

УДК 639.311.053.1:639.446

Л.А.Гайко
(ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Для нормального функционирования хозяйств марикультуры и возможности планирования урожайности большое значение приобретают сведения о влиянии абиотических факторов на состояние прибрежных морских экосистем. Исходной информацией для исследования послужили данные наблюдений гидрометеорологической станции Посыет и Экспериментальной морской базы "Посыет", на которой выращивание приморского гребешка в зал. Посыета производилось с 1970 по 1990 г. В работе исследовалась изменчивость урожайности приморского гребешка под воздействием естественных факторов внешней среды. Схема долгосрочного прогноза урожая наиболее устойчива, если она многоуровневая, т.е. учитывает одновременно состояние подстилающей поверхности, тропосферную циркуляцию, циркуляцию в стратосфере или гелиофизические факторы. В результате статистического анализа влияния данных параметров на урожайность моллюсков выбраны наиболее информативные предсказатели для дальнейших целей прогнозирования урожайности в хозяйствах марикультуры физико-статистическими методами (на примере приморского гребешка).

Gayko L.A. Variability of the yield of japanese scallop under influence of abiotic factors // *Izv. TINRO.* — 2004. — Vol. 137. — P. 360–377.

The data on the effect of abiotic factors on the state of coastal marine ecosystem are very important for a normal exploitation of sea farms and planning of their production. The choice of the most informative predictors is a major task in long-term forecasting of the farms productivity by physical statistical methods. The observation data of Posyet hydrometeorological station and the marine experimental base "Posyet" were used for solving this problem. The observations have been conducted simultaneously for 21 years (1970–1990). The parameters of underlying surface, tropospheric circulation, stratospheric circulation, and heliophysical factors were used as predictors for the long-term prognosis of production of the scallop.

The quantitative analysis of synchronous dependencies of the scallop yield on predictors with using the coefficients of correlation (r) and similarity (ρ) has shown that: i) among heliophysical factors, the number of solar and lunar eclipses in March and May, respectively, has the largest correlation and maximum closeness with the scallop production (frequent eclipses are typical for low-productive years); ii) a significant effect on productivity is exerted by a "mixed form" of atmospheric circulation by Ilyinsky in November, or a southern type of synoptic processes by Kalachikova and Nikolaeva in March and June; iii) among meteorological predictors, air temperature in May and June has the greatest effect on the scallop production; iv) among hydrological parameters, water temperature in June has a negative correlation with the scallop production. Besides, the years of high yield were preceded by those of low annual water temperatures. A sufficiently high inverse correlation exists between the productivity and salinity. The scallop production depends on the air-

water temperature difference in June and November. Moreover, the production depends on the dates of the spawning beginning and settling beginning, and on duration of prespawn period. Finally, the earlier date of water temperature transition through 14 °C in autumn corresponds to low-yield, and later dates precede the high-productive years.

На нормальное функционирование марихозяйств, расположенных в прибрежной части моря, оказывают влияние самые различные факторы среды. При планировании урожайности большое значение приобретают сведения о влиянии этих абиотических факторов на состояние морских экосистем. Сложность составления прогноза с наибольшей вероятностью для биологической системы состоит в том, что эта система является открытой и практически невозможно учесть все факторы, влияющие на процесс ее развития. Схематически все абиотические факторы, действующие на морские экосистемы, в нашем случае на хозяйства марикультуры, можно представить в виде сложной системы взаимодействия *солнце—атмосфера—земля / гидросфера*. Результатом воздействия этой системы на район расположения марихозяйства является определенный погодный режим, вызывающий в значительной мере межгодовую изменчивость урожайности моллюсков.

Существующие методики прогнозирования плотности спата двустворчатых моллюсков основываются, как правило, на выявлении эмпирических зависимостей между биологическими и гидротермальными показателями (Раков, 1977; Брегман и др., 1987). Но использование прогноза только в этом аспекте значительно ограничивает возможности гидрометеорологического обслуживания хозяйств марикультуры и не позволяет составить прогноз с высокой долей оправдываемости и с большой заблаговременностью. Для решения этой задачи используется принципиально новый подход, основанный на применении климатической информации в прогностических целях, который давно и с успехом используется при составлении прогнозов в гидро- и агрометеорологии. При этом учитывается большое многообразие абиотических факторов, влияющих на биологический объект, что делает возможным применение для целей прогноза физико-синоптико-статистических схем (Пасов, 1971; Чирков, Пестерева, 1990). Использование этих схем применительно к аквакультуре позволяет учитывать реально существующие связи между погодой и состоянием подстилающей поверхности, с одной стороны, и урожайностью биологических объектов, формирующейся под влиянием этих условий, — с другой. Эти методы дают возможность составлять прогнозы урожайности биологических объектов различной заблаговременности.

Данная работа является продолжением исследования влияния на изменчивость урожайности приморского гребешка естественных факторов среды (Гайко, Жабин, 1996; Gayko, 1996, 1999, 2000a, b; Гайко, 2002a, б). В работе проведено детальное исследование взаимозависимости плотности оседания спата приморского гребешка — предиктанта — от биотических и абиотических факторов среды — предикторов.

Исходной информацией для исследования послужили данные наблюдений за молодью приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) на Экспериментальной морской базе “Посъет”. Выращивание приморского гребешка производилось в бухте Миноносок зал. Посъета на протяжении 21 года (с 1970 по 1990 г.) (рис. 1).

В качестве предиктанта — объекта исследования — была выбрана урожайность приморского гребешка при его выращивании в естественных условиях в бухте Миноносок. Под термином “урожайность” понимается удельное количество или плотность осевшего на коллекторы спата гребешка. В промышленных условиях плотность спата определялась в экземплярах на коллектор, но так как

материал, из которого изготавливались коллекторы, и их форма менялись, то для унифицирования данных Д.Д.Габаев (1990) предложил считать плотность спата в экземплярах на квадратный метр (экз./м²). Исходный ряд наблюдений над плотностью осевшего на коллекторы спата гребешка (экз./м²) выбран в результате анализа данных по оседанию спата на коллекторы с.н.с. ТИПРО Е.А.Белогородова (1970–1976, 1979), рабочих данных ЭМБ "Посыет", данных с.н.с. ИБМ ДВО РАН Д.Д.Габаева (1990).

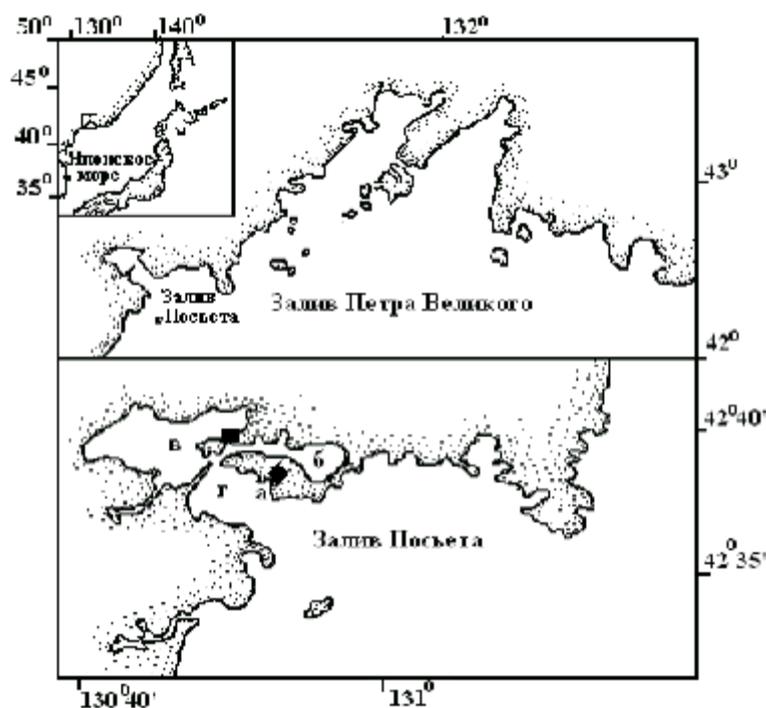


Рис. 1. Карта-схема зал. Посыета: гидрометеорологическая станция Посыет (■), Экспериментальная морская база "Посыет" (◆), а — бухта Миноносок, б — бухта Новгородская, в — бухта Экспедиции, г — бухта Рейд Паллады

Fig. 1. The location of Possyet Hydrometeorological Station (■) and of Experimental Mariculture Station Possyet (◆) on the aquatorium of Possyet Bay of Peter the Great Bay; а — Minnosok Inlet, б — Novgorodsky Inlet, в — Ekspedizii Inlet, г — Reyd Pallada Inlet

Важнейшей задачей при долгосрочном прогнозировании урожайности в морских хозяйствах является выбор наиболее информативных предикторов. При отборе предикторов прежде всего учитывались факторы, влияющие на годовой цикл моллюсков, такие как температура воды, особенно ее вариабельность, соленость воды, количество градусо-дней, пищевые условия, ветровой режим, солнечная радиация, количество и интенсивность осадков, атмосферное давление, морские течения, приливы, фазы Луны, лунные и иные ритмы, солнечные затмения и др. (Runnstrom, 1927; Петипа, 1955; Kogringa, 1957, 1974; Милейковский, 1970, 1981; Дзюба, Косенко, 1979; Кочемасов и др., 1980; Пырина, Сигарева, 1986; и др.). Также были проанализированы предикторы, используемые при составлении прогнозов рыбопромысловой обстановки, при прогнозировании урожайности в сельском хозяйстве, в охотоведческих хозяйствах (Абашкин, 1976; Корытин, 1976; Поляков, 1976; Васильев, Коробов, 1987; Закутский и др., 1987; Земская, Ревина, 1987; Глебова, 1988; Новиков, Шершенков, 1988; Кляшторин, Сидоренков, 1996; и др.).

Гидрометеорологические, синоптические, гелиофизические материалы выбирались из соответствующих справочных пособий (Солнечные данные ..., 1953–1992; Метеорологический ежемесячник ..., 1955–1992; Справочник ..., 1966–1969; Методические указания ..., 1977; The American Ephemeris ..., 1983). При отборе биологических предикторов рассматривались четыре периода в годовом цикле развития гребешка: I период — вторая половина гаметогенеза (от даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °С весной до начала нереста); II — период планктонного развития (от нереста до начала оседания личинок); III — 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) (Гайко, 2002б).

Временной ряд урожайности, как в сельскохозяйственном производстве, так и в марикультуре, является нестационарным, так как колебания урожайности обусловлены уровнем агротехники, долгопериодными колебаниями климата и т.п. Для выделения из временных рядов урожайности этих существенных факторов Е.С.Уланова, В.Н.Забелин (1990), А.Н.Полевой (1975), Ю.И.Чирков, Н.М.Пестерева (1990) предложили использовать понятие “тенденция”, или “трендовая составляющая урожайности”. По аналогии с агрометеорологией урожайность моллюсков (P_t) рассматривается как сумма двух основных составляющих: неслучайной, или трендовой (E_t), обусловленной культурой агротехники и долгопериодными колебаниями климата, и случайной составляющей (ΔP_t), которая определяется погодными особенностями конкретного года (t), т.е.:

$$P_t = E_t + \Delta P_t. \quad (1)$$

Для выделения неслучайной, или трендовой, составляющей урожайности было произведено сглаживание ряда урожайности моллюсков и его выравнивание при помощи аналитических функций. Сглаживание произведено различными методами, в результате получены трендовые составляющие, которые представлены на рис. 2. Далее было рассмотрено распределение отклонений урожайности (ΔP) от тренда (E_t), рассчитанных по скользящим пятилетиям, по параболическому закону и по линейному сглаживанию с экспоненциальными весами по грациям, кратным $\pm 0,67\sigma$. Эта величина взята из агрометеорологии, где она используется при оценке оправдываемости прогнозов в качестве допустимой погрешности (Методические указания ..., 1977). Были вычислены отклонения от всех рассмотренных трендовых составляющих. Отклонения в пределах $\pm 0,67\sigma$ для всех трех моделей отмечались в 52,4 % случаев. Отклонения меньше $0,67\sigma$ получены для 1 и 3-й моделей в 28,6 %, больше $0,67\sigma$ — в 19,0 % случаев, для второй модели эти отклонения равны и составляют 23,8 %. Будем считать областью низких урожаев все годы с отклонениями урожайности от тренда ниже $0,67\sigma$, областью высоких урожаев — выше $0,67\sigma$. Остальные годы входят в область урожаев около тренда.

Таким образом, учитывая знак и величину отклонений, весь исходный ряд урожайности, на основании анализа распределения отклонений от тренда, по правилу большинства голосов был условно разделён на три группы лет: высокоурожайные (выше тренда), низкоурожайные (ниже тренда) и среднеурожайные (около тренда) (Гайко, 2002б). К урожайным годам можно отнести 1971, 1973, 1977, 1983, 1986, 1990, к неурожайным — 1970, 1974, 1975, 1978, 1980, 1989.

Схема долгосрочного прогноза урожая наиболее устойчива, если она многоуровневая. За основу нами была принята схема прогноза урожая риса Н.М.Пестеревой (Чирков, Пестерева, 1990), которая учитывала одновременно состояние подстилающей поверхности, тропосферную циркуляцию, циркуляцию в стратосфере. В нашем случае, учитывая особенности прогнозируемой величины — урожай моллюсков (ΔP), более детально рассматривались факторы морской среды, а также гелиофизические факторы, воздействие которых оказывает значительное влияние на морских обитателей, как было указано выше. С учетом этих особенностей модель прогноза урожая для нашего случая имеет следующий вид:

$$\Delta P = a_1(A_1, A_2) + a_2B + a_3(C_1, C_2, C_3) + a_4, \quad (2)$$

где a_1, a_2, a_3 и a_4 — коэффициенты уравнения; A_1, A_2 — предикторы, учитывающие космофизические факторы или циркуляцию стратосферы; B — предикторы, учитывающие циркуляцию тропосферы; C_1, C_2, C_3 — предикторы, учитывающие особенности приземного состояния атмосферы над поверхностью того района, по которому прогнозируется урожай; особенности состояния подстилающей поверхности данного района, в том числе морской среды, или учитывающие биологические особенности объекта культивирования.

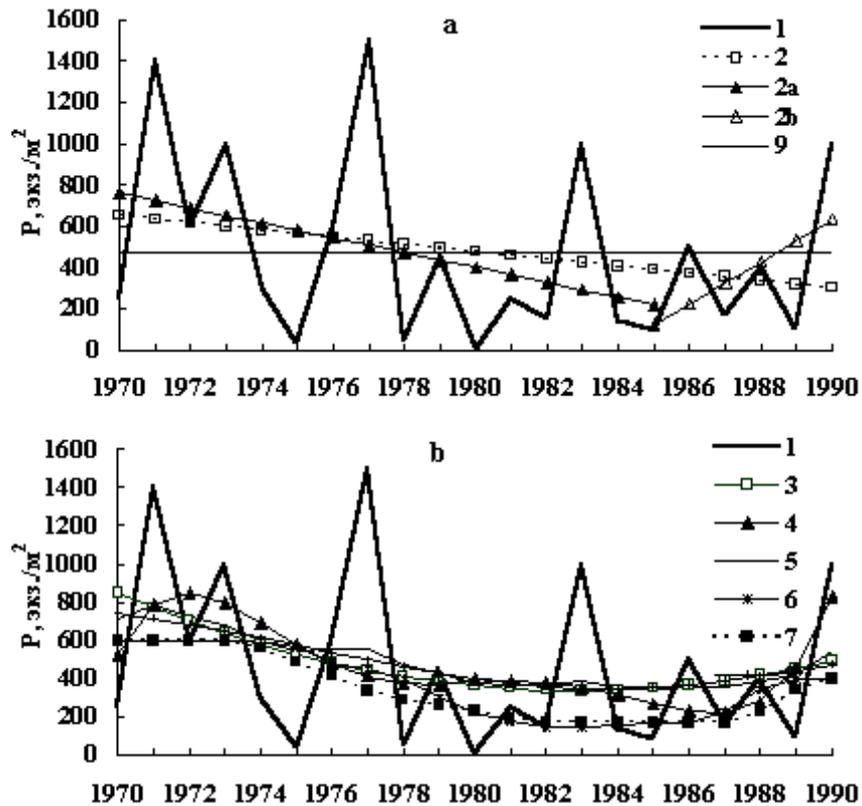


Рис. 2. Динамика урожайности гребешка в бухте Миноносок (1) и её трендовая составляющая, аппроксимированная: **a** — прямой (2, 2a, 2b), **b** — полиномом второй степени (3), скользящей средней по пятилетиям (4), линейным сглаживанием с экспоненциальными весами (5), медианное сглаживание 53Н (6), 11.9753Н (7), фильтром низких частот (8) и средняя многолетняя урожайность (a, 9) (476 экз./м²)

Fig. 2. Dynamics of scallop productivity in Minonosok Intel (1) and its trend constituent, approximated by: **a** — direct (2, 2a, 2b); **b** — polynomial of second degree (3), sliding mean over five-years periods (4), linear smoothing with exponential balances (5), median smoothing 53N (6), 11.9753N (7), low-frequency filter (8), and average many-year productivity (a, 9) (476 sp./m²)

На основании анализа особенностей гидрометеорологического режима акватории зал. Посъета, термогалинных условий различных периодов годового цикла развития гребешка, литературного анализа абиотических факторов, влияющих на приморский гребешок и с учетом того, что прогностическая схема должна быть многоуровневой, был проведен качественный отбор возможных предсказателей. Причем рассматривались как непосредственно натурные наблюдения, так и расчетные параметры, как, например, сумма градусо-дней воды и кумулятивная соленость за отдельные месяцы и за различные периоды развития гребешка, и т.п. Возможные предсказатели были сгруппированы следующим образом.

Группа I

- **космофизические:** солнечная активность, количество солнечных и лунных затмений, солнечное сияние;
- **циркуляция стратосферы:** положение и интенсивность циркумполярного вихря, описываемые комплексным показателем.

Группа II

- **синоптические:** формы атмосферной циркуляции, типы синоптических процессов.

Группа III

• **метеорологические:** аномалии температуры воздуха, давление воздуха, сумма атмосферных осадков за весенне-летний период, скорость ветра, число дней с различными типами погоды;

• **гидрологические:** аномалии поверхностной температуры и солености морской воды, продолжительность ледового периода;

• **биологические:** продолжительность периодов жизненного цикла гребешка (периоды нереста, оседания личинок, гаметогенеза); термогалинные характеристики этих периодов;

• **комплексные:** сумма градусо-дней воды за отдельные месяцы, разность температур воды и воздуха в теплый и холодный периоды, а также по отдельным месяцам; даты устойчивого перехода температуры воды через 0 и 12 °С весной и 14 и 0 °С осенью; среднепериодные значения температуры и солености воды для четырех периодов биологического развития гребешка; средние квадратические отклонения; коэффициенты вариации; суммы градусо-дней и значений солености, т.е. суммы среднесуточных значений элементов для каждого периода от даты начала периода до даты его окончания.

Такой большой объем исходного массива данных было необходимо подвергнуть многократному просеиванию с целью отбора наиболее информативных предсказателей. При расчете и статистическом отборе наиболее важных связей естественным критерием для выявления реальных статистических зависимостей является коэффициент корреляции, величина которого сравнивается с некоторым его критическим значением, и коэффициент аналогичности. Количественные зависимости между урожайностью (предиктантом) и факторами среды (предикторами) были получены по рассчитанным коэффициентам парной корреляции и коэффициентам аналогичности Н.А.Багрова (1970) (табл. 1). Коэффициент аналогичности (ρ), определяющий тесноту связи между предиктором и предиктантом, рассчитывался по формуле:

$$\rho = n_+ - n_- / n_+ + n_- \quad (3)$$

где n_+ — число совпадения знаков в ходе кривых предиктора и предиктанта; n_- — число несовпадения знаков в ходе этих же кривых.

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции (r) и аналогичности (ρ)
между предиктантом (Pt) и предикторами

Table 1

The correlation coefficients (r) and coefficient of similarity (ρ)
between productivity (predictand) and environmental factors (predictors)

№	Предиктор	r	ρ	№	Предиктор	r	ρ
1	L, сут	-0,21	-0,20	59	Qt _w 11т, °С	-0,08	0,10
2	LT1, сут	0,40	0,47	60	Qt _w T ₁ , °С	0,42	0,30
3	LT2, сут	-0,07	-0,20	61	Qt _w T ₂ , °С	-0,04	-0,18
4	LT3, сут	0,05	-0,09	62	Qt _w T ₃ , °С	-0,09	-0,09
5	LT4, сут	0,26	-0,22	63	Qt _w T ₄ , °С	0,26	0,00
6	L0t _w в, сут	-0,06	0,11	64	QsT ₁ , ‰	0,38	0,30
7	LaбсT ₁ , сут	0,45	0,50	65	QsT ₂ , ‰	0,14	-0,29
8	LaбсT ₂ , сут	0,45	0,29	66	QsT ₃ , ‰	-0,20	-0,09
9	Lло, сут	-0,10	0,05	67	QsT ₄ , ‰	0,23	-0,10
10	Lлн, сут	0,16	0,22	68	Q1квт _w , °С	-0,09	0,18
11	L0twос, сут	0,27	0,00	69	Q2квт _w , °С	-0,33	-0,30
12	L10t _w в, сут	0,00	0,16	70	Q3квт _w , °С	-0,15	-0,47
13	L14t _w ос, сут	-0,00	0,05	71	Q4квт _w , °С	0,31	0,10
14	Lotpt _w , сут	-0,10	-0,10	72	Q(03+04)t _w , °С	0,02	-0,16
15	t _a , °С	-0,30	-0,50	73	Qt _w 11, °С	0,20	0,00
16	t _w , °С	-0,03	-0,58	74	Qt _w 06, °С	-0,38	-0,20
17	t _a +, °С	-0,38	-0,70	75	Qotpt _w , °С	-0,05	0,20

Окончание табл. 1
Table 1 finished

№	Предиктор	г	ρ	№	Предиктор	г	ρ
18	t_w+ , °C	-0,22	-0,50	76	$\Delta t_w T_1$, °C	0,42	0,30
19	t_a^{05} , °C	-0,45	-0,68	77	$ТП_w^B$	0,46	0,70
20	t_a^{06} , °C	-0,38	-0,30	78	$ТП_a^B$	-0,15	-0,50
21	t_w^{06} , °C	-0,53	-0,47	79	$ТП_{y3}^1$	-0,27	0,10
22	t_w^{11} , °C	0,21	0,25	80	$ТП_{yB}^1$	-0,09	-0,16
23	$\Delta t+$, °C	0,22	0,40	81	$ТП_{yB}^1 Pr$	0,15	0,56
24	$\Delta t-$, °C	0,35	0,10	82	$ТП_{y3}^1 Pr$	-0,31	-0,16
25	Δt^{06} , °C	0,43	0,60	83	$ТП_{y3}^1 Pr$	0,37	-0,22
26	Δt^{11} , °C	0,52	0,35	84	$ТП_{yB}^1 Pr$	-0,25	-0,16
27	$t_w T_1$, °C	0,37	0,30	85	$ТП_{yB}^1 05$	0,35	0,65
28	$t_w T_2$, °C	0,31	-0,06	86	$ТП_{y3}^1 05$	-0,42	-0,33
29	$t_w T_3$, °C	-0,34	-0,27	87	$ТП_{y3}^1 06$	-0,31	-0,69
30	$t_w T_4$, °C	0,14	-0,20	88	$фКз^3 06$	-0,18	0,14
31	$V\%t_w T_1$, °C	-0,10	0,00	89	$фКс11$	-0,22	-0,41
32	$V\%t_w T_2$, °C	-0,33	-0,50	90	$фКю03$	-0,33	-0,40
33	$V\%t_w T_3$, °C	0,72	-0,09	91	$фКю06$	0,30	0,33
34	$V\%t_w T_4$, °C	-0,06	0,30	92	$фКв11$	0,26	0,27
35	$\sigma t_w T_1$	0,45	0,11	93	$фКв06$	-0,19	-0,14
36	$\sigma t_w T_2$	-0,18	-0,29	94	$фВw11$	0,10	0,29
37	$\sigma t_w T_3$	0,66	0,09	95	$фИз03$	-0,08	-0,50
38	$\sigma t_w T_4$	-0,02	0,30	96	$фИс11$	-0,31	-0,47
39	sT_1 , ‰	-0,22	-0,40	97	$фИс03$	-0,18	-0,27
40	sT_2 , ‰	-0,19	-0,65	98	$фИш03$	-0,15	0,20
41	sT_3 , ‰	-0,51	-0,82	99	$фИш$	0,20	-0,07
42	sT_4 , ‰	-0,12	0,30	100	$фИм$	-0,16	0,07
43	$V\%sT_1$, ‰	0,02	0,37	101	$фИ(ш-м)$	-0,18	0,07
44	$V\%sT_2$, ‰	-0,07	0,65	102	$ос$, мм	0,20	0,30
45	$V\%sT_3$, ‰	0,61	0,82	103	$ос(4+10)$, мм	0,21	0,40
46	$V\%sT_4$, ‰	0,31	-0,10	104	$ос(4+5)$, мм	0,09	0,47
47	σsT_1	0,02	0,37	105	$ос(5+6)$, мм	0,13	0,80
48	σsT_2	0,06	0,65	106	$C11$	-0,21	-0,40
49	σsT_3	0,64	0,82	107	$C03$	-0,32	-0,10
50	σsT_4	0,22	0,05	108	Ss	-0,11	0,22
51	V , м/с	0,18	0,25	109	W	-0,15	0,00
52	p	-0,35	-0,30	110	Z	0,06	-0,11
53	s , ‰	-0,47	-0,70	111	$z03$	-0,37	-0,43
54	$s03$, ‰	-0,34	0,00	112	$z05$	-0,33	-1,00
55	$s06$, ‰	-0,17	0,70	113	$z06$	0,16	0,67
56	t_w^{11T} , °C	0,31	-0,05	114	$фКс11T$	0,08	0,50
57	t_w^{-a11T} , °C	0,13	-0,26	115	$фКв11T$	0,12	0,00
58	$фВw11T$	0,23	-0,13	116	$фИс11T$	0,34	0,86

Примечание. L — продолжительность ледового периода; продолжительность периодов: LT_1 , LT_2 , LT_3 , LT_4 — жизненного цикла приморского гребешка; LOt_w — от 01.01 до даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °C весной; $ЛабсT_1$ — от 01.01 до даты начала нереста; $ЛабсT_2$ — от 01.01 до даты начала оседания личинок; $Лло$ — от 01.01 до даты полного очищения ото льда; $Ллн$ — от 01.01 до начала льдообразования; $LOt_{ос}$ — от 01.01 до даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °C осенью; $L10t_w^в$ — от 01.01 до даты устойчивого перехода температуры воды через 10 °C весной; $L14t_w^{ос}$ — от 01.01 до даты устойчивого перехода температуры воды через 14 °C осенью; $Lot_{pr}t_w$ — от даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °C осенью до даты устойчивого перехода температуры воды через 0 °C весной; t_a — средняя годовая температура воздуха на ГМС Посъет; t_w — средняя годовая температура воды на ГМС Посъет; t_a+ , t_w+ — средняя годовая положительная температура воздуха и воды на ГМС Посъет; t_a^{05} , t_a^{06} — средняя многолетняя температура воздуха за май и июнь; t_w^{06} , t_w^{11} , t_w^{11T} — средняя многолетняя температура воды за июнь и ноябрь предыдущего и текущего года; $\Delta t+$, $\Delta t-$ — разность положительных и отрицательных средних годовых

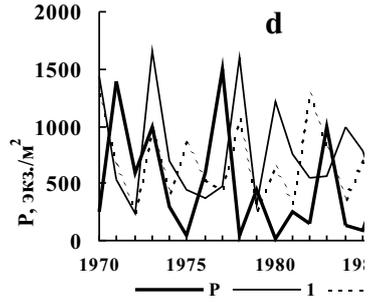
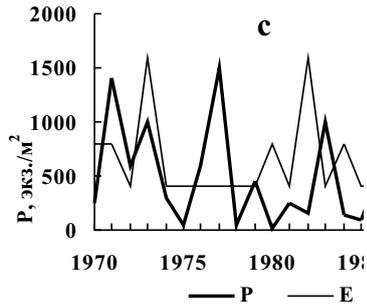
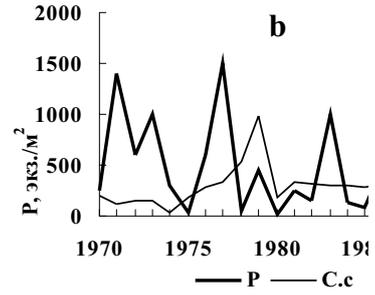
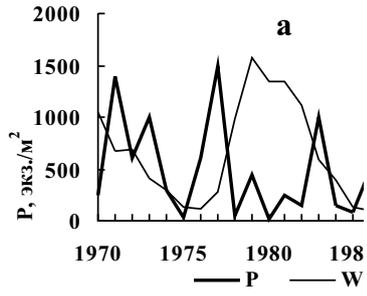
температур воды и воздуха; Δt_{06} , Δt_{11} , Δt_{11t} — разность температур воды и воздуха за июнь и ноябрь предыдущего и текущего года; $t_w T_1$, $t_w T_2$, $t_w T_3$, $t_w T_4$ — средняя температура воды за каждый период жизненного цикла приморского гребешка; $V\%t_w T_1$, $V\%t_w T_2$, $V\%t_w T_3$, $V\%t_w T_4$ — коэффициенты вариабельности температуры воды за каждый период; $\sigma_w T_1$, $\sigma_w T_2$, $\sigma_w T_3$, $\sigma_w T_4$ — среднее квадратическое отклонение температуры воды за каждый период; sT_1 , sT_2 , sT_3 , sT_4 — средняя соленость морской воды за каждый период; $V\%sT_1$, $V\%sT_2$, $V\%sT_3$, $V\%sT_4$ — коэффициенты вариабельности солености морской воды за каждый период; $\sigma_s T_1$, $\sigma_s T_2$, $\sigma_s T_3$, $\sigma_s T_4$ — среднее квадратическое отклонение солености морской воды за каждый период; V — средняя годовая скорость ветра на ГМС Посъет; p — среднее годовое атмосферное давление на ГМС Посъет; s — средняя годовая соленость воды на ГМС Посъет; s_{03} , s_{06} — средняя соленость воды за март и июнь; $Q_t_w T_1$, $Q_t_w T_2$, $Q_t_w T_3$, $Q_t_w T_4$ — сумма градусо-дней температуры воды за каждый период; $Q_s T_1$, $Q_s T_2$, $Q_s T_3$, $Q_s T_4$ — сумма солености воды за каждый период; $Q_{1квт_w}$, $Q_{2квт_w}$, $Q_{3квт_w}$, $Q_{4квт_w}$ — сумма градусо-дней температуры воды за каждый квартал; $Q_{(03+04)t_w}$, $Q_{t_w 06}$, $Q_{t_w 11}$, $Q_{t_w 11t}$ — сумма градусо-дней температуры воды за март и апрель, июнь и ноябрь предыдущего и текущего года; $Q_{отрт_w}$ — сумма отрицательных температур воды за год; $\Delta t_w T_1$ — разность суммы градусо-дней температуры воды за первый период, ежегодной и средней многолетней; $ТП_v$, $ТП_з$, $ТП_{уз}$, $ТП_{ув}$ — типы погоды по М.Г.Фомину (1980): влажный, засушливый, умеренно засушливый, умеренно влажный, на ГМС Посъет; $ТП_{Pr}$, $ТП_{Pr}$, $ТП_{узPr}$, $ТП_{увPr}$ — типы погоды по Приморскому краю; $ТП_{05}$, $ТП_{05}$, $ТП_{05}$, $ТП_{06}$ — типы погоды за май и июнь; $фКз0$, $фКс11$, $фКс11т$, $фКю03$, $фКю06$, $фКв11$, $фКв11т$, $фКв06$ — типы синоптических процессов В.С.Калачиковой и Е.В.Николаевой (1985): северный, южный, западный и восточный, по месяцам; $фВw11$, $фВw11т$ — форма атмосферной циркуляции Г.Я.Вангенгейма (1961): восточная, ноябрь; $фИз03$, $фИс03$, $фИс11$, $фИс11т$, $фИш03$, $фИш$, $фИм$, $фИ(ш-м)$ — формы атмосферной циркуляции О.К.Ильинского (1965): западная, смешанная, широтная, меридиональная, по месяцам; $ос$, $ос(4+10)$, $ос(4+5)$, $ос(5+6)$ — среднее многолетнее количество атмосферных осадков за год и по месяцам; $С11$, $С03$ — комплексный показатель циркумполярного вихря Н.М.Пестеревой за ноябрь и март; S_s — средняя многолетняя продолжительность солнечного сияния за год на ГМС Посъет; W — числа Вольфа; Z , $z03$, $z05$, $z06$ — количество солнечных и лунных затмений за год и по месяцам.

На основании полученных данных были построены графики синхронных взаимосвязей между предиктантом и предикторами (рис. 3). Анализ этих графиков и их количественных значений позволил выделить наиболее значимые предикторы для каждой группы.

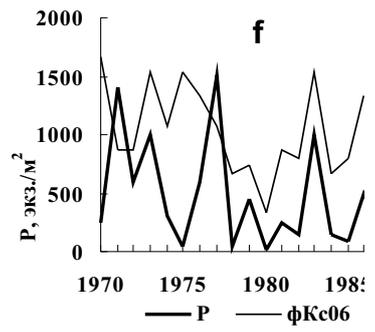
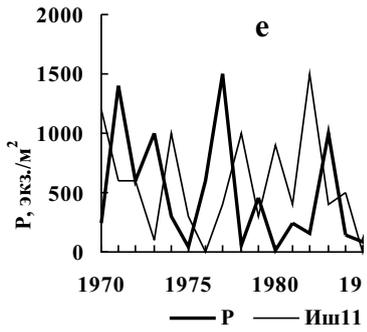
Группа I

Солнечная активность. Ощутимое воздействие на биологические объекты оказывают трудноуловимые, но повсеместно распространенные геофизические факторы. Связь между геофизическими явлениями и биологической периодичностью следует считать правилом, а не исключением. Одним из важных геофизических параметров является солнечная активность. Не касаясь вопроса о механизме передачи влияния солнечной активности на жизнь на Земле, в настоящее время можно с полным основанием утверждать, что такое влияние существует. Одной из характеристик солнечной активности является число пятен на поверхности Солнца — числа Вольфа (Океанологическая энциклопедия ..., 1974). Анализируя график распределения динамики оседания спата и чисел Вольфа (рис. 3, а), обратим внимание на то, что за рассматриваемый период неурожайные годы (1970, 1980, 1989) приходятся на пик солнечной активности, урожайные годы наблюдаются на ветвях спада солнечной активности (1971, 1973, 1983, 1990) или в годы минимума солнечной активности (1977, 1986). При снижении солнечной активности в нечетные годы (1981 и 1983) численность спата была высока. Большие сборы спата на подъеме солнечной активности в 1979 г. и незначительные на снижении солнечной активности в 1974, 1982, 1984 гг. можно объяснить мелкомасштабными колебаниями солнечной активности, показанными А.П.Резниковым (1980). Для выявления взаи-

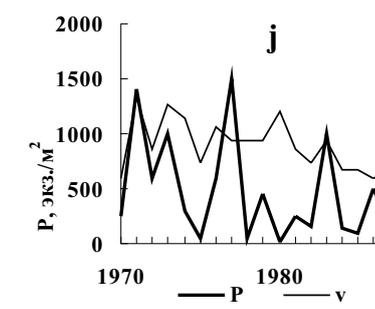
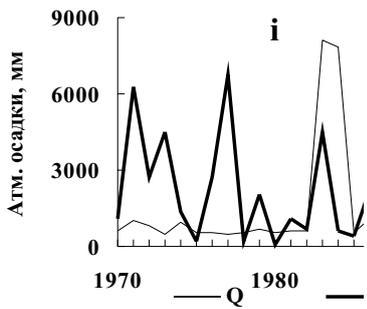
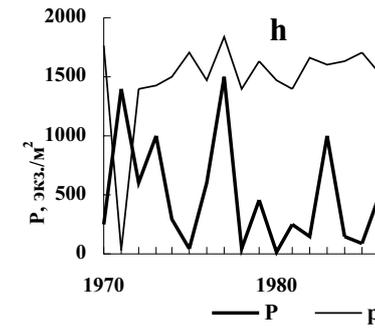
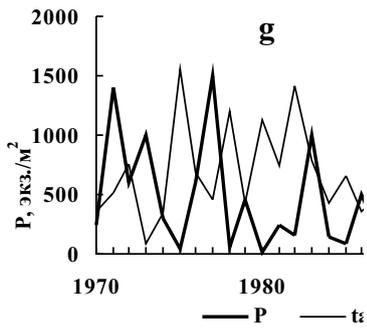
Группа I



Группа II



Группа III



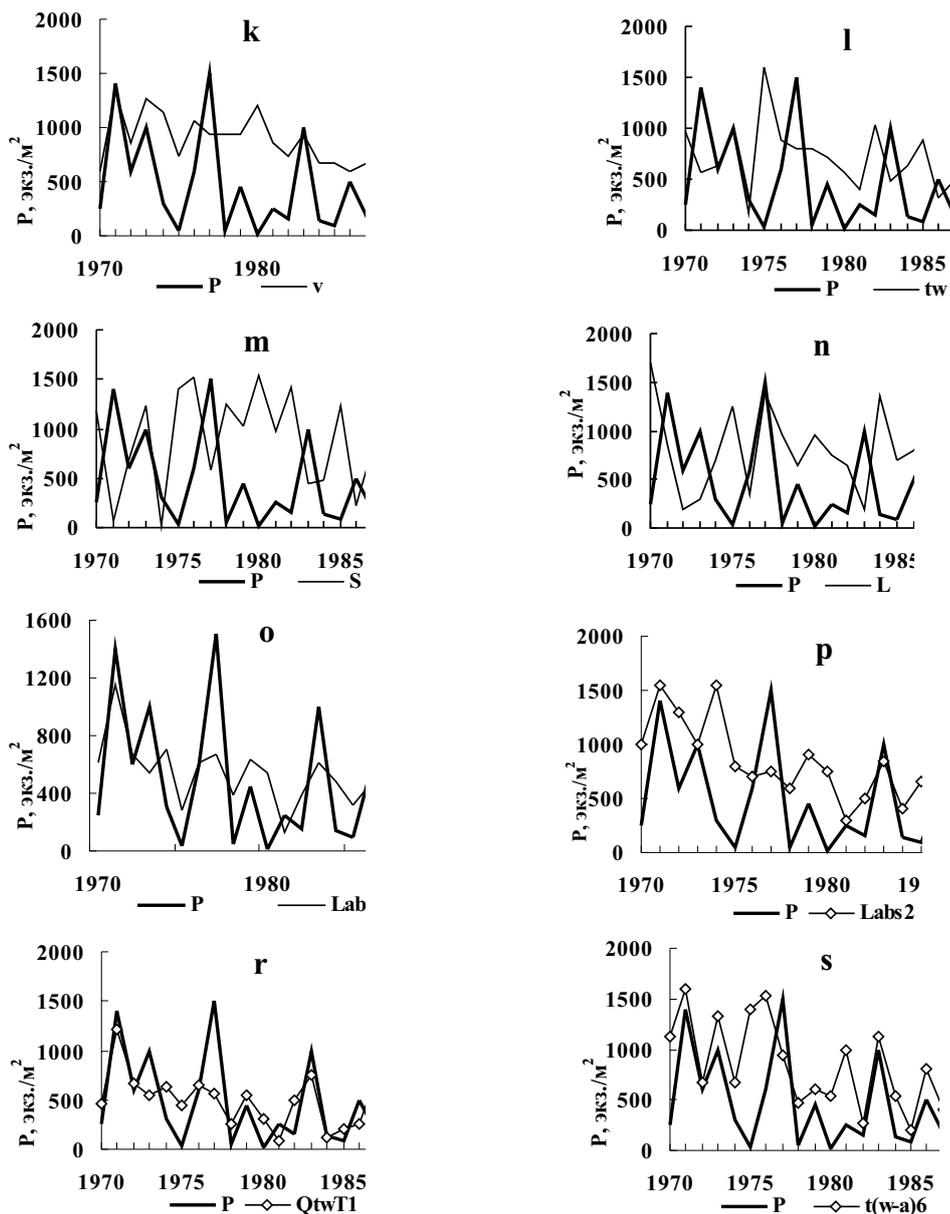


Рис. 3. Урожайность и абиотические параметры: **a** — числа Вольфа; **b** — солнечное сияние; **c** — солнечные и лунные затмения; **d** — комплексный показатель ЦПВ; **e** — западная форма циркуляции Ильинского, сут; **f** — южный тип Калачиковой и Николаевой, сут; **g** — влажный тип погоды по Фомину, сут; **h** — температура воздуха, °C; **i** — атмосферное давление воздуха, гПа; **j** — атмосферные осадки, мм; **k** — скорость ветра, м/с; **l** — среднегодовая поверхностная температура воды, °C; **m** — среднегодовая соленость морской воды, ‰; **n** — продолжительность ледового периода, сут; **o** — дата начала нереста, сут; **p** — дата начала оседания, сут; **r** — сумма градусо-дней за преднерестовый период, °C; **s** — разность температуры воды и воздуха за июнь, °C

Fig. 3. Interrelation between abiotic factors and productivity: **a** — Wolf numbers; **b** — Sun shine duration; **c** — Solar and Lunar eclipses; **d** — the complex index of circumpolar eddy; **e** — the western form of Ilyinsky; days; **f** — the southern type by Kalachikova and Nikolaeva, days; **g** — the longer period of weather (Fomin), days; **h** — Temperature of air, °C; **i** — Atmospheric pressure, gPa; **j** — Atmospheric rainfall, mm; **k** — Wind speed, m/c; **l** — the average water temperature of years, °C; **m** — the average water salinity of years, ‰; **n** — Length of the ice period, days; **o** — the date of begin of spawning, days; **p** — the date of begin of settling, days; **r** — Average water temperature for period I, °C; **s** — the difference between air and water temperatures for June, °C

мосьязи между урожайностью и числами W были рассчитаны коэффициенты парной корреляции и аналогичности. Между урожайностью приморского гребешка и числами W существует слабая обратная связь ($r = -0,15$; $r = 0,0$). Но скрытое влияние прослеживается, так как на максимум солнечной активности приходятся неурожайные годы.

Продолжительность солнечного сияния. По многолетним средним значениям числа часов солнечного сияния за год, полученным из рядов наблюдений на ГМС Посьет, был построен график, который сопоставлен с графиком урожайности гребешка (рис. 3, b). Согласно графику, наибольшим урожаям соответствуют пониженные продолжительности солнечного сияния. Статистические расчеты выявили незначительную обратную корреляцию между параметрами ($r = -0,15$), а коэффициент аналогичности показывает положительную связь между ними ($\rho = 0,22$).

Солнечно-лунные затмения. Из космофизических параметров наиболее значимым предиктором оказалось количество солнечно-лунных затмений. Учитывая влияние на жизнедеятельность морских организмов солнечных и лунных затмений, была исследована взаимосвязь между ними. Для этого был построен график общего ежегодного количества затмений и урожайности (рис. 3, c). Для затмений характерны отрицательный коэффициент корреляции и максимальная обратная теснота связи с урожайностью. Анализ распределения затмений по месяцам показал четкую цикличность с периодом около 9 лет, которая точно рассчитывается в астрономии, что делает этот предиктор почти идеальным (табл. 2). Статистическая взаимосвязь количества затмений за март, май и июнь (преднерестовый и личиночный период) и урожайности гребешка оказалась обратной и довольно высокой (составила для марта $r_{III} = -0,37$; для мая — $r_V = -0,33$; для июня — $r_{VI} = 0,16$; теснота связи соответственно $\rho_{III} = -0,43$; $\rho_V = -1,0$; $\rho_{VI} = 0,67$) (см. табл. 1). Анализ графиков (рис. 3, c) показал, что затмения в марте и мае характерны для неурожайных лет, затмения же в июне уже не влияют отрицательно на урожай. Было также проанализировано влияние фазы Луны на начало нереста и на урожайность. В урожайные 1971, 1973 и 1983 гг. нерест происходил около полнолуния, а в 1977, 1986 и 1990 гг. — в первую четверть Луны. Низкоурожайные годы характеризуются началом нереста около новолуния и в начале первой фазы, лишь в 1970 г. — во второй фазе Луны. В низкоурожайные 1984 и 1985 гг. нерест проходил в новолуние в солнечное затмение и в первую четверть после лунного затмения. Можно сделать заключение, что в урожайные годы нерест происходит около полнолуния, в неурожайные — около новолуния.

Положение циркумполярного вихря. Одним из основных макроциркуляционных объектов атмосферной циркуляции над северным полушарием, определяющим условия погоды в умеренных широтах, является циркумполярный вихрь (ЦПВ). Под ЦПВ понимается общее циклоническое (антициклоническое) движение воздуха вокруг полюса (Педь, 1975). При исследовании особенностей атмосферной циркуляции в тропо- и стратосфере были проанализированы значения комплексного показателя циркумполярного вихря Пестеревой, учитывающие местоположение ЦПВ относительно средней многолетней оси миграции, в ноябре предшествующего года и в марте текущего. С синоптической точки зрения этот параметр отражает наличие и распространенность в юго-восточном направлении высотной дальневосточной ложбины. Анализ графиков (рис. 3, d) показал, что между кривыми этих параметров существует квазисинхронная связь. Урожайным годам соответствуют низкие значения S , за исключением 1973 г. Коэффициенты корреляции и аналогичности равны соответственно $r_{03} = -0,32$, $r_{11} = -0,21$; $\rho_{03} = -0,10$, $\rho_{11} = -0,40$.

Таблица 2
 Распределение лунных (O) и солнечных (●) затмений по месяцам
 Table 2

Distribution of lunar (O) and solar (●) eclipses by months

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1970		O	●					O●	O			
1971		O●					●	O●				
1972	●O						●O					
1973	●O					O●	O					O●
1974						O●					O	●
1975					●O						●O	
1976				●	O					●	O	
1977				O●					O	●		
1978			O	●					O	●		
1979		●	O					●	O			
1980		●	O				O	●O				
1981	O	●					O●					
1982	O●					●	O●					●O
1983						●O						●O
1984					O●	O					O●	
1985					O●					O	●	
1986				●O						●O		
1987			●	O					●	O		
1988			O●					O	●			
1989		O	●					O●				
1990	●	O					●					
1991	●O					O	●O					O
1992	●					O●						O●
1993					●						●O	
1994					●O						●O	
1995				O●						O●		
1996				O●					O	●		
1997			●O						●O			
1998		●	O					O●	O			
1999	O	●					O	●				
2000	O	●					●O●					●

Группа II

Индексы, формы и типы атмосферной циркуляции. При разработке расчетных физико-статистических методов гидрометеорологических прогнозов на Дальнем Востоке необходима классификация форм атмосферной циркуляции. Типы макропроцессов достаточно полно отражают реально существующие стадии развития атмосферной циркуляции и позволяют установить определенные закономерности смены этих форм для разработки методов долгосрочных метеорологических прогнозов. Тип атмосферной циркуляции устанавливается по направлению основных переносов воздушных масс. В настоящей работе были использованы индексы и формы атмосферной циркуляции Г.Я.Вангенгейма (1961), построенные им в 1939 г. и развитые в дальнейшем сотрудниками ААНИИ (1961), и О.К.Ильинского (1965), а также формы и типы атмосферной циркуляции В.С.Калачиковой и Е.В.Николаевой (1985). Наиболее тесная прямая зависимость выявлена нами для западной формы меридиональной циркуляции О.К.Ильинского за ноябрь ($r = 0,34$, $\rho = 0,86$) (рис. 3, е). Также хорошая положительная зависимость с урожайностью наблюдается у южного типа синоптических процессов В.С.Калачиковой и Е.В.Николаевой за июнь ($r = 0,30$; $\rho = 0,33$) и обратная для этого же типа за март ($r = -0,33$, $\rho = -0,40$) (рис. 3, ф).

Группа III

Типы погоды. В естественных условиях биологические объекты в каждый конкретный момент времени находятся под влиянием не отдельных гидрометеорологических факторов, а их комплексов, представляющих собой типы погоды, т.е. тип погоды следует рассматривать как климатическую характеристику. М.Г.Фоминим (1980) были определены метеорологические критерии засушливого, умеренно засушливого, влажного и умеренновлажного типов погоды. В прибрежных районах, которым является и район исследования, отмечено наименьшее количество дней с атмосферной засухой. Число дней с засушливым типом погоды за период исследования подвержен значительной изменчивости (от 12 в 1974 до 58 дней в 1975 г.). Умеренно засушливый тип погоды в данном районе встречается значительно чаще. Минимальное количество дней с данным типом погоды зарегистрировано в 1990 г. (66), максимальное — в 1988 г. (89). Число дней с влажным типом погоды колеблется от 30 в 1978 до 75 дней в 1974 г., с умеренно влажным — от 39 дней в 1975–1976 гг. до 75 дней в 1970 г. При сравнении графиков многолетнего хода числа дней каждого типа погоды и плотности спата гребешка выявлено, что наибольшее влияние на урожайность оказывает продолжительность влажного периода, т.е. чем длительнее этот период, тем выше урожайность (рис. 3, g). Число дней влажного периода имеет хорошую синхронную согласованность с урожайностью ($r = 0,46$ и $\rho = 0,70$).

Температура воздуха. Из предикторов, учитывающих особенности приземного состояния атмосферы, высокая взаимосвязь отмечена с температурой воздуха. Кривая многолетнего хода среднегодовых значений температуры воздуха на ГМС Посьет находится в противофазе с урожайностью, особенно четко выраженной за период с 1970 по 1983 г. (рис. 3, h). Коэффициенты корреляции и аналогичности отрицательны и равны соответственно $r = -0,30$, $\rho = -0,50$. Достаточно тесная отрицательная взаимосвязь прослеживается также для средней температуры воздуха за теплый период ($r = -0,38$, $\rho = -0,70$), а также между урожайностью и температурой воздуха в мае ($r = -0,45$, $\rho = -0,68$) и июне ($r = -0,53$, $\rho = -0,47$), т.е. чем ниже температура воздуха, тем выше урожайность и наоборот.

Атмосферное давление. Исследование взаимодействия кривых урожайности и давления воздуха у поверхности Земли выявляет обратную зависимость между ними, за исключением периода с 1976 по 1980 г., когда абсолютный максимум урожайности в 1977 г. совпал с максимумом давления воздуха, а абсолютный минимум пришелся на спад давления (рис. 3, i). Сам ход кривой атмосферного давления имеет абсолютный минимум в 1971, урожайном, году, затем идет резкий рост давления. Исследование взаимодействия кривых урожайности и давления воздуха у поверхности Земли подтверждает отрицательную взаимосвязь ($r = -0,35$, $\rho = -0,30$), т.е. более высоким урожаям соответствуют годы с более низким атмосферным давлением. Посчитанные коэффициенты корреляции и аналогичности также подтверждают отрицательную взаимосвязь ($r = -0,35$, $\rho = -0,30$) — более высоким урожаям соответствуют годы с более низким атмосферным давлением.

Атмосферные осадки. Была проанализирована взаимосвязь урожайности со средней многолетней суммой осадков за год и отдельно за теплый период (4–10 мес) (рис. 3, j). В обоих случаях ход кривой аналогичен, обе они находятся в прямой зависимости, за исключением двух урожайных лет (1973 и 1977), которым соответствовало низкое количество осадков, но для теплого периода характерны более высокие статистические показатели ($r = 0,31$, $\rho = 0,40$), чем за весь год ($r = 0,22$, $\rho = 0,40$). Также проанализировали зависимость урожайности от количества осадков в преднерестовый (апрель + май) и личиночный (май + июнь) периоды. Хотя коэффициенты корреляции оказались незначи-

тельными ($r_{4+5} = 0,14$, $r_{5+6} = 0,18$), теснота связи довольно высокая ($\rho_{4+5} = 0,47$, $\rho_{5+6} = 0,80$). Следовательно, увеличение количества осадков способствует повышению урожая.

Скорость ветра. График средней годовой скорости ветра и урожайности показывает квазисинхронную прямую зависимость (рис. 3, к). Исключение составляет период с 1977 по 1981 г., включающий в себя экстремальные значения урожайности (1977 и 1980 гг.). Сбой также наблюдается в урожайные 1986 и 1990 гг. Коэффициенты корреляции и аналогичности невысокие ($r = 0,18$, $\rho = 0,25$).

Температура поверхностного слоя морской воды. Применительно к разработке синоптико-статистического метода прогноза урожайности приморского гребешка необходимо исследовать тепловое состояние морской подстилающей поверхности. График взаимосвязи урожайности со средней годовой температурой воды показывает запаздывание в достижении максимума температуры воды на один год (рис. 3, л). Абсолютному максимуму урожайности соответствует запаздывание в достижении максимума температуры в два года. При малом коэффициенте корреляции ($r = -0,03$) связь между ними обратная и довольно тесная ($\rho = -0,58$). Также была оценена зависимость урожайности от средней температуры воды за теплый период года (4–10 мес). График взаимосвязи в общем аналогичен предыдущему, но обратная связь выражена более четко. Коэффициент корреляции выше, чем в предыдущем случае ($r = -0,22$), теснота связи также высокая ($\rho = -0,50$). Связь обратная, т.е. более низким температурам соответствуют более высокие урожаи. С температурой воды за июнь связь также отрицательная, но коэффициенты значительно выше ($r = -0,38$, $\rho = -0,30$). Ноябрьские температуры имеют более низкие значения коэффициентов при положительной корреляционной связи ($r = 0,30$, $\rho = -0,05$).

Соленость морской воды. Взаимосвязь урожайности и солености обратная и достаточно высокая ($r = -0,47$, $\rho = -0,70$). На графике (рис. 3, м) в ходе солености можно выделить три периода: с 1970 по 1978 г. прослеживается значительная изменчивость солености с периодом 4 года; с 1979 по 1982 г. отмечаются высокие значения солености с незначительными колебаниями, с 1983 по 1990 г. размах колебаний солености вновь увеличивается. Низким значениям солености соответствуют высокие значения урожая. Мы рассмотрели также взаимосвязь урожайности с соленостью за март и июнь. Коэффициенты корреляции и аналогичности между ними равны соответственно $r_{03} = -0,34$, $\rho_{06} = -0,17$; $r_{03} = 0,00$, $\rho_{06} = 0,70$. Следовательно, между урожайностью и соленостью существует обратная и достаточно высокая взаимосвязь.

Ледовые явления. Из ледовых явлений, влияющих на урожай, рассмотрим продолжительность ледового периода, даты начала льдообразования и полного очищения ото льда. График взаимосвязи урожайности с продолжительностью ледового периода характеризует обратную зависимость между ними (рис. 3, н). Исключение составляет самый урожайный год, которому соответствует длительный ледовый период, т.е. всем урожайным годам соответствуют короткие ледовые периоды, что противоречит данным японских авторов (Ito et al., 1975), но подтверждается нашими (Брегман, Шаповалова, 1986). Для прогностических целей также представляют интерес даты начала и окончания льдообразования. Взаимосвязь урожайности с этими характеристиками невысока и равна соответственно $r_{\text{н}} = 0,16$, $r_{\text{о}} = -0,10$; $\rho_{\text{н}} = 0,22$, $\rho_{\text{о}} = 0,05$.

Биологические. Было проведено сравнение урожайности с предикторами, учитывающими биологические особенности приморского гребешка. Рассмотрены все четыре периода годового цикла развития гребешка. Взаимосвязь урожайности и дат начала нереста и начала оседания показывает хорошую синхронную связь, т.е. чем позже начнутся нерест и оседание, тем больше урожайность (рис. 3, о, р). Коэффициенты связи достаточно высокие ($r = 0,45$, $\rho = 0,50$ и $r = 0,45$,

$\rho = 0,29$). Также самому урожайному году соответствует длительный период оседания, а самому неурожайному — короткий. Можно отметить, что урожайность зависит и от продолжительности преднерестового периода ($r = 0,40$, $\rho = 0,47$). Более ранние даты перехода температуры воды осенью через $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответствуют низкоурожайным годам, а поздние предшествуют урожайным. Между продолжительностью критического периода (от даты перехода температуры воды через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ осенью до даты перехода через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ весной) и урожайностью не прослеживается видимой взаимосвязи ($r = -0,10$, $\rho = 0,10$). Можно только отметить, что самому урожайному и самому неурожайному годам соответствуют длительные критические периоды.

Термогалинная характеристика биологических периодов. Также было рассмотрено влияние на урожай моллюсков суммы градусо-дней за различные периоды. Коэффициенты корреляции и аналогичности между суммой тепла за первый период и урожайностью довольно высокие ($r = 0,42$, $\rho = 0,30$), а для II, III и IV периодов — низкие. График взаимосвязи средней температуры воды за I период (рис. 3, г) аналогичен графику кумулятивной температуры, но коэффициент корреляции несколько ниже ($r = 0,37$, $\rho = 0,30$). Со среднепериодной соленостью связь обратная ($r = -0,22$, $\rho = -0,40$). Урожайным годам, как правило, соответствуют средние значения солености, а низкоурожайным — высокие. Можно также отметить прямую зависимость между урожайностью и кумулятивной соленостью ($r = 0,38$, $\rho = 0,30$). Для II периода отмечена значительная обратная зависимость урожайности от вариабельности температуры ($r = -0,33$, $\rho = -0,50$), т.е. чем меньше варьирует температура в период нереста, тем выше урожай. Зависимость урожая от солености за этот период также отрицательная ($r = -0,19$, $\rho = -0,65$). Для урожайности и температуры воды за III период характерна отрицательная зависимость ($r = -0,34$, $\rho = -0,27$), но с вариабельностью температуры воды, наоборот, отмечается высокая прямая корреляционная связь ($r = 0,72$). Среднепериодная соленость находится в противофазе с урожайностью при высоких коэффициентах связи ($r = -0,51$, $\rho = -0,82$), а изменчивость солености в этот период, как и изменчивость температуры воды, наоборот, способствует урожайности ($r = 0,61$, $\rho = 0,82$). Средняя температура воды за IV период ($r = -0,14$, $\rho = -0,20$) и ее вариабельность не оказывают значительного влияния на урожай ($r = -0,06$, $\rho = 0,30$).

Разность температуры воды и воздуха. Теплообмен океана и атмосферы в значительной степени зависит от разности температуры воды и воздуха. Было рассмотрено влияние на урожайность разности температуры воды и воздуха за теплый и холодный периоды года, за июнь и ноябрь. Наиболее тесная прямая взаимосвязь наблюдается между плотностью спата и разностью температуры воды и воздуха за июнь ($r = 0,43$, $\rho = 0,60$) (рис. 3, г). Урожайным годам, за исключением 1977 и 1990, соответствуют большие разности между температурами, а выделенным годам такие разности предшествуют.

Выводы

Таким образом, проведенный количественный анализ синхронных зависимостей предиктанта и предикторов путем расчета коэффициентов корреляции (r) и аналогичности (ρ) позволил выявить наиболее тесные зависимости между урожайностью гребешка и следующими абиотическими факторами:

— из **гелиофизических** факторов наибольшее влияние на урожайность, причем отрицательное, оказывают солнечно-лунные затмения, когда они происходят в марте и мае и поэтому приходится соответственно на начало преднерестового и личиночного периодов, т.е. наличие затмений в эти месяцы характерны для неурожайных лет;

— из **синоптических** факторов наиболее благоприятно для урожайности преобладание в ноябре предшествующего года смешанной формы циркуляции

(по О.К.Ильинскому), а в марте и июне — синоптических процессов южного типа (по В.С.Калачиковой и Е.В.Николаевой);

— из **метеорологических** факторов наибольшее влияние на урожайность оказывают такие факторы, как температура воздуха в мае и июне, причем чем ниже температура в эти месяцы, тем выше урожай; и продолжительность влажного типа погоды (по М.Г.Фомину), т.е. чем больше этот период, тем выше урожай;

— из **гидрологических** параметров значительное, причем отрицательное, влияние на урожайность оказывает высокая температура воды в июне; также можно отметить, что высокоурожайным годам предшествуют годы с высокой средней годовой температурой воды; положительное влияние на урожай также оказывает разность между температурой воды и воздуха за июнь и ноябрь (чем больше эта разность в июне и ноябре, тем выше урожай); между урожайностью и соленостью существует достаточно высокая обратная взаимосвязь, т.е. чем ниже соленость, тем выше урожайность;

— из **биологических** и комплексных факторов на урожайность в значительной степени влияют даты начала нереста и начала оседания и продолжительность преднерестового периода, т.е. чем позже начнутся нерест и оседание и чем продолжительнее преднерестовый период и соответственно сумма тепла за этот период, тем выше урожай; также можно отметить, что более ранние даты перехода температуры воды осенью через 14 °С соответствуют низкоурожайным годам, а поздние — предшествуют урожайным; средние за I период температура и за III период соленость, кумулятивная соленость за I период имеют довольно хорошую связь с урожайностью.

Литература

Абашкин С.А. Климатические циклы и долгосрочный прогноз объектов промысла // Науч. конф. “Биологические основы и опыт прогнозирования изменения численности охотничьих животных”: Тез. докл. — Киров, 1976. — С. 11–13.

Багров Н.А. Преобразование и отбор предсказателей в корреляционном анализе // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1970. — Вып. 64. — С. 3–23.

Белогрудов 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. Арх. № 12298, 12797, 13220, 13536, 13817, 14327, 14662. — Владивосток, 1970–1976, 1979.

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., 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.

Вангенгейм Г.Я. О степени однородности атмосферной циркуляции разных частей северного полушария при основных формах W, C, E // Тр. ААНИИ. — Л.: Морской транспорт, 1961. — С. 240.

Васильев А.С., Коробов С.А. Адаптивно обучающиеся модели долгосрочного прогнозирования биологических ресурсов моря // Третий съезд советских океанологов. Секц. Биол. океана: Тез. докл. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — Ч. 1. — С. 75–76.

Габаев Д.Д. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1990. — 18 с.

Гайко Л.А. Влияние факторов внешней среды на урожайность приморского гребешка в хозяйствах мариккультуры // Междунар. науч. форум “Техника и технология в рыбной отрасли XXI века”: Тр. 2-й Междунар. науч. конф. “Рыбохоз. исслед. Мирового океана”. — Владивосток, 2002а. — С. 137–139.

Гайко Л.А. Исследование влияния изменчивости термогалинных условий среды на развитие приморского гребешка // Изв. ТИНРО. — 2002б. — Т. 131. — С. 120–131.

Гайко Л.А., Жабин И.А. Изменчивость температуры и солености в районе плантации мидий в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. — 1996. — Т. 22, № 2. — С. 126–130.

Глебова С.Ю. Об изменении синоптической ситуации в периоды низкой и высокой численности дальневосточной сардины // Оценка и освоение биологических ресурсов океана: Тез. докл. — Владивосток, 1988. — С. 3–4.

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

Закутский В.П., Гаргопа Ю.М., Куропаткин А.П. и др. Влияние элементов гидрологического режима на некоторые гидробионты // Третий съезд советских океанологов. Секц. Биол. океана: Тез. докл. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — Ч. 2. — С. 14–16.

Земская К.А., Ревина Н.И. Методические основы и актуальные проблемы промыслового прогнозирования // Третий съезд советских океанологов. Секц. Биол. океана: Тез. докл. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — Ч. 2. — С. 20–21.

Ильинский О.К. Опыт выделения основных форм атмосферной циркуляции на Дальнем Востоке // Тр. ДВНИГМИ. — 1965. — Вып. 20. — С. 26–45.

Калачикова В.С., Николаева Е.В. Календарь форм циркуляции над Северным полушарием, форм циркуляции и типов синоптических процессов над Восточной Азией за 1949–1984 гг. — Владивосток: ДВНИИ, 1985. — 60 с.

Кляшторин Л.Б., Сидоренков Н.С. Долгопериодные климатические изменения и флюктуации численности пелагических рыб Пацифики // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 33–54.

Корытин С.А. Космическая информация и прогнозирование количественного и качественного состава популяций // Науч. конф. “Биологические основы и опыт прогнозирования изменения численности охотничьих животных”: Тез. докл. — Киров, 1976. — С. 132–135.

Кочемасов Ю.В., Волков Н.А., Игнатов Е.И. и др. Методика аналитической оценки гидро- и метеодинамических условий и определения участков дна, благоприятных для искусственного разведения промысловых беспозвоночных // 3-й Всесоюз. совещ. “Науч.-техн. пробл. развития мариккультуры”: Тез. докл. — Вып. 2. — Владивосток, 1980. — С. 50–51.

Метеорологический ежемесячник. — Владивосток: Приморское управление ГМС, 1955–1992.

Методические указания по проведению оперативных испытаний новых методов гидрометеорологических прогнозов / Под ред. А.И.Угрюмова. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 104 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. Обзор советских исследований по влиянию антропогенного фактора на естественные сообщества морского и эстуарного зоопланктона и нейстона // Биол. моря. — 1981. — № 4. — С. 3–11.

Новиков Ю.В., Шершенков С.Ю. Исследование взаимосвязи метеоусловий и некоторых характеристик промысла дальневосточной сардины в пределах естественного синоптического периода // Оценка и освоение биологических ресурсов океана: Тез. докл. конф. молодых ученых. — Владивосток: ТИНРО, 1988. — С. 36–38.

Океанологическая энциклопедия. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 632 с.

Пасов В.М. Путь увеличения заблаговременности составления прогноза урожая сельскохозяйственных культур // Тр. ИЭМ. — 1971. — Вып. 22. — С. 82–88.

Педь Д.А. О колебании циркумполярного вихря в северном полушарии // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1975. — Вып. 167. — С. 71–81.

Петипа Т.С. Наблюдение над поведением зоопланктона в ходе солнечного затмения // ДАН СССР. — 1955. — № 104. — С. 323–325.

Полевой А.Н. О прогнозе случайной составляющей временных рядов урожайности ярового ячменя // Метеорология и гидрология. — 1975. — № 4. — С. 84–90.

Поляков Е.Ф. Использование показателей солнечной активности для долгосрочного прогнозирования численности пушных зверей (на примере сибирского крота) // Науч. конф. “Биологические основы и опыт прогнозирования изменения численности охотничьих животных”: Тез. докл. — Киров, 1976. — С. 208–210.

Пырина И.Л., Сигарева Л.Е. Содержание пигментов фитопланктона в Рыбинском водохранилище в различные по гидрометеорологическим условиям годы (1972–1976) // Биол. и экол. водн. организмов. — Л.: Наука, 1986. — С. 65–89.

Раков В.А. Материалы по биологии, экологии и биотехнике культивирования тихоокеанской устрицы в заливе Петра Великого: Отчет о НИР (промежуточ.) / ТИНРО. № 15764. — Владивосток, 1977. — 25 с.

Резников А.П. Прогнозирование солнечной активности до конца столетия // Закономерности и прогнозирование природных явлений. — М.: Наука, 1980. — С. 60–86.

Солнечные данные 1953–1992 гг.: Бюллетень № 1–12. — Л.: Наука, 1953–1992.

Справочник по климату СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1966–1969. — Вып. 26. — Ч. 2–5.

Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — 212 с.

Фомин М.Г. Местные генетические типы погоды по югу Дальнего Востока для теплого полугодия. Справочное пособие. — Владивосток: ДВНИГМИ, 1980. — 156 с.

Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — 160 с.

Gayko L.A. Hydrometeorological data and productivity prognosis of marine culture of Japanese scallop *Patinopecten Yessoensis* (Jay) in Posieta Bay (Sea of Japan) // Proceedings of the workshop on the Okhotsk Sea and adjacent areas: PICES Sci. Rep. — Canada, 1996. — № 6. — P. 417–422.

Gayko L.A. Interrelation between hydrometeorological and biological parameters of marine farms (on a example of economy, located on Japan Sea north-western coast) // Intern. Sympos. on Circulation Research of the East Asian Marginal Seas (Creams): Proceedings. — Fukuoka, Japan, 1999. — P. 249–253.

Gayko L.A. Interrelation between hydrometeorological and biological parameters of marine farms in Primorye (Possiet Bay, Sea of Japan) // Intern. Conference on Coastal Ocean and Semi-Enclosed Seas: Circulation and Ecology Modeling and Monitoring: Proceedings. — M., 2000a. — P. 25–35.

Gayko L.A. Influence of abiotic factors on mariculture yield in Primorsky Krai (Sea of Japan) // Sympos. on Humanity and World Ocean: Interdependence at the Dawn of New Villenium, PACON 99: Proceedings. — Honolulu, 2000b. — 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.

Korringa P. Water temperature and breeding throughout the geographical range of *Ostrea edulis* // Ann. Biol. — 1957. — Vol. 33, № 1/2. — P. 1–17.

Korringa P. Relations between the moon and periodicity in the breeding of marine animals // Ecol. Monogr. — 1974. — Vol. 17. — P. 347–381.

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

The American Ephemeris for the 20th Century 1990–2000 at Midnight / Ed. by Neil F. Michelsen. — San Diego, California, 1983. — 650 p.

Поступила в редакцию 4.03.04 г.