, 1985) .

среднеурожайного года — с 8–11 мм отверстиями, а в случае урожайного года — с 11–15 мм отверстиями (Габаев, 1985).

В прибрежных районах зал. Посъета гидрологические характеристики демонстрируют квазидвухлетние колебания (Винокурова, Скоклёнева, 1981), и урожайность молоди приморского гребешка демонстрирует эту же периодичность (Габаев, 1986). После неурожайного года наступает урожайный год. Поэтому выставление коллектор-садков осенью неурожайного года уменьшает численность оседающих в урожайный год личинок. Это позволяет стабилизировать и оптимизировать процесс выращивания. Если же прогноз показал урожай ниже оптимального, то его можно увеличить путем искусственного нереста производителей и помещения в море 2–5 дневных трохофор и велигеров в 2–3 км от плантаций (Габаев, 1985). Для

стимуляции нереста гребешка и оптимизации его воспроизводства нужно ежегодно, в течение двух дней, запускать искусственный апвеллинг (Габаев и др., 1998).

Представленная технология, по расчетам экономистов ТИПРО-Центра (г. Владивосток), в 80-е годы прошлого века уменьшала на 356 руб. затраты при выращивании 1000 экз. гребешка. Беспересадочное разведение не только продуктивнее самого дешевого — донного выращивания гребешка (табл. 2), но также стабилизирует численность молоди и механизмирует добычу легко доказуемой выращенной продукции. Нахождение ярусов с коллектор-садками на дне позволяет использовать для марикультуры даже открытые акватории. Экономичность способа увеличивается и в следствие того, что ценные сопутствующие гребешку виды (дальневосточный трепанг, камчатский краб, морские ежи и др.) дости-

Таблица 2. Результаты выращивания *P. yessoensis* в Приморье в течение трех лет по трем технологическим схемам (Габаев, 2008)

Варианты*	Высота раковины, мм	Выживаемость, %	Общая масса со створкой, гр.	Масса мягких тканей, гр.	Масса мускула, гр.	Продукция, гр./м ²
1	82,3+1,8	75,0	58,1+4,2	21,7+1,8	9,5+0,8	14728
2	75,1+6,5	55,2	48,6+4,3	18,2+1,7	7,6+1,8	4050
3	88,9+1,5	30,0	79,3+4,1	39,8+1,8	15,1+0,7	397
4	84,4+8,6	56,0	79,5+8,1	31,8+9,5	13,5+1,5	7950
5	84,1+1,7	30,3	76,7+3,9	23,7+3,2	6,0+0,8	11045

* **Примечание:** 1 — на коллектор-садках в б. Кит без пересадок, 2 — в садках б. Кит после пересадки из коллекторов, 3 — на дне зал. Посьета после посадки годовиков, 4 — в садках зал. Посьета после пересадки из коллекторов, 5 — на коллектор-садках в зал. Посьета без пересадок.

гают на коллектор-садках либо промыслового, либо жизнестойкого возраста, облегчающего их успешное возвращение в естественную среду. Выращивание моллюсков в естественной среде с сопутствующими видами улучшает их вкусовые качества, особо ценные на азиатском рынке. В настоящее время этот способ используют несколько хозяйств марикультуры Приморья, и в том числе самое крупное из них — ООО «Нереида».

Благодарности

Автор признателен сотрудникам Экспериментальной морской базы п. Посьет и Экспериментальной базы марикультуры п. Глазковка: Григорьеву В. Н., Яковлевой М. И., Поликарповой Г. В., Коноваловой Н. Н., Шевченко Е. Н., Шестере Г. П., Шамсутдиновой В. С. за помощь в сборе материала для представленной публикации и сотруднику ТОИ ДВО РАН к.г.н. Ростову И. Д. за предоставленные материалы ГМС Приморского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдусаматов Х. И. Солнце диктует климат Земли // СПб: «Logos». 2009. 197 с.
А.с. 826998. Коллектор для искусственного разведения моллюсков. Габа-

ев Д. Д., Львов С. М. Заявлено 18.06.79; Оpubл. 07.05.81. Бюл. № 17. 2 с.

Белогрудов Е. А. Биологические основы и биотехника разведения гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*, Jay) // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток, 1975. С. 85—86.

Белогрудов Е. А., Скокленева Н. М. Прогнозирование сроков установки коллекторов и количества спата приморского гребешка // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. 1983. С. 10—13.

