

УДК 551.46 (265.1)

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТИХОГО ОКЕАНА И ИНДЕКСА ЮЖНОГО КОЛЕБАНИЯ

Ю.В. Артамонов, М.В. Бабий, А.Е. Букатов, Е.А. Скрипалёва

*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь,
e-mail: Artam-ant@yandex.ru*

Реферат. На базе архивных данных среднемесячных значений температуры поверхности (ТПО) Тихого океана из массива British Atmospheric Data Centre HadISST и индекса Южного колебания (ЮК) рассчитаны взаимно-корреляционные функции аномалий ТПО и ЮК за период 1870-2002 гг. Показано, что пространственные распределения экстремумов взаимной корреляции и их сдвигов во времени связаны с крупномасштабными особенностями структуры вод на поверхности океана. Сдвиги экстремумов взаимно-корреляционной функции ТПО и ЮК в экваториальной области возрастают с востока на запад, в умеренных и полярных широтах с запада на восток. По сдвигам экстремумов корреляции выполнены оценки скорости распространения реакции аномалий ТПО на изменения ЮК.

Реферат. На базі архівних даних середньомісячних значень температури поверхні (ТПО) Тихого океану з масиву British Atmospheric Data Centre HadISST й індексу Південного коливання (ПівдК) розраховані взаємно-кореляційні функції аномалій ТПО та ПівдК за період 1870-2002 рр. Показано, що просторові розподіли екстремумів взаємно-кореляційних функцій та їхніх зсувів у часі пов'язані з великомасштабними особливостями структури вод на поверхні океану. Зсуви екстремумів взаємно-кореляційної функції ТПО та ПівдК в екваторіальній області зростають зі сходу на захід, у помірних і полярних широтах із заходу на схід. За зсувами екстремумів кореляції виконано оцінки швидкості поширення реакції аномалій ТПО на зміни ПівдК.

Abstract. On the base of monthly averaged archive data of Pacific SST (array British Atmospheric Data Centre HadISST) and South Oscillation Index (SOI) the cross-correlation functions between SST anomalies and SOI are calculated for the period 1870-2002. It is shown, that spatial distributions of cross-correlation extremes and its lags are connected with the large-scale features of the surface water structure. The lags of the cross-correlation functions between SST and SOI increases in equatorial zone from east to west, in moderate and polar latitudes, *vice versa*, from west to east. The speed of propagation of the SST anomalies response on the SOI changes is estimated according to cross-correlation lag.

Key words: sea surface temperature, Pacific Ocean, South Oscillation Index, cross-correlation functions, water structure, SST anomalies.

1. Введение

В исследованиях климатической изменчивости системы океан-атмосфера большое внимание уделяется процессам на внутривекальном масштабе (события Эль-Ниньо) [1–9]. В периоды Эль-Ниньо наблюдаются ослабление пассатной циркуляции и аномальное повышение температуры на поверхности в экваториальной зоне Тихого океана. В это время в апвеллинговых зонах ограничено поступление к поверхности глубинных вод, богатых биогенными элементами, что приводит к уменьшению продуктивности поверхностных вод. Явления Эль-Ниньо часто носят катастрофический характер, оказывая влияние на хозяйственную деятельность прибрежных государств. Известно, что посредством дальних связей интенсивные колебания в системе океан-атмосфера на внутривекальном масштабе в экваториальной зоне Тихого океана находят свое отражение в других регионах Мирового океана от Антарктики до Северного полушария [2, 3, 6–8]. Это обуславливает актуальность

работ по исследованию закономерностей корреляционных связей между изменчивостью гидрометеорологических параметров в тропиках и высоких широтах.

Вопросы взаимосвязи индекса Южного колебания (ЮК) и аномалий температуры поверхности океана (ТПО), а также других параметров атмосферы и гидросферы на этом временном масштабе исследовались во многих работах. Показано, что наибольшие по абсолютной величине коэффициенты взаимной корреляции R аномалий ТПО и ЮК ($R \sim -0.9$) наблюдаются в экваториальной зоне Тихого океана (в областях Niso-1, -2, -3, -4) [8, 9]. Анализ пространственных особенностей корреляционных связей между ТПО и индексом ЮК, выполненный в [9], позволил уточнить влияние на них динамики пассатных течений. В экваториальной части Тихого океана были выделены области с положительной, нулевой и отрицательной корреляцией. Нулевая корреляция между ТПО и ЮК наблюдается в зоне расхождения течений около 160° в.д. По мере удаления стрежней пассатных течений от экватора отмечается уменьшение областей отрицательной корреляции и смещение их к восточной границе океана. Области положительных корреляций на западе океана по мере удаления от экватора, наоборот, увеличиваются по площади. Ближе к центрам субтропических круговоротов они заметно смещаются на восток, при этом происходит рост значений положительных корреляций. Эти выводы получены для трехлетних временных интервалов и требуют дальнейшего подтверждения на более длительных временных рядах.

