

УДК 551.464

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ
ХОЗЯЙСТВ МАРИКУЛЬТУРЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ
зал. ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Л. А. Гайко

*Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток
E-mail: gayko@yandex.ru*

Рассматривается изменчивость температуры воды и воздуха в прибрежных районах зал. Петра Великого с 1930 по 2012 г. За этот период в годовом ходе температуры воды и воздуха выявлен положительный тренд. Повышение температуры влияет и на циклы развития объектов марикультуры, выращиваемых в марихозяйствах, расположенных в заливе. Показано влияние климатических изменений на жизненные циклы годового развития гребешка *Mizuhopecten yessoensis* за 1970–1990 гг. и 1996–2012 гг. Средняя многолетняя урожайность увеличилась соответственно с 476 до 744 экз./м².

Ключевые слова: гидрометеорологическая станция, зал. Петра Великого, зал. Посыета, изменение климата, приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis*, спат, температура воды и воздуха, тренд, хозяйство марикультуры, Японское море.

ВВЕДЕНИЕ

Район исследования – юг Приморского края. Как известно, на современном этапе происходят глобальные климатические изменения (Кондратьев, Демирчян, 2001; Изменение..., 2003; IPCC, 2007), которые наблюдаются и в исследуемом районе. Соседство огромного материка и огромного океана накладывает отпечаток как на климат региона, так и на прибрежные морские сообщества.

Климат Приморского края относится к муссонному типу климата умеренных широт с хорошо выраженными сезонами года (Климат..., 1983). Зимой над материком располагается область высокого давления атмосферы – азиатский антициклон, обеспечивающий холодную, малоснежную, но солнечную погоду (Свинухов, 1977). Для летнего муссона характерен перенос морского воздуха вглубь материка и распространение циклонической деятельности на материк. Таким образом, большую роль в формировании климата, особенно в прибрежной зоне, играет взаимодействие атмосферы и океана. Наблюдения за природными процессами в системе океан – атмосфера выполняет сеть гидрометеорологических станций, на которых проводятся регулярные наблюдения за параметрами окружающей среды, в том числе

за температурой воды и воздуха. Эти параметры относятся к группе реперных при оценке климатической изменчивости.

Физико-географические условия Приморья являются предпосылкой развития в его прибрежных водах богатых по видовому разнообразию фауны и флоры. Представляет большой интерес оценка возможных последствий климатических изменений на жизнедеятельность гидробионтов, в данном случае – на объекты марикультуры, так как только в марихозяйствах имеется непрерывный ряд наблюдений над биологическими объектами.

Приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) является ценным пищевым продуктом и одним из наиболее традиционных объектов марикультуры в зал. Петра Великого. Первое опытно-промышленное морское хозяйство в Приморье (и вообще в России) по культивированию гребешка организовано в 1971 г. в зал. Посыета, в б. Миносок (зал. Петра Великого) по японским технологиям (Белогрудов, 1986). И в настоящее время хозяйства марикультуры, расположенные на юге Приморского края, выращивают гидробионты экстенсивным методом, т. е. в естественной среде, поэтому они находятся в большой зависимости от факторов среды, особенно климатических.

Для надежного анализа влияния изменений климата на агроклиматические (применительно

к марикультуре) факторы необходимы серьезные региональные исследования, так как климатические изменения проявляются по-разному в различных частях земного шара. Факторы среды варьируют из года в год и влияют на каждый этап годового гонадного цикла моллюсков (Касьянов и др., 1983). К основным климатическим факторам, определяющим продуктивность гидробионтов, относятся: термические, гидрохимические, световые, а также влагообеспеченность, неблагоприятные гидрометеорологические явления и пр. Температура воды является показателем, значение которого неизменно велико на любой стадии развития моллюсков.

В представляемой работе рассматривается влияние термических ресурсов климата на различные стадии годового цикла развития приморского гребешка. Основные положения исследования изложены в работах автора (Гайко, 2005, 2006, 2008; Гауко, 2011, 2012 и др.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для характеристики термических ресурсов климата в прибрежной зоне юга Приморского края использовались данные о средней месячной и средней годовой температуре приземного воздуха и поверхностной температуре воды на трех гидрометеорологических станциях (ГМС), расположенных на побережье зал. Петра Великого: Посыет, Владивосток и Находка (рис. 1). Рассматривается период наблюдений с 1930 по 2012 г. Для расчета среднепериодной температуры, а также суммы температур для каждого периода использовались ежесуточные данные о температуре воды на ГМС Посыет за 1969–2012 гг. (из архива Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

Под средней месячной и средней годовой температурой воды и температурой воздуха зал. Петра Великого понимается прибрежная температура, осредненная по трем упомянутым ГМС, которые освещают гидрометеорологический режим залива.

Наблюдения над моллюсками производятся в хозяйствах марикультуры в полужакрытой бух. Миноносок на юге Приморья (см. рис. 1). В качестве исходной информации при изучении влияния факторов окружающей сре-

ды на молодь приморского гребешка приняты данные наблюдений за плотностью осевшего на коллекторы спата гребешка (экз./м²), полученные сотрудниками ЭМБ «Посыет», ОАО «Темп», ООО «Зарубинская база флота», учеными ТИНРО-центра и ИБМ ДВО РАН с 1970 по 2012 г. (Белогрудов, 1981; Коновалова, Поликарпова, 1983; Габеев, 1987). К сожалению, из-за нестабильной экономической ситуации в стране ряд наблюдений был прерван (нет данных с 1991 по 1995 г.).

Культивирование моллюсков осуществляется в б. Миноносок в естественных условиях на плавучих промышленных установках, представляющих собой систему основных и рабочих канатов. Для сбора спата гребешка использовались сетные коллекторы, для выращивания гребешка – сетные садки.

