

УДК 574.587

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В РОССИЙСКИХ ВОДАХ ЯПОНСКОГО МОРЯ И ЕЕ ПРОГНОЗ

© 2009 г. Д. Д. Габаев

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток
e-mail: inmarbio@mail.primorye.ru

Поступила в редакцию 19.06.2006 г., после доработки 12.11.2007 г.

В течение 27 лет исследовали динамику численности молоди нескольких видов двустворчатых моллюсков на гребешковых коллекторах, расположенных в б. Миноносок зал. Посъета, и 4 лет в б. Кит, Японское море, Россия. Достоверная положительная взаимосвязь обнаружена между видами, имеющими сходную термопатию: приморским гребешком *Mizuhopecten yessoensis* и гребешком Свифта *Swiftopecten swifti*, а также между хиателлой арктической *Hiatella arctica* и гребешком Свифта *S. swifti*. Обратная достоверная взаимосвязь обнаружена между тихоокеанской мидией *Mytilus trossulus* и амурской морской звездой *Asterias amurensis*. У некоторых из исследованных моллюсков в б. Миноносок и удаленной б. Кит наблюдается достоверная обратная взаимосвязь в динамике численности, вызванная разным режимом осадков. Однофакторный дисперсионный анализ обнаружил достоверное влияние температуры воды в июне и обилия осадков летом на динамику численности гребешка Свифта. Двухфакторный дисперсионный анализ показал достоверное влияние продолжительности ледового периода и солнечной активности, выраженной в числах Вольфа, на динамику численности приморского гребешка. За период с 1977 по 1984 нечетные годы были, как правило, урожайными на молодь *M. yessoensis* и *S. swifti*. После 1985 г. более урожайны четные годы (асинхронность в динамике численности по сравнению с 1977–1984 гг.). Эта асинхронность возникла с приходом в 1986 г. нового 22-летнего солнечного цикла, вызвавшего смену магнитной полярности.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет в экологии сохраняется интерес к изучению закономерностей динамики численности организмов [10]. Одна из важнейших и быстроразвивающихся направлений человечества – аквакультура также зависит от динамики численности особей, поскольку, например, марикультура приморского гребешка в основном полагается на естественно полученных рекрутов [59]. У других видов гребешков, после восстановления запасов производителей, также становится выгодным собирать “диких” личинок на коллекторы [44].

Еще при отлове диких популяций гребешков было обнаружено непостоянство уловов и пополнения молодью [41]. В б. Миноносок залива Посъета (Японское море), в зависимости от абиотических факторов года, численность молоди на одном коллекторе может изменяться в 47 раз [6], а на озере Сарома (Хоккайдо) – в 388 раз [61]. Многие исследователи пытались объяснить изменчивость воспроизводства и указывали на разные причины. На раннюю бентическую стадию у двустворчатых воздействуют хищники, шторма и взрослые особи [36], что маскирует влияние климатических факторов на успех воспроизводства. Суммирование живых и погибших от морских звезд двустворчатых моллюсков на коллекторах позволяет получить

представление о влиянии климатических факторов на воспроизводство моллюсков. Спат на искусственных субстратах – представитель близлежащих бентосных сообществ. Один из основных факторов, влияющих на бентосное сообщество – зимняя температура [39]. Как низкая зимняя температура может быть предпочтительна бентосным популяциям не совсем ясно [69].

Настоящее исследование посвящено поиску факторов и механизму их влияния на воспроизводство некоторых двустворчатых моллюсков. Это поможет совершенствованию прогнозирования численности молоди на плантациях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Работа проводилась в 1977–2003 гг. в б. Миноносок зал. Посъета (42°36′ с.ш., 130°50′ в.д.) и в 1985–1988 гг. в б. Кит (Японское море) (42°31′ с.ш., 134°10′ в.д.). Каждые десять дней с середины мая по конец июня 1977–1990 в б. Миноносок зал. Посъета с помощью водолазной техники отлавливали 25–30 экз. приморских гребешков и взвешивали у них общую массу, массу мягких тканей, мускула и гонад с точностью ±0.02 г. Гонадный индекс у гребешков изучали по методу Ито и др. [50]. Время наступления нереста моллюсков определяли по снижению гонадного индекса.

Через неделю после нереста, раз в два-три дня в течение 14 лет в горизонте 0–10 м на 1–3 станциях б. Миносок и в течение 4 лет на 5 станциях б. Кит брали планктонные пробы. Размер ячеек мельничного сита – 100 мкм. Планктонные пробы фиксировали 3% формалином. Просчет и измерение личинок проводили под микроскопом, а численность личинок пересчитывали на 1 м³. Кроме средней численности, вычисляли интегральную численность личинок приморского гребешка с помощью численного интегрирования по формуле Симпсона [27].

Динамику численности молоди морских беспозвоночных изучали с помощью сетчатых мешочных коллекторов, помещенных в 1977–2003 гг. на морской плантации в б. Миносок на горизонте 8–12 м. Коллекторы погружали в море после достижения личинками гребешка длины раковины 250 мкм. В б. Кит (Японское море), коллекторы в 1985–1988 гг. подвешивали на водорослевые плантации. Через три–четыре месяца после экспозиции в море 10 коллекторов поднимали на поверхность. Беспозвоночных извлекали из коллекторов и подсчитывали живых и мертвых особей. Объектами исследования были: приморский гребешок *Mizuhopecten (Patinopecten) yessoensis*, японский гребешок *Chlamys nipponensis*, тихоокеанская мидия *Mytilus trossulus*, гребешок Свифта *Swiftopecten swifti*, хиателла арктическая *Hiatella arctica* и хищник – амурская звезда *Asterias amurensis*. Живых и мертвых особей суммировали. Полученные результаты пересчитывали на 1 м² субстрата.

Высоту раковин у 30–50 особей приморского гребешка измеряли штангенциркулем с точностью ±0.1 мм. Результаты измерения молоди гребешка приводили к одной дате (23 сентября) путем использования полученного ранее уравнения:

$$H = 4.7703 + 0.7631 * \text{дата} \quad (R^2 = 0.532),$$

где дата – время наблюдений.

