

Экспериментальные и экспедиционные исследования

УДК 551.463

Г.А. Власова, А.М. Полякова

Температура поверхности океана как индикатор термодинамических процессов на примере северо-западной части Тихого океана

На базе архивных данных за 1960, 1964 — 1985 гг. были выполнены расчет и анализ аномалий температуры поверхности океана северо-западной части Тихого океана. Выявлен пятилетний период (1973 — 1977 гг.) общей нестабильности среднегодовых температур, в рамках которого 1974 г. оказался наиболее холодным, а 1977 г. — экстремально теплым. Проведен анализ межгодовой и внутригодовой изменчивости аномалий температуры поверхности океана, а также показаны общие черты и различия сезонной эволюции этих аномалий для лет с существенно разным температурным режимом. Определена квазистационарная зона максимально прогретых вод, которая независимо от года и сезона сосредоточена в полосе 36 — 46° с. ш., восточнее 140° в. д., пространственно совпадая с зоной Субарктического фронта и южной частью Субарктики. Показано влияние меандров течения Куроиси, деятельность которых усиливается после событий Эль-Ниньо, тем самым значительно повышая тепловую энергетику акватории и сохраняя ее в течение 1 — 2 лет после указанных событий.

Введение. Северо-западная часть Тихого океана характеризуется чрезвычайно сложной гидрологической обстановкой: существованием здесь двух крупнейших структур вод (субарктической и субтропической), разделенных между собой зоной Субарктического фронта [1, 2]; переносом трансформированных вод дальневосточных морей через проливы островных дуг; влиянием мощного пограничного течения Куроиси и т. д. Указанные условия делают данный регион уникальным природным полигоном для изучения комплекса гидрофизических процессов и параметров, понимание которых необходимо для решения многих фундаментальных и прикладных проблем океанологии. Важное место среди указанного комплекса занимают термодинамические процессы и их главная составляющая — температура поверхности океана.

Основной целью настоящей работы является изучение особенностей поведения термодинамических структур указанного региона. При этом основное внимание уделено анализу аномалий температуры поверхности океана (АТПО) как главной характеристике, определяющей динамику температурного фона в северо-западной части Тихого океана.

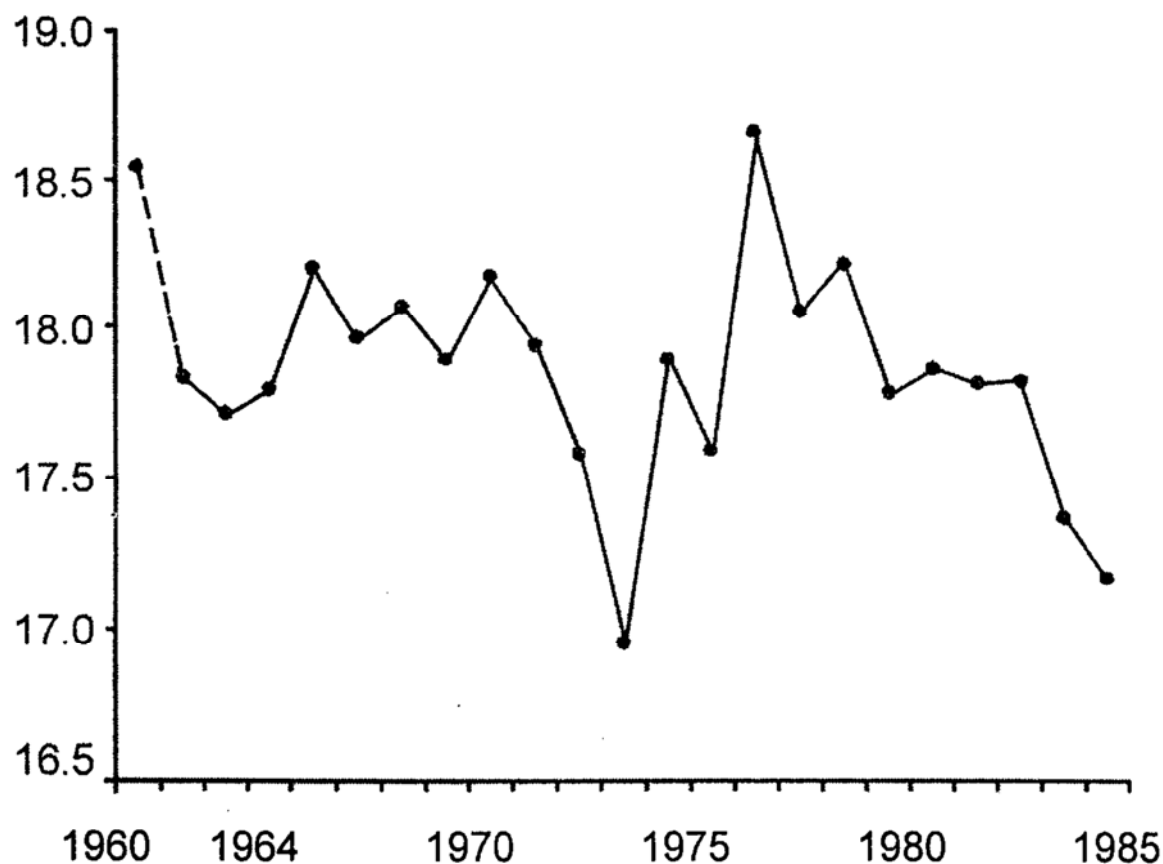
Исходные данные. Входной информацией для выполненных исследований послужил архив региональных данных Японского метеоагентства за 1960, 1964 — 1985 гг., объединивший в себе около 1,5 млн. дискретных значений поверхностной температуры океана, осредненных подекадно по одноградусной сетке. На основе указанного архива были вычислены средне-