В настоящее время появились массивы различных гидрометеорологических данных, охватывающие длительные периоды измерений, что расширяет возможности комплексного анализа для уточнения механизмов причинно-следственных связей между различными параметрами. Хорошее пространственное разрешение этих массивов позволяет провести детальное районирование акватории Мирового океана в зависимости от характера корреляционных связей. Дополняя этот подход классическим районированием по разным гидрологическим характеристикам, можно интерпретировать особенности корреляционных связей с позиции пространственных особенностей структуры и динамики вод.

В данной работе на основе архивных данных (массивы HadISST и NCEP) описаны пространственные особенности распределений поля ТПО и ее аномалий в периоды интенсивных Эль-Ниньо и Ла-Нинья и их связь с крупномасштабной структурой поля ветра. Рассмотрены пространственные распределения взаимно-корреляционных функций между аномалиями ТПО и индексом ЮК и проведено районирование Тихого океана по характеру этих корреляционных связей. Дана оценка скорости распространения реакции аномалий ТПО на изменение индекса ЮК.

2. Материалы и методика

В работе используются: массив среднемесячных значений ТПО в узлах одноградусной сетки (архив British Atmospheric Data Centre HadISST) [10] и временной ряд значений индекса Южного колебания [11] за период с 1870 по 2002 гг., а также данные о зональной и меридиональной составляющих скорости ветра (массив NCEP) за период с 1981 по 2008 гг. В каждом узле сетки временной ряд ТПО состоял из 1596 значений. В случае пропусков в данных из-за облачности или ледовой обстановки (не более 96 пропусков) ряды восстанавливались сплайновой интерполяцией, при этом допускалось не более двух пропусков подряд. Ряды аномалий ТПО получены вычитанием средних за весь период наблюдений значений ТПО. Для исключения сезонного хода ряды аномалий ТПО и ряд индекса ЮК сглажены скользящим средним по 12 членам ряда. После этого в каждом узле сетки рассчитывались взаимно-корреляционные функции $R(\tau)$ между аномалиями ТПО и индексом ЮК до максимального сдвига $\tau = \pm 120$ месяцев на 95-процентном уровне значимости. На рис. 1 представлен пример распределения экстремальных значений R вдоль 0.5° с.ш. Видно, что при больших абсолютных значениях R их среднеквадратичное отклонение по долготе намного меньше доверительного интервала, что свидетельствует о достоверности проведенных расчетов. Только в достаточно узком диапазоне долгот, например между 160° и 180° в.д., где наблюдается переход R через

ноль, доверительный интервал очень широк и достоверность расчетов резко снижается. В целом на большей части исследуемой акватории экстремальные значения корреляционных функций определяются достоверно.

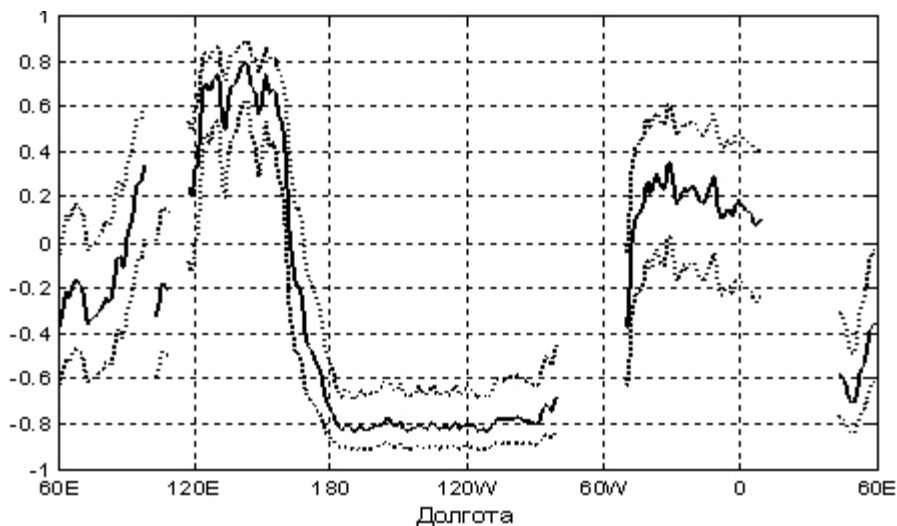


Рис. 1. Изменение R вдоль 0.5° с.ш. для периода 1996–1998 гг. Пунктиром показан 95-процентный доверительный интервал.