Белогрудов Е. А. 1981. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посьета (Японское море: Автореф. дис... канд. биол. Владивосток: ТИНРО. 23 с.

Белогрудов Е. А. Культивирование // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. С. 201—211.

Белогрудов Е. А., Раков В. А., Шепель Н. А. Многолетние изменения в динамике численности личинок промысловых двустворчатых моллюсков в мелководных бухтах зал. Петра Великого // Матер. Всес. науч. конф. М.: ВНИРО, 1986. Ч. 2. С. 179—180.

Белогрудов Е. А. Биология и культивирование приморского гребешка // М.: Агропромиздат, 1987. С. 66—71.

- Боровиков В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
- Брегман Ю. Э., Седова Л. Г., Шиповалова (Гайко) Л. А. Гидротермальные условия и плотность спата на коллекторах // Совершенствование биотехники культивирования моллюсков и трепанга: Отчет о НИР (промежуточный) / № ГР 01826005266; Архивный № 19935. Владивосток: ТИНРО. 1986. С. 105–109.
- Брегман Ю. Э., Седова Л. Г., Викторовская Г. И. Методические рекомендации по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО. 1987. 15 с.
- Брегман Ю. Э., Седова Л. Г. Временная инструкция по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО. 1989. 8 с.
- Вараксин А. А., Дзюба С. М., Косенко П. А., Мотавкин П. А. 1974. Половые циклы двух видов двустворчатых моллюсков и их нейрогуморальная регуляция // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 23–25.
- Винокурова Т. Т., Скоклеева Н. М. Временная изменчивость гидрологических условий в заливе Посьета // Изв. ТИНРО. 1980. Т. 104. С. 29–35.
- Винокурова Т. Т., Скоклеева Н. М. Внутримесячная изменчивость гидрометеорологических характеристик прибрежных районов залива Посьета // Изв. ТИНРО. 1981. Т. 105. С. 26–32.
- Вышкварцев Д. И. Особенности продукционных процессов в мелководных бухтах залива Посьета (Японское море). Автореф. дисс... канд. биол. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР, 1979. 21 с.
- Габаев Д. Д. Оседание личинок двустворчатых моллюсков и морских звезд на коллекторы в заливе Посьета (Японское море) // Биология моря. 1981. № 4. С. 59–65.
- Габаев Д. Д. Закономерности оседания на коллекторы некоторых беспозвоночных в заливе Посьета // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1982. Ч. 3. С. 54–55.
- Габаев Д. Д. Способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления: А.с. 1178371 СССР // Бюлл. изобрет. 1985. № 34. С. 10.
- Габаев Д. Д. Создание оптимальных условий для выращивания гребешка и мидии в зал. Посьета // Рыбн. хоз-во. 1986. № 7. С. 42–43.
- Габаев Д. Д. О долгосрочном прогнозировании обилия оседающих на коллекторы промысловых двустворчатых моллюсков // Матер. Всес. науч. конф. Ленинград: ААНИИ, 1987. Ч. 1. С. 99–100.
- Габаев Д. Д. Динамика численности промысловых двустворчатых моллюсков на коллекторах и границы ее асинхронности // Матер. Всес. науч. конф. Киев: ИНБЮМ АН СССР. 1988. Ч. 2. С. 230–231.
- Габаев Д. Д. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье: Автореф. дис... канд. биол. Владивосток: ТИНРО. 1990. 30 с.
- Габаев Д. Д., Кучерявенко А. В., Шепель Н. А. Антропогенное эвтрофирование залива Посьета Японского моря установками марикультуры // Биология моря. 1998. № 1. С. 53–62.
- Габаев Д. Д. Беспересадочное культивирование промысловых двустворчатых моллюсков // Вопр. рыболовства. 2008. Т. 9. № 1 (33). С. 218–243.
- Габаев Д. Д. Динамика численности некоторых двустворчатых моллюсков в российских водах Японского моря и ее прогноз // Океанология. 2009. Т. 49. № 2. С. 237–247.
- Габаев Д. Д. Уровень воспроизводства двустворчатых моллюсков как показатель экологического состояния акватории // Бюлл. Дальневост. малаколог. общ. 2010. вып. 14. С. 41–60.
- Габаев Д. Д., Айздайчер Н. А. Воспроизводство некоторых двустворчатых моллюсков в Приморье (Японское море) //

Бюлл. Дальневост. малаколог. общ. 2012. вып. 15/16. С. 135–153.