Для количественной оценки осевшего спата был введен термин «урожайность» – плотность осевшего на коллекторы спата гребешка (экз./м²). Для определения суммы тепла, накопленного в течение вегетационного периода, рассчитывалась сумма градусодней. Для оценки термических ресурсов акватории и потребности культивируемых культур в тепле использовался метод построения

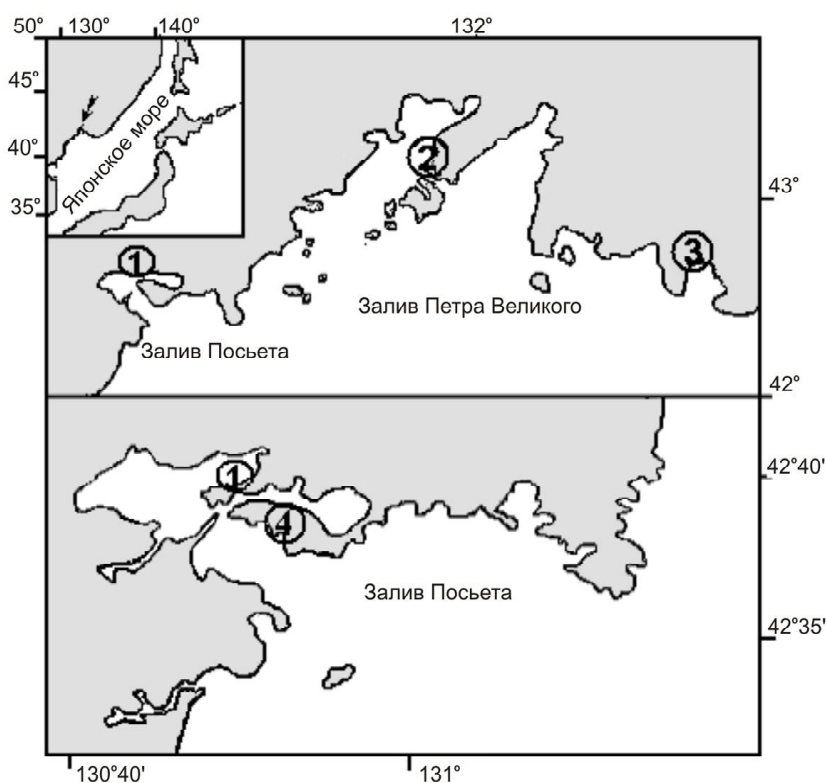


Рис. 1. Размещение гидрометеорологических и биологической станций на акватории зал. Петра Великого: 1 – ГМС Посыет; 2 – ГМС Владивосток; 3 – ГМС Находка; 4 – марикультурное хозяйство в б. Миноносок, зал. Посыета

Fig. 1. The location of hydrometeorological and biological stations in the Peter-the-Great Bay: 1 – Posyiet HMS; 2 – Vladivostok HMS; 3 – Nachodka HMS; 4 – marine farm in Minonosok Bay of Posyiet Bay

графиков и таблиц. Для определения тенденций во временном ходе параметров использовался регрессионный анализ; для выявления тесноты связи между параметрами – корреляционный анализ. В качестве количественных критериев значения коэффициента корреляции на 5%-ном уровне значимости приняты: для длительности рядов 80 лет – $r_{кр} \geq 0,24$ (или $R^2 \geq 0,058$), для длительности рядов 43 года – $r_{кр} \geq 0,30$ (или $R^2 \geq 0,090$).

Для выявления влияния факторов окружающей среды на молодь приморского гребешка были рассчитаны основные статистические характеристики, а также показатели, определяющие термические ресурсы климата для развития моллюсков: среднемесячная и среднегодовая температура воды и воздуха, среднепериодная температура воды (температура для каждого периода развития моллюсков), средние значения температуры воды по отдельным, сопряженным с биологическими циклами, месяцам; суммы температур для каждого периода развития моллюсков; даты переходов через основные температурные пределы – 0°C весной и осенью, 14°C осенью.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внутригодовая изменчивость температуры. Муссонный климат умеренных широт характеризуется четко выраженной сезонностью распределения температуры. Годовой ход температуры воды и воздуха имеет один минимум (в январе) и один максимум (в августе). Анализируя среднегодовые температуры воздуха и воды, можно сделать вывод о том, что наименьшим количеством тепла за год обеспечена станция Находка

Таблица 1. Средняя годовая и средняя месячная (январь, август) температура воды и воздуха на прибрежных ГМС зал. Петра Великого и в среднем по заливу (1930–2012 гг.)

Table 1. Average annual and monthly (January and August) temperatures of water and air at coastal hydrometeorological stations of Peter-the-Great Bay and the bay averages (1930–2012)

ГМС	$\bar{t}_{год}, ^\circ\text{C}$	σ^2	$\bar{t}_{январь}, ^\circ\text{C}$	σ^2	$\bar{t}_{август}, ^\circ\text{C}$	σ^2
Посьет	$\frac{9,1}{6,0}$	$\frac{0,44}{0,69}$	$\frac{-1,6}{-10,2}$	$\frac{0,20}{1,91}$	$\frac{23,2}{21,0}$	$\frac{1,17}{1,25}$
Владивосток	$\frac{8,6}{5,8}$	$\frac{0,55}{0,95}$	$\frac{-1,5}{-11,9}$	$\frac{0,33}{2,15}$	$\frac{21,6}{21,3}$	$\frac{1,19}{1,26}$
Находка	$\frac{7,4}{5,3}$	$\frac{0,61}{0,85}$	$\frac{-1,6}{-10,9}$	$\frac{0,28}{2,08}$	$\frac{19,9}{20,3}$	$\frac{1,37}{1,34}$
Зал. Петра Великого	$\frac{8,4}{5,7}$	$\frac{0,87}{0,88}$	$\frac{-1,6}{-11,0}$	$\frac{0,28}{2,16}$	$\frac{21,6}{20,9}$	$\frac{1,82}{1,34}$

Примечание. $\bar{t}_{год}$ – средняя годовая температура; $\bar{t}_{январь}$ – средняя месячная температура января; $\bar{t}_{август}$ – средняя месячная температура августа; σ^2 – стандартное отклонение. В числителе – температура воды, в знаменателе – температура воздуха.