3. Анализ результатов

На рис. 2 представлен межгодовой ход индекса ЮК и аномалий ТПО вдоль 150.5° з.д. который показывает наличие закономерностей, свидетельствующих о связи между изменчивостью аномалий ТПО и ЮК не только в тропической зоне, но и в умеренных и полярных широтах.

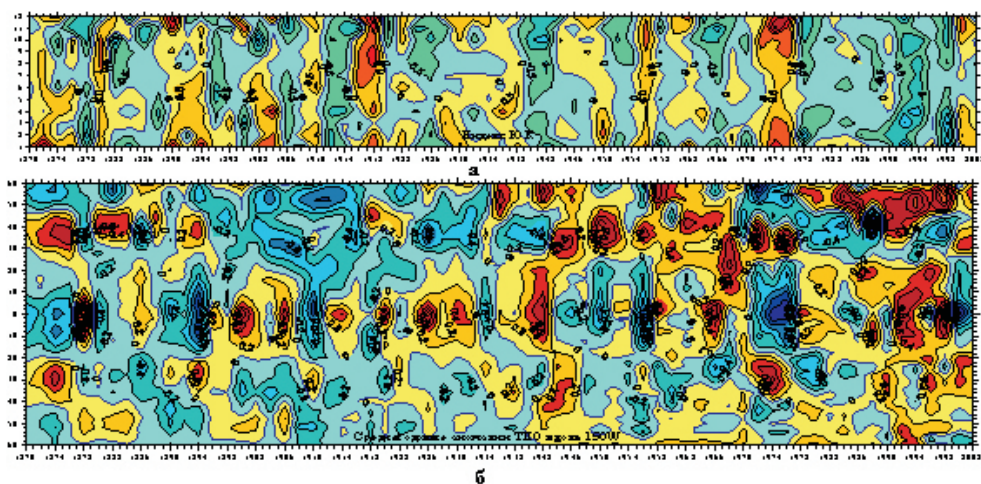


Рис. 2. Межгодовой ход индекса ЮК (а) и аномалий ТПО (б) вдоль 150.5° з.д.

Положительные значения индекса ЮК, как правило, сопровождаются отрицательными аномалиями ТПО в экваториальной зоне между 10° с.ш. и 10° ю.ш., положительными аномалиями в субтропических и умеренных широтах и отрицательными аномалиями в полярных областях севернее 50° с.ш. и южнее 40° ю.ш. При отрицательных значениях индекса ЮК знак аномалий изменяется на противоположный. В экваториальной зоне наблюдаются положительные аномалии, в субтропиках и умеренных широтах – отрицательные, в полярных областях – положительные. Эта тенденция более четко прослеживается в последние несколько десятилетий, когда количество информации в полярных областях существенно увеличилось.

Проанализируем более подробно поля температуры и ее аномалий в периоды интенсивных событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья, привлекая данные о поле ветра, которое качественно отражает особенности дрейфовой циркуляции. На рис. 3 представлены распределения ТПО и ее аномалий в марте 1992 г. и в марте 2000 г., когда наблюдались соответственно Эль-Ниньо и Ла-Нинья. На рис. 4 для этих же месяцев показаны распределения зональной и меридиональной скоростей поля ветра в приповерхностном слое над океаном.