Габает Д.Д., Калашникова С.А. Выращивание личинок приморского гребешка до стадии оседания // Биология моря. 1980. № 5. С. 85–87.

Гайко Л.А. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток: Дальнаука. 2006. 204 с.

Гайко Л.А. Обзор методов прогноза урожайности спата моллюсков в хозяйствах марикультуры Приморья и возможное направление их совершенствования // Бюлл. Дальневост. малаколог. общ. 2018. вып. 22. № 1/2. С. 5–34.

Галкин Ю.И. Колебания климата и фауна моллюсков в Баренцевом море // Матер. Всес. науч. конф. Л.: Гидрометеозидат. 1987. Ч. 1. С. 102–104.

Гиляров А.М. Перестройка в экологии: от описания видимого к пониманию скрытого // Вестн. Росс. Акад. Наук. 2005. Т. 75. № 3. С. 214–223.

Гинзбург А.С. Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. М.: Наука. 1968. 357 с.

Гинзбург А.С. Роль концентрации спермиев в процессе соединения гамет у двустворчатых моллюсков // Биология моря. 1975. № 1. С. 51–57.

Григорьева Н.А., Регулев В.Н., Золотова Л.А., Регулева Т.А. Культивирование моллюсков в западной части залива Посьет (залив Петра Великого, Японское море) // Рыбное хозяйство. 2005. № 6. С. 63–66.

Дзюба С.М. Гаметогенез у некоторых морских двустворчатых моллюсков // Моллюски. Пути, методы и итоги их изучения. Л.: Наука. 1971. Т. 4. С. 51–52.

Дзюба С.М. Половая система и гаметогенез // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. С. 118–130.

Дзюба С.М., Грузова М.Н. Сезонные изменения морфологии и синтеза РНК в женской гонаде приморского гребешка // Биология моря. 1976. № 4. С. 38–44.

Дзюба С.М., Косенко Л.А. 1979. Влияние некоторых абиотических факторов на гаметогенез двустворчатых моллюсков // Матер. Межд. науч. конгресса: М.: Наука. С. 117–118.

Жук А.П., Новоселова Е.С. Организационно-экономические основы формирования системы управления инновационной деятельностью в хозяйствах марикультуры и их проектная реализация (на примере Приморского края) // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 157. С. 312–327.

Ижевский Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. М.: ВНИРО. 1964. 65 с.

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

Касьянов В.Л., Кукин А.Ф., Медведева Л.А., Хомулло Н.П. Сроки размножения массовых видов двустворчатых моллюсков Японского моря // Матер. Всес. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1974. С. 66–69.

Кауфман Э.С. Зависимость оогенеза морских беспозвоночных от температурного фактора среды и некоторые вопросы эволюционной морфологии. Журн. Общ. Биол. 1976. Т. 37. № 2. С. 263–275.

Коновалова Г.В. Видовой состав и численность фитопланктона залива Посьета (Японское море) // Исследования пелагических и донных организмов Дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ. 1979. С. 5–16.

Коновалова Г.В. Микро и наннопланктон Амурского залива зимой // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1980. С. 6–8.

Краснов Е.В., Позднякова Л.А. Кальций — магниевый метод в морской биологии. М.: Наука. 1982. 107 с.

Кузнецов В.В. О плодовитости и скорости роста некоторых морских беспозвоночных // Докл. Акад. Наук СССР. 1951. Т. 76, № 5. С. 743–745.