Ежесуточные значения солености и температуры на поверхности воды, а также обилия осадков в зал. Посьета для летних месяцев 1977–2003 гг. взяты на Посьетской метеостанции. В течение 1977–2003 гг. отмечали продолжительность ледового периода в мелководных бухтах зал. Посьета. У средней июньской температуры воды было подсчитано стандартное отклонение, которое характеризовало изменчивость температуры. Значения солнечной активности, выраженные в числах Вольфа, были взяты на сайте Национальной администрации США по атмосфере и океану.

Ранговый коэффициент корреляции Спирмена был использован для проверки степени воздействия солнечной активности, продолжительности ледового периода, температуры воды на поверхности, ее флуктуации в июне, а также максимальных значений гонадного индекса *Mizuhopecten yessoensis* и численности личинок *M. yessoensis* в планктоне на

обилие осевшей молоди. Воздействие шести окружающих факторов на уровень воспроизводства приморского гребешка и гребешка Свифта, а также взаимосвязь воспроизводства с размером молоди *M. yessoensis* была проанализирована с помощью однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA). Результаты дисперсионного анализа проверяли с помощью множественного сравнения (Тьюки тест). Обилие молоди приморского гребешка разделяли на три группы: неурожайная (менее 250 экз/м²), среднеурожайная (250–550 экз/м²) и урожайная (более 550 экз/м²). В группирующей переменной их обозначали А, В и С соответственно. Аналогичное разделение урожайности было проведено у гребешка Свифта. Влияние и взаимосвязь двух окружающих факторов была проанализирована с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (two-way ANOVA). Многомерный анализ проводили после получения матрицы в факторном анализе.

Данные были анализированы статистически с помощью программы STATISTICA 6.0. Перед анализом, каждое значение было стандартизировано $\log(X + 1)$. Значения дисперсионного анализа были тестированы на уровне $\alpha = 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика численности приморского гребешка *M. yessoensis* в б. Миносок зал. Посьета достоверно положительно взаимосвязана с динамикой численности гребешка Свифта *Swiftopecten swifti* ($r = 0.47, p = 0.014$), а гребешок Свифта *S. swifti* достоверно положительно взаимосвязан еще и с хиателлой арктической ($r = 0.58, p = 0.001$) (рис. 1). В то же время динамика численности тихоокеанской мидии достоверно отрицательно взаимосвязана с динамикой численности амурской морской звезды *A. amurensis* ($r = -0.59, p = 0.001$). У холоднотермального приморского гребешка и у более теплолюбивого – японского гребешка динамика численности отрицательно взаимосвязаны (табл. 1).

Три из четырех исследованных в б. Кит двусторчатых моллюсков демонстрируют противоположную динамику численности со своими родственниками в б. Миносок (рис. 2). Между двумя удаленными друг от друга акваториями – б. Миносок зал. Посьета и б. Кит (Японское море) наблюдаются противоположные динамики численности у приморского гребешка ($r = -0.81, p = 0.195$) и достоверно противоположные динамики численности у приморского гребешка и тихоокеанской мидии ($r = -0.98, p = 0.023$). Достоверная отрицательная взаимосвязь обнаружена между динамикой численности тихоокеанской мидии в б. Миносок и хиателлы арктической в б. Кит ($r = -0.99, p = 0.002$). Противоположный характер условий воспроизводства между этими бухтами подтвер-

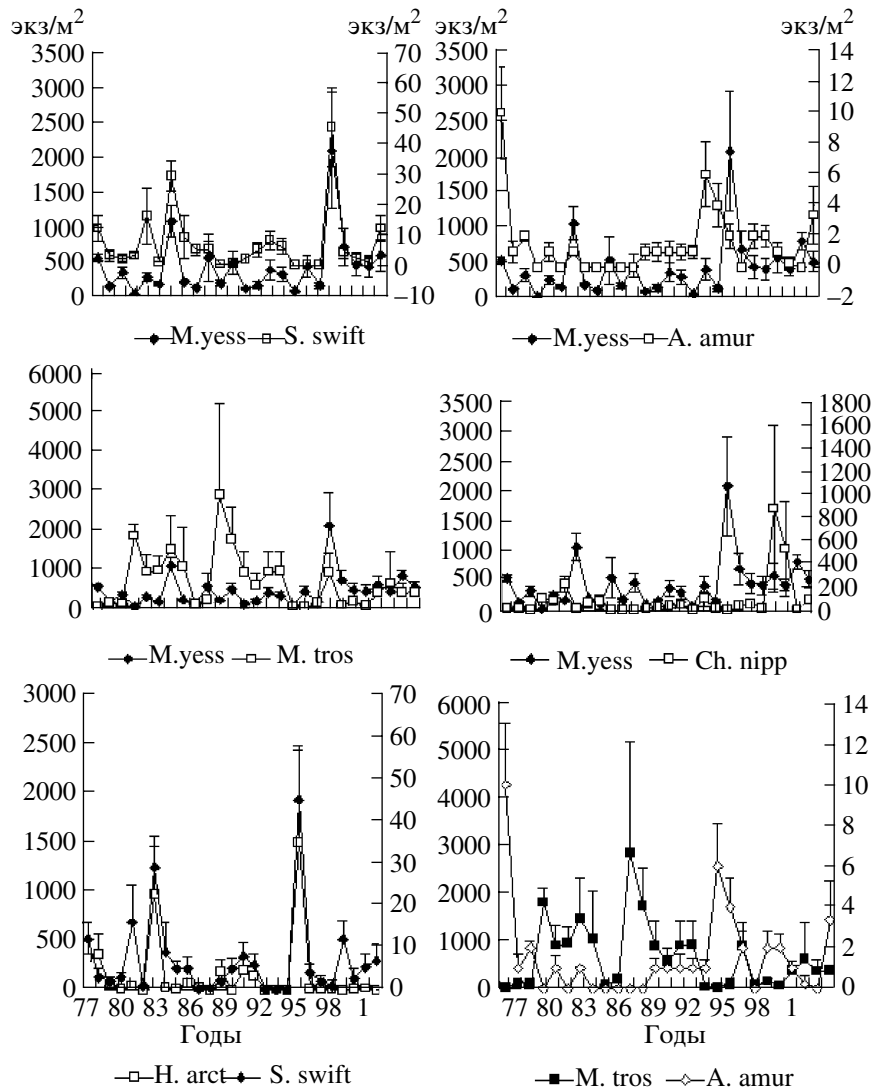


Рис. 1. Динамика численности (экз/м²) молоди беспозвоночных на коллекторах в б. Миноносок зал. Посыета.