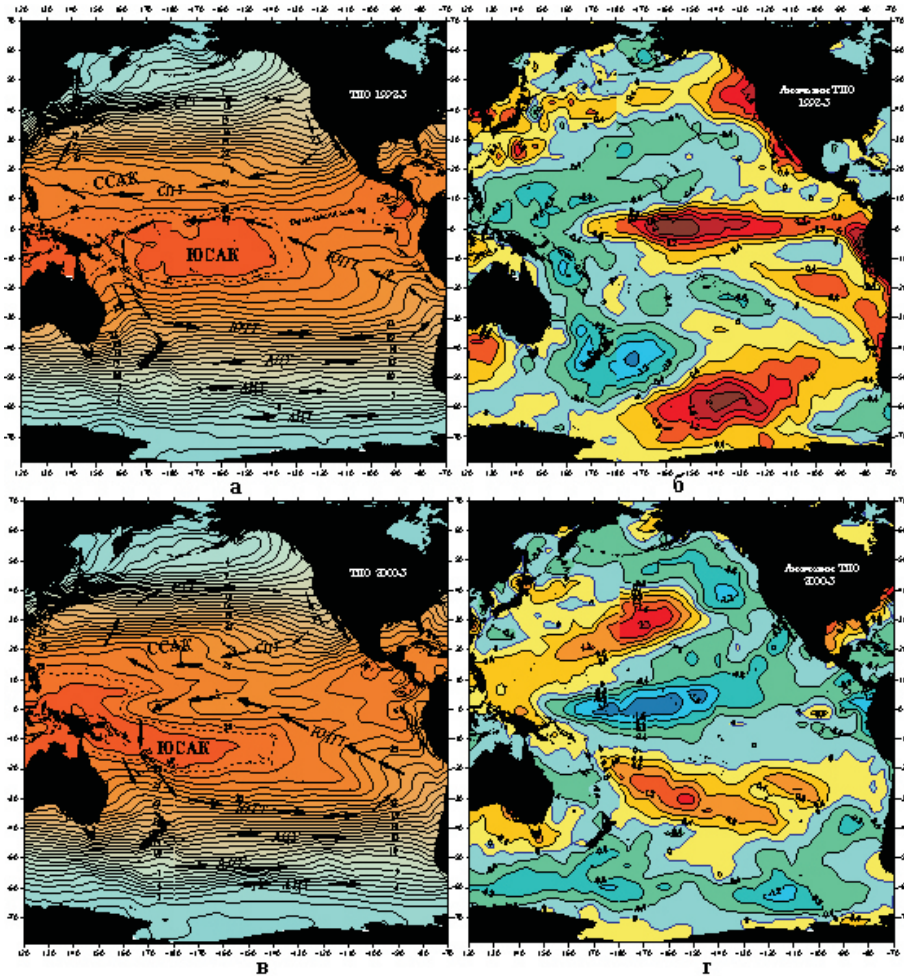


Рис. 3. Распределение ТПО (а, в) и ее аномалий (б, г) для марта 1992 г. (а, б) и марта 2000 г. (в, г). Стрелками указано направление основных течений.

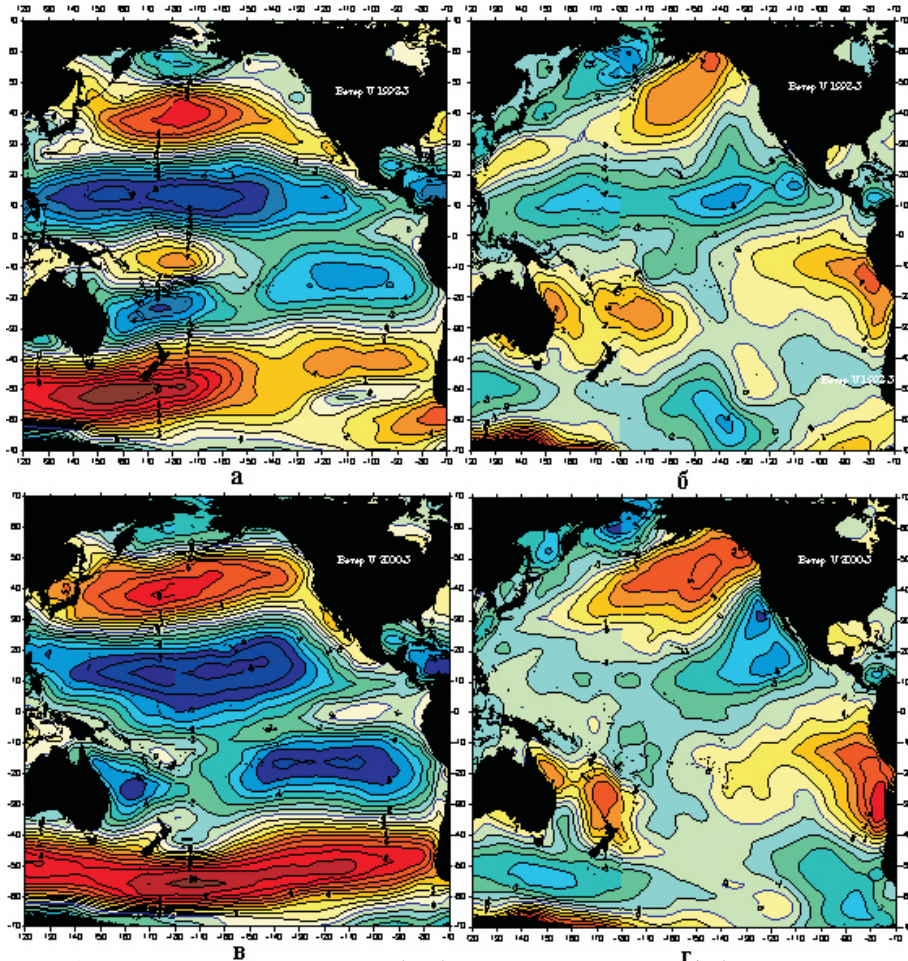


Рис. 4. Распределение зональной (а, в) и меридиональной (б, г) составляющих скорости ветра в марте 1992 г. (а, б) и 2000 г. (в, г).