- Куликова В.А. Особенности размножения двустворчатых моллюсков в лагуне Буссе в связи с температурными условиями водоема // Биология моря. 1979. № 1. С. 34–38.
- Кушинг Д.Х. Морская экология и рыбоводство. М.: Пищев. пром-ть. 1979. 288 с.
- Книпович Н.М. Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу). М., Л.: Пищепромиздат. 1938. 513 с.
- Макарова Л.Г. Количественные закономерности дыхания приморского гребешка // Матер. Рег. науч. конф. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1983. С. 48.
- Материалы по искусственному разведению морских гребешков. 1973. Ничиро Гиогю Кабусики Кайся. 34 с.
- Милейковский С.А. Термальное загрязнение морских прибрежных и эстуарных вод и его экологическое значение // Матер. Всес. съезд. океан. М.: Наука. 1977. выпуск. 2. С. 161–162.
- Мотавкин П.А., Вараксин А.А. Гистофизиология нервной системы и регуляция размножения у двустворчатых моллюсков. М.: Наука. 1983. 208 с.
- Наумов Ю.А. Экология Приморского края: учеб. Пособие. Находка: Инст. технол. и бизн. 2010. 206 с.
- Пронн М.В., Погребов В.Б., Тарасов В.Г. и др. Продуктивность донных сообществ и циркуляция биогенных элементов в прибрежной экосистеме Японского моря // Матер. Межд. науч. конгресса. М.: Наука. 1979. С. 63–64.
- Проссер Л. Сравнительная физиология животных. М.: Мир. 1977. Т. 1. 608 с.
- Резников А.П. Прогнозирование солнечной активности до конца столетия // Закономерности и прогнозирование природных явлений. М.: Наука. 1980. С. 60–86.
- Силина А.В. Влияние температуры на линейный рост приморского гребешка // Экология. 1983. № 5. С. 86–89.
- Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука. 1981. 480 с.
- Стародубцев Е.Г. Факторы, определяющие сезонные изменения первичной продукции в северо-западной части Тихого океана // Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. 1975. Т. 9. С. 15–27.
- Стародубцев Е.Г., Кайгородов Н.Е. Первичная продукция и фитопланктон // Там же. 1975. Т. 9. С. 3–8.
- Сэкино Т. Как устранить появления ненормальных раковин гребешков. Способы, учитывающие физиологические особенности // ЕСЕКУ (перевод с японского). 1981. № 1. С. 68–72.
- Тибилова Т.Х., Брегман Ю.Э. Рост двустворчатого моллюска *Mizuhopecten yessoensis* в бухте Троицы (зал. Посыета, Японское море) // Экология. 1975. № 2. С. 65–72.
- Шварц С.С., Пястолова О.А., Добринская Л.А., Рункова Г.Г. Эффект группы в популяциях водных животных и химическая экология М.: Наука. 1976. 151 с.
- Barber B.J., Blake N.J. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit // J. of Exp. Mar. Biol. Ecol. 1983. V. 66, № 3. P. 247–256.
- Beukema J.J. Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrozoobenthic species living in a tidal flat area of the Wadden Sea // Neth. J. of Sea Res. 1982. № 16. P. 37–45.
- Beukema J.J., Dekker R. Variability in annual recruitment success as a determinant of long-term and large-scale variation in annual production of intertidal Wadden Sea mussels (*Mytilus edulis*) // Helgol. Marin. Res. 2007. V. 61, № 2. P. 71–86.
- Bricelj V.M., Epp J., Malouf R.E. Intraspecific variation in reproductive and somatic growth cycles of bay scallop *Argopecten irradians* // Marin. Ecol. Progr. Ser. 1987. V. 36, № 2. P. 123–137.
- Caddy J.F. Long-term trends and evidence for production cycles in the bay of Fundy scallop fishery // Rapports et procès — verbaux des Réunions. Conseil international pour

l'Exploration de la Mer. 1979. V. 175. P. 97–108.

Chang Y.J., Mori K., Nomura T. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis* in sowing cultures in Abashiri waters. Reproductive periodicity // Tohok. J. Agric. Res. 1985. V. 35, № 2–4. P. 91–105.

Dickie L.M. Fluctuations in abundance of the Giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), in the Digby area of the Bay of Fundy // J. of the Fish. Res. Board Can.. 1955. V. 12, № 6. P. 797–857.

Edouard H., Danielle M., Riné R. Observations complémentaires sur les cause possibles des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* (Thünberg) dans le bassin d'Arcachon // Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes. 1984/1986. V. 48, № 1–2. P. 45–54.

Fuji A., Hashizume M. Energy budget for a Japanese common scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in Mutsu Bay // Bull. of the Fac. Fish. Hokk. Univ. 1974. V. 25, № 1. P. 7–19.

Gabaev D.D. 35-year studies of reproduction in marine invertebrates and the influence of climatic factors on it // J. of Mar. Biol. and Oceanogr. 2013. 2:4.

Hodgson C.A., Bourne N. Effect of temperature on larvae development of the spiny scallop, *Chlamys hastata sowerby*, with a note on metamorphosis. J. of the Shell. Res. 1988. V. 7. 349–357.

