
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ ПОВЕРХНОСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

© 2013 г. Ж. Р. Цхай*, Г. В. Шевченко

Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск

*E-mail: tshay@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.05.2012 г.

На основе многолетних данных, полученных со спутников серии NOAA приемной станцией TeraScan, по четверть-градусным квадратам были рассчитаны среднемесячные аномалии температуры поверхности воды в Охотском море и проанализированы их статистические характеристики. В ходе исследований производилась оценка площади акваторий, в которых отмечались значимые отклонения от средних многолетних значений, и выделены зоны, в которых аномалии значительно превышали величину стандартного отклонения. С применением методов разложения по естественным ортогональным функциям и спектрального анализа изучена пространственно-временная изменчивость данных аномалий.

Ключевые слова: спутниковые данные, термический режим, аномалии температуры поверхности океана, Охотское море

DOI: 10.7868/S0205961413020139

ВВЕДЕНИЕ

Вариации температуры поверхности океанов и морей отражают сложные процессы взаимодействия между атмосферой и океаном, прогрева, охлаждения и циркуляции вод в исследуемых бассейнах, поэтому их изучение представляет значительный интерес. Спутниковая океанология ориентирована, в том числе, и на решение этих проблем. Охотское море изучено в этом плане в меньшей степени, главным образом из-за значительного влияния облачности. Тем не менее сравнительный анализ спутниковых и судовых данных по температуре поверхности воды показал очень высокую степень сопоставимости (Пузанков, Шевченко, 2001; Цхай, Шевченко, 2007).

Установка спутниковой приемной станции TeraScan в Сахалинском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО) дала возможность проводить постоянный мониторинг изменчивости термического режима и выделять его особенности в различных районах Охотского моря (Пузанков, Шевченко, 2001; Цхай, Шевченко, 2005; Новиненко, Шевченко, 2007), а также прогнозировать условия прогрева на ближайшие годы (Шершнева, Шевченко, 2005).

Для Дальневосточного региона задача изучения пространственно-временной изменчивости температуры поверхности океана (ТПО) имеет выраженный прикладной характер, поскольку

термический режим является ключевым фактором, определяющим параметры роста большинства морских организмов (Константинов, 1979). Формирование базы данных о температуре поверхности воды в указанном районе за уже достаточно продолжительный период времени позволило рассчитать средние многолетние значения для каждого месяца отдельно и получить величину аномалии ТПО, – пожалуй, наиболее востребованного гидробиологами и промысловиками параметра. Это связано с тем, что резкие отклонения значений температуры воды от характерных для данного периода времени могут оказывать существенное влияние на численность и биомассу гидробионтов практически на любом трофическом уровне. Организмы низших трофических уровней (фито- и зоопланктон), служащие пищей для промысловых объектов, весьма чувствительны к изменениям термического режима. Например, повышение температуры океана называют в числе одной из причин возникновения такого опасного для здоровья человека явления, как цветение токсичных видов микроводорослей, – так называемые “красные приливы” (Коновалова, 1999; Могильникова и др., 2007). Жизненный цикл лососевых рыб на ключевых стадиях развития неразрывно связан с оптимальными термическими показателями окружающей водной среды (Гриценко, 2002; Тарасюк, Тарасюк, 2007). Аномально низкая температура воды в устьях рек во

время ската в весенний период может привести к массовой гибели молоди горбуши, и, наоборот, аномально высокая температура в прибрежных водах может стать существенным препятствием для миграции и нереста дальневосточных лососей.

Цель данной работы — изучение наиболее резких отклонений температуры поверхности Охотского моря и прилегающей акватории от средних многолетних значений, выделение периодов и зон, в которых аномалии достигали наибольших значений и имели наибольшую статистическую значимость (в частности, двукратное превышение величины среднеквадратической амплитуды колебаний).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных рассматривались данные базы среднесуточной температуры поверхности воды в Охотском море и прилегающей акватории с разрешением 0.25° , полученные приемной станцией TeraScan со спутников NOAA в период с января 1997 г. по декабрь 2010 г. Данные были усреднены помесячно. Таким образом, исходная матрица имела 168 временных слоев, а размерность каждого слоя составила 112 на 72 точки. При расчете аномалий сравнивалось значение ТПО в каждом слое с его средне многолетним показателем за месяц (за 14 лет). Для оценки экстремальных значений по каждому слою были построены гистограммы коэффициента отношения аномалии к величине стандартного отклонения σ в каждой точке пространства. При этом фиксировалась площадь акваторий, в которых указанное отношение превышало заданные пороговые значения. Особое внимание придавалось периодам, когда величина аномалий по абсолютному значению выходила за пределы 2σ и 3σ , что можно рассматривать как экстраординарные термические условия.

В работе (Новиненко, Шевченко, 2007) достаточно подробно исследовалась пространственно-временная изменчивость температуры поверхности Охотского моря на основе спутниковых данных, с применением метода разложения по естественным ортогональным функциям (ЕОФ) (Багров, 1959). Этот же метод применялся в диссертации Лучина (Лучин, 2008) при анализе межгодовых вариаций аномалий температуры воды на горизонте 50 м. Учитывая, что спутниковые данные имеют постоянную дискретность, авторы решили применить данную методику и для анализа поля аномалий температуры.

Величина среднеквадратичных отклонений ТПО в Охотском море

В зимний период на большей части Охотского моря и прилегающей акватории величина стандартного отклонения не превышала 1°C . Более

значимые вариации отмечались в юго-восточной части Татарского пролива и в северо-западной части Тихого океана, где величина стандартного отклонения достигала $1.5\text{--}2^\circ\text{C}$, что, скорее всего, связано с динамикой Цусимского и Куроисио течений (рис. 1).

В весенне-летний период вариации величины стандартного отклонения были более существенными. В мае в прибрежных водах значение σ уже достигало $1.5\text{--}2^\circ\text{C}$. В июне незначительные колебания параметра от 0.5 до 1°C отмечались только в центральной части Охотского моря и в Татарском проливе. В июле и в августе на большей части Охотского моря вариации величины стандартного отклонения составили $1\text{--}2^\circ\text{C}$. Значения σ , превышающие 2°C , фиксировались в зоне стока р. Амур, у юго-восточного побережья Сахалина и у побережья южных Курил.

Осенью процесс охлаждения поверхностных вод проходил более равномерно, чем прогрев летом. Значение σ на большей части региона находилось в пределах $0.5\text{--}1.5^\circ\text{C}$. Более значимые показатели σ отмечались в сентябре у северо-западного побережья Охотского моря, а в октябре — у западного побережья Сахалина.