© Г.А. Власова, А.М. Полякова, 2004

голетние значения температуры и отклонения от них (т. е. АТПО) за весь период наблюдений по одноградусным трапециям, которые были использованы в качестве исходных данных для дальнейшей работы.

Анализ результатов. В соответствии с расчетами среднегоголетний уровень поверхностной температуры в регионе составляет $17,85^{\circ}\text{C}$ со среднеквадратичным отклонением $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). На этом фоне очень контрастно выделяются два года: наиболее холодный — 1974 г. ($T = 16,96^{\circ}\text{C}$) и наиболее теплый — 1977 г. ($T = 18,66^{\circ}\text{C}$). Оба года входят примерно в пятилетний период общей нестабильности среднегодовых температур (1973 — 1977 гг.). Температурная контрастность названных лет послужила основой для их выбора в качестве объекта исследований.

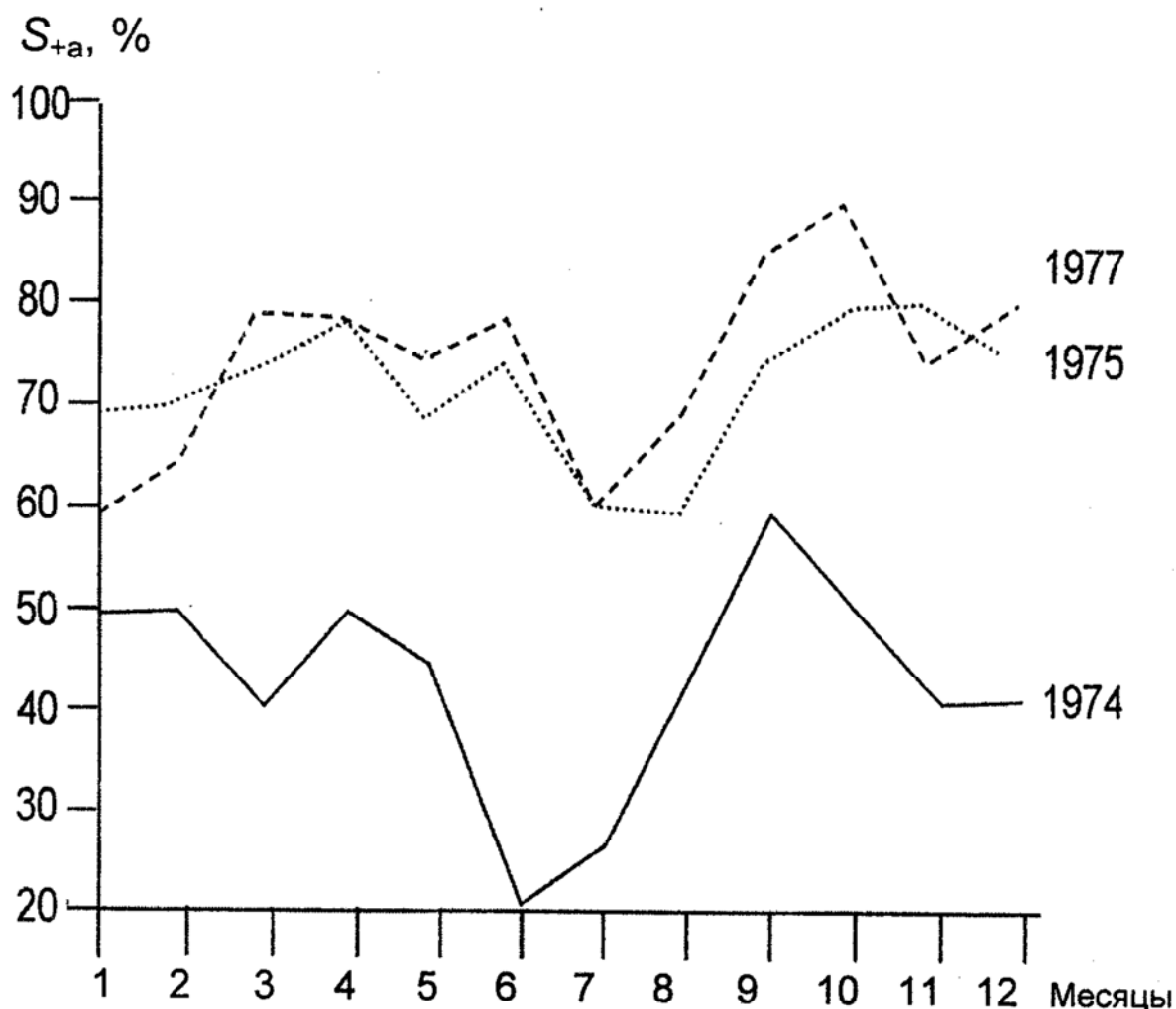