Honkoop P.J.C., Van der Meer J., Beukema J.J., Kwast D. Does temperature – influenced egg production predict the recruitment in the bivalve *Macoma baltica*? // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1998. V.164. P. 229–235.

Imai T. Mass production of molluscs by means of rearing the larvae in tanks // Venus. 1967. V. 25, N 3–4. P. 159–167.

Ito S., Kanno H., Takahashi K. Some proplems on culture of the scallop in Mutsu Bay // Bull. of Mar. Biol. St. of Ass. 1975. V. 15, № 2. P. 89–100.

Kawamata K. Reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), planted in Funka Bay, Hokkaido // Sci. Rep. of Hokk. Fish. Exp. St. 1983. № 25. P. 15–20.

Kingzett B.C., Bourne N., Leask, K. Induction of metamorphosis of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay). J. of Shell. Res. 1990. V. 9, 119–25.

Kosaka, Y., Ito, H. Japan. Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture, Elsevier Press, Amsterdam, the Netherlands, 2006. P. 1093–1141.

Lewis J.R., Bowman R.S., Kindall M.A., Williamson P. Some geographical components in population dynamics: possibilities and realities in some littoral species // Neth. J. of Sea Res. 1982. N 16. P. 18–28.

Li Q., Osada M., Kashihara M. et al. Effects of ultraviolet irradiation on genetical inactivation and morphological structure of sperm of the Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* // Aquaculture. 2000. V. 186. P. 233–242.

Loosanoff V.L. Gonad development and discharge of spawn in oysters of Long Island sound // Biol. Bull. 1965. V. 129, № 3. P. 546–561.

Loosanoff V.L., Davis H.C. Rearing of bivalve mollusks // Adv. in Marin. Biol. 1963. V. 1. 136 p.

Loosanoff V.L., Nomejko C.A. Spawning and setting of the American oyster, *Ostrea virginica*, in relation to Lunar phases // Ecology. 1951. V. 32, № 1. P. 113–134.

Lubet P. Action de la tempère sur le cycle de reproduction des Lamellibranches // Bulletin de la Société Zoologique de France. 1981. V. 106, № 3. P. 283–292.

Lucas A. La nutrition des larvas de bivalves // Océanis. 1982. V. 8, № 5. P. 363–388.

MacDonald B.A. Production and resources partitioning in the giant scallop *Placopecten magellanicus* grown on the bottom and in suspended culture // Marin. Ecol. Progr. Ser. 1988. V. 34. N 1–2. p. 79–86.

MacDonald B.A., Thompson R.J., Bayne B.L. Influence of temperature and food vailability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* IV: Reproductive effort, value and cost // Oecologia (Berlin). 1987. V. 72. P. 550–556.

MacDonald, B.A., Thompson, R.J. Intraspecific variation in growth and re-

production in latitudinally differentiated populations of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin) // Biol. Bull. 1988. V. 175. P. 361–371.

Martinez G., Toryes M., Uribe E. et al. Effect of different environmental conditions on biochemical composition of postlarvae and gonad of the scallop *Argopecten purpuratus* during its recovery after spawning // J. of Shell. Res. 1992. V. 11. № 1. P. 206.

Maru K. Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopekten yessoensis* (Jay) — 1. Reproductive cycle of the cultured scallop // Sci. Rep. of Hokk. Fish. Exp. St. 1976. № 18. P. 9–26.

Maru K. Tolerance of scallop, *Patinopekten yessoensis* (Jay) to temperature and specific gravity during early developmental stages // Ibid. 1985. № 27. P. 55–64.

Maru K. Some factors fluctuations in the collection of natural seed of the ezo giant scallop, *Patinopekten yessoensis* // Can. Tech. Rep. of Fish. Aquatic Sci. 1994. V. 1. 179–186.

Maru K., Obara A. Studies on the ecology of the scallop, *Patinopekten yessoensis* (Jay) — 1. On the growth and annual ring formation of the shell // Sci. Rep. of Hokk. Fish. Exp. St. 1967. № 7. P. 72–83.

Mason J. Scallop and queen fisheries in the British Isles // Fish. New Books Far. 1983. 144 p.

Motoda S. Biology and artificial propagation of Japanese scallop (general review) // Proc. 2-nd Soviet-Japan joint Symp. on Aquacult. Moscow. 1973. P. 76–120.