В марте 1992 г. отмечались отрицательные значения ЮК и ослабление юго-восточного пассата. Среднемесячная зональная составляющая его скорости не превышала 5 м/с, а меридиональная 4 м/с. (рис. 4 а, б). Экваториальная зона Тихого океана была занята относительно теплыми водами, а центр Южного субтропического круговорота (ЮСАК) располагался ближе к экватору около 10° ю.ш. (рис. 3 а). Максимальные положительные аномалии ТПО (> 2°C) наблюдались в районе между 5° с.ш.–5° ю.ш. и 150–170° з.д. (рис. 3 б). Характерно, что именно здесь происходило усиление меридиональной составляющей скорости ветра в экваториальной области (рис. 4 б), которое увеличивало поступление наиболее теплых вод из области термического экватора на географический экватор. Большие положительные аномалии ТПО (до 2°C) отмечались также в зоне Перуанского апвеллинга и в области Южного пассатного течения (ЮПТ). Это явилось следствием уменьшения скоростей ЮПТ и его прибрежной ветви – Перуанского течения (ПТ) из-за ослабления юго-восточного пассата, что, в свою очередь, привело к ослаблению прибрежного апвеллинга и уменьшению выноса холодных вод из юго-восточной части Тихого океана в экваториальную зону. Вся западная часть акватории в Южном полушарии была занята отрицательными аномалиями ТПО. При этом их экстремальные значения (до -1.5°C) приурочены к Восточно-Австралийскому течению (ВАТ) и его продолжению – Южно-Тихоокеанскому течению

(ЮТТ). Возникновению здесь отрицательных аномалий ТПО способствовало ослабление юго-восточного пассата, которое привело к общему ослаблению антициклонической циркуляции в системе ЮСАК и, тем самым, к уменьшению выноса теплых экваториальных вод на его западной периферии в субтропические и умеренные широты. Мощная положительная аномалия ТПО (до 2°C) была выявлена в зоне Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) между 110° и 160° з.д. В этой области наблюдалось ослабление зональной составляющей поля ветра и усиление меридиональной составляющей на юг. Меридиональный перенос способствовал выносу более теплых поверхностных вод из умеренных широт в полярную область. В Северном полушарии на западе тропиков также наблюдалась область отрицательных аномалий ТПО (до -1.0°C), простирающаяся на северо-восток вдоль оси Северного субтропического антициклонического круговорота (ССАК). Аномальное понижение ТПО в центральной части ССАК обусловлено усилением поступления на юг холодных северных вод, которое может быть вызвано ростом меридиональной составляющей скорости ветра. На Северной периферии ССАК, наоборот, наблюдалась область положительных аномалий ТПО (до 0.8°C), связанная с усилением выноса теплых субтропических вод на северо-западной периферии ССАК в умеренные широты. Значительные положительные аномалии ТПО (до 1.5°C) прослеживались вдоль западного побережья Северной Америки, что было связано с ослаблением вдольбереговых ветров южного направления.

В марте 2000 г., когда отмечались положительные значения индекса ЮК и усиление юго-восточного пассата, распределения ТПО и ее аномалий существенным образом изменились. В поле ТПО четко прослеживались “языки” теплых вод к северу и югу от экватора, свидетельствующие об интенсивном выносе экваториальных вод в субтропические широты. В этот период был более четко выражен минимум температуры, связанный с усилением экваториального апвеллинга. Центр ЮСАК сместился к югу примерно на 5 градусов (рис. 3 в). В экваториальной области, за счет усиления апвеллинга и выноса сюда холодных вод из юго-восточной части Тихого океана, отмечались отрицательные аномалии ТПО (до -1.8°C). На востоке океана наблюдалось усиление Перуанского апвеллинга с аномалиями ТПО до -1.2°C . На западной и южной перифериях ЮСАК за счет интенсивного переноса экваториальных вод в южном направлении прослеживались положительные аномалии ТПО (до 1.4°C). В полярных широтах в области АЦТ преобладали отрицательные аномалии (до -1.4°C). В это время область больших зональных скоростей ветра простиралась почти на весь Антарктический сектор Тихого океана. Меридиональная составляющая скорости ветра была ослаблена и даже изменяла свое направление на южное между 110° и 140° з.д., примерно в том районе, где отмечалась наибольшая отрицательная аномалия ТПО. В Северном полушарии область положительных аномалий ТПО прослеживалась в западном погранслое от экватора до 20° с.ш., далее она вытягивалась на северо-восток вдоль северной периферии ССАК. Ближе к берегам Северной Америки наблюдались отрицательные аномалии ТПО, которые связаны с увеличением меридиональной составляющей поля ветра, усилением Калифорнийского (КТ) и Северного пассатного (СПТ) течений и аномальным выносом холодных субполярных вод в субтропики.