(5,3°C), наибольшим – Посьет (6,0°C), средняя годовая температура воды на этих станциях составляет 7,4 и 9,1°C соответственно (табл. 1).

Средняя месячная температура воздуха в январе колеблется от -11,9°C во Владивостоке до -10,2 в Посьете. Температура воды в январе практически одинакова на станциях, изменяется в пределах от -1,5 до -1,6°C. В августе средняя температура воздуха составляет от 20,3°C в Находке до 21,3°C во Владивостоке, воды – от 19,9°C в Находке до 23,2°C в Посьете. В табл. 1 также представлена средняя температура воды и воздуха в целом по зал. Петра Великого. Размах внутригодовых колебаний температуры воды составил 23,2°C, воздуха – 31,9°C.

Межгодовая изменчивость температуры.

Исследуя динамику среднегодовых температур воды и воздуха с 1930 по 2012 г. (рис. 2), можно говорить о постепенном потеплении климата в прибрежной зоне зал. Петра Великого, которое особенно заметно после 1989 г. Самыми холодными за изучаемый отрезок времени (рис. 2,б) были 1930, 1940 и 1946 г. со среднегодовым значением температуры воздуха 4,3, 4,1 и 4,2°C соответственно. Самым теплым в прибрежной зоне зал. Петра Великого (до переломного 1989 г.) был 1958 г. (6,1°C), а затем последовала плеяда теплых лет: 1989 г. (7,0°C), 1994 г. (7,1°C), 1998 г. (7,0°C), 2003 г. (7,1°C), 2007 г. (7,2°C) (рис. 2,б). Размах колебаний среднегодовой температуры воздуха за рассматриваемый период составил 3,1°C. Заметный рост среднегодовой температуры воздуха свидетельствует об общем увеличении температурного фона на изучаемой территории.

Ход температуры прибрежных вод имеет более сложный характер. В 1930–1950-е гг. наблюдался подъем температуры, с начала 1960-х до начала 1980-х гг. – некоторый спад, а затем температура вновь начала расти. Самыми низкими температурами воды в среднегодовом значении за рассматриваемый отрезок времени были отмечены 1931 г. (7,5°C), 1956 г. (7,6°C), 1969 и 1987 г. (7,4°C); а самыми высокими – 1938, 1939, 1959 г. (8,9°C), 1950 г. (9,1°C), 1990 г. (9,2°C), 1998 г. (9,5°C), 2001, 2004, 2008 г. (9,1°C), 2010 г. (9,2°C) и 2012 г. (9,0°C). Размах колебаний среднегодовой температуры воды составил 2,1°C.

Средняя годовая температура нивелирует внутригодовые колебания, поэтому для исследу-

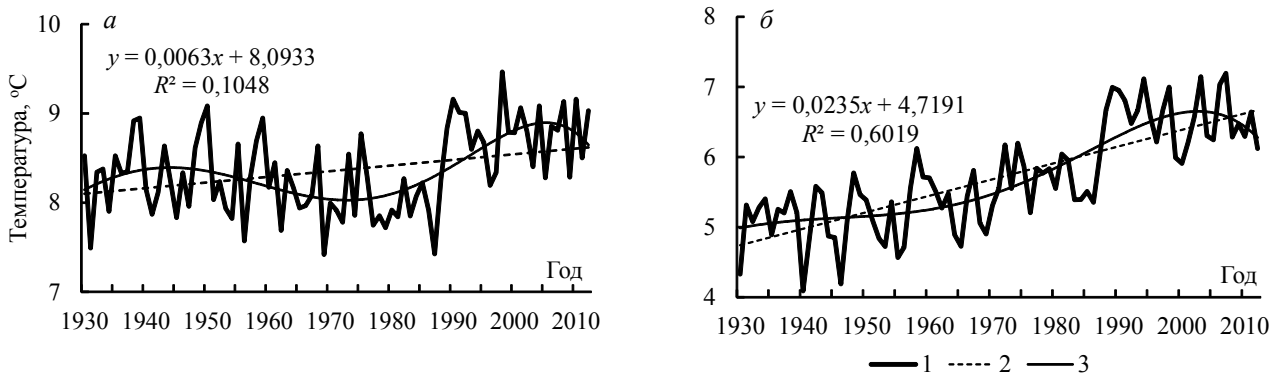


Рис. 2. Динамика среднегодовой температуры воды (а) и воздуха (б) в зал. Петра Великого с 1930 по 2012 г. и их трендовые составляющие: 1 – температура; 2 – линейный тренд; 3 – полином пятой степени

Fig. 2. Dynamics of average annual water (a) and air (b) temperatures in the Peter-the-Great Bay in 1930 through 2012 and their trends: 1 – temperature; 2 – linear trend; 3 – polynomial of the fifth degree

дования сезонных изменений рассмотрим температурный фон средних для основных сезонов месяцев – средние месячные температуры января и августа. В среднем температура воздуха самого холодного месяца составляет $-11,0^{\circ}\text{C}$, воды – $-1,6^{\circ}\text{C}$, а самого теплого – $20,9$ и $21,6^{\circ}\text{C}$ соответственно (см. табл. 1).

Проследим динамику январских и августовских температур воды и воздуха с 1930 по 2012 г. (рис. 3). Минимальное значение январской температуры воздуха наблюдалось в 1939 г. ($-14,3^{\circ}\text{C}$), максимальное – в 1991 г. ($-7,4^{\circ}\text{C}$). Причем для тем-

пературы воздуха характерен значительный размах колебаний температуры (до 5°C) с квазиравномерным распределением ее около линии тренда.

Минимальное значение январской температуры воды наблюдалось в 1934 и 1942 г. ($-1,9^{\circ}\text{C}$), максимальное – в 1993 г. ($-0,9^{\circ}\text{C}$), амплитуда колебаний составила $1,0^{\circ}\text{C}$. Общая картина хода средней январской температуры воды отличается от таковой для температуры воздуха. До 1968 г. размах колебаний температуры воды составил всего $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$, колебания происходили около

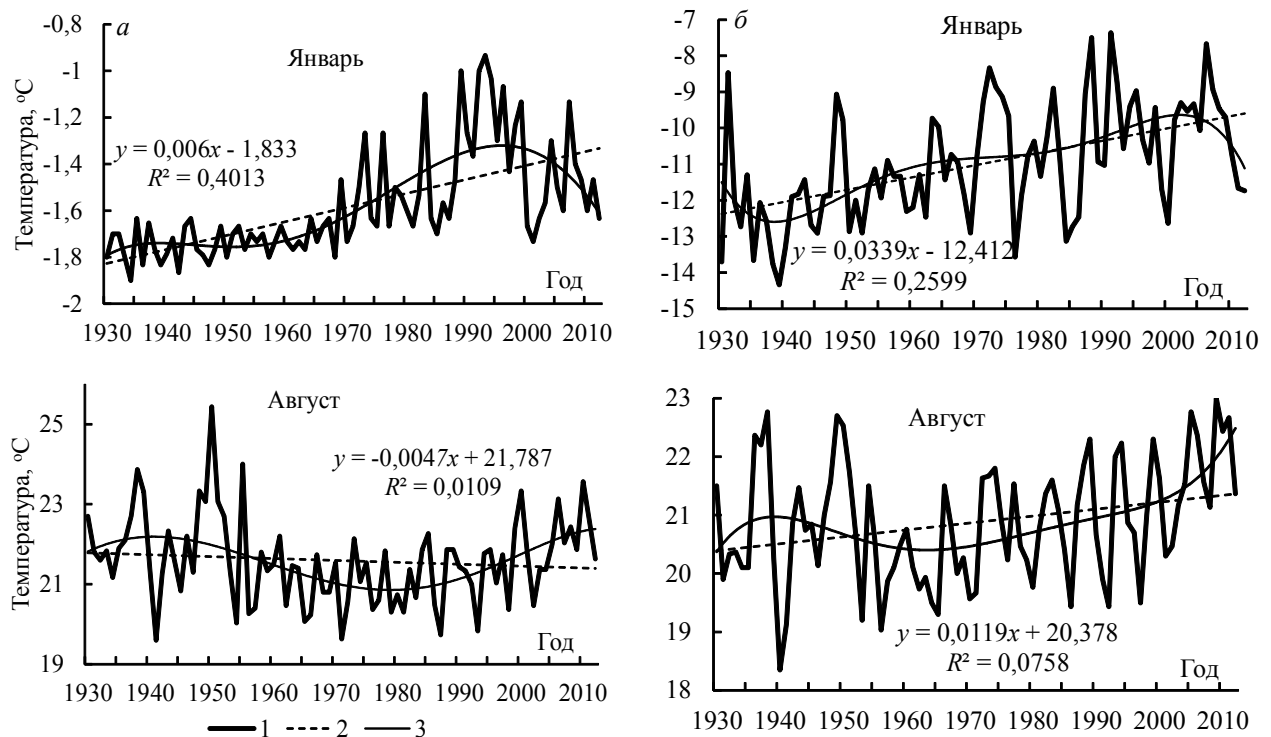


Рис. 3. Динамика средней январской и средней августовской температуры воды (а) и воздуха (б) в зал. Петра Великого в 1930–2012 гг. и их трендовые составляющие: 1 – температура; 2 – линейный тренд; 3 – полином пятой степени

Fig. 3. Dynamics of average annual water (a) and air (b) temperatures in the Peter-the-Great Bay in January and August (1930–2012) and their trends: 1 – temperature; 2 – linear trend; 3 – polynomial of the fifth degree

среднего многолетнего значения, а после – наблюдается тенденция роста температуры и увеличение размаха колебаний температуры воды до $0,6^{\circ}\text{C}$. Но следует отметить, что после 1993 г., судя по полиномиальному тренду, отмечается тенденция понижения температуры воды (см. рис. 3,а).

Средняя месячная температура воздуха в августе характеризует количество тепла, поступающего на земную поверхность в самый теплый месяц года. В динамике летних температур минимальное значение августовской температуры воздуха наблюдалось в 1940 г. ($18,4^{\circ}\text{C}$), максимальное – в 2009 г. ($23,0^{\circ}\text{C}$, хотя в 1938 и 2005 г. температуры также были высокими – $22,8^{\circ}\text{C}$), размах составил $4,6^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 3,б). Колебания температуры воды в августе достигли $5,8^{\circ}\text{C}$ – от $25,4^{\circ}\text{C}$ в 1950 г. до $19,6^{\circ}\text{C}$ в 1941 и 1971 г. (см. рис. 3,а).

И в годовом ходе, и в ходе январской и августовской температуры воздуха выявлен значимый на 5%-ном уровне тренд. Таким образом, рост среднегодовой температуры воздуха над изучаемой акваторией подтверждает мировую тенденцию потепления климата. В ходе температуры воды значимый тренд выявлен только в ходе годовых и январских температур, для августовской температуры воды тренд не выявлен, линия на графике имеет даже небольшой отрицательный уклон. Следовательно, на распределение температуры воды большее влияние оказывают не радиационные, а адвективные факторы, такие как местная циркуляция вод, апвеллинги (Жабин и др., 1993; Гайко, 2005).

По расчетным данным, за последние 75 лет на побережье зал. Петра Великого температура воды выросла в среднем на $0,4^{\circ}\text{C}$, воздуха – на $1,7^{\circ}\text{C}$, а в зал. Посыета на $0,5$ и $1,3^{\circ}\text{C}$ соответственно. Анализ многолетних наблюдений на ГМС Посыет также подтверждает увеличение температурного

фона в последние десятилетия. Из графика аномалий (рис. 4) видно, что до 1988 г. наблюдаются и положительные, и отрицательные аномалии температуры воздуха и в большей степени отрицательные аномалии температуры воды, а с 1989 г. в основном преобладают положительные аномалии температуры.

Влияние климатических изменений на развитие моллюсков. Для оценки влияния климатических изменений на развитие моллюсков на основании данных наблюдений было выделено четыре важных периода в годовом жизненном цикле приморского гребешка: I – преднерестовый (от даты устойчивого перехода температуры воды через 0°C весной до начала нереста); II – период планктонного развития; III – период оседания личинок; IV – начало гаметогенеза (от даты перехода температуры воды через 14°C до даты устойчивого перехода через 0°C осенью).

Для определения длительности периодов (сут) были вычислены даты устойчивого перехода температуры воды через 0°C весной и осенью и через 14°C осенью. Температуры воды выше 0°C весной и ниже 14°C осенью являются пороговыми и связаны с биологическими потребностями конкретного моллюска – гребешка. Так, период с температурами ниже 14°C осенью вплоть до перехода температуры через 0°C характеризует тепловые ресурсы первой фазы гаметогенеза (осень – зима); период от перехода температуры воды через 0°C осенью до перехода через 0°C весной характеризуется отсутствием роста гамет; период с температурами выше 0°C и до начала нереста (до перехода температуры воды приблизительно через 9°C весной) характеризует тепловые ресурсы преднерестового периода или периода завершения гаметогенеза (весна). Сопряженные с этими пе-

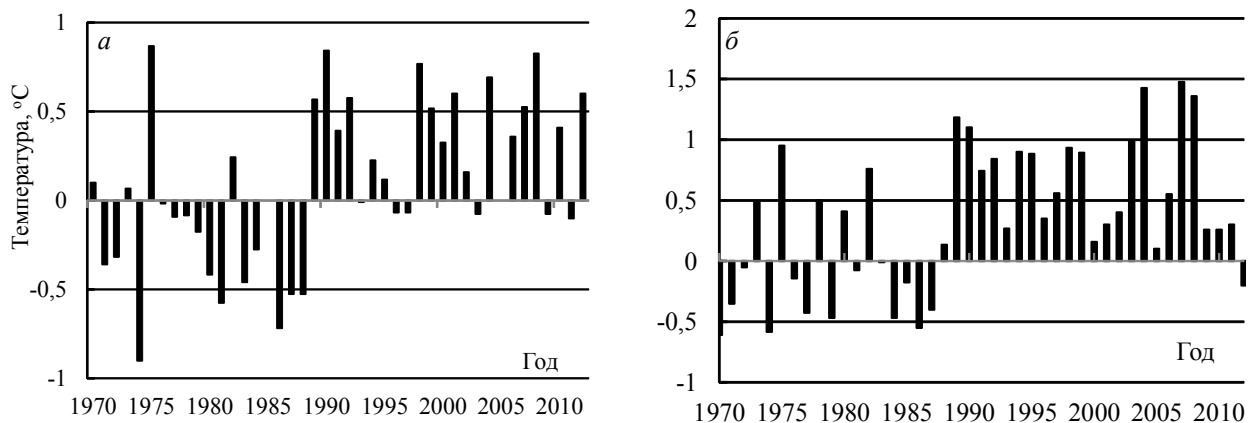


Рис. 4. Отклонения от нормы среднегодовой температуры воды (а) и воздуха (б) на ГМС Посыет

Fig. 4. Deviations from multiyear averages of average annual water (a) and air (b) temperatures at the Possyet station

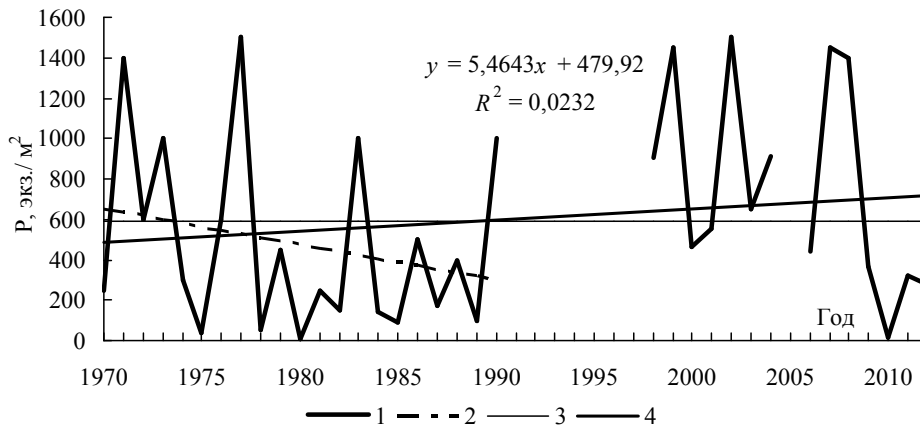


Рис. 5. Динамика урожайности гребешка в б. Миноносок (1) и ее трендовые составляющие, аппроксимированные прямой (2, 4), и средняя многолетняя урожайность (588 экз./м²) (3)

Fig. 5. Dynamics of scallop yield in the Minonosok Bay (1) and its trend components, the approximated direct (2, 4), and the average long-term yield (588 specimens/m²) (3)

риодами месяцы (март, май, июнь и октябрь) являются ключевыми для жизненного цикла гребешка.

лученным результатам провели сравнительный анализ средних величин среднепериодных температур для данных временных интервалов (см. табл. 2).

Рассмотрим, как климатические изменения отражаются на таком показателе деятельности марихозяйства, как урожайность, в нашем случае – приморского гребешка. На рис. 5 представлены динамика урожайности гребешка в б. Миноносок и ее трендовые составляющие, полученные путем различного рода сглаживания ряда урожайности. Средняя многолетняя урожайность за весь период наблюдений с учетом последних лет составила 588 экз./м². Если сравнить урожайность с 1970 по 1990 г. (476 экз./м²) и с 1996 по 2012 г. (744 экз./м²), то можно отметить, что она значительно выросла.

Высокоурожайные и низкоурожайные годы были выделены на основании анализа распределения отклонений урожайности от тренда.

Для всех четырех периодов биологического развития гребешка были вычислены среднепериодные значения температуры, стандартные отклонения температуры, медиана, суммы градусодней. Данные вычислений приведены в табл. 2. Так как ряд был прерван, вычисления проведены отдельно для временных интервалов 1970–1990 гг. и 1996–2012 гг. По по-

Таблица 2. Температура четырех периодов развития молоди гребешка и их статистические характеристики для различных интервалов времени

Table 2. The temperatures of the four periods of scallop juvenile development, and their statistical characteristics for various time intervals

Интервал	t _{cp} , °C	Me	σ²	Σ, °C	t _{max} , °C/год	t _{min} , °C/год
I период						
1970–2012	5,8	5,6	3,6	315,9	16,0/2010	-0,8/1985
1970–1990	5,7	5,9	3,6	327,2	14,5/1973	-0,8/1985
1996–2012	5,8	5,1	3,6	302,9	16,0/2010	-0,6/2000
II период						
1970–2012	14,4	14,5	1,8	397,9	23,5/2010	7,7/2000
1970–1990	14,3	14,4	1,8	389,8	20,8/1971	9,0/1986, 1990
1996–2012	14,4	14,6	1,9	408,2	23,5/2010	7,7/2000
III период						
1970–2012	18,3	18,3	1,9	550,5	25,3/2010	12,1/1988
1970–1990	17,8	17,7	2,0	566,9	25,0/1977	12,1/1988
1996–2012	18,8	18,9	1,8	530,3	25,3/2010	12,9/2006
IV период						
1970–2012	6,4	6,2	4,1	344,0	14,2/1972, 1973	-0,6/1974, 1988
1970–1990	6,5	6,3	4,0	348,9	14,2/1972, 1973	-0,6/1974, 1988
1996–2012	6,4	6,2	4,0	331,4	14,0/2008	-0,3/1998, 2002

Примечание. t_{cp} – среднепериодная температура; Me – медиана; σ² – среднеквадратичное отклонение; Σ – среднепериодная сумма температур; t_{max}/год – максимальная температура периода и год наблюдения; t_{min}/год – минимальная температура периода и год наблюдения.

Таблица 3. Статистические характеристики четырех периодов годового цикла развития гребешка для различных интервалов времени
 Table 3. Statistical characteristics of the four periods in the annual developmental cycle of the Japanese scallop for various time intervals

Интервал	$L_{\text{ср}}$, сут	Me	σ^2	L_{max} , сут	L_{min} , сут
I период					
1970–2012	56	57	7,8	73/1990	41/1984
1970–1990	57	58	8,4	73/1990	41/1984
1996–2012	56	54	7,0	72/2011	45/2012
II период					
1970–2012	28	28	5,4	39/1974	13/1987
1970–1990	27	28	6,6	39/1974	13/1987
1996–2012	28	27	3,5	34/2010	21/2006
III период					
1970–2012	30	30	5,5	40/1975, 1989	21/1999
1970–1990	31	31	5,2	40/1975	23/1976
1996–2012	28	26	4,9	37/2012	21/1999
IV период					
1970–2012	53	53	7,6	71/1977	38/1976
1970–1990	54	54	7,5	71/1977	38/1976
1996–2012	52	52	7,9	67/2008	40/2000

Примечание. $L_{\text{ср}}$ – средняя длина периодов развития молодежи гребешка; Me – медиана; σ^2 – среднее квадратичное отклонение; L_{max} – максимальная длина периодов и год наблюдения; L_{min} – минимальная длина периода и год наблюдения.

Средняя температура I и II периодов для временного интервала 1996–2012 гг. по сравнению с временным интервалом 1970–1990 гг. незначительно повысилась (на $0,1^\circ\text{C}$), температура IV периода незначительно понизилась. Исключение составляет III период – период оседания, когда температура повысилась на целый градус ($1,0^\circ\text{C}$).

При сравнении экстремальных температур можно отметить, что для первых трех периодов максимальная температура повысилась: для I периода на $1,5^\circ\text{C}$, для II периода на $2,7^\circ\text{C}$, для III периода на $0,3^\circ\text{C}$. Только для IV периода максимальное значение температуры незначительно понизилось (на $0,2^\circ\text{C}$). Нижняя граница максимальных температур для трех периодов повысилась: для I периода на $0,2^\circ\text{C}$, для III периода на $0,8^\circ\text{C}$ и для IV периода на $0,3^\circ\text{C}$. А для личиночного (II) периода она значительно понизилась (на $1,3^\circ\text{C}$). Таким образом, размах колебаний среднепериодной температуры для I и II периодов увеличился, а для III и IV периодов уменьшился, т. е. температурные условия для III и IV периодов стали стабильнее.

Сумма градусодней, определяющая суммы тепла, накопленного в течение вегетационного

периода, уменьшилась для всех периодов, за исключением второго, личиночного, для которого теплосодержание несколько увеличилось.

Изменчивость длительности периодов за исследуемый временной интервал представлена в табл. 3. Отметим, что длительность периодов за последние годы уменьшилась, за исключением периода планктонного развития (II период). Длительность этого периода несколько увеличилась. Также можно отметить, что хотя средняя продолжительность периодов изменилась в небольших пределах, но уменьшился разброс между минимальными и максимальными значениями границ периодов. Границы периодов как бы сблизились, максимальные значения стали меньше, а минимальные – больше.

Для исследования динамики были построены графики изменчивости длительности каждого из четырех периодов годового цикла развития приморского гребешка за весь период наблюдений и для сравнения – изменчивости температуры

воды соответствующего сопряженного месяца (рис. 6). В ходе кривой, описывающей продолжительность I и II периодов развития приморского гребешка, значимый тренд не выявлен, но линии тренда визуально имеют небольшой отрицательный наклон, т. е. намечается тенденция к незначительному уменьшению их продолжительности. В ходе температуры воды в марте и мае значимый тренд за рассматриваемый промежуток времени не выявлен, хотя линия имеет положительный наклон.

В длительности периода оседания (III период) четко прослеживается тенденция сокращения, тренд значим на 5%-ном уровне, но тренд температуры воды в июне незначим, хотя наклон кривой положителен. Продолжительность IV периода подвержена наименьшей вариабельности, тренд не выявлен, практически колебания идут около среднего многолетнего. Для температуры воды, наоборот, в октябре отмечен значительный рост, тренд положителен и значим на 5%-ном уровне.

Таким образом, для первых трех периодов можно отметить тенденцию сокращения длительности периодов и положительную тенденцию в росте температуры воды сопряженного месяца,

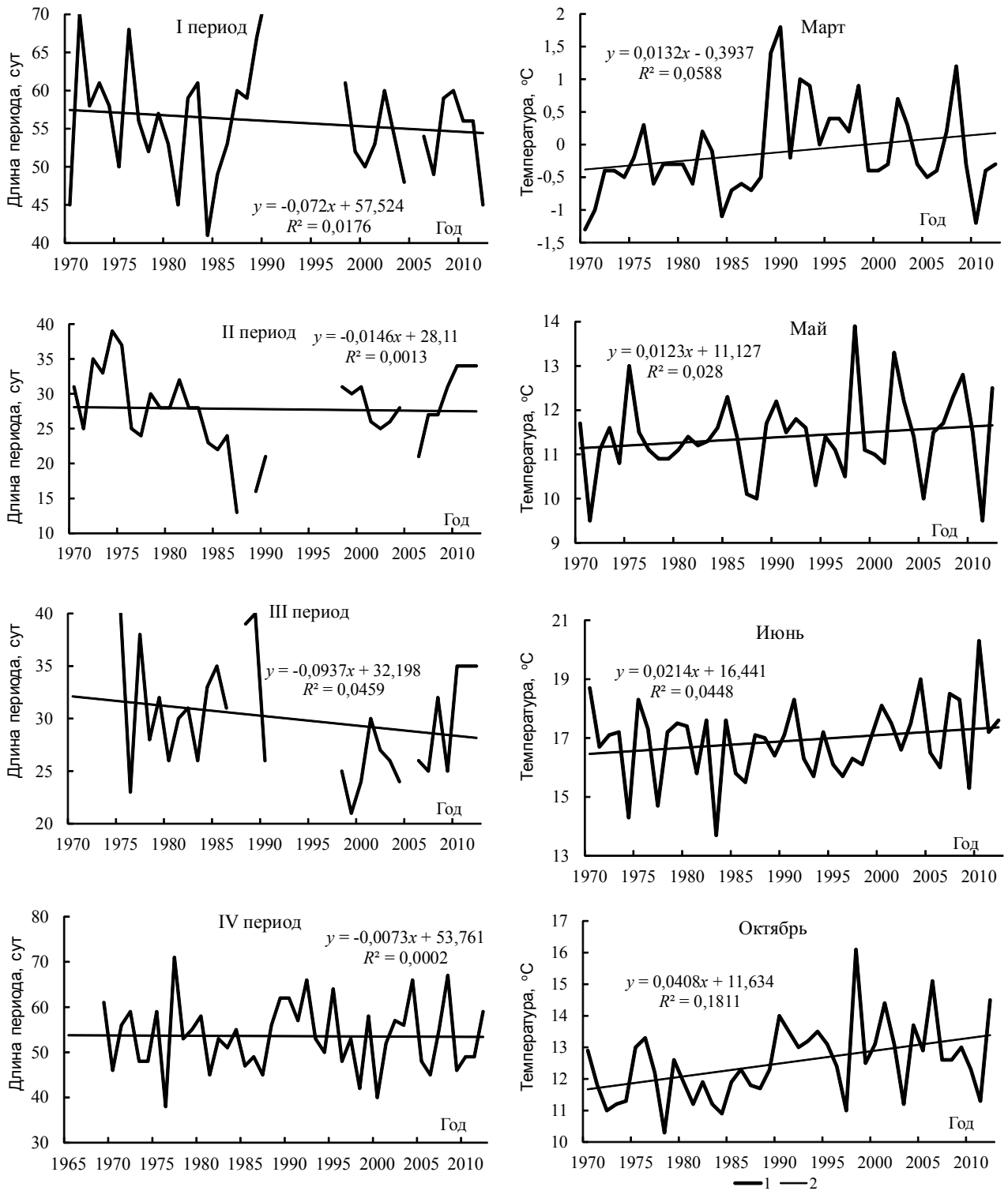


Рис. 6. Изменчивость длительности периодов годового цикла развития приморского гребешка и средняя месячная температура воды сопряженного месяца

Fig. 6. Variability of the duration of periods of the annual cycle of the Japanese scallop development and the average water temperature of a paired month

т. е. обратно пропорциональную зависимость между ними. Можно предположить, что рост температуры воды вызывает сокращение длительности периодов. Влияние увеличения температуры воды на длительность периода начала гаметогенеза (IV) не выявлено.

ВЫВОДЫ

В прибрежных районах зал. Петра Великого в годовом ходе температуры воды и воздуха за период с 1930 по 2012 год выявлен положительный тренд.

За последние 75 лет вдоль побережья зал. Петра Великого температура воды выросла в среднем на 0,4°C, а воздуха – на 1,7°C. В зал. Посыета, на акватории которого располагаются хозяйства марикультуры, температура выросла на 0,5 и 1,3°C соответственно.

Средняя многолетняя урожайность за весь период наблюдений составила 588 экз./м², с 1970 по 1990 г. – 476 экз./м², а с 1996 по 2012 г. – 744 экз./м². Линейный тренд роста урожайности за период с 1970 по 2012 г. незначим.

Размах колебаний среднепериодной температуры для I и II периодов увеличился, а для III и IV – уменьшился.

При сравнении длительности всех четырех периодов развития приморского гребешка за 1970–1990 гг. и 1996–2012 гг. отмечено, что хотя средняя продолжительность периодов изменилась незначительно, уменьшился размах между максимальными и минимальными значениями границ периодов.

Между ростом температуры воды сопряженного месяца и длительностью первых трех периодов существует обратная взаимосвязь.

ЛИТЕРАТУРА

Белогрудов Е. А. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Viv.) в зал. Посыета (Японское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. – 23 с.

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

Габаев Д. Д. О долгосрочном прогнозировании обилия оседающих на коллекторы промысловых двусторчатых моллюсков // Третий Всесоюз. съезд океанол. : тез. докл. – Л. : ААНИИ, 1987. – Ч. 1: Биол. океана. – С. 99–100.

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

Гайко Л. А. Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море). – Владивосток : Дальнаука, 2005. – 151 с.

Гайко Л. А. Особенности температурного режима заливов Восток и Находка (юго-восточная часть залива Петра Великого) // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. А. С. Астахов, В. Б. Лобанов. – М. : ГЕОС, 2008. – С. 97–110.

Жабин И. А., Грамм-Осипова О. Л., Юрасов Г. И. Ветровой апвеллинг у северо-западного побережья Японского моря // Метеорология и гидрология. – 1993. – № 10. – С. 82–86.

Изменение климата, 2001 г. : обобщ. докл. // Третий докл. МГЭИК об оценке / Межправит. группа экспертов по изменению климата. – 2003. – Т. 4. – 220 с.

Касьянов В. Л., Крючкова Г. А., Куликова В. А., Медведева Л. А. Личинки морских двусторчатых моллюсков и иглокожих. – М. : Наука, 1983. – 216 с.

Климат Владивостока. – Л. : Гидрометеоздат, 1983. – 248 с.

Кондратьев К. Я., Демирчян К. С. Климат Земли и «Протокол Киото» // Вестн. РАН. – 2001. – Т. 71, № 11. – С. 1002–1009.

Коновалова Н. Н., Поликарпова Г. В. Промышленный сбор спата приморского гребешка // Рыб. хоз-во. – 1983. – № 9. – С. 27.

Свиныхов Г. В. Синоптико-статистические методы долгосрочных прогнозов погоды на Дальнем Востоке // Тр. ДВНИГМИ. – 1977. – Вып. 65. – 168 с.

Gayko L. A. Influence of the climate change on the development of mollusks on marine farms (for Possyet Bay, Japan / East Sea) // Current Development in Oceanography. – 2011. – Vol. 2, Iss. 2. – P. 105–114.

Gayko L. A. Water and air temperature variability along the coast of Primorye (Japan / East Sea) / Current Development in Oceanography. – 2012. – Vol. 5, Iss. 2. – P. 49–58.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. – NY, USA, 2007. – 996 pp.

Поступила в редакцию 12.08.2013 г.

THERMAL CONDITIONS CHANGE AND ITS INFLUENCE ON PRODUCTIVITY OF MARINE FARMS IN THE COASTAL ZONE OF PETER-THE-GREAT BAY (SEA OF JAPAN)

L. A. Gayko

The paper considers variability of water and air temperatures in the coastal areas of the Peter-the-Great Bay in 1930 through 2012. During this period, the yearly flow of water and air temperatures revealed a positive trend. The increase of the temperature influences the cycles of development of shellfish grown at marine farms in the bay. The climate change influence on life cycles of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* annual development in 1970 through 1990 and in 1996 through 2012 is shown. The average long-term yield increased from 476 specimens/m² up to 744 specimens/m², respectively.

Key words: hydrometeorological stations, Peter-the-Great Bay, Possyet Bay, climate change, Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis*, spat, air and water temperatures, trend, marine farming, Sea of Japan.