$T, ^{\circ}\text{C}$



Р и с. 1. График среднегодовых значений поверхностной температуры за 1960, 1964 — 1985 гг. для северо-западной части Тихого океана

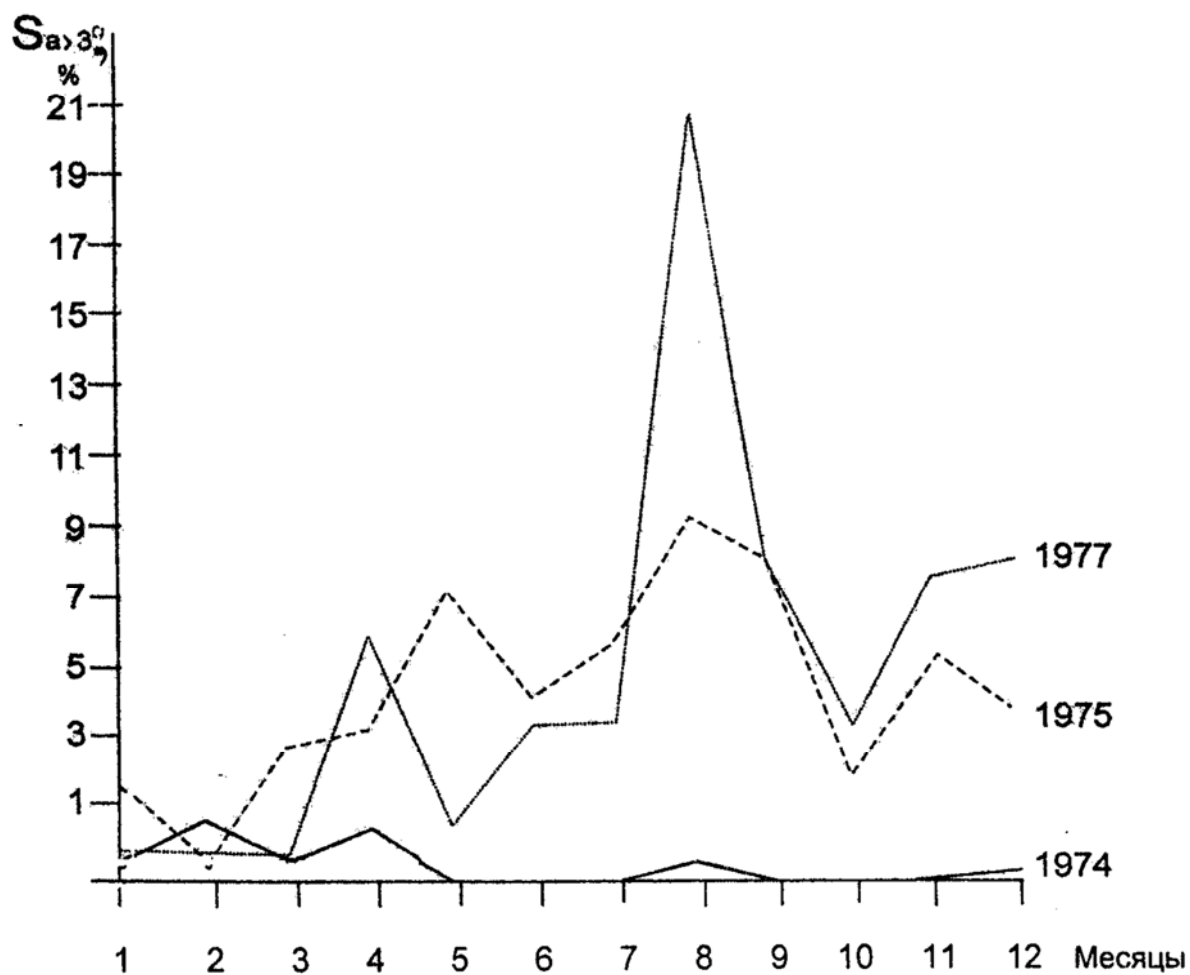
Анализ межгодовой и внутригодовой изменчивости аномального температурного поля был сделан для экстремальных лет и 1975 г., средний температурный уровень которого совпадает со средним многолетним. Необходимо отметить, что 1977 г. интересен и тем, что он входил в период так называемого большого меандрирования в зоне течения Курессио (август 1975 — март 1980 гг.). В это время участок указанного течения, расположенный юго-восточнее Японии, испытывал существенные пространственно-временные колебания с образованием большого и малого меандров, которые заметно активизировались непосредственно после событий Эль-Ниньо (1976 — 1977), сохраняя эту активность 1 — 2 года спустя [3].