Таким образом, рассмотренные выше особенности пространственной структуры аномалий ТПО связаны с изменением поля ветра, которое качественно отражается в изменении значений индексов атмосферной циркуляции и в пространственном распределении их корреляционных связей с аномалиями ТПО.

На рис. 5 приведены графики функций взаимной корреляции $R(\tau)$ между аномалиями ТПО и индексом ЮК вдоль меридиана 150.5° з.д., где τ – сдвиг во времени в месяцах. Графики сгруппированы по широтным диапазонам, значения τ_n и τ_k соответствуют начальной и конечной широте этих диапазонов. Стрелками показано направление изменения (роста или уменьшения) экстремума $R(\tau)$ при движении с севера на юг. Анализ поведения функций $R(\tau)$ выявляет наличие колебаний малой амплитуды с периодами около 4-5 лет и узкого пика при величинах τ , близких к нулю, максимальная величина которых превышает амплитуду малых периодических колебаний в 6–8 раз как для положительных, так и для отрицательных значений экстремума.

Ю.В. Артамонов: КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТИХОГО...
 $R(\tau)$ - Функции взаимной корреляции ТПО и ЮК, $\lambda = -150.5^\circ W$

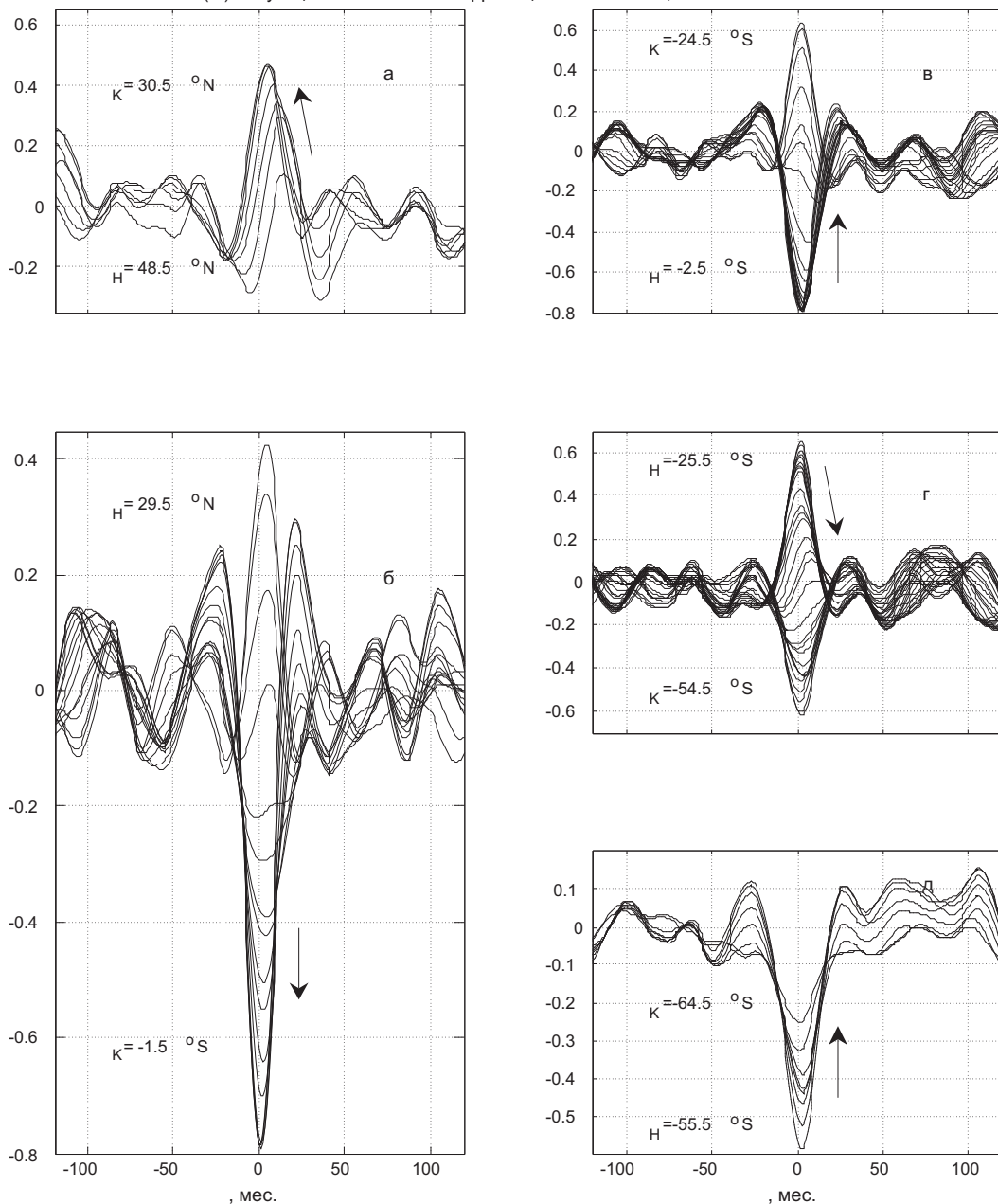


Рис. 5. Функции взаимной корреляции аномалий ТПО и индекса ЮК на разрезе вдоль 150.5° з.д. за период 1870–2002 гг. Стрелками указано направление очередности кривых по мере уменьшения широты: τ_n – широта начальной кривой, τ_k – широта конечной кривой диапазона.