Анализ экстремальных значений ТПО

Графики суммарной площади положительных и отрицательных экстремальных отклонений в процентном отношении к общей акватории региона, превышающих 2σ , показаны на рис. 2. Следует отметить, что отклонения, выходящие за пределы 2σ , за редким исключением имели незначительную площадь. В 17% случаев аномалии занимали более 5% акватории, а в 4% — более 10% площади. Наибольшее число существенных отклонений от нормы отмечались до 2003 г. Периоды, когда положительные аномалии преобладали над отрицательными, встречались чаще — в 96 случаях из 168. Но при этом отрицательные аномалии занимали большую площадь. Существенные положительные аномалии, покрывающие более 5% акватории, фиксировались всего три раза и всегда в весенний период — в апреле 1999 г., мае 2001 и 2002 гг. Если в 1999 г. значимые положительные аномалии наблюдались и в последующие летний и осенний сезоны, то в 2001 и 2002 гг., наоборот, летом и осенью температура поверхности воды была значительно ниже нормы. Кроме того, в октябре 2001 г. и в августе 2002 г. экстремальные отрицательные аномалии охватывали максимальную за весь период наблюдений площадь — более 20% изучаемой акватории.

Рассмотрим характер пространственного распределения аномалий в критические периоды (более 5% площади акватории) подробнее.

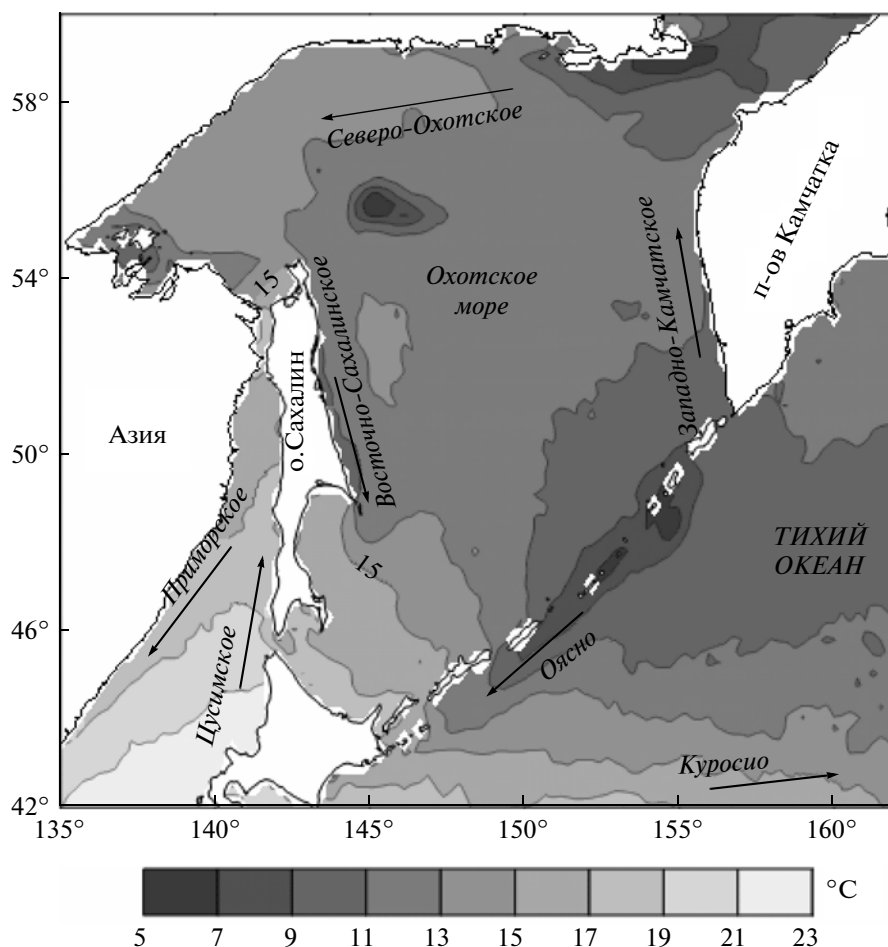


Рис. 1. Среднее многолетнее распределение температуры поверхности воды в изучаемом районе для периода максимального прогрева (август) по спутниковым данным. Стрелками показаны основные течения.

1997 г. С мая по июнь наблюдались значительные аномалии ТПО. Площадь поверхности с аномалиями, превышавшими 2σ , составила 5–8% рассматриваемого района. В мае положительные аномалии наблюдались в северной части Охотского моря, отрицательные – у тихоокеанского побережья Южных Курил. В июне существенные аномалии отмечались в северо-западной части Тихого океана. В июле значимые положительные аномалии фиксировались в северо-западной части Охотского моря, а отрицательные – в его восточной части.

1998 г. Выделялись два весенних месяца (март и апрель) и два осенних (октябрь и ноябрь). В марте отрицательные аномалии, местами существенные, занимали всю свободную ото льда поверхность Охотского моря и Татарского пролива. В апреле в южной части Охотского моря и на всей акватории Татарского пролива наблюдался крайне медленный прогрев поверхностных вод. Площадь экстремальных аномалий составила практически 10% заданного района. Несмотря на холодную вес-

ну, в июле и августе площадь положительных аномалий величиной более σ превышала 40 и 44% акватории соответственно, из которых всего 3–4% приходилось на экстремальные значения (более 2σ). В октябре обширная зона отрицательных аномалий ТПО была расположена в северной части Охотского моря. В ноябре температура в прибрежных водах Сахалина южнее 52 параллели была значительно выше нормы.

1999 г. В апреле в южной части региона (11% всей площади) отмечался интенсивный прогрев поверхностных вод. На 0.5% площади величина положительных аномалий превысила 3σ .

2000 г. Экстремальные аномалии ТПО отмечались в осенний период времени с сентября по декабрь. Если в сентябре на акватории региона преобладали положительные аномалии ТПО, то в последующие месяцы практически повсеместно фиксировались низкие показатели прогрева. Площадь экстремальных значений в ноябре и декабре составила 16 и 18% соответственно.