ждает и дискриминантный анализ. Значения критерия лямбды Вилкса (0.224, $p < 0.087$) ближе к нулю, чем к единице.

Продолжительность ледового периода в зал. Посыета заметно влияет на температуру на поверхности воды в июне, а также на соленость и обилие осадков

летом. Причем влияет достоверно отрицательно на температуру и соленость, и положительно на обилие осадков. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена составляет: $R = -0.688; -0.600; 0.455$ соответственно. Наблюдения за гонадным индексом приморского гребешка в б. Миноносок позволили уста-

Таблица 1. Матрица коэффициентов корреляции Пирсона между динамиками численности беспозвоночных в бухте Миноносок зал. Посыета

	Гребешок приморский	Гребешок Свифта	Хиателла	Звезда	Мидия	Гребешок японский
Гребешок приморский	1					
Гребешок Свифта	0.47	1				
Хиателла	0.30	0.58	1			
Звезда	0.22	0.04	0.12	1		
Мидия	-0.07	0.25	0.13	-0.59	1	
Гребешок японский	-0.17	0.17	-0.30	-0.01	0.00	1

Примечание. Жирным шрифтом обозначены достоверные коэффициенты корреляции.

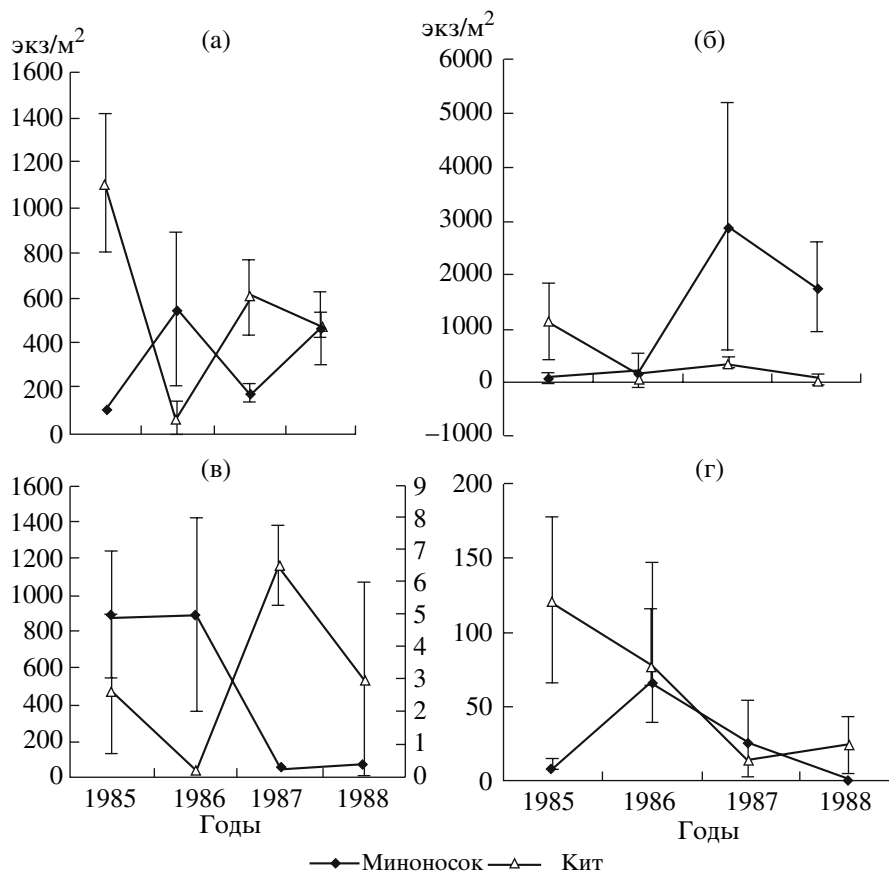


Рис. 2. Динамика численности (экз/м²) молоди двустворчатых моллюсков на коллекторах в б. Миноносок зал. Посъета и б. Кит (Японское море). (а) – приморский гребешок, (б) – тихоокеанская мидия, (в) – гребешок Свифта, (г) – хиателла арктическая.

новить, что между максимальным гонадным индексом и длительностью ледового периода наблюдается положительная взаимосвязь: $R = 0.593$, $p = 0.025$. В урожайные на ювенильных особей годы (1977, 1979, 1981, 1983, 1986 и 1988) гонадный индекс превышал 25%. В неурожайные годы (1980, 1982) он не достигал 20%. Колебания температуры во время нереста и пелагического периода у приморского гребешка связаны обратной зависимостью с обилием молоди этого моллюска. Коэффициент корреляции Спирмена составляет: $R = -0.831$, $p = 0.000$ (табл. 2).

В урожайные на молодь приморского гребешка годы нерест наступает позже, чем в неурожайные. Появление личинок в урожайные годы также происходит в более поздние сроки чем в неурожайные. В б. Миноносок зал. Посъета личинки в урожайные годы встречаются с середины до конца июня, а в неурожайные – до 10 июня. Это приводит к тому, что размер молоди приморского гребешка, достигаемый к 23 сентября, в урожайные годы как правило ниже, чем в неурожайные годы: $R = -0.686$; $p = 0.007$ (табл. 2).

Существенное влияние на численность молоди приморского гребешка оказывает средняя численность личинок гребешка в планктоне: $R = 0.986$, $p = 0.000$ (табл. 2). Взаимосвязь численности молоди с интегральной численностью личинок гребешка в планктоне не достоверна: $R = 0.275$, $p = 0.341$ (табл. 2).