Анализ этих графиков позволил на количественном уровне оценить влияние пространственной структуры вод на особенности связей между индексом ЮК и аномалиями ТПО. В умеренных и субтропических широтах Северного полушария между 48.5° с.ш. и 30.5° с.ш. величина экстремума $R(\tau)$ возрастает от 0.1 на северной периферии Северного субтропического антициклонического круговорота до 0.45 ближе к его центру. При этом реакция аномалий ТПО на изменения ЮК запаздывает соответственно на 12–15 месяцев на севере и на 1–2 месяца на юге (рис. 5 а). Между 29.5° с.ш. и 1.5° ю.ш. величина экстремума $R(\tau)$ изменяется от 0.45 в субтропиках до -0.8 в экваториальной зоне (рис. 5 б). Временной сдвиг между реакцией ТПО на изменения ЮК здесь не превышает 1–2 мес. В экваториально-тропической зоне Южного полушария также происходит смена знака экстремума $R(\tau)$ с отрицательного (-0.8) у экватора на положительный (0.65) у южной границы тропиков, ближе к центральной части ЮСАК. Временной сдвиг между реакцией ТПО и изменениями ЮК составляет 2–6 месяцев (рис. 5 в). К югу от ЮСАК значения $R(\tau)$ изменяются от 0.6 в зоне ЮТТ до -0.6 в зоне АЦТ (рис. 5 г). В Антарктической зоне значения экстремумов $R(\tau)$ сохраняют отрицательный знак и монотонно уменьшаются по абсолютной величине до 0.25 на 64.5° ю.ш. (рис. 5 д).

Проведенный анализ распределения $R(\tau)$ вдоль 150.5° з.д. еще раз подтверждает тот факт, что особенности реакции поля ТПО на изменчивость индекса ЮК связаны с географическим положением климатических зон в океане. Привлечение пространственных распределений экстремумов $R(\tau)$ и их сдвигов τ_s между вариациями аномалий ТПО и индекса ЮК, распределений полей ТПО, ее аномалий и составляющих скорости ветра для 1992 и 2000 гг., а также известных представлений о структуре и циркуляции вод позволяет уточнить основные звенья в сложной цепи причинно-следственных связей между изменчивостью аномалий ТПО и ЮК.

В экваториально-тропической зоне высокие отрицательные значения коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО и индексом ЮК (с экстремумом $R(\tau) = -0.9$ между экватором и 5° ю.ш. и $150\text{--}160^\circ$ з.д.) подтверждают, что ослабление (усиление) интенсивности пассатной циркуляции приводит к формированию положительных (отрицательных) аномалий ТПО (рис. 3, 4, 6 а). При этом реакция океана на атмосферное воздействие запаздывает с востока на запад на 1–2 месяца (рис. 6 б). Это соответствует скорости распространения реакции ТПО на изменение индекса ЮК примерно 2.4 м/с.

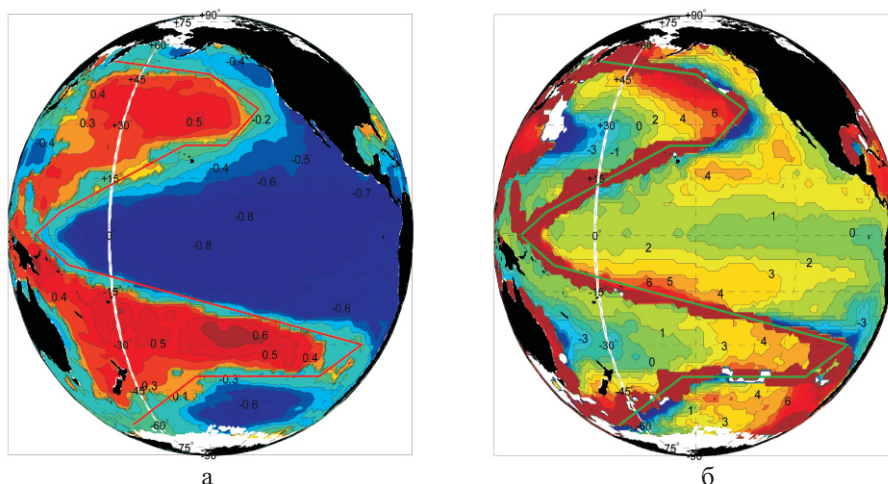


Рис. 6. Пространственное распределение величин экстремумов $R(\tau_s)$ (а) и разности фаз τ_s (б) между вариациями аномалий ТПО и индекса ЮК. Ломаными линиями схематически обозначены границы между районами положительных и отрицательных величин $R(\tau_s)$.