Для удобства выполнения указанного анализа и наглядности полученных данных построен ряд диаграмм для 1974, 1975 и 1977 гг., отражающих пространственно-временную эволюцию аномально теплого температурного поля. К представленным параметрам относятся: отношение площади положительных АТПО к общей площади региона — S_{+a} , %; отношение площади наиболее прогретых вод (>3 °C) к общей площади региона — $S_{a>3^\circ}$, %; максимумы температурных аномалий (экстремумы) — $T_{a\max}$, °C (рис. 2 — 4).

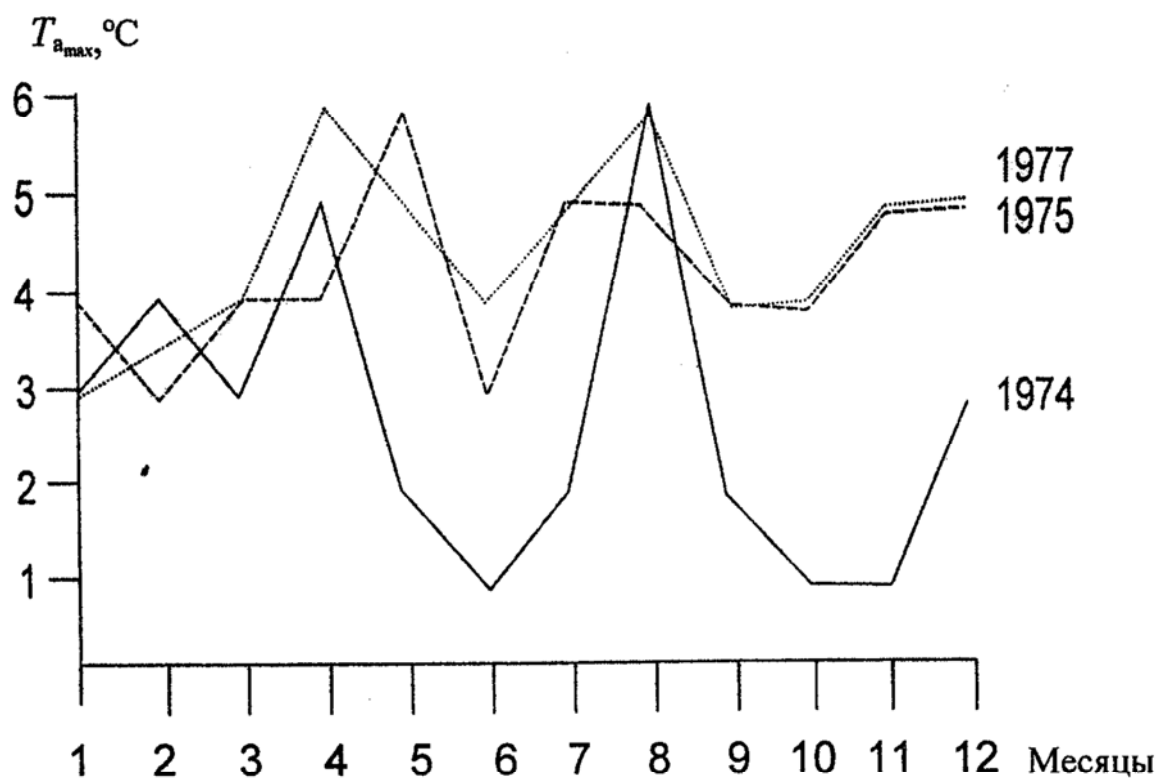


Р и с. 2. Внутригодовое распределение суммарной площади положительных АТПО (S_{+a} , % — отношение площади положительных АТПО к общей площади региона)

Площадь положительных АТПО в 1974 г. (S_{+a}) составила в среднем около 42 %, что на 29 % меньше площади АТПО каждого из двух анализируемых лет. Своего максимума эта площадь достигла в сентябре (60 %). Минимум площади был отмечен в июне — 20 % (рис. 2) в силу резкого понижения температуры поверхностных вод, что, вероятно, напрямую связано с прошедшим накануне тропическим циклоном. Несоразмерно малой была и площадь участков $S_{a>3^\circ}$, едва достигая 1 % (рис. 3). Абсолютные же температурные максимумы ($T_{a\max}$) имели достаточно большие значения (4 — 6 °C), сопоставимые с 1975 и 1977 гг. (рис. 4).



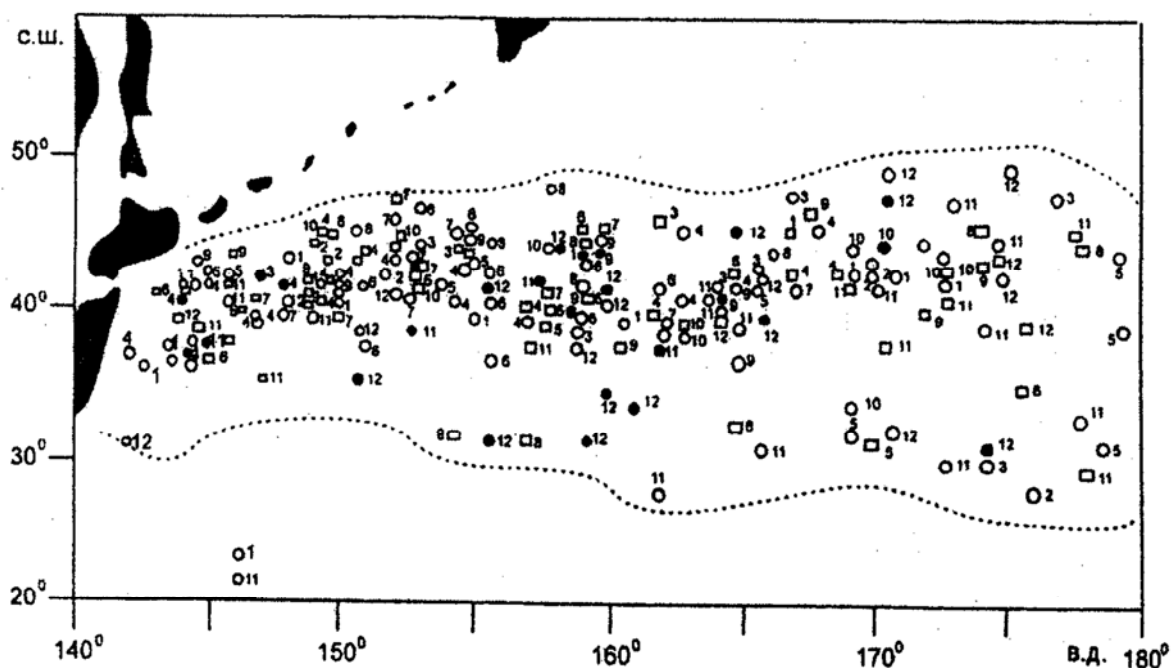
Р и с. 3. Внутригодовое распределение площади АТПО, равных и превышающих 3 °С ($S_{a>3^\circ}$, % — отношение площади АТПО, равных и превышающих 3 °С, к общей площади региона)



Р и с. 4. Внутригодовое распределение экстремумов АТПО $T_{a \max}$, °С

В 1975 г. средняя величина S_{+3} была равной 73 %. Ее максимум достигал 80 % в весенне-осенние сезоны. Минимальная площадь отмечалась зимой, а также в июле — августе и составляла 60 %, хотя в июне она была равной 79 %. Летнее понижение АТПО связано с охлаждением субтропиков вследствие прошедшего накануне тайфуна и усиления деятельности квазистационарного циклонического вихря у берегов о. Хонсю. Поверхность океана, прогретая более чем на 3° ($S_{>3^{\circ}}$), в среднем занимала площадь около 4,5 %, увеличиваясь до 7 — 8 % в мае и августе и уменьшаясь к зиме. В целом с января по август наблюдалось неравномерное, но активное увеличение площади участков с максимально прогретыми водами и дальнейшее ее резкое сокращение.

В 1977 г. S_{+3} превысила 75 %, что явилось максимумом в сравнении с двумя уже описанными годами. Максимальных размеров площадь АТПО достигла в октябре, когда она составила 90 %. Ее минимум, как и в 1975 г., пришелся на июль месяц — 60 %. Июль данного года характеризовался обширным полем охлажденных вод в пределах Субарктики в силу возникновения локального мощного циклонического круговорота. Низкие значения площади отмечались также и в зимний период. В августе произошло экстремально резкое увеличение площади $S_{>3^{\circ}}$, которая достигла 20 %. Одновременно с этим интенсивно возросла и амплитуда температурных максимумов ($T_{a\max} = 6^{\circ}\text{C}$). Указанный интенсивный прогрев поверхностных вод в рассматриваемый период хорошо коррелирует с прошедшими накануне событиями Эль-Ниньо.



Р и с. 5. Пространственное распределение участков АТПО, превышающих 3°C (● — 1974 г., ○ — 1975 г., □ — 1977 г.; цифры обозначают номер месяца)

Весьма информативной является общая картина пространственного распределения участков АТПО более 3°C по месяцам в течение сопоставляемых трех лет (рис. 5). Каждая точка на указанном рисунке означает центр аномального участка, где температура была равной или превысила 3°C относи-

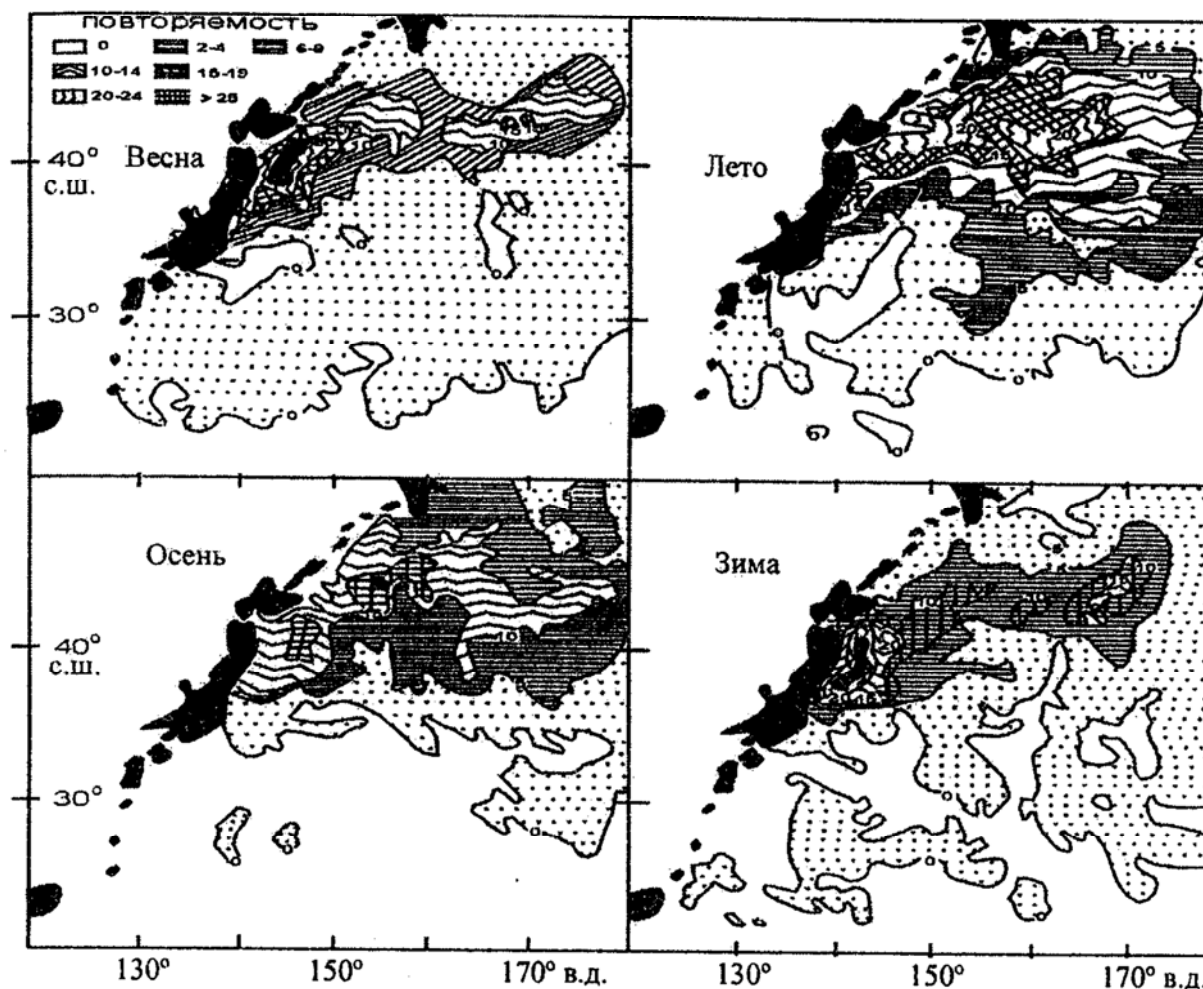
тельно среднемноголетнего значения. Как видно из рисунка, вся совокупность точек, принадлежащих разным годам, концентрируется, главным образом, в полосе между 36 и 46° с. ш. Эта зона наиболее прогреваемых поверхностных вод имеет почти широтное направление со слабой ориентировкой с юго-запада на северо-восток. Так, ее осевая линия между меридианами 140 — 150° в. д. располагается приблизительно на $40^\circ 30'$ с. ш., между 150 — 160° в. д. на $41^\circ 30'$ с. ш., между 160 — 170° в. д. на 42° с. ш. и между 170 — 180° в. д. на 43° с. ш. В целом данная зона совпадает с восточным звеном Куроисио и его продолжением — Северо-Тихоокеанским теплым течением. Помимо этого, значительная часть зоны покрывает район смешения теплых и холодных вод восточнее и юго-восточнее о. Хоккайдо, южную часть Курильского течения и зоны его дивергенции, а также район Алеутского течения. Вероятно, основным источником тепловой энергии здесь является Куроисио. Известно [4], что основной запас тепла сосредоточен в верхнем 500-метровом слое течения Куроисио, в котором и осуществляется интенсивный горизонтальный перенос тепла. На этот слой приходится 60 — 80% общего переноса вод, осуществляемого в океане [5].

Внутреннее строение зоны положительных аномалий очень неоднородно, пространственное размещение температурных максимумов в ее пределах очень неравномерно. В крупном плане вся зона может быть разделена на две части — западную и восточную. Западная, простирающаяся от берегов Японии до 158 — 160° в. д., отличается значительной компактностью и высокой плотностью размещения участков-экстремумов. Восточнее 160° в. д. зона становится более сложной по форме и имеет меньшую концентрацию участков с температурными максимумами. Безусловно, это связано с зоной фронта Куроисио, который ограничен с востока указанным меридианом [4]. Между Японскими о-вами и 150° в. д. располагается район наибольшей концентрации участков. Видимо, это объясняется тем, что в районе 144° в. д. фронт Куроисио делится на две ветви — южную и северную — и прослеживается до 153° в. д. [4]. Восточнее 150° указанная зона претерпевает резкое расширение на север и в меньшей степени на юг.

Представлялось интересным отдельно исследовать особенности распределения среднемноголетних значений $АТПО > 2^\circ\text{C}$ за весь период наблюдений, которые были названы крупными положительными аномалиями (КПА).