Однофакторный дисперсионный анализ обнаружил в 27-летних наблюдениях заметное влияние температуры на поверхности воды в июне на численность молоди приморского гребешка ($df = 24$, $F = 22.19$, $p = 0.000$) (табл. 3), а также на численность двух других видов моллюсков: гребешка Свифта и хиателлы арктической. Причем зависимость обратная. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена составляет: $R = -0.776$; -0.517 ; -0.397 соответственно. В годы с дождливым летом (1983, 1986, 1988), когда во время пелагического периода у исследуемых моллюсков соленость на поверхности моря снижалась до 12‰, молоди приморского гребешка на коллекторах в б. Миноносок зал. Посъета оказывалось больше, чем в годы с засушливым летом (1978, 1980, 1982, 1985 и 1987 гг.) (рис. 1).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Спирмена между численностью молоди приморского гребешка и окружающими факторами

	N	Спирмен R	p
Численность и числа Вольфа	14	-0.396	0.161
Численность и интегральная численность личинок	14	0.275	0.341
Численность и размеры	14	-0.686	0.007
Численность и температура	14	-0.644	0.013
Численность и колебания температуры	14	-0.831	0.000
Численность и средняя численность личинок	14	0.986	0.000
Численность и гонадный индекс	14	0.439	0.116
Численность и соленость	14	-0.684	0.007
Численность и осадки	14	0.618	0.018
Численность и лед	14	0.821	0.000

Примечание. Жирным шрифтом обозначены достоверные коэффициенты корреляции.

Таблица 3. Однофакторный дисперсионный анализ взаимосвязи численности молоди приморского гребешка и факторов среды

	df	Ms	F	p	Тьюки тест
Числа Вольфа	24	0.138	0.454	0.640	A = B=C
Лед	24	0.001	4.616	0.020	A = B B ≠ C A = C
Высота раковины	24	0.008	10.098	0.001	A ≠ B B ≠ C A = C
Температура воды	24	0.001	22.192	0.000	A ≠ B B ≠ C A = C
Колебания температуры воды	24	0.024	3.374	0.051	A = B=C
Соленость воды	24	0.000	4.529	0.021	A = B B ≠ C A = C
Обилие осадков	24	0.005	9.314	0.001	A = B B ≠ C A ≠ C

Примечание. Жирным шрифтом обозначена достоверная взаимосвязь.

Однофакторный дисперсионный анализ обнаружил значительное влияние солености и обилия осадков летом на численность молоди приморского гребешка (табл. 3). С соленостью взаимосвязь обратная: $R = -0.679$, $p = 0.000$, а с обилием осадков положительная: $R = 0.490$, $p = 0.01$.

Двухфакторный дисперсионный анализ обнаружил достоверное совместное влияние солнечной активности и длительности ледового периода на численность молоди приморского гребешка (табл. 4). Среди других исследованных беспозвоночных с солнечной активностью достоверно взаимосвязана динамика численности тихоокеанской мидии (табл. 5). Многомерное шкалирование (MDS) установило, что к численности молоди приморского гребешка наиболее приближены интегральная и средняя численности личинок, максимальные значения гонадного индекса, а также продолжительность ледового периода и обилие осадков летом. Координаты средней численности личинок полностью совпадали с численностью молоди, поэтому были исключены из анализа (рис. 3). Спектральный анализ динамики численности приморского

гребешка установил периоды, длительностью 2 и 5 лет (рис. 4). Близкая периодичность обнаружена у видов беспозвоночных со сходной термопатией – гребешком Свифта, хиателлой арктической и амурской морской звездой. С начала наблюдений и до 1985 г. урожайными на молодь приморского гребешка, гребешка Свифта и хиателлы арктической были нечетные годы. После 1985 г. у этих моллюсков урожайными стали четные годы. Наступающее глобальное потепление положительно сказывается на воспроизводстве теплолюбивого *Ch. nipponensis* (рис. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Большое число работ посвящено поиску факторов, влияющих на созревание гонад и успех воспроизводства моллюсков. Факторы среды определяют все этапы годового гонадного цикла, включая рост и созревание гамет [17]. Каждая стадия репродуктивного цикла имеет определенный температурный оптимум [18].

Таблица 4. Двухфакторный дисперсионный анализ совместной взаимосвязи солнечной активности и длительности ледового периода с численностью молоди приморского гребешка

	Степень свободы	MS	F	<i>p</i>
Числа Вольфа	1	0.360	3.160	0.089
Лед	0			
Числа Вольфа × лед	1	0.561	4.924	0.037
Ошибка	22	0.114		

Примечание. Жирным шрифтом обозначена достоверная взаимосвязь.

Таблица 5. Двухфакторный дисперсионный анализ совместной взаимосвязи солнечной активности и длительности ледового периода с численностью молоди тихоокеанской мидии

	Степень свободы	MS	F	<i>p</i>
Числа Вольфа	1	1.930	5.141	0.034
Лед	0			
Числа Вольфа × лед	1	0.160	0.426	0.521
Ошибка	22	0.375		

Примечание. Жирным шрифтом обозначена достоверная взаимосвязь.

Стадия развития гонады у *M. yessoensis* в зал. Петра Великого начинается с понижением температуры до 15°C [14] и на Хоккайдо продолжается в течение зимы [40]. После осеннего цветения планктонных водорослей гликоген в мускуле накапливается и в течение зимних месяцев переносится в гонады [46]. Зимой у гребешков наблюдается развитие гонад, а с повышением температуры воды отмечается период активного гаметогенеза [63]. Если осенью возобновление половой активности у гребешков началось, то быстрое понижение температуры неспособно его остановить, оно лишь увеличивает его продолжительность [56]. Активность приморских гребешков зимой высока, что можно видеть по интенсивному потреблению ими кислорода [45]. Наполнение желудков у моллюсков зимой максимально [70] и этому способствует то, что вегетация планктонных водорослей, например, в заливе Посьета продолжается круглый год [20]. Естественная микроводорослевая пища оптимизирует жировой компонент у яиц [65].