Newell R. C. Factors affecting the respiration of invertebrates intertidal // Amer. Zool. 1973. V. 13. № 2. P. 513–528.

NFRDI. The Final Report of Fisheries Studies for Research Evaluation (Fisheries Life Sciences: Aquaculture Sciences), NFRDI, Korea, 2006. P. 105–155.

Olsen A. M. Underwater studies on the Tasmanian commercial scallop, *Notovola meridionalis* (Tate) (Lamellibranchiata: Pectinidae) // Australian Journal of the Marine and Freshwater Research. 1955. V. 6, № 3. P. 392–409.

Osanai K. Seasonal gonad development and sex alteration in the scallop *Patinopekten yessoensis* // Bull. of Mar. Biol. St. of Assam. 1975. V. 15, № 2–3. P. 81–88.

Paul J. D. Natural settlement and early growth of spat of the Queen scallop *Chlamys opercularis* (L.) with reference to the formation of the first growth ring // J. of Moll. Stud. 1981. V. 47. P. 53–58.

Philippart, C. J. M., van Aken, H. M., Beukema J. J. et al. Climate-related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica* // Limnol. Oceanogr. 2003. V. 48, № 6. P. 2171–2185.

Rachor E. Seasonal and long-term population fluctuations in *Diastylis rathkei* (Crustacea: Cumacea) of Kiel Bay and German Bight // Neth. J. of Sea Res. 1982. № 16. P. 141–150.

Rech M., Mouget J.-L., Morant-Manceau A. et al. Long-term acclimation to UV radiation: effects on growth, photosynthesis and carbonic anhydrase activity in marine diatoms // Bot. Mar. 2005. V. 48. P. 407–420.

Robinson A. M. Effects of dietary algal and lipid supplements on gonadal and larvae development of *Crassostrea gigas*, Kunamoto (Thunberg) // J. of Shell. Res. 1992. V. 11, № 1. P. 206.

Starr M., Himmelman J. H., Theriault J. C. Direct coupling of marine invertebrate spawning with phytoplankton blooms // Science. 1990. V. 247. P. 1071–1074.

Tardy J. Action des facteurs externes sur la sexualité des mollusques gastropodes aquatiques // Bull. de la Société Zoologique de France. 1982. V. 107, № 1. P. 53–70.

Thorson G. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities // Neth. J. of Sea Res. 1966. V. 3, N 2. P. 267–293.

Tsuchia M. Biodeposit production and oxygen uptake by the Japanese common scallop *Patinopekten yessoensis* (Jay) // Bull. of the Mar. Biol. St. of As., Tohok. Univ. 1981. V. 17, № 1. P. 1–15.

Uno Y., Hayashi J. Recent mariculture technique in Japan // Uni Mer (Bull. de

- la société Franco-Japonaise d' Océanographie). 1980. V. 18, N 1. P. 31–40.
- Uribe E., Sunspot C., Vicuna C., Green J. Induction of metamorphosis of the Chilean scallop, *Argopecten purpuratus* Lamarck (1918), with thermal shock // Can. Tech. Rep. of Fish. Aquat. Sci. 1994. V.1. 76–82.
- Yamamoto G. Разведение приморско-го гребешка в заливе Муцу. Изд. ассоциации рыбопромышленников // Нихон Суйсан-кай. 1964. 80 с.
- Yamamoto G. Some problems of aquaculture in Northern Japan, with special reference to the ecology of scallop // Proc. of the Fourth Soviet – Japan Joint Symp. on Aquac. Moscow. 1975. P. 12–18.

ABOUT ABUNDANCE FORECASTING JUVENILE OF THE JAPANESE SCALLOP *PATINOPECTEN YESSOENSIS*, ON PLANTATION MARICULTURE OF PRIMORSKY TERRITORY

© 2020 y. D. D. Gabaev

National Scientific Center of Marine Biology FEB RAS name of A. V. Zirmunsky, Vladivostok, 690092

The biological substantiation of possibility of long-term forecasting abundance of juvenile of the Japanese scallop *Patinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis*, (Jay, 1856) – the basic object of cultivation in Primorsky Territory, on easy-to-see duration of the ice period in shallow bays is presented. Predictability become cornerstone created in the past century of the method of through cultivation of the sea scallop and mechanism for its actualization.

Keywords: *Patinopecten yessoensis*, dynamics of reproduction, factors of environment, cost effective method of cultivation.