Независимо от года и сезона КПА чаще всего наблюдаются на площади, распространяющейся от побережья о. Хонсю на северо-восток (рис. 6). Абсолютный максимум их повторяемости в одном одноградусном квадрате составляет от 28 случаев весной (в районе 39 — 41° с. ш., 143° в. д.) до 23 случаев осенью (42 — 43° с. ш., 145 — 155° в. д.). Максимальное число случаев появления КПА от сезона к сезону меняется незначительно, существенно меняется площадь, на которой они наблюдались (зона КПА) и которая сезонно мигрирует: весной она занимает минимум акватории и движется от побережья на северо-восток, летом — максимум, а к зиме перемещается на юго-запад к Японским о-вам. Зона КПА территориально тяготеет к Субарктическому фронту и безусловно связана с его сезонным перемещением. Расширение зоны КПА, как правило, происходит за один сезон (от весны к лету), а обратный процесс протекает медленнее — в течение трех сезонов (от лета к

весне). Максимальные КПА наблюдались на севере акватории и достигали $5,0 - 8,5^{\circ}\text{C}$; на крайнем юге исследуемого района КПА не наблюдались вообще; в промежутке между этими регионами они составляли $2,0 - 3,4^{\circ}\text{C}$. Максимальная непрерывная продолжительность КПА составляет 43 декады, сохраняясь на западе вблизи Японских о-вов и на востоке между 26 и 46° с. ш.



Р и с. 6. Распределение крупных положительных аномалий поверхностной температуры для северо-западной части Тихого океана

Выводы

1. Выявлен пятилетний период (1973 — 1977 гг.) общей нестабильности среднегодовых температур, в рамках которого 1974 г. оказался наиболее холодным, а 1977 г. — экстремально теплым.

2. Определена квазистационарная зона максимально прогретых вод, которая сосредоточена в полосе $36 - 46^{\circ}$ с. ш., восточнее 140° в. д., пространственно совпадая с зоной Субарктического фронта. Это подтверждает стационарность основного источника избыточной тепловой энергии в рассматриваемом районе (вероятно, течения Куроисио).

3. Представлен анализ межгодовой и внутригодовой изменчивости АТПО для экстремальных лет. Площадь АТПО в холодном 1974 г. была минимальной, в теплом 1977 г. — максимальной (42 и 75 % соответственно). В холодный год происходило последовательное уменьшение площади участков экстремумов ($>3^{\circ}\text{C}$), в теплый — наоборот. Для всех исследуемых лет максимум АТПО наблюдался в осенний период.

4. Определена пространственно-временная корреляция КПА и $S_{a>3^\circ}$. В целом площадь АТПО увеличивается в теплое время и уменьшается в холодное, занимая крайнее северо-восточное положение летом и крайнее юго-западное положение зимой.

5. Выявлена сезонная миграция зоны КПА: движение к северо-востоку продолжается в течение трех сезонов, а опускание к юго-западу — один сезон.

6. Рассчитана максимальная продолжительность КПА (43 декады).

7. Показано значительное влияние на исследуемый регион меандров Куросио, деятельность которых усиливается после событий Эль-Ниньо, тем самым значительно повышая тепловую энергетику акватории и сохраняя ее в течение 1 — 2 лет после указанных событий.

Следовательно, северо-западная часть Тихого океана является регионом с повышенным температурным фоном и значительной энергетикой, где температура поверхности океана — главный индикатор ее термодинамических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрология Тихого океана / Под ред. А.Д. Добровольского. — М.: Наука, 1968. — 254 с.
2. Субарктический фронт северо-западной части Тихого океана / Под ред. Н.П. Булгакова. — Владивосток, 1972. — 133 с.
3. *El Nino North* // Sea Grant Program University of Washington. — Seattle, 1985. — 312 p.
4. Куросио и прилегающие районы Тихого океана // Тр. Гос. океаногр. ин-та. — 1972. — Вып. 106. — 210 с.
5. Макаров Ю.В., Кривицкий Ю.В. Аномалии температуры воды и солёности в северо-западной части Тихого океана // Там же. — 1974. — Вып. 120. — С. 129 — 160.

Тихоокеанский океанологический
институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток

Материал поступил
в редакцию 26.05.03

ABSTRACT Based on the archival data of 1960, 1964 — 1985 the ocean surface temperature anomalies in the northwestern Pacific are calculated and analyzed. A five-year period (1973 — 1977) of general instability of the average annual temperature is revealed: 1974 was the coldest one and 1977 was extremely warm. Inter-annual and intra-annual variability of the ocean surface temperature anomalies is analyzed. Common features and differences of these anomalies are shown for the years of essentially different temperature modes. Revealed is a quasi-stationary zone of most heated waters that regardless of a year and a season is located in a strip 36 — 46 °N to the east from 140 °E spatially coinciding with the zone of subarctic front and the southern part of subarctic region. Shown is the influence of the Kuroshio Current meanders that intensify their action after the El-Nino events, thereby considerably increasing heat energy in the water area and preserving it during 1 — 2 years after the mentioned events.