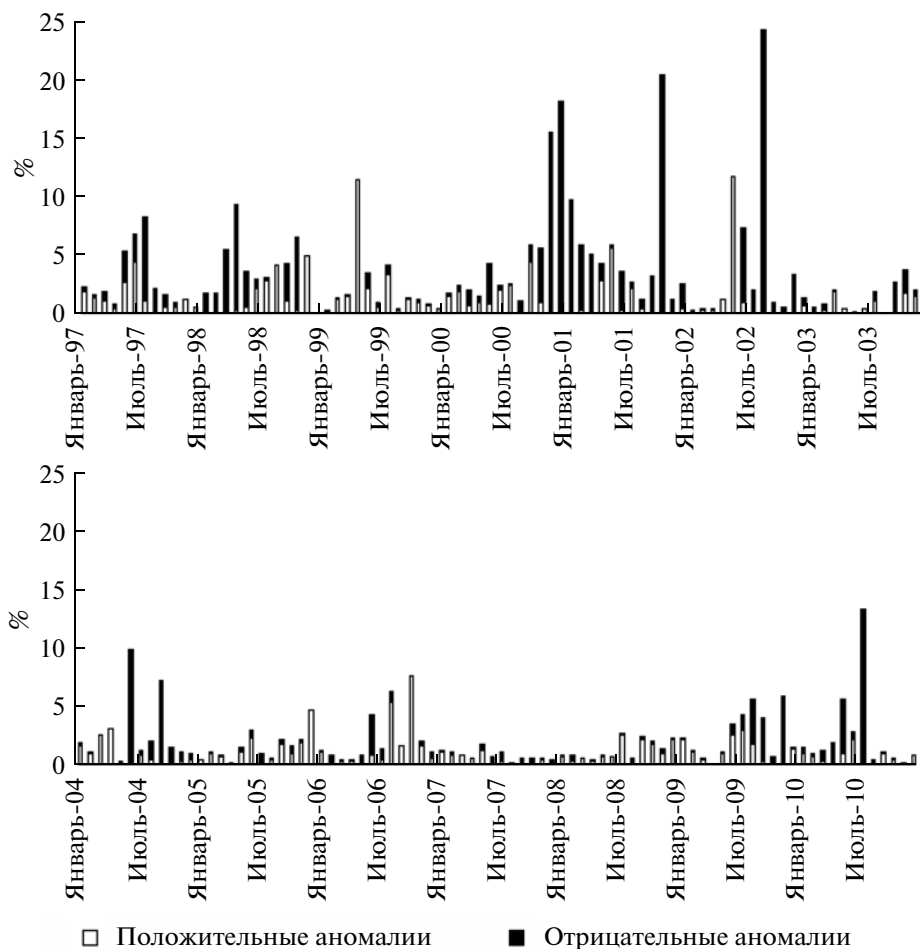


Рис. 2. Процент площади, на которых наблюдались экстремальные аномалии.

2001 г. Термический режим, установившийся в регионе в конце 2000 г., преобладал и в начале 2001 г. С января по март в южной части акватории наблюдались отрицательные аномалии ТПО. В последующие весенние месяцы фиксировался интенсивный прогрев поверхностных вод, и на большей части Охотского моря и северо-западной части Тихого океана аномалии ТПО были положительными. В октябре произошло резкое снижение температуры поверхностных вод, на 20% акватории, в частности, у северо-восточного побережья Сахалина, в центральной части Охотского моря, у юго-восточного побережья Камчатки она была существенно ниже нормальных показателей.

2002 г. Термические условия в наибольшей степени отличались от нормы. В мае в юго-западной части Охотского моря и в южной части Татарского пролива отмечались значительные положительные аномалии (рис. 3а). Экстремальные значения наблюдались на 12% акватории. В июне распределение аномалий имело широтный характер. В северной части Охотского моря наблюдались положительные аномалии ТПО, а в южной,

наоборот, они были отрицательными. Воды с аномальными значениями ТПО, превышавшими по абсолютному значению σ , занимали около 50% изучаемой акватории. Из них 7% составили существенные (более 2σ) отклонения от нормы. В августе (рис. 3б) практически на всей акватории региона фиксировались значительные отрицательные аномалии (для этого месяца была характерна облачная дождливая погода). На 25% акватории величина аномалий превысила 2σ , на 0.6% – 3σ . В общей сложности значимые (более σ) аномалии ТПО фиксировались на 75% площади заданного района. Это абсолютный максимум за период наблюдений с 1997 по 2010 гг.

2004 г. В июне (рис. 3в) в северной части Охотского моря наблюдалась зона отрицательных аномалий ТПО, местами существенных (10% всей площади). В августе отрицательные аномалии ТПО преобладали на большей части региона, за исключением прибрежных районов. Экстремальные значения ТПО составили 7% акватории и располагались в основном в центральной части Охотского моря.

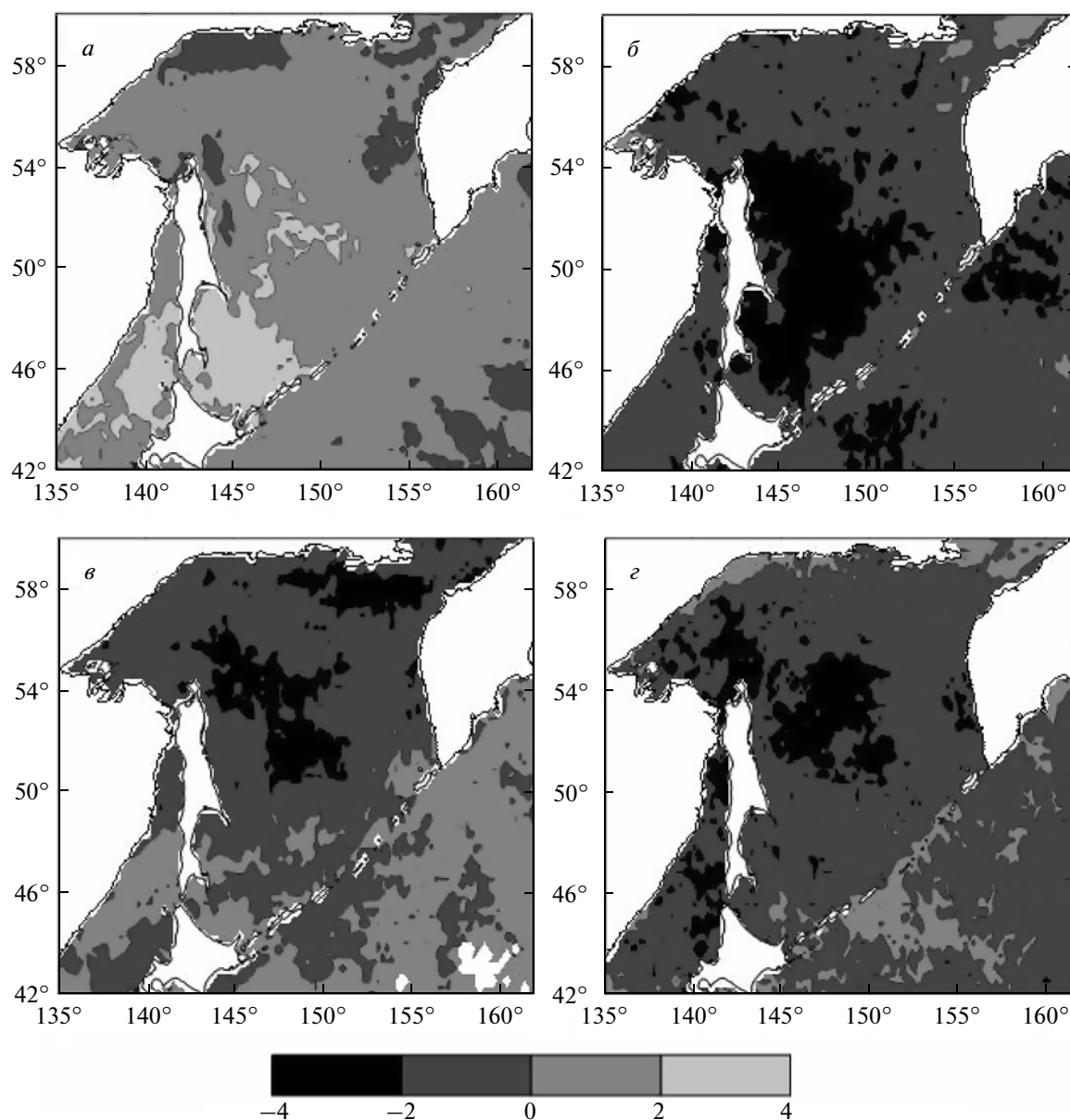


Рис. 3. Распределение отношения аномалии к величине среднеквадратического отклонения: *a* – май 2002 г.; *б* – август 2002 г.; *в* – июнь 2004 г.; *г* – июль 2010 г.

2006 г. Летом и осенью этого года на акватории Охотского моря и Татарского пролива преобладал термический режим “теплых” лет. На большей части региона с июня по ноябрь отмечались положительные аномалии ТПО. Наиболее “критичными” были август и октябрь, когда значимые (более σ) положительные аномалии наблюдались на 45% акватории, а экстремальные значения занимали около 6 и 8% соответственно.

2009 г. В августе в северной части Охотского моря (за исключением залива Шелихова) отмечались положительные аномалии ТПО, местами значительные. В северной части Японского моря,

включая Татарский пролив, аномалии были отрицательными. В ноябре практически на всей акватории изучаемого района поверхностная температура воды была ниже нормы. В целом, площадь величин больше 2σ не превышала 6%.

2010 г. В мае в Охотском море и прилегающей акватории наблюдались преимущественно положительные аномалии ТПО. В то же время в северной части Татарского пролива отмечались значительные положительные аномалии ТПО. “Критические” значения занимали около 6% площади. В июле на большей части Охотского моря и Татарского пролива фиксировались значимые отрица-

тельные аномалии (рис. 3з). Площадь величин более 2σ составила 13% акватории.

Следует также отметить, что масштабные экстремальные аномалии часто не ограничивались кратковременными пределами и получали дальнейшее развитие на более долгосрочный период. Наиболее яркий пример: существенные отрицательные аномалии, занимающие от 5 до 18% площади, наблюдались в течение полугода, а именно, с октября 2000 г. по март 2001 г. Это говорит о том, что возникающие в отдельные годы погодные условия способствовали масштабному выходу термического режима из равновесного состояния, в которое система возвращалась далеко не сразу.

При дальнейшем анализе по каждому временному слою были построены распределения аномалий по градациям температуры на промежутке $-10 \dots +10^\circ\text{C}$, с шагом 1°C . Распределения в целом близки к нормальному, хотя в большинстве случаев не были симметричными. Для количественной оценки их асимметрии по каждой гистограмме вычислялся соответствующий коэффициент. Величина коэффициента редко превышала по абсолютному значению единицу. Ярко выраженная левосторонняя асимметрия, как правило, отмечалась в летний период времени (июль–сентябрь для данного региона являются месяцами с максимальным прогревом поверхностных вод). Правосторонняя асимметрия фиксировалась всегда в зимне-весенний период – с декабря по апрель. Значительная асимметрия в распределении аномалий практически не была связана с величиной площади экстремальных аномалий. Только дважды наблюдался высокий коэффициент асимметрии, и при этом существенные аномалии занимали более 5% площади региона. В большинстве случаев, когда фиксировались значительные площади аномалий, их распределение носило симметричный характер относительно центра с наибольшей частотой аномалии для данного периода (рис. 4).

Несмотря на то что полученные гистограммы внешне близки к нормальному распределению, нулевая гипотеза соответствия по критерию согласия Пирсона не подтвердилась (Кендалл, Стьюарт, 1973). Величина статистики χ^2 значительно (минимум на порядок) превосходила квантиль закона χ^2 -распределения любого общепринятого уровня значимости и полученных степеней свободы. Кроме асимметричности полученных данных, большую роль в этом сыграли так называемые “тяжелые хвосты”.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ЕОФ ПОЛЯ АНОМАЛИЙ ТПО

Первые десять мод составили 58% общей дисперсии отклонений ТПО от средних многолетних значений, из них 26% приходилось на первую моду.

Амплитуда первой моды показала общую динамику вариаций аномалий ТПО за 14 лет (рис. 5). Очень сложно говорить о межгодовых закономерностях колебаний из-за короткого ряда наблюдений. Можно лишь отметить некоторые тенденции. Во-первых, величина амплитуды достигала максимальных по модулю величин чаще всего в летние месяцы. Частота периодов с положительными и отрицательными аномалиями была приблизительно одинакова. То же самое можно сказать и о значениях амплитуды каждого знака. Во-вторых, четко видна смена режимов “теплых” и “холодных” лет. Особенно выделялся период с августа 1998 г. по август 2006 г. В августе 1998 г. амплитуда первой моды достигала максимального положительного значения, затем в течение четырех лет наблюдался тренд уменьшения амплитуды до экстремально отрицательного показателя. В следующие четыре года происходило постепенное увеличение амплитуды до максимально положительного значения. Отметим, что с августа 2006 г. снова наблюдалась тенденция перехода к режиму “холодных” лет с локальным минимумом в июле 2010 г.

Рассмотрим пространственное распределение первой моды (рис. 5). Прежде всего, она имеет широтную структуру с ярко выраженными зональными особенностями. Это позволяет высказать предположение, что основным фактором прогрева поверхностных вод является солнечная радиация. Практически во всем изучаемом бассейне значения первой моды положительные. Незначительные по площади акватории с отрицательными значениями наблюдались вблизи северных берегов, прежде всего у Шантарских островов, на участке между населенными пунктами Аян и Охотск, а также в зоне Ямского апвеллинга. Это означает, что формирование аномалий в этих районах носит иной характер, чем на основной части изучаемого бассейна. Своеобразие термического режима в указанных акваториях уже отмечалось в указанной выше работе Новиненко и Шевченко. Незначительными положительными значениями (до 0.4°C) характеризовалась северная часть Охотского моря. При этом более устойчивый режим выделялся в северо-западной мелководной части, заливе Шелихова, и в районе ионо-кашеваровского апвеллинга. В южной части Охотского моря вариации первой моды были более существенными. Очевидно, сказывалась более дифференцированная интенсивность прогрева в данном районе. В частности, выделялась прибрежная зона холодных вод на шельфе Курильских островов, где определяющую роль играет апвеллинг и холодное течение Оясио. Такие же особенности распределения наблюдались на северо-восточном шельфе о. Сахалин и в зоне действия холодного Приморского течения у западного побережья Татарского пролива. Максимальные зна-

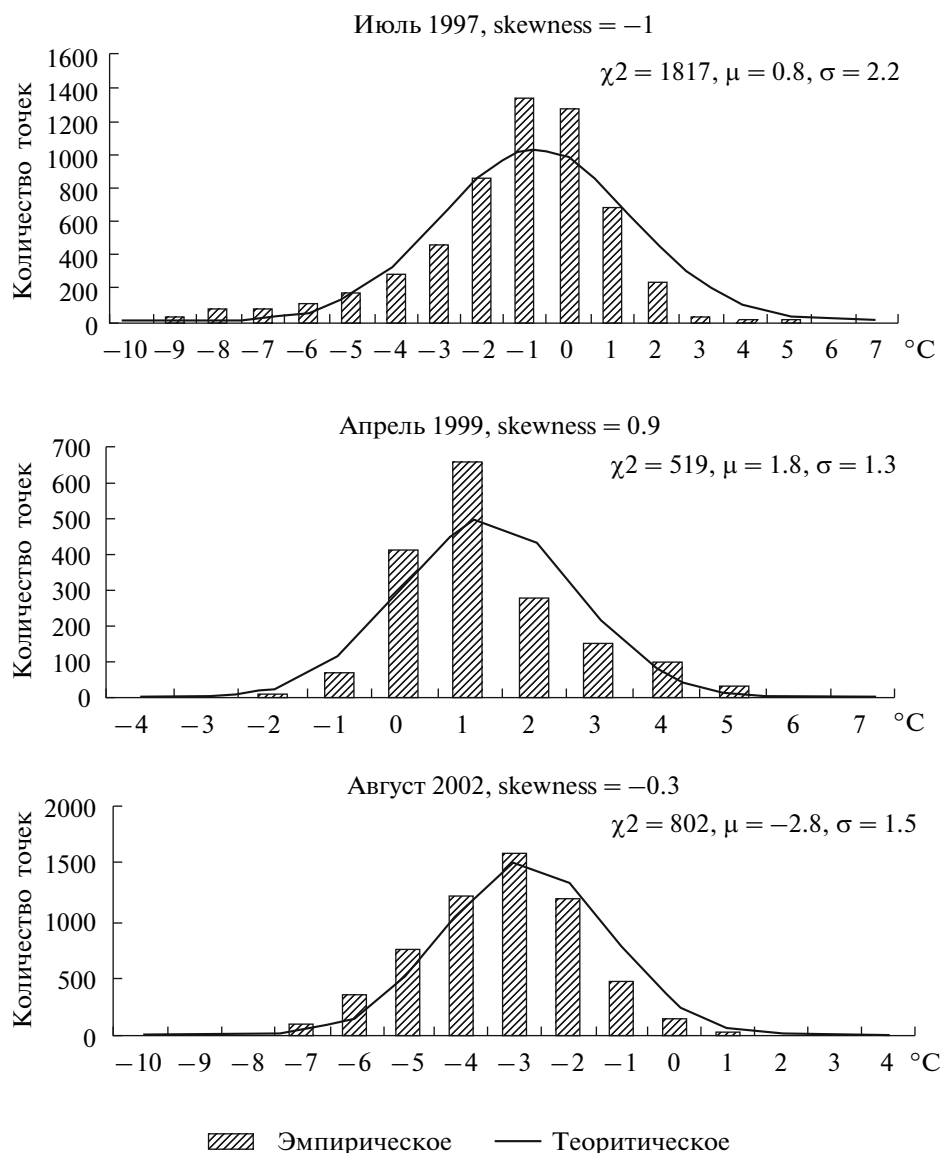


Рис. 4. Гистограммы распределения аномалий и соответствующие данному периоду кривая нормального распределения и коэффициент асимметрии.

чения в распределении первой моды отмечались в северо-западной открытой части Тихого океана, где сказывалось значительное влияние крайней северной ветви течения Куроиси, и именно от его интенсивности зависел термический режим в данном районе.

Вклад второй моды составил более 9%. В амплитуде второй моды также наблюдается некоторая периодичность (рис. 6). Локальные минимумы одного знака имеют 5–6-летний цикл повторяемости. Можно также отметить, что с сентября 2004 г. по июнь 2009 г. значения амплитуды второй моды были близкими к нулю, соответственно ее вклад в формирование аномалий ТПО в изучаемом бассейне был незначителен. Пространственное распределение второй моды носит четко

определенный широтный характер, весьма близкий к соответствующей моде ТПО (Новиненко, Шевченко, 2007). Узловая линия (смены знака) проходит по 50-й параллели. Формирование аномалий в северо-западной части Охотского моря находится в противофазе с его юго-западной частью, а также с открытыми водами Тихого океана, — т.е. периодически, как правило, летом, существенные положительные аномалии в северной части Охотского моря фиксируются одновременно с отрицательными аномалиями в зоне влияния течения Куроиси и наоборот. В Татарском проливе выделяется зона влияния Цусимского течения, которая находится в противофазе с северной частью пролива, куда поступает воды, связанные со стоком р. Амур.

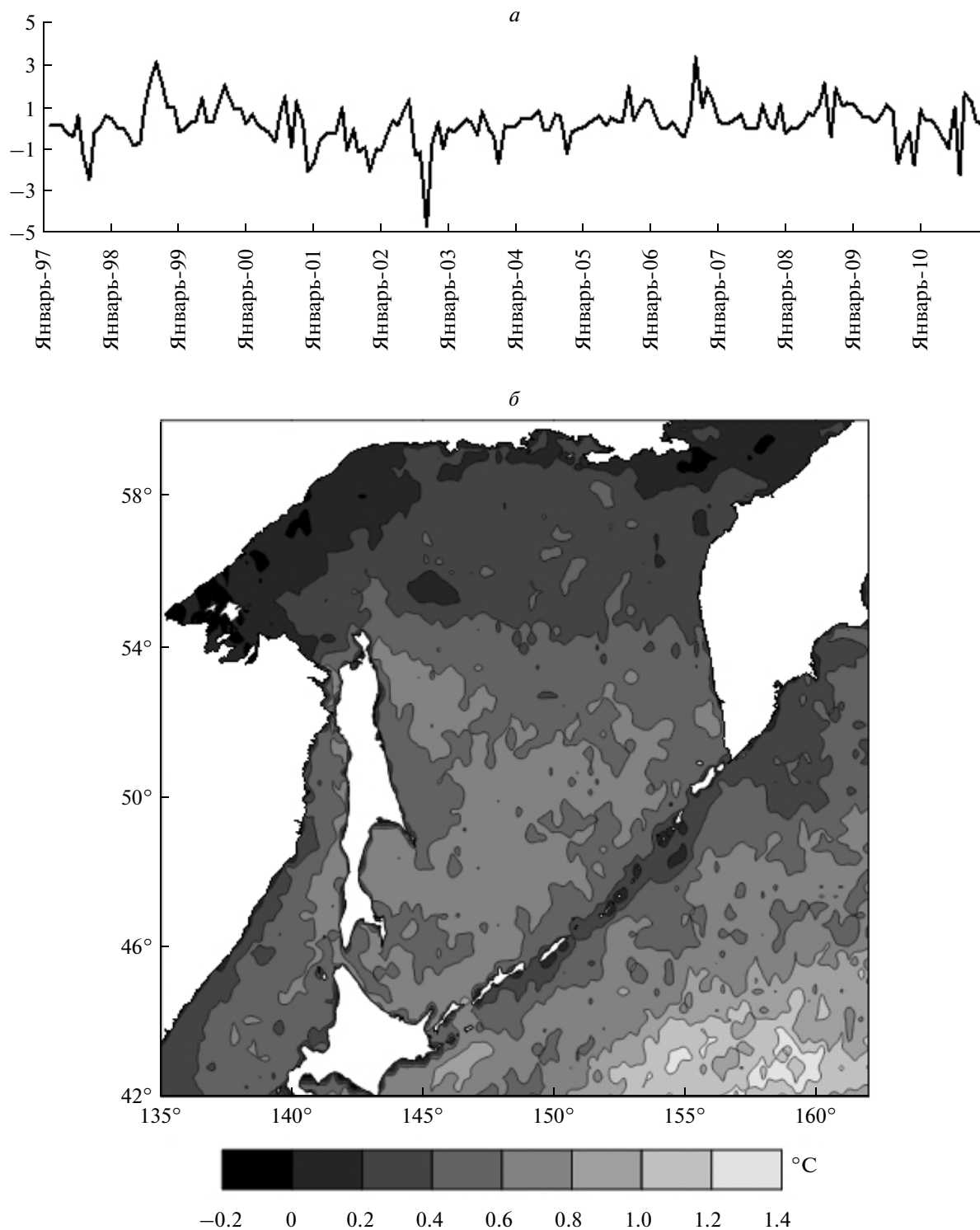


Рис. 5. *a* – Амплитуда, *б* – пространственное распределение ЕОФ месячных аномалий ТПО в Охотском море и прилегающих акваториях (первая мода).

Очень интересна третья мода, доля которой в общей дисперсии отклонений составила около 6%. Локальные минимумы амплитуды (значение более 2 по модулю) достигались всегда в июле–

августе и октябре (рис. 7). Пространственное распределение третьей моды имело практически меридиональный характер, как и для соответствующей моды ТПО (Новиненко, Шевченко 2007). По-

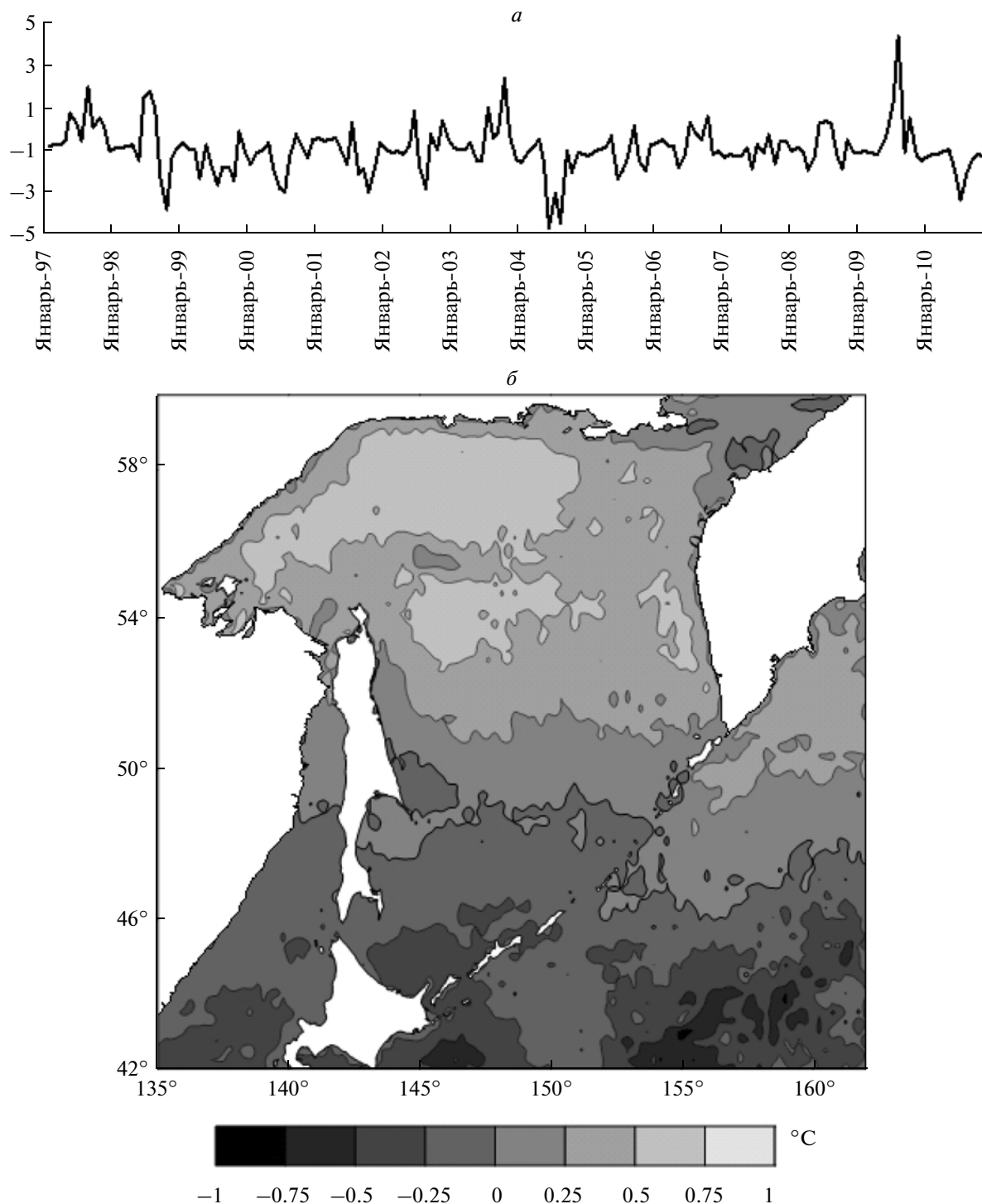


Рис. 6. *a* – Амплитуда, *б* – пространственное распределение ЕОФ месячных аномалий ТПО в Охотском море и прилегающих акваториях (вторая мода).

ложительные значения отмечались в западной части региона, отрицательные – в восточной. Аналогичная противофазность западной и восточной частей Охотского моря наблюдалась и при анализе аномалий по ЕОФ судовых данных на глубине 50 м (Лучин, 2008). Граница между знаками в южной

части проходила в районе 152-го меридиана, а на севере сдвигалась к западу. Вероятной причиной такого распределения является умеренный муссонный климат, характерный для акватории Дальнего Востока, особенно в его южной части, и, как следствие, преобладание западного пере-

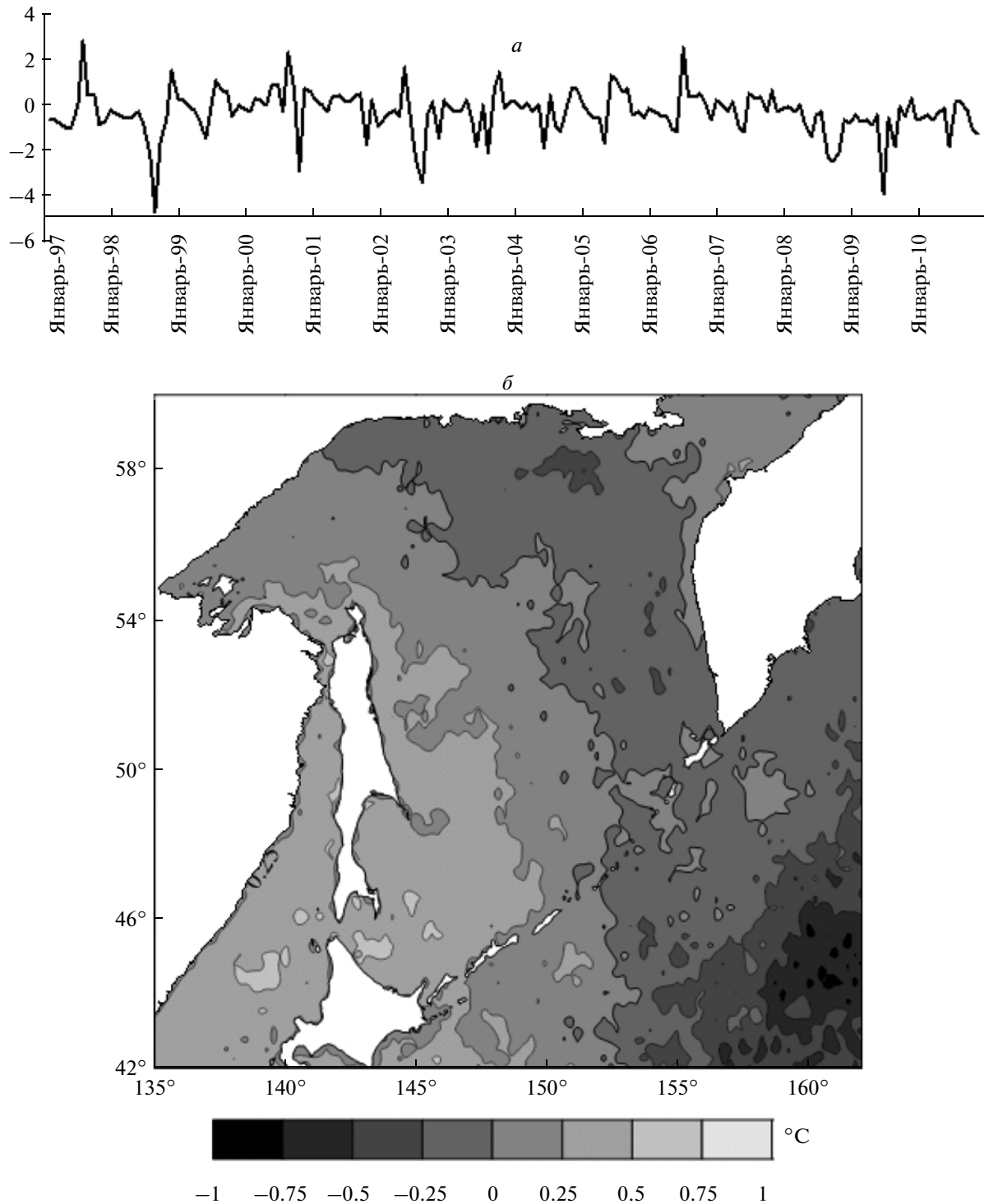


Рис. 7. *a* – Амплитуда, *б* – пространственное распределение ЕОФ месячных аномалий ТПО в Охотском море и прилегающих акваториях (третья мода).

носа воздушных масс зимой и юго-восточного ветра летом (Хромов, 2001). Максимальные колебания амплитуды третьей моды наблюдались в периоды выхода наибольшего числа летних тай-

фунов и осенних циклонов, ведущих к резкому изменению термических условий.

По результатам спектрально-временного анализа амплитуд основных мод, можно отметить

несколько интересных моментов. Наиболее устойчивыми и стабильными в первой моде являются колебания с периодом около 120–130 мес., что, возможно, связано с влиянием 11-летнего цикла солнечной активности. До 2003 г. в амплитуде главной моды явно преобладали годовые вариации (с ними были связаны значительные аномалии в летний период), которые в последующие годы не только не доминировали, но временами не проявлялись вовсе. Примерно на этом же интервале времени значимо проявлялась гармоника, соответствующая периоду колебаний примерно в 60 мес., т.е. пятилетнему циклу, связанному, в частности, с вариациями интенсивности ТПО в зоне влияния течения Курошио (Shevchenko et al., 2003). Аналогичная циклическая составляющая наблюдается и при анализе амплитуды второй моды. Также в амплитуде второй моды в той или иной степени выделяются достаточно устойчивые колебания с периодами 2.5–3 года. В спектрах амплитуд обеих мод значительную роль играют неустойчивые короткопериодные вариации (6–14 мес.). В спектре амплитуды третьей моды преобладают годовые и более высокочастотные составляющие, длиннопериодные циклы в ней не проявились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные по ТПО за 1997–2010 гг. для Охотского моря и прилегающей акватории, полученные спутниковой станцией TeraScan, позволили исследовать статистические характеристики аномалий температуры воды в поверхностном слое.

Показано, что значительные аномалии (превышающие величину 2σ) наблюдаются не часто, при этом они сравнительно мелкомасштабны, и за редким исключением охватывают не более 10% от площади изучаемой акватории. Это согласуется с представлениями о частоте столь значимых аномалий, которые являются весьма редкими событиями. Преобладали положительные отклонения, при этом отрицательные аномалии занимали большую площадь.

Наиболее значимые отклонения от нормы наблюдались в 1998 и 2002 гг., когда аномалии, превышавшие удвоенную величину среднеквадратического отклонения, были отмечены более чем на 10% исследуемой акватории. В первом случае весной и летом наблюдались положительные аномалии, а осенью – отрицательные аномалии. Во втором – положительные отмечены только весной, а в августе наблюдались наиболее значительные как по величине, так и по площади акватории отрицательные аномалии.

Распределения аномалий ТПО по градиентам температуры характеризовались левосторонней

асимметрией в теплый и правосторонней в холодный период года.

В пространственных распределениях разложения поля аномалий ТПО по естественным ортогональным функциям четко прослеживается зональная (для первой и второй мод) и меридиональная (для третьей) структура. Значения первой моды положительны за исключением небольших по площади акваторий на северном шельфе Охотского моря. У второй моды узловая линия проходит приблизительно вдоль 50° с. ш.

Наиболее выражены межгодовые вариации (с периодами 10–11 и 5–6 лет) в амплитуде первой моды, причем квазипятилетний и годовой циклы выделялись до 2003 г., когда были отмечены наиболее значимые аномалии ТПО. В последующий период, в особенности 2004–2009 гг., значения ТПО были близки к средним многолетним значениям.

Полученные оценки экстремальных термических условий могут быть полезны при изучении влияния окружающей среды на формирование скоплений промысловых рыб и других видов морских биологических ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багров Н.А.* Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих // Тр. ЦИП. 1959. Вып. 74. С. 3–24.
- Гриценко О.Ф.* Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: ВНИРО, 2002. 248 с.
- Кендалл М., Стьюарт А.* Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973.
- Коновалова Г.В.* “Красные приливы” и “цветение воды” в дальневосточных морях России и прилегающих акваториях Тихого океана // Биология моря. 1999. Т. 25. № 4. С. 263–273.
- Константинов А.С.* Общая гидробиология. М.: Высшая школа, 1979. 480 с.
- Лучин В.А.* Термический режим вод дальневосточных морей (Японского, Охотского, Берингова): Автореф. дисс. д.г.н. Владивосток, 2008. 47 с.
- Новиненко Е.Г., Шевченко Г.В.* Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности Охотского моря по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 5. С. 50–60.
- Могильникова Т.А., Мотылькова Т.А., Коновалова Н.В.* О развитии массовых токсичных видов фитопланктона и содержании фитотоксинов в тканях гребешка *Mizohorecten yessoensis* (Jay) в прибрежных водах о. Сахалин // Тр. СахНИРО. 2007. Т. 9. С. 207–222.
- Пузанков К.Л., Шевченко Г.В.* Сезонные колебания температуры поверхности Охотского моря по спутниковым наблюдениям 1997–1998 гг. // Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов. Ю. Сахалинск: ИМГиГ, 2001. С. 94–110.
- Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н.* Метод масштабных характеристик и его применение для совершенствования

биотехники искусственного разведения горбуши. М.: ВНИРО, 2007. 149 с.

Цхай Ж.Р., Дудков С.П. Результаты сравнения судовых и спутниковых данных о распределении температуры поверхности океана и хлорофилла-*a* в Охотском море // Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана. Владивосток, 2007. С. 74–76.

Цхай Ж.Р., Шевченко Г.В. Сезонные колебания температуры поверхности моря в проливе Лаперуза по спут-

никовым наблюдениям 1998–2003 гг. // Тр. СахНИРО. 2005. Т. 7. С. 255–270.

Шершнева О.В., Шевченко Г.В. О прогнозировании термических условий в Сахалино-Курильском регионе по спутниковым данным // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 142. С. 161–187.

Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М: Изд-во МГУ, 2001. 528 с.

Shevchenko G., Tshay Z., Puzankov C. EOF and wavelet analysis of satellite SST data in the northern Pacific // PICES Sci. Rep. 2004. № 26. P. 13–18.

Estimate of Extreme Surface Temperature of the Okhotsk Sea and Adjacent Waters from Satellite Data

Zh. R. Tshay, G. V. Shevchenko

Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk

Based on long-term TeraScan data from NOAA with quarter of a degree resolution were calculated monthly anomalies of sea surface temperature in the Okhotsk Sea and analyzed their statistics. The studies include an evaluation of water area, where were observed significant deviations from averages. Zones with anomalies of large deviation from normal were described. Spatio-temporal variability of these anomalies has been studied by methods of EOF and spectral analysis.

Keywords: remote-sensing data, thermal conditions, anomalies of sea surface temperature, Okhotsk Sea