Зимний период с отрицательными температурами воды является сильным стрессом для животных. Длительный стресс приводит к появлению повышенных показателей гонадного индекса у *Placopecten magellanicus*, потому что моллюски ограничивают или прекращают рост в целях сохранения репродукции [58]. Наоборот, при снижении стресса уровень воспроизводства у моллюсков снижается. Так, пополнение у *Macoma balthica* отсутствовало после мягких зим [48]. Репродуктивное развитие моллюсков приспособлено к зимнему периоду. Высокие температурные потребности стадии вителлогенеза, протекающей при минимальной температу-

ре, удовлетворяются путем значительного удлинения этой стадии [18]. Продолжительность периода созревания оказывает большое влияние на воспроизводство популяции мидии [25].

В зависимости от условий созревания, размер гонад приморского гребешка весной бывает разным [53]. Температура воды в течение зимы 1973/1974 г. на востоке зал. Муцу была ниже, а гонадный индекс приморского гребешка там оказался выше [50]. Сходные результаты воздействия низких температур на репродуктивный процесс этого гребешка получены на Хоккайдо [40], в Атлантике у *Argopecten irradians* [33], в Чили у *A. purpuratus* [60] и в Австралии у *Pecten fumatus* [47]. Плодовитость гребешков *A. irradians* в 7 раз выше у Нью-Йорка, чем во Флориде [38]. Максимум гонадного индекса и диаметр ооцитов у этих гребешков снижается с уменьшением широты [33]. После холодных зим воспроизводство *Macoma balthica* в южной части Северного моря (Wadden Sea) увеличивается, тогда как после мягких зим пополнение молодь обычно снижается [35]. Данные литературных источников [71] наводят на мысль, что чем продолжительнее зимний период, тем выше уровень воспроизводства гребешков. Зимний период приостанавливает рост животных и освобождающаяся энергия используется для репродукции [34].

Виды могут достигать обилия лишь в тех температурных условиях, к которым приспособлены их белки [15]. Биохимический состав гонад у гидробионтов также зависит от температуры окружающей среды. По мере снижения теплолюбивости вида уменьшается сумма температур, необходимая для осуществления оогенеза, и одновременно в яй-

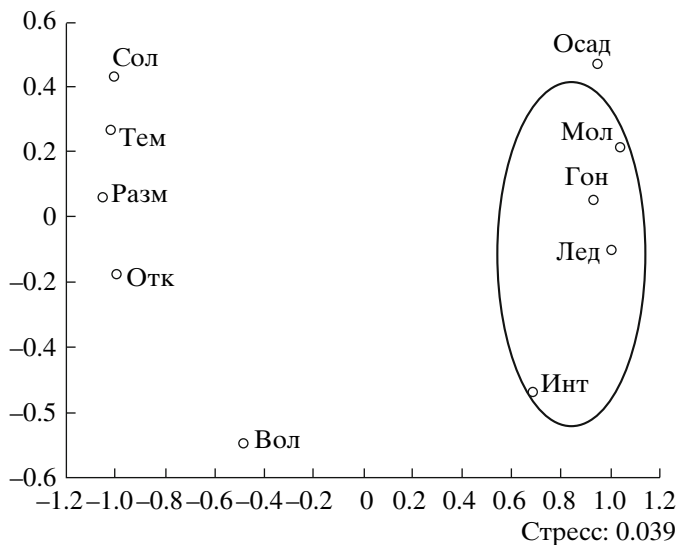


Рис. 3. Многомерный анализ факторов, влияющих на динамику численности молоди приморского гребешка.

Лед – продолжительность ледового периода в мелководных бухтах, Тем – средняя температура на поверхности воды в июне, Отк – стандартное отклонение средней температуры на поверхности воды в июне, Инт – интегральная численность личинок гребешка, Гон – гонадный индекс в %, Сол – средняя соленость на поверхности воды летом, Разм – размер молоди гребешка, достигаемый к 23 сентября, Вол – солнечная активность в числах Вольфа, Мол – численность молоди приморского гребешка на коллекторах (экз/м²).

цах увеличивается жировой компонент желтка [18]. У гребешка *Chlamys islandicus* и у мидии *Mytilus edulis* разные биогеографические характеристики и разный состав желтка (жировой и углеводный соответственно) [19]. У приморского гребешка также жировой состав желтка [24], а у *M. trossulus* – скорее всего углеводный, потому что этот вид образует так называемый видовой комплекс *M. edulis* [67].

По-видимому, в зависимости от суровости зимы, условия благоприятны накоплению либо жирового компонента желтка (оптимум для холодолюбивых видов), либо углеводному компоненту желтка (оптимум для теплолюбивых видов). Состав жирных кислот в яйцах влияет на эмбриогенез и метаморфоз личинок [65]. В прибрежных районах зал. Посьета гидрологические характеристики демонстрируют квазидвухлетние колебания [2], вызванные удвоенным периодом чандлеровских колебаний полюсов [23]. После теплой зимы у субтропических по происхождению моллюсков условия для воспроизводства улучшаются, но у низкорореальных по происхождению моллюсков ухудшаются, поэтому между этими видами наблюдаются противоположные динамики численности (табл. 1). На западе Балтийского моря отмечен [32] противоположный характер динамики обилия у бентосных животных, а для Северного моря [42] это можно

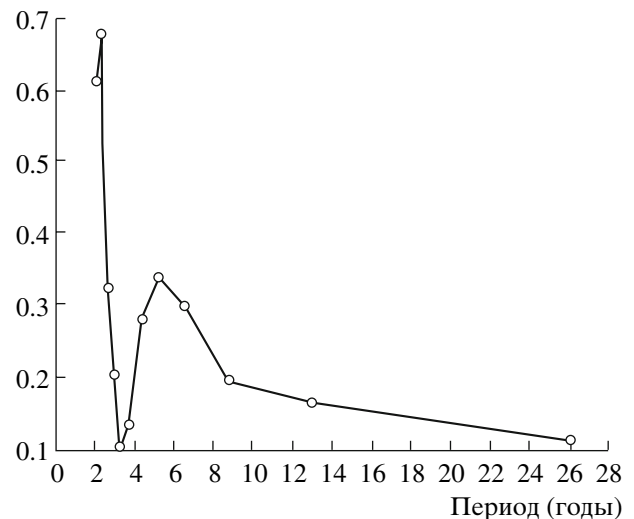


Рис. 4. Спектральный анализ динамики численности молоди приморского гребешка.

увидеть в материалах публикации. Возможно, такая стратегия воспроизводства снижает конкуренцию между видами.

Процесс нереста также играет огромную роль в воспроизводстве вида. Зрелая половая железа приморского гребешка представлена 2–3 поколениями клеток [13], а колебание температуры между 9 и 15°C стимулирует нерест гребешков [49]. Но, под сильным воздействием химических и термических факторов у двустворчатых моллюсков могут выбрасываться яйца, не достигшие полной зрелости, что часто снижает количество личинок [55]. В тот год, когда температура воды в период нереста *M. yessoensis* в б. Миноносок залива Посьета повышается постепенно, спата на коллекторы удается собрать больше, чем в другие годы [3]. В урожайные для молоди годы (1977, 1983, 1986, 1988, 1994, 1996), падения поверхностной температуры во время нереста приморского гребешка в б. Миноносок практически не было.

Температура воды повышается постепенно после холодных зим, что положительно влияет на воспроизводство приморского гребешка [4]. Вероятно, 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 яйца обладают высокой способностью к оплодотворению [62].

Продолжительность ледового периода – один из наиболее заметных показателей суровости зимы, а вследствие раннего таяния льда прогноз обилия молоди имеет долгосрочный характер. Обилие молоди приморского гребешка на искусственных субстратах можно прогнозировать уже в апреле по

времени исчезновения льда в мелководных заливах [4]. Долгосрочное прогнозирование численности молоди гребешка по продолжительности ледового периода позволяет усовершенствовать технологию его выращивания [5].

В дождливые годы больше терригенного материала попадает в море, что ускоряет развитие фитопланктона [30]. Это положительно влияет на плодовитость моллюсков [47] и на качество репродуктивного материала [64]. Обилие фитопланктона не только стимулирует нерест моллюсков [68], но и увеличивает выживаемость личинок. Аномалии в развитии велигеров могут быть связаны с недостатком пищи [43]. После 3-х суточного голодания личинки теряют запас липидов почти полностью, что исключает у них наступление метаморфоза [57]. Поэтому, годы с дождливым летом оказываются благоприятными для воспроизводства двустворчатых моллюсков [9]. Обеспеченность пищей определяет репродукцию популяций [61]. Терригенный сток стимулирует биологическую активность [51] и воздействует на оседание, соматический рост и выживаемость молоди [52]. Вследствие этого, в динамике численности нескольких видов моллюсков наблюдается асинхронность между двумя акваториями [7], вызванная разным ходом температуры воды [26] и обилием осадков летом [1].

Двухфакторный дисперсионный анализ показал значительное влияние солнечной активности и продолжительности ледового периода на уровень воспроизводства приморского гребешка (табл. 4). Циклы солнечной активности иногда могут служить индикатором изменчивости природной среды, поскольку играют важную роль в формировании гидроклиматических циклов [21]. Солнечная активность коррелирует с температурой воздуха [66]. Под ее влиянием находятся многие природные процессы [1], и ее можно прогнозировать на много лет вперед [29]. Неурожайный на молодь приморского гребешка 1980 г. совпал с максимальной солнечной активностью [4]. Сперматозоиды приморского гребешка повреждаются сильной ультрафиолетовой радиацией [54].

Среди причин, вызывающих и влияющих на цикличность, можно выделить ведущую циклическую составляющую, которую можно выразить синусоидой и продолжить на будущее [22]. У лососевых рыб урожайное поколение формируется на восходящей кривой солнечной активности, неурожайное – на нисходящей кривой и близ минимума солнечной активности [16]. У приморского гребешка урожайное поколение формируется на нисходящей ветви и близ минимума солнечной активности [8]. Это различие организмов на единые условия среды объясняется различной реакцией молоди на многоводный период. В дождливое лето выживаемость у молоди лососевых снижается

[37], а у моллюсков повышается [9]. Высокая корреляция предшествующей солнечной активности с суммарной численностью приморского гребешка двух акваторий ($r = 0.92$) говорит о том, что солнечная активность определяет “урожай” года, а осадки – конкретную численность на акватории.

Новый 22-летний солнечный цикл наступил в 1986 г. [31]. С наступлением нового цикла ослабевают солнечно-земные связи и изменяются характеристики магнитного поля групп солнечных пятен [12]. Направленность реакции атмосферной циркуляции на солнечную активность становится противоположной [11]. Охотско–Алеутская атмосферная циркуляция, у которой наблюдаются короткие, 10-, 11- летние циклы, связанные с солнечной активностью, с середины 80-х годов пошла в обратную сторону [28].

Можно попытаться прогнозировать, что двадцатидвухлетний солнечный цикл, начавшийся в 1986 г., завершится к 2007 г. До 2007 г. урожайными на молодь приморского гребешка, гребешка Свифта и хиателлы арктической будут четные годы и только после 2007 г. в динамике численности их молоди произойдет возврат от четных урожайных лет к нечетным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бирман И.Б.* Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей. М.: Агропромиздат, 1985. 208 с.
2. *Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М.* Внутримесячная изменчивость гидрометеорологических характеристик прибрежных районов залива Посьета // Изв. ТИНРО. 1981. Т. 105. С. 26–32.
3. *Габаев Д.Д.* Оседание личинок двустворчатых моллюсков и морских звезд на коллекторы в заливе Посьета (Японское море) // Биол. моря. 1981. № 4. С. 59–65.
4. *Габаев Д.Д.* Закономерности оседания на коллекторы некоторых беспозвоночных в заливе Посьета // Биология шельфовых зон Мирового океана: 2 Всесоюз. конференция. Тезисы докладов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. Ч. 3. С. 54–55.
5. *Габаев Д.Д.* Способ разведения морского гребешка и устройство для его осуществления: А.с. 1178371 СССР // Б.И. 1985. № 34. С. 10.
6. *Габаев Д.Д.* О долгосрочном прогнозировании обилия оседающих на коллекторы промысловых двустворчатых моллюсков // Биол. океана: III Съезд советских океанол. Тезисы докладов. Л.: ААНИИ, 1987. Ч. 1. С. 99–100.
7. *Габаев Д.Д.* Динамика численности промысловых двустворчатых моллюсков на коллекторах и границы ее асинхронности // 3 Всесоюз. конференция по морск. биологии. Тезисы докладов. Киев: ИНБЮМ АН СССР, 1988. Ч. 2. С. 230–231.

8. Габаев Д.Д. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье // Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. Владивосток, 1989. 129 с.
9. Габаев Д.Д. О некоторых особенностях воспроизводства промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье // Рациональное использование биоресурсов Тихого океана. Всесоюз. конференция. Тезисы докладов. Владивосток: ТИНРО, 1991. С. 182–183.
10. Гиляров А.М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. М.: Наука, 1987. 191 с.
11. Давыдов И.В. К вопросу солнечно-обусловленных колебаний повторяемости типов атмосферной циркуляции // Изв. ТИНРО. 1975. Т. 96. С. 19–32.
12. Давыдов И.В. Некоторые особенности динамики численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) на примере западнокамчатского стада // Изв. ТИНРО. 1981. Т. 105. С. 3–12.
13. Дзюба С.М. Гаметогенез у некоторых морских двустворчатых моллюсков // Моллюски. Пути, методы и итоги их изучения. Л.: Наука, 1971. Т. 4. С. 51–52.
14. Дзюба С.М., Косенко Л.А. Влияние некоторых абиотических факторов на гаметогенез двустворчатых моллюсков // Биология шельфов. 14 Тихоокеанский науч. конгр. Тезисы докладов. М.: Наука, 1979. С. 117–118.
15. Жирмунский А.В. Теплоустойчивость клеток беспозвоночных из залива Посьета (Японское море) в связи с вертикальным распределением в верхней сублитерали и условиями существования видов // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 108–119.
16. Зорбиди Ж.Х. О динамике стада кижуча // Изв. ТИНРО. 1970. Т. 78. С. 61–72.
17. Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. Л.: Наука, 1989. 179 с.
18. Кауфман З.С. Зависимость оогенеза морских беспозвоночных от температурного фактора среды и некоторые вопросы эволюционной морфологии // Ж. общ. биол. 1976. Т. 37. № 2. С. 263–275.
19. Кауфман З.С. Особенности половых циклов беломорских беспозвоночных как адаптация к существованию в условиях высоких широт. Морфологические и эволюционные аспекты проблемы. Л.: Наука, 1977. 265 с.
20. 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.
21. Максимов А.А. Соотношение между учением о факторах динамики численности животных и проблемой долгосрочного прогнозирования вспышек массового размножения // Экология. 1982. № 1. С. 38–45.
22. Максимов А.А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. Новосибирск: Наука, 1984. 249 с.
23. Монин А.С., Берестов А.А. Новое о климате // Вестник РАН. 2005. Т. 75. № 2. С. 126–138.
24. Мотавкин П.А., Хотимченко Ю.С., Деридович И.И. Регуляция размножения и биотехнология получения половых клеток у двустворчатых моллюсков. М.: Наука, 1990. 217 с.
25. Паленичко З.Г. Особенности биологии мидии // Зоол. журнал. 1948. Т. 27. Вып. 5. С. 411–420.
26. Покудов В.В., Власов Н.А. Температурный режим прибрежных вод Приморья и острова Сахалин по данным ГМС // Тр. ДВНИГМИ. 1980. Вып. 86. С. 109–118.
27. Поллард Дж. Справочник по вычислительным методам статистики / Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1982. 344 с.
28. Полякова А.М. Календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана и их краткая характеристика. Владивосток: ДВГУ, 1999. 115 с.
29. Резников А.П. Прогнозирование солнечной активности до конца столетия // Закономерности и прогнозирование природных явлений. М.: Наука, 1980. С. 60–86.
30. Сенчикина Л.Г., Свирина Е.С. Влияние речного стока на морской фитопланктон // Экология морских организмов: Всесоюз. науч.-техн. конф. Тезисы докладов. Киев: Наукова думка, 1981. С. 93–98.
31. Чистяков В.Ф. Физические вариации Солнца и его активность // Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 40–71.
32. Arntz W.E., Rumohr H. Fluctuations of benthic macrofauna during succession and in an established community. Meeresforschung. 1986. V. 31. № 2. P. 97–114.
33. Barber B.J., Blake N.J. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. 1983. V. 66. № 3. P. 247–256.
34. Beiring E.A., Lasker H.R. Egg production by colonies of a gorgonian coral // Mar. Ecol.-Prog. Ser. 2000. V. 196. P. 169–177.
35. 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. Sea Res. 1982. № 16. P. 37–45.
36. Beukema J.J., Dekker R. Decline of recruitment success in cockles and other bivalves in the Wadden Sea: possible role of climate change, predation on postlarvae and fisheries // Mar. Ecol.-Prog. Ser. 2005. V. 287. P. 149–167.
37. Brain T. Research findings of the Pacific biological station // Can. Fish. 1954. V. 41. № 4. P. 21–23.
38. Bricelj V.M., Epp J., Malouf R.E. Intraspecific variation in reproductive and somatic growth cycle of bay scallop

- Argopecten irradians* // Mar. Ecol.-Progr. Ser. 1987. V. 36. P. 123–137.
39. Buchanan J.B., Moore J.J. A broad review of variability and persistence in the Northumberland benthic fauna 1971–1985 // J. Mar. Biol. Ass. U.K. 1986. V. 66. № 3. P. 641–657.
 40. Chang Y.J., Mori K., Nomura T. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis* in sowing cultures in Abashiri Waters. Reproductive periodicity // Tohoku J. Agr. Res. 1985. V. 35. № 2–4. P. 91–105.
 41. Dickie L.M. Fluctuations in abundance of the Giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), in the Digby area of the Bay of Fundy // J. Fish. Res. Bd. Canada. 1955. V. 12. № 6. P. 797–857.
 42. Dorjes J., Michaelis H., Rhode B. Long-term studies of macrozoobenthos in intertidal and shallow subtidal habitats near the island of Norderney (East Frisian coast, Germany) // Hydrobiologia. 1986. V. 142. P. 217–232.
 43. Edouard H., Danielle M., Riné R. Observations complémentaires sur les causes possibles des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans le bassin d'Arcachon // Rev. Trav. Inst. Pêches Mar. 1984 / 1986. V. 48. № 1–2. P. 45–54.
 44. Fontanes B.T. Improved technologies for seed management in the north of Chile: from metamorphosis to 20 mm. Proc. 9th. Intern. Pect. Workshop // Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., Nanaimo B.C., 1994. V. 1. P. 110–113.
 45. Fuji A., Hashizume M. Energy budget for a Japanese common scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in Mutsu Bay // Bull. Fac. Fish. Hokk. Univ. 1974. V. 25. № 1. P. 7–19.
 46. Gould E., Rusanowsky D., Luedke D.A. Note on muscle glycogen as an indicator of spawning potential in the sea scallop, *Placopecten magellanicus* // Fish. Bull. 1988. V. 86. P. 597–601.
 47. Heasman M.P., Ó Connor W.A., Frazer A.W. Temperature and nutrition as factors in conditioning broodstock of the commercial scallop *Pecten fumatus* (Reeve) // Aquaculture. 1996. V. 143. P. 75–90.
 48. 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.-Prog. Ser. 1998. V. 164. P. 229–235.
 49. Imai T. Mass production of molluscs by means of rearing the larvae in tanks // Venus. 1967. V. 25. № 3–4. P. 159–167.
 50. Ito S., Kanno H., Takahashi K. Some problems on culture of the scallop in Mutsu Bay // Bull. Mar. Biol. St. As. 1975. V. 15. № 2. P. 89–100.
 51. Jørgensen N.O.G., Travník L.J., Berg G.M. Occurrence and bacterial cycling of dissolved nitrogen in the Gulf of Riga, the Baltic Sea // Mar. Ecol.-Prog. Ser. 1999. V. 191. P. 1–18.
 52. Josefson A.B. Large-scale patterns of dynamics in subtidal macrozoobenthic assemblages in the Skagerrak: effects of a production-related factors? // Mar. Ecol.-Prog. Ser. 1987. V. 38. № 1. P. 13–23.
 53. Kawamata K. Reproductive cycle of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), planted in Funika Bay, Hokkaido // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. 1983. № 25. P. 15–20.
 54. 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.
 55. Loosanoff V.L., Davis H.C. Rearing of bivalve mollusks // Adv. Mar. Biol. 1963. V. 1. 136 p.
 56. Lubet P. Action de la température sur le cycle de reproduction des Lamellibranches // Bull. Soc. Zool. France 1981. V. 106. № 3. P. 283–292.
 57. Lucas A. La nutrition des larves de bivalves // Océanis. 1982. V. 8. № 5. P. 363–368.
 58. MacDonald B.A., Thompson R.J., Bayne B.L. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* IV: Reproductive effort, value and cost // Oecologia (Berlin). 1987. V. 72. P. 550–556.
 59. Manzi J. Scallop culture of Hokkaido // World Aquaculture. 1988. V. 20. P. 42–44.
 60. 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. Shellfish Res. 1992. V. 11. № 1. P. 206.
 61. Maru K. Tolerance of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) to temperature and specific gravity during early developmental stages // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. 1985. № 27. P. 55–64.
 62. Mason J. Scallop and queen fisheries in the British Isles // Fish. New Books Far. 1983. 144 p.
 63. Motoda S. Biology and artificial propagation of Japanese scallop (General review). Proc. 2-nd Soviet-Japan joint symp. on aquaculture. Moscow: VNIRO, 1973. P. 76–120.
 64. Muranaka M.S., Lannan J.E. Broodstock management of *Crassostrea gigas*, environmental influences on broodstock conditioning // Aquaculture. 1984. V. 39. № 1–4. P. 217–228.
 65. Robinson A.M. Effects of dietary algal and lipid supplements on gonadal and larvae development of *Crassostrea gigas* Kunamoto (Thunberg) // J. Shellfish Res. 1992. V. 11. № 1. P. 206.
 66. Schove D.J. Sunspot cycles. Stroudsburg: Hutchinson Ross. 1983. 397 p.
 67. Soot-Ryen T. A report on the family Mytilidae (Pelecypoda) // Allan Hancock Pacif. Exped. 1955. V. 20. P. 1–175.
 68. Starr M., Himmelman J.H., Therriault J.-C. Direct coupling of marine invertebrate spawning with phytoplankton blooms // Science. 1990. V. 247. P. 1071–1074.
 69. Tunberg B.G., Nelson W.G. Do climatic oscillations influence cyclical patterns of soft bottom macrobenthic communities on the Swedish west coast? // Mar. Ecol.-Prog. Ser. 1998. V. 170. P. 85–94.

70. *Tsuchia M.* Biodeposit production and oxygen uptake by the Japanese common scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) // Bull. Mar. Biol. St. Ass. Tohoku Univ. 1981.V. 17. № 1. P. 1–15.
71. *Yamamoto G.* Some problems of aquaculture in Northern Japan, with special reference to the ecology of scallop. Proc. 4-nd Soviet–Japan joint symp. on aquaculture. Moscow: VNIRO, 1975. P. 12–18.

Dynamics of Number Some Bivalve Mollusks in the Russian Waters Sea of Japan and its Forecast

D. D. Gabaev

Within 27 years investigated dynamics of number young of several species bivalve mollusks on scallop collectors located in Minonosok Inlet of Posyet Bay, and 4 years in Kit Inlet, Sea of Japan, Russia. The positive authentic interrelation is found between species having similar termopatia: Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* and scallop Swift's *Swiftopecten swifti*, and also between *Hiatella arctica* and scallop Swift's *S. swifti*. The negative authentic interrelation is found out between Pacific mussel *Mytilus trossulus* and starfish *Asterias amurensis*. At some of investigated mollusks in Minonosok Inlet and removed Kit Inlet is observed authentic negative interrelation in dynamics of number, caused different regime of precipitation. For the period 1977–1984 odd years were, as a rule, fruitful on youngs *M. yessoensis* and *S. swifti*. After 1985 the even years is fruitful on youngs *M. yessoensis* and *S. swifti*. This asynchrony has appear with approach in 1986 new 22-years solar cycle which has caused change of magnetic polarity.