К северу и к югу от экваториально-тропической зоны и в западном погранслое расположены области с положительными значениями коэффициентов корреляции. Эти области охватывают западные периферии антициклонических круговоротов и зоны Северо- и Южно-Тихоокеанских течений. Положительная связь между аномалиями ТПО и ЮК в этих областях объясняется тем, что усиление (ослабление) пассатной циркуляции и, как следствие, западных периферий субтропических антициклонических круговоротов приводит к усилению (ослаблению) выноса теплых экваториальных вод в субтропические и умеренные широты и способствует формированию положительных (отрицательных) аномалий ТПО. В отличие от экваториально-тропической зоны, здесь реакция океана преимущественно запаздывает с запада на восток. К востоку от линии смены дат значения τ , изменяются от 1-2 месяцев на западе до 6–8 месяцев на востоке. Это соответствует скорости распространения реакции ТПО на изменения ЮК примерно 0.3 м/с. Отметим, что на западе умеренных широт Северного и Южного полушарий прослеживаются обширные области с отрицательными значениями τ , где вначале происходят изменения поля ТПО, а затем индекса ЮК. Отрицательные сдвиги наблюдаются также вдоль границ смены знака взаимно-корреляционных функций, где результаты статистически малодостоверны.

В полярных широтах Южного полушария в зоне АЦТ наблюдается четко выраженная область с обратной корреляцией (до -0.6). Здесь, так же как в субтропических и умеренных широтах, сдвиги τ , возрастают с запада на восток. Вдоль 45° ю.ш. значения сдвигов изменяются от 1-2 месяцев на 150° з.д. до 4-5 месяцев на 100° з.д., что соответствует скорости распространения реакции ТПО на изменение ЮК примерно 0.2 м/с. Обратную связь между аномалиями ТПО в зоне АЦТ и изменчивостью индекса ЮК можно объяснить тем, что в период усиления (ослабления) пассатной циркуляции в тропиках наблюдается усиление (ослабление) АЦТ в центральной и восточной части тихоокеанского сектора и, как следствие, увеличение (ослабление) меридионального переноса холодных вод из антарктической области к северу и формированию отрицательных (положительных) аномалий ТПО.

4. Выводы

Анализ пространственного распределения поля ТПО, ее аномалий, поля ветра и взаимно-корреляционных функций между аномалиями ТПО и индексом ЮК позволил уточнить характер связей между ТПО и ЮК в зависимости от изменчивости крупномасштабной структуры вод и оценить скорости распространения реакции океана на атмосферное воздействие в различных климатических зонах.

На основе современных массивов данных подтверждено, что в экваториально-тропической зоне Тихого океана высокие отрицательные значения коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО и индексом ЮК связаны с ослаблением (усилением) интенсивности пассатной циркуляции, что приводит к формированию положительных (отрицательных) аномалий ТПО. Здесь реакция океана на атмосферное воздействие запаздывает с востока на запад на 1-2 месяца, а скорость распространения сигнала максимальна и составляет примерно 2.4 м/с.

На западных перифериях Северного и Южного антициклонических круговоротов и в зонах Северо- и Южно-Тихоокеанских течений наблюдаются положительные корреляции между аномалиями ТПО и индексом ЮК, которые обусловлены ослаблением (усилением) выноса теплых экваториальных вод в субтропические и умеренные широты в периоды Эль-Ниньо (Ла-Нинья). Здесь реакция океана распространяется с запада на восток приблизительно со скоростью 0.3 м/с.

В полярных широтах в зоне Антарктического циркумполярного течения имеет место обратная корреляция, которая обусловлена тем, что в периоды Эль-Ниньо (Ла-Нинья) и ослабления (усиления) пассатной циркуляции в тропиках наблюдается ослабление (усиление)

Ю.В. Артамонов: КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТИХОГО...

АЦТ в центральной и восточной частях Антарктического сектора Тихого океана и, соответственно, ослабление (увеличение) меридионального переноса холодных вод из антарктической области к северу. Здесь реакция океана распространяется с запада на восток приблизительно со скоростью 0.2 м/с.

Литература

1. **Пери А.Х., Уокер Дж.М.** