

**Л.А.Гайко**

**(Институт биологии моря ДВО РАН)**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ  
ТЕРМОГАЛИННЫХ УСЛОВИЙ СРЕДЫ  
НА РАЗВИТИЕ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА**

Для создания научно обоснованных методов долгосрочного прогноза урожайности моллюсков необходимо на первом этапе изучить влияние гидрологических параметров как на биологический объект, так и на технологию его выращивания. Целью данной работы является количественная оценка воздействия температуры и солености на конкретный объект — приморский гребешок, что представляет большой интерес для хозяйств марикультуры. Отправной точкой при решении поставленных задач явились выполненные ранее работы японских ученых (Mogi, 1975), а также исследования отечественных авторов (Белогрудов, Скокленева, 1983; Белогрудов, 1986; Брегман, Шаповалова (Гайко), 1986; Габаев, 1987; Кучерявенко, 1988).

В работе использованы следующие материалы:

— многолетние ряды среднесуточных данных температуры воздуха, температуры и солености морской воды на гидрометеорологической станции Посъет Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;

— многолетние данные наблюдений состояния приморского гребешка в хозяйстве марикультуры Экспериментальной морской базы "Посъет", где все операции от получения спата на искусственных субстратах (коллекторах) до получения товарной продукции осуществлялись в естественных условиях в полузакрытой бухте Миносок на плавучих (одна береговая и три морских) промышленных установках, представляющих собой систему основных и рабочих канатов. Для сбора спата гребешка с 1970 по 1974 г. применялись раковинные коллекторы, а с 1975 г. использовались сетные коллекторы.

Исходный ряд наблюдений над плотностью осевшего на коллекторы спата гребешка (экз./м<sup>2</sup>) выбран в результате анализа данных ст.н.с. ТИНРО Е.А.Белогрудова (1970–1973, 1974а, б, 1976а, б, 1979); данных ЭМБ "Посъет" (Белогрудов, Мальцев, 1974); данных ст.н.с. ИБМ ДВО РАН Д.Д.Габаева (1990).

Продолжительность исследуемого периода — 21 год (с 1970 по 1990 г.).

Время наступления нереста определялось по резкому уменьшению гонадного индекса. Гонадный индекс (ГИ) определяется как отношение массы гонады ( $m_g$ ) к массе мягких тканей (после стекания мантийной жидкости) ( $m_{mm}$ ), выраженное в процентах (Ito et al., 1975):

$$ГИ = \frac{m_g}{m_{mm}} 100 \%. \quad (1)$$

Динамика численности личинок гребешка в планктоне определялась путем анализа планктонных проб. Планктон брался сетью Апштейна с горизонта 0–10 м. Пробы фиксировались формалином. Подсчет личинок осуществлялся в камере Богорова. Подсчет количества осевшего на коллектор спата производился вручную поштучно (экз./кол.).

По данным наблюдений репродуктивного цикла развития приморского гребешка выделены следующие периоды его развития (рис. 1, табл. 1):

I период — вторая половина гаметогенеза (от даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °С весной до начала нереста);

II период — период планктонного развития (от начала нереста до начала оседания личинок);

III период — от начала до полного оседания личинок;

IV период — начало гаметогенеза (от даты перехода температуры воды через 14 °С до даты устойчивого перехода через 0 °С осенью).

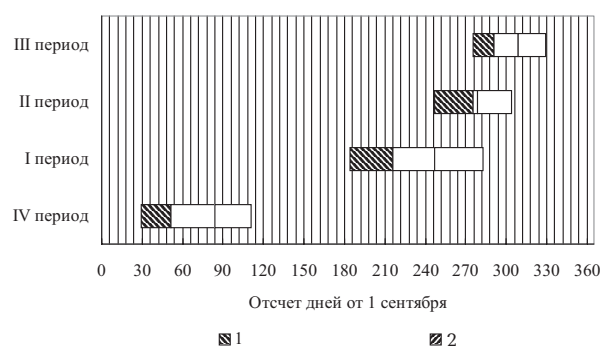


Рис. 1. Границы начала (1) и окончания (2) периодов развития приморского гребешка (бухта Миноносок, зал. Посъета)

Fig. 1. The limits of development periods of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* (Minonosok Bay, Possyset)

Таблица 1  
Даты начала и окончания периодов развития приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (бухта Миноносок, зал. Посъета)

Table 1  
The dates of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* development periods beginning and the end (Minonosok Bay, Possyset)

Период	Начало	Окончание	Годы
I	03.03	04.04	1970–1990
II	05.05	10.06	1970–1986
III	06.06	01.07	1975–1986
IV	29.09	21.10	1970–1990

На основании этих данных вычислены длительности выделенных периодов в сутках и абсолютные даты начала периодов (от 01.01) для каждого года.

Далее для всех четырех периодов биологического развития гребешка вычислены:

— среднепериодные значения температуры ( $t_w$ , °С) и солености ( $s$ , ‰) воды:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  — количество наблюдений за период осреднения,  $x$  — исследуемый параметр;

— сумма градусо-дней ( $Q_t$ , °С); сумма значений солености ( $Q_s$ , ‰), т.е. сумма ежедневных среднесуточных значений элементов для каждого периода от даты начала периода до даты его окончания:

$$Q = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  — длительность каждого исследуемого периода, сут;  $x$  — исследуемый параметр;

— средние квадратические отклонения ( $\sigma$ ) температуры и солености, — коэффициенты вариации ( $V$ , %) температуры и солености.

На основании анализа распределения отклонений урожайности от тренда выделены высоко- и низкоурожайные годы (Gayko, 2000) (табл. 2). Под термином “урожайность” понимается количество полученного посадочного материала, который представляет собой плотность осевшего на коллекторы спата гребешка (экз./м<sup>2</sup>).

Таблица 2  
Высоко- и низкоурожайные годы за период наблюдений  
Table 2  
Good-harvest and low-harvest years

Высокоурожайные	1971	1973	1977	1983	1986	1990
Низкоурожайные	1970	1974	1975	1978	1980	1989

Для выявления влияния термогалинных условий на эффективность работы гребешкового питомника произвели оценку их стабильности

для различных периодов годового цикла развития приморского гребешка, так как варьирование термогалинных характеристик оказывает большое влияние на нормальное течение нереста, выживание личинок и спата и величину его плотности на коллекторах. Рассматриваемые периоды, как указано выше, охватывают весь годовой цикл развития гребешка от начала гаметогенеза до оседания спата (см. табл. 1).

Результаты статистического анализа, характеризующие варьирование термогалинных условий в различные периоды годового цикла развития приморского гребешка, представлены в табл. 3. В табл. 4 представлены средние, максимальные и минимальные значения термогалинных параметров. Можно отметить, что все рассматриваемые параметры подвержены значительной межгодовой изменчивости.

Таблица 3  
Характеристика стабильности термогалинных условий  
в различные периоды годового цикла развития приморского гребешка  
Table 3  
The stability of thermohaline variables  
in different periods of the annual development cycle of scallop

Год	L, сут	t <sub>w</sub> , °C	Q <sub>t</sub> , °C	t <sub>w</sub> <sup>s</sup> , °C	V, %	s, ‰	Q <sub>s</sub> , ‰	σ, ‰	V, %
I период									
1970	47	6,7	314,7	4,33	64,72	31,80	1495	0,91	2,85
1971	71	7,1	505,3	4,01	56,29	32,14	2282	0,78	2,43
1972	59	6,2	366,1	3,71	59,81	31,74	1873	1,06	3,33
1973	62	5,5	338,6	4,11	75,24	32,54	2018	0,70	2,14
1974	62	5,8	357,8	4,17	72,17	32,26	2000	0,92	2,86
1975	52	6,0	311,3	3,85	64,30	32,97	1715	0,48	1,47
1976	69	5,2	361,3	3,85	73,60	32,61	2250	0,98	2,99
1977	57	6,0	341,7	3,84	63,97	31,94	1821	1,16	3,63
1978	53	5,0	263,4	2,94	59,10	32,63	1730	0,43	1,32
1979	59	5,7	337,6	3,54	61,93	32,22	1901	0,78	2,41
1980	56	5,0	278,7	3,19	64,02	32,75	1832	0,78	2,38
1981	47	4,7	221,3	3,27	69,53	32,07	1506	1,91	5,91
1982	61	5,3	323,6	3,64	68,59	33,24	2027	0,46	1,38
1983	62	6,2	387,0	3,56	56,96	32,57	2019	0,73	2,24
1984	42	5,5	229,3	3,55	65,10	30,76	1292	1,82	5,91
1985	52	4,8	250,1	3,58	74,51	32,23	1676	1,43	4,45
1986	54	4,9	264,8	3,60	73,30	32,24	1741	0,63	1,94
1987	62	6,2	385,4	3,79	60,95	32,76	2031	0,55	1,67
1988	76	8,0	611,0	3,63	52,84	31,63	2404	3,55	11,23
1989	75	6,4	483,0	3,63	56,29	32,76	2457	0,45	1,36
1990	89	7,0	623,6	4,50	64,18	31,67	2819	1,40	4,43

Окончание табл. 3  
Table 3 finished

Год	L, сут	$t_w, ^\circ\text{C}$	$Q_t, ^\circ\text{C}$	$t_w$ $\sigma, ^\circ\text{C}$	V, %	s, ‰	$Q_s, ‰$	$s$ $\sigma, ‰$	V, %
II период									
1970	32	16,2	516,9	2,63	16,28	32,39	1037	0,23	0,71
1971	26	17,4	453,0	2,32	13,31	29,27	761	1,03	3,53
1972	36	15,7	563,6	2,19	14,00	32,99	1188	0,20	0,61
1973	34	14,93	507,7	2,05	13,73	30,19	1027	0,98	3,25
1974	40	14,0	560,8	2,00	14,17	23,38	935	5,63	24,06
1975	38	15,4	585,9	2,21	14,32	32,74	1244	0,28	0,87
1976	26	15,4	400,5	1,72	11,18	32,84	854	0,24	0,73
1977	25	14,1	353,0	1,19	8,40	32,46	811	0,52	1,61
1978	31	13,5	418,0	1,62	12,00	32,69	1013	0,42	1,28
1979	29	15,4	446,5	1,86	12,06	32,13	932	0,35	1,10
1980	29	14,8	429,3	2,00	13,48	33,50	972	0,14	0,41
1981	33	12,3	406,7	1,82	14,75	32,71	1079	0,65	2,00
1982	29	13,1	379,9	2,09	15,98	33,25	964	0,22	0,66
1983	29	13,2	383,3	0,71	5,40	31,40	911	0,91	2,90
1984	24	13,8	331,5	1,72	12,43	30,68	736	0,50	1,62
1985	23	14,0	476,1	1,24	8,86	32,06	737	0,34	1,05
1986	25	14,2	498,4	2,49	17,48	30,77	769	0,67	2,18
1987	14	14,7	205,9	1,44	9,82	33,03	462	0,17	0,50
III период									
1975	41	19,8	813,4	2,28	11,47	31,64	1297	0,93	2,95
1976	24	17,9	429,9	1,74	9,73	33,12	795	0,23	0,70
1977	39	18,4	716,3	3,89	21,17	30,06	1172	2,15	7,16
1978	29	19,0	550,1	1,94	10,24	33,04	1013	0,30	0,91
1979	33	19,6	645,6	1,41	7,23	30,84	1018	1,04	3,36
1980	27	18,7	504	1,40	7,50	33,40	902	0,20	0,60
1981	31	16,1	499,8	1,45	8,98	30,37	941	1,25	4,13
1982	32	19,7	628,9	1,77	9,02	33,22	1063	0,25	0,76
1983	27	15,3	413,4	2,26	14,76	26,32	711	2,06	7,81
1984	34	19,2	652,3	1,74	9,08	28,76	978	1,40	4,86
1985	36	16,7	602,1	2,43	14,54	32,61	1174	0,27	0,84
1986	32	16,2	516,8	1,43	8,87	27,65	885	2,69	9,73
IV период									
1969	62	6,5	404,5	4,19	64,14	32,70	2028	0,71	2,16
1970	47	7,2	336,8	4,27	59,52	33,06	1554	0,38	1,14
1971	58	7,6	438,3	3,25	43,06	30,84	1789	1,49	4,83
1972	60	7,9	473,5	4,05	51,32	30,62	1837	0,93	3,04
1973	49	7,5	367,5	3,83	51,06	33,08	1621	0,55	1,67
1974	49	6,4	315,4	4,70	73,06	30,55	1497	1,18	3,88
1975	61	7,5	456,1	3,53	47,27	32,84	2003	0,67	2,03
1976	39	4,4	173,1	4,09	92,04	33,18	1294	0,24	0,74
1977	73	6,5	471,9	4,58	70,90	33,48	2444	0,19	0,56
1978	54	5,5	298,5	2,69	48,67	33,45	1807	0,26	0,77
1979	49	7,6	372,2	4,72	62,16	33,33	1633	0,30	0,89
1980	66	6,1	404,4	4,99	81,50	32,69	2158	0,58	1,78
1981	47	5,3	247,4	4,43	84,11	33,48	1574	0,34	1,01
1982	55	5,8	318,3	3,76	64,91	33,17	1824	0,34	1,04
1983	52	6,2	319,6	4,12	67,05	32,68	1699	0,79	2,41
1984	56	6,6	371,5	4,46	67,15	32,77	1835	0,35	1,06
1985	48	6,4	305,4	4,03	63,29	32,67	1568	0,49	1,49
1986	51	6,0	308,1	4,26	70,56	32,64	1664	0,65	1,98
1987	46	6,4	293,1	3,90	61,14	31,79	1462	0,64	2,03
1988	57	5,8	332,9	4,54	77,69	32,05	1827	1,23	3,85
1989	63	6,7	420,0	4,34	65,02	32,44	2044	0,72	2,33
1990	63	5,4	337,7	4,40	82,07	32,60	2054	0,58	1,77

*Примечание.* Здесь и в табл. 4: L — длительность биологического периода,  $t_w$  — среднепериодная температура воды, s — среднепериодная соленость,  $Q t_w$  — среднепериодная сумма температур,  $Q s$  — среднепериодная сумма солености,  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение, V — вариабельность.

Таблица 4

Средние и экстремальные (max, min) значения термогалинных параметров для каждого биологического периода и величин, характеризующих их изменчивость

Table 4

The average and experimental values of thermohaline parameters for each biological period and their variability and mean square deviation

Наименование	Среднее	$\sigma$	Max/дата	Min/дата
LT <sub>I</sub>	60,33	10,78	89/1990	42/1984
LT <sub>II</sub>	29,06	5,97	40/1974	14/1987
LT <sub>III</sub>	32,08	4,79	41/1975	24/1976
LT <sub>IV</sub>	54,77	7,82	73/1977	39/1976
t <sub>w</sub> T <sub>I</sub>	5,87	0,84	8,0/1988	4,7/1981
t <sub>w</sub> T <sub>II</sub>	14,57	1,20	17,42/1971	12,32/1981
t <sub>w</sub> T <sub>III</sub>	18,04	1,51	19,84/1975	15,31/1983
t <sub>w</sub> T <sub>IV</sub>	6,42	0,85	7,89/1972	4,44/1976
$\sigma$ t <sub>w</sub> T <sub>I</sub>	3,73	0,36	4,50/1990	2,94/1978
$\sigma$ t <sub>w</sub> T <sub>II</sub>	1,85	0,47	2,63/1970	0,71/1983
$\sigma$ t <sub>w</sub> T <sub>III</sub>	1,98	0,67	3,89/1977	1,40/1980
$\sigma$ t <sub>w</sub> T <sub>IV</sub>	4,14	0,51	4,99/1980	2,69/1978
V t <sub>w</sub> T <sub>I</sub>	64,64	6,46	75,24/1973	52,84/1988
V t <sub>w</sub> T <sub>II</sub>	12,65	2,96	17,48/1986	5,40/1983
V t <sub>w</sub> T <sub>III</sub>	11,05	3,83	21,18/1977	7,21/1979
V t <sub>w</sub> T <sub>IV</sub>	65,80	12,52	92,04/1976	43,06/1971
Q t <sub>w</sub> T <sub>I</sub>	359,8	109,2	623,6/1990	221,3/1981
Q t <sub>w</sub> T <sub>II</sub>	439,8	91,5	585,9/1975	205,9/1987
Q t <sub>w</sub> T <sub>III</sub>	581,1	112,9	813,4/1975	413,4/1983
Q t <sub>w</sub> T <sub>IV</sub>	353,0	72,7	473,5/1972	173,1/1976
s T <sub>I</sub>	32,26	0,55	33,24/1982	30,76/1984
s T <sub>II</sub>	31,58	2,29	33,50/1980	23,38/1974
s T <sub>III</sub>	30,91	2,27	33,40/1980	26,32/1983
s T <sub>IV</sub>	32,55	0,86	33,48/1977	30,55/1974
$\sigma$ s T <sub>I</sub>	1,04	0,70	3,55/1988	0,43/1978
$\sigma$ s T <sub>II</sub>	0,75	1,22	5,63/1974	0,14/1980
$\sigma$ s T <sub>III</sub>	1,06	0,83	2,69/1986	0,20/1980
$\sigma$ s T <sub>IV</sub>	0,62	0,34	1,49/1971	0,19/1977
V s T <sub>I</sub>	3,25	2,22	11,23/1988	1,32/1978
V s T <sub>II</sub>	2,73	5,26	24,06/1974	0,41/1980
V s T <sub>III</sub>	3,65	3,04	9,73/1986	0,60/1980
V s T <sub>IV</sub>	1,93	1,10	4,83/1971	0,56/1977
Q s T <sub>I</sub>	1947	348	2819/1990	1292/1984
Q s T <sub>II</sub>	913	180	1244/1975	462/1987
Q s T <sub>III</sub>	996	159	1297/1975	711/1983
Q s T <sub>IV</sub>	1783	259	2444/1977	1294/1976

Примечание. T<sub>I...IV</sub> — биологический период.

Важной характеристикой природной среды является ее устойчивость, стабильность, для характеристики которой определялись коэффициенты вариации (V, %). Варьирование считается слабым, если не превосходит 10 %, средним, когда коэффициент вариации составляет 11–25 %, и значительным при коэффициенте вариации больше 25 % (Лакин, 1990).

Для первого периода характерна значительная вариабельность температуры воды (t<sub>w</sub>) — коэффициент вариации изменяется от 52,84 (1988) до 75,24 % (1973) при средней 64,64 %. Отрицательное влияние вариабельности температуры воды в период нереста (второй период) на

последующую плотность спата гребешка отмечено многими исследователями: эмбрионы и личинки сублиторальных морских животных не приспособлены к резким колебаниям температуры (Милейковский, 1970, 1979; Milekovsky, 1973; Morigi, 1975; Дзюба, Косенко, 1979; Магу, 1985; и др.). Не случайно, что урожайным годам (1977, 1983) соответствует весьма стабильная температура воды, коэффициенты вариации которой в 1,5–3,0 раза ниже, чем в другие годы (см. табл. 3). Коэффициенты вариации для второго периода изменяются от 5,40 (1983) до 17,48 % (1986) при среднем значении 12,65 %. К сожалению, третий период из-за недостатка данных рассматривался всего за 12 лет (1975–1986 гг.). Температура воды в этот период варьировала слабо (от 7,23 % в 1979 г. до 11,47 % в 1975 г.), за исключением 1977 (21,17 %), 1983 (14,76 %) и 1985 гг. (14,54 %), которые являются урожайными. Следовательно, в отличие от периода нереста, в период оседания значительная вариабельность температуры воды сказывается благоприятно на урожайности. Самое сильное варьирование характерно для четвертого периода — от 43,06 (1971) до 92,04 % (1976) при среднем 65,80 %. Какие-то закономерности здесь выявить сложно.

Среднее квадратическое отклонение температуры воды ( $\sigma_t$ ) для I периода изменяется от 2,94 (1978) до 4,50 °C (1990), для II периода — от 0,71 (1983) до 2,93 (1970), для III — от 1,40 (1980) до 2,43 (1985), за исключением 1977 г., когда среднее квадратическое отклонение достигло 3,89 °C. Для IV периода — от 3,25 (1971) до 4,99 (1980), за исключением 1978 г., когда среднее квадратическое отклонение составило всего 2,69 °C.

Для нормального гаметогенеза и прохождения всего пелагического периода развития приморского гребешка от оплодотворения до оседания необходимо определенное количество градусо-дней. В 1927 г. Руннстрем (Runnström, 1927), конкретизировав “правила Ортона” (Orton, 1920), показал в своей известной схеме (“схема Руннстрема”), что созревание половых продуктов и нерест беспозвоночных происходят в пределах конкретных температурных диапазонов и зависят от суммы тепла, накопленного в течение вегетационного периода. Сумма градусо-дней ( $Q_t$ ) является условным показателем теплосодержания вод района в безледный период. Учитывая важность этой температурной характеристики, посчитали суммы температур за каждый репродуктивный период. Ее средняя величина за обследованные годы для первого, преднерестового, периода составила 359,8 градусо-дня. По этому критерию anomalно теплыми были 1971, 1988–1990 гг., близкими к средней многолетней норме — 1972–1974, 1976, 1977, 1979, 1983, 1987 гг., холодными — 1978, 1981, 1984–1986 гг. Во второй, личиночный, период сумма градусо-дней колебалась от 205,9 (1987) до 585,9 (1975) при средней 439,8 градусо-дня. В течение третьего периода, периода оседания, сумма градусо-дней изменялась от 413,4 (1983) до 813,4 (1975) при средней 581,1 градусо-дня. Четвертый период (первая фаза гаметогенеза) характеризовался изменением суммы градусо-дней от 173,1 (1976) до 473,5 (1972) при средней 353,0 (табл. 3, 4).

Соленость морской воды (s) также подвержена значительной изменчивости. Средняя соленость за первый период составляет 32,26 ‰ (от 30,76 ‰ в 1984 г. до 33,24 ‰ в 1982 г.). В течение второго периода варьирование солености значительно сильнее — от 23,38 (1974) до 33,50 (1980) при средней 31,58 ‰. Для третьего периода также характерна значительная изменчивость солености — от 26,32 (1983) до 33,40 (1980) при средней 30,91 ‰. Причем наибольшая соленость характерна для

неурожайных лет, наименьшая — для урожайных. Для четвертого периода соленость более или менее стабильна и изменяется от 30,55 (1974) до 33,48 (1977, 1981) при средней 32,55 ‰. Максимум солености приходится, в отличие от предыдущего периода, на урожайный год, минимум — на неурожайный.

Среднее квадратическое отклонение солености ( $\sigma_s$ ) для всех периодов в основном изменяется незначительно. Для первого периода — от 0,43 (1978) до 1,91 (1981), и только для 1988 г. составляет 3,55 ‰. Для второго периода для всех лет, кроме 1974 г. (5,63 ‰), среднее квадратическое отклонение практически не превышает 1,0 ‰. Для третьего периода изменяется от 0,20 (1980) до 2,69 ‰ (1986). Для четвертого периода — от 0,19 (1977) до 1,49 ‰ (1971).

При исследовании вариабельности солености для каждого периода посчитали коэффициенты вариации (V, %). Для всех периодов характерно в основном слабое варьирование солености. Для первого периода коэффициенты вариации солености изменяются от 1,32 (1978) до 5,91 (1981, 1984), за исключением 1988 г., когда он составил 11,23, среднее значение для данного периода составило 3,25 %. Во втором периоде — от 0,41 (1980) до 3,53 % (1971), за исключением 1974, неурожайного, года, когда коэффициент вариации составил 24,06 %, среднее значение для данного периода — 2,73 %. Третий период характеризуется также слабым варьированием (от 0,60 % в 1980 г. до 9,73 % в 1986 г.), среднее значение — 3,65 %. Для четвертого периода средний коэффициент вариации составил 1,93 % (от 0,56 % в 1977 г. до 4,83 % в 1971 г.).

По аналогии с суммой температур посчитали также кумулятивную соленость морской воды ( $Q_s$ , ‰). В течение первого периода сумма изменялась от 1292 (1984) до 2819 (1990) при средней 1947 ‰; второго — от 462 (1987) до 1244 (1975) при средней 912,9 ‰; третьего — от 711 (1983) до 1297 (1975) при средней 995,8 ‰; четвертого — от 1294 (1976) до 2444 (1977) при средней 1782,6 ‰.

На следующем этапе были рассчитаны отклонения от среднего значения длительности биологических периодов (L) и их термогалинных характеристик (рис. 2). В колебании длительности I периода (вторая половина гаметогенеза) до 1987 г. прослеживалась 5–6-летняя цикличность: наиболее длительным он наблюдался в 1970–1971, 1975–1976 и 1981–1982 гг., наиболее коротким был в 1984 г., а с 1987 г. идет резкое увеличение длительности (рис. 2, а). На рис. 2 (а) видно, что длительности II, III и IV периодов находятся, как правило, в противофазе к длительности I периода, т.е. чем длительнее второй период гаметогенеза, тем короче периоды нереста и оседания, и в то же время чем короче период начальной стадии гаметогенеза, тем длиннее завершающий. Для второго периода характерны три цикла изменчивости: выше нормы (1970–1975), около (1976–1983) и ниже нормы (1984–1987), т.е. прослеживается тенденция сокращения длительности личиночного (II) периода, в отличие от I периода (вторая половина гаметогенеза). Продолжительность периода оседания (III периода) подвержена наименьшей вариабельности. Так же как для весеннего, для осеннего периода гаметогенеза (IV) характерна 5–6-летняя цикличность.

В динамике отклонений средней температуры воды каждого периода от нормы отмечено, что для I периода наиболее урожайным годам соответствуют положительные отклонения (1971, 1977, 1983, 1990 гг.) (рис. 2, б). Для II периода можно выделить свои особенности: для 1970–1980 гг. характерен более или менее равномерный разброс отклонений

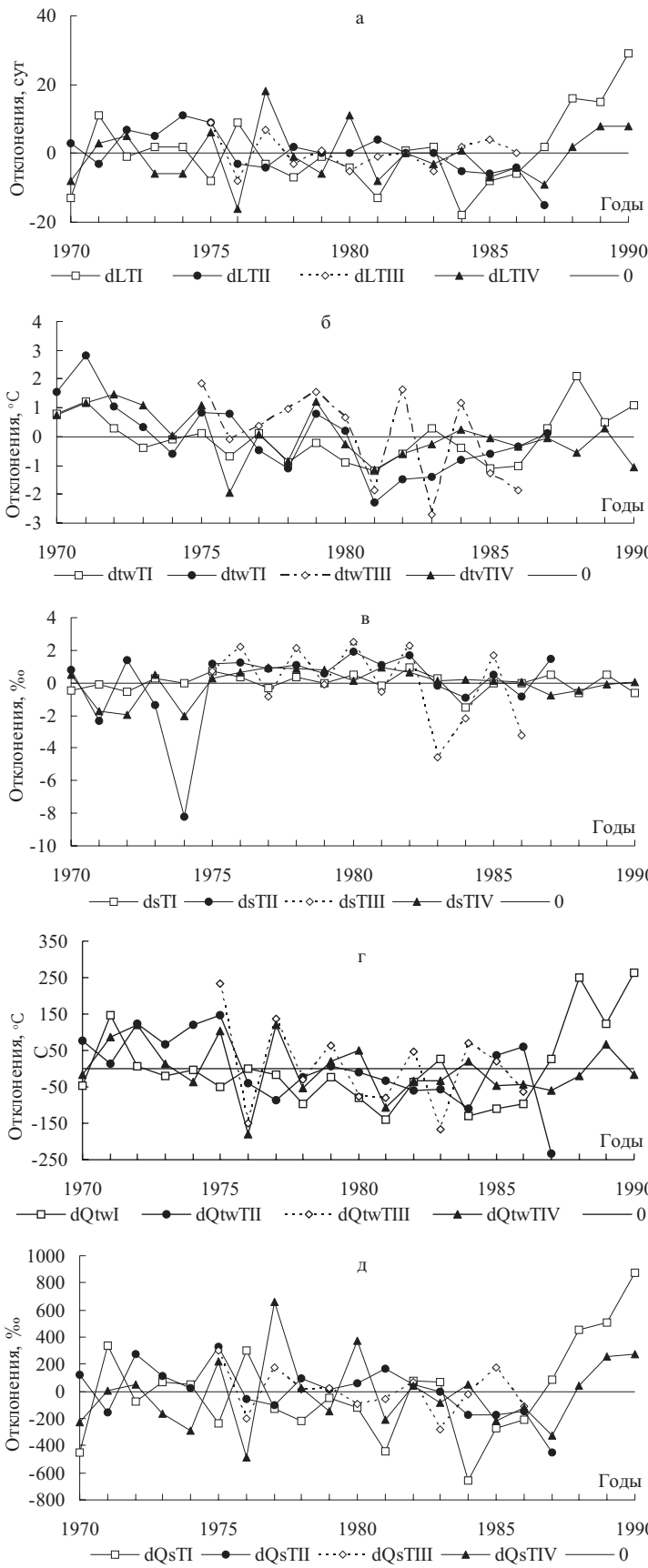


Рис. 2. Отклонения (d) от средней: **а** — длительности (L) биологических периодов (T); **б** — среднепериодной температуры воды ( $t_w$ ); **в** — среднепериодной солёности (s); **г** — среднепериодной суммы температур ( $Qt_w$ ); **д** — среднепериодной суммы солёности ( $Qs$ )

Fig. 2. Deviations (d) from the many-year average values: **а** — length (L) of biological periods (T); **б** — average water temperature for the periods ( $t_w$ ); **в** — average salinity for the periods (s); **г** — average sum of temperatures ( $Qt_w$ ); **д** — average sum of salinity ( $Qs$ )



температуры от нормы, а в отрезке времени с 1981 по 1986 г. отклонения отрицательные, т.е. температура ниже нормы. Третий период, наоборот, в течение 1975–1980 гг. имеет положительные аномалии, а с 1981 г. знак отклонений меняется от года к году на противоположный, при этом урожайным годам соответствуют температуры около или ниже нормы. Ход отклонений температуры осеннего периода гаметогенеза (IV) аналогичен весеннему периоду гаметогенеза (I), за исключением последних трех лет (1988–1990).

При анализе отклонения солености от нормы установлено, что вторая половина гаметогенеза (I период) характеризуется незначительными положительными отклонениями солености от нормы (рис. 2, в). Для нерестового периода (II) с 1970 по 1974 г. отмечаются как положительные, так и отрицательные отклонения, причем на 1974, неурожайный, год приходится самая низкая соленость. С 1975 по 1983 г. наблюдается повышенная соленость, а потом — опять варьирование около нормы. Для третьего периода, периода оседания, с 1975 по 1982 г. соленость выше нормы или варьирует около среднего значения. С 1983 г. отмечаются колебания около нормы, причем с большим размахом в отрицательную сторону. Период начальной стадии гаметогенеза (IV) характеризуется неравномерностью распределения аномалий. С 1970 по 1974 г. преобладают отрицательные отклонения, с 1975 по 1986 г. — положительные. Причем почти для всех урожайных лет (за исключением 1971 г.) в этот период характерны высокие значения солености.

Анализ отклонений сумм градусо-дней от нормы дал следующие результаты (рис. 2, г). Распределение отклонений сумм температур в течение I периода в общих чертах повторяет распределение средних температур. Но для II периода картина несколько отлична: с 1970 по 1975 г. отклонения положительные, с 1976 по 1984 г. — отрицательные, затем опять в 1985–1986 гг. теплосодержание поднимается выше нормы с последующим резким его уменьшением до минимума в 1987 г. Ход кривой отклонений сумм температур для III и IV периодов соответствует ходу средних температур. А ход отклонений кумулятивной солености, в отличие от средней солености, характеризуется большим разбросом относительно нормы. Кроме того, с 1986 г. отмечается резкое увеличение кумулятивной солености, так же как теплосодержания (рис. 2, д).

Для выявления зависимости исследуемых параметров между собой проведен анализ корреляционных матриц средних продолжительностей биологических периодов (табл. 5), средних значений температуры (табл. 6) и солености (табл. 7) морской воды для каждого периода по критерию Фишера на 5 % уровне значимости.

По продолжительности биологических периодов положительная значимая связь отмечается для IV (начало гаметогенеза) и III (период оседания) периодов.

Высокая обратная взаимосвязь наблюдается между продолжительностью I и III периодов, т.е. чем длиннее период от устойчивого перехода температуры воды через 0 °С весной до начала нереста, тем короче период оседания. Эта зависимость подтверждается при анализе графиков аномалий (рис. 2). Анализ термогалинных

Таблица 5  
Нижний треугольник  
корреляционной матрицы  
средних продолжительностей  
(L, сут) периодов (T)

Table 5  
The lower triangle  
of the correlation matrix  
of average values of duration  
(L) for each period (T)

	LT <sub>I</sub>	LT <sub>II</sub>	LT <sub>III</sub>	LT <sub>IV</sub>
LT <sub>I</sub>	1,00			
LT <sub>II</sub>	-0,07	1,00		
LT <sub>III</sub>	-0,47	0,14	1,00	
LT <sub>IV</sub>	-0,22	0,10	0,50	1,00

Таблица 6  
Нижний треугольник  
корреляционной матрицы  
средних значений  
температуры воды ( $t_w$ , °C)  
для каждого периода (T)  
Table 6  
The lower triangle  
of the correlation matrix  
of average values  
of water temperature ( $t_w$ , °C)  
for each period (T)

	$t_w T_I$	$t_w T_{II}$	$t_w T_{III}$	$t_w T_{IV}$
$t_w T_I$	1,00			
$t_w T_{II}$	0,27	1,00		
$t_w T_{III}$	0,22	0,45	1,00	
$t_w T_{IV}$	0,53	0,37	0,39	1,00

Таблица 7  
Нижний треугольник  
корреляционной матрицы  
средних значений солёности  
морской воды (s, ‰)  
для каждого периода (T)  
Table 7  
The lower triangle  
of the correlation matrix  
of average values  
of salinity (s, ‰)  
for each period (T)

	$sT_I$	$sT_{II}$	$sT_{III}$	$sT_{IV}$
$sT_I$	1,00			
$sT_{II}$	0,68	1,00		
$sT_{III}$	0,47	0,82	1,00	
$sT_{IV}$	0,04	0,44	0,30	1,00

Кроме того, по нашим наблюдениям отмечено, что:

- для термогалинных характеристик периодов обнаружена тесная положительная связь между соседними периодами;
- прослеживается тенденция сокращения длительности личиночного периода;
- продолжительность периода оседания подвержена наименьшей вариабельности;
- длительности II, III и IV периодов находятся в квазипротивофазе к длительности I периода, т.е., чем длительнее второй период гаметогенеза, тем короче периоды нереста и оседания. В то же время чем короче период начальной стадии гаметогенеза, тем длиннее период завершающей.

характеристик во время каждого периода свидетельствует о том, что связи между соседними периодами значимые, за исключением I и IV периодов по солёности. Следует отметить, что для солёности коэффициенты корреляции выше, чем для температуры. Таким образом, взаимосвязь между биологическими периодами подтверждается распределением корреляционных связей внутри матриц. Следовательно, чем длительнее начальный период гаметогенеза, тем длительнее период оседания и, наоборот, чем длиннее период от устойчивого перехода температуры воды через 0 °C весной до начала нереста, тем короче период оседания.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

В годы с хорошей урожайностью спа-та приморского гребешка, как правило:

- продолжительность биологических периодов около нормы;
- среднепериодная температура около или чуть ниже нормы;
- вариабельность температуры воды во время I и II периодов ниже, а III и IV периодов — выше нормы;
- сумма температур близка к норме;
- солёность морской воды во время I и II периодов около нормы, для III — ниже, для IV периода — выше нормы;
- кумулятивная солёность морской воды за личиночный период ниже нормы.

## Литература

**Белогрудов Е.А.** Данные по изучению биологии гребешка и разработке его разведению в зал. Посъета: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 68043046; Арх. № 12298. — Владивосток, 1970. — 39 с.

**Белоградов Е.А.** Биология, распределение и численность морского гребешка в зал. Посыета: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 71070040; Арх. № 12797. — Владивосток, 1971. — 28 с.

**Белоградов Е.А.** Искусственное разведение морского гребешка в зал. Посыета: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 71070040; Арх. №. — Владивосток, 1972. — 25 с.

**Белоградов Е.А.** Уточнение некоторых вопросов биотехники искусственного разведения морского гребешка в зал. Посыета: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 71070040; Арх. № 13220. — Владивосток, 1973. — 28 с.

**Белоградов Е.А.** К биотехнике искусственного разведения гребешка: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 73045601; Арх. № 14327. — Владивосток, 1974а. — 16 с.

**Белоградов Е.А.** Материалы к инструкции по технике искусственного разведения морского гребешка в зал. Посыета: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 73045601; Арх. № 13817. — Владивосток, 1974б. — 16 с.

**Белоградов Е.А.** Материалы по биологии, динамике численности и распределению личинок гребешка и других двустворчатых моллюсков в бухте Миноносок: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР; 73045601; Арх. № 14662. — Владивосток, 1976а. — 40 с.

**Белоградов Е.А.** Результаты изучения экологии гребешка и его личинок в зал. Посыета в 1976: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 73045601; Арх. № 13536. — Владивосток, 1976б. — 30 с.

**Белоградов Е.А.** Материалы к разработке методики прогнозирования сроков установки коллекторов для сбора личинок гребешка, возможного количества спата и районов его максимального сбора: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР; Инв. №; Арх. №. — Владивосток, 1979. — 20 с.

**Белоградов Е.А., Мальцев В.Н.** Данные по экологии и биотехнике разведения гребешка в зал. Посыета: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 73045601; Арх. № 13536. — Владивосток, 1974. — 29 с.

**Белоградов Е.А.** Культивирование // Приморский гребешок. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 201–211.

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

**Брегман Ю.Э., Шаповалова (Гайко) Л.А.** Гидротермальные условия и плотность спата на коллекторах // Совершенствование биотехники культивирования моллюсков и трепанга: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № ГР 01826005266; Арх. № 19935. — Владивосток, 1986. — С. 31, 105–109.

**Габаев Д.Д.** О долгосрочном прогнозировании обилия оседающих на коллекторы промысловых двустворчатых моллюсков // 3-й Всесоюз. съезд океанол.: Тез. докл. — Л.: ААНИИ, 1987. — Ч. 1: Биол. океана. — С. 99–100.

**Габаев Д.Д.** Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1990. — 20 с.

**Дзюба С.М., Косенко Л.А.** Влияние некоторых абиотических факторов на гаметогенез двустворчатых моллюсков // 14-й Тихоок. науч. конгр.: Тез. докл. — М.: Наука, 1979. — С. 117–118.

**Кучерявенко А.В.** Влияние культивируемых моллюсков на количество и состав органического вещества в районах мариккультуры // 3-й Всесоюз. конф. по мор. биол.: Тез. докл. — Киев: ИнБЮМ АН СССР, 1988. — Ч. 2. — С. 251.

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

**Милейковский С.А.** Зависимость размножения и нереста морских шельфовых донных беспозвоночных от температуры воды // Тр. ИОАН СССР. — 1970. — Т. 88. — С. 113–148.

**Милейковский С.А.** Сезонность размножения морских прибрежных и эстуарных донных беспозвоночных // 14-й Тихоок. науч. конгр.: Тез. докл. — М.: Наука, 1979. — С. 127–128.

**Gayko L.A.** Influence of abiotic factors on mariculture yield in Primorsky Krai (Sea of Japan) // Symposium on Humanity and World Ocean: Interdependence at the Dawn of New Villenium, PACON 99. — 2000. — P. 428–438.

**Ito S., Kanno H., Takahashi K.** Some problems on culture of the scallop in Mutsu bay // Bull. of the Mar. Biol. Stat. of Asamushi. — 1975. — Vol. 15, № 2. — P. 89–100.

**Maru K.** Ecological studies on the seed production of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) // Idict. Mariv. Hokk. — 1985. — № 27. — P. 1–53.

**Milekovsky S.A.** Speed of active movement of pelagic larvae of marine bottom invertebrates and their ability to regulate their vertical position // Mar. Biol. — 1973. — Vol. 23, № 1. — P. 11–17.

**Mori K.** Seasonal variation in physiological activity of scallops under culture in the coastal waters, of Sanriku district, Japan, and a physiological approach of a possible cause of their mass mortality // Bull. of the Mar. Biol. Stat. of Asamushi. — 1975. — Vol. 15, № 2. — P. 59–79.

**Orton J.H.** Sea-temperature, breeding and distribution in marine animals // J. Mar. Biol. Assoc. U.K., N.S. — 1920. — Vol. 12, № 2.

**Runnström S.** Über die Thermopathie der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere in Beziehung zu ihrer geographischen Verbreitung // Bergens. Mus. Aarb. Naturv. rekke. — 1927. — № 2.

*Поступила в редакцию 6.08.02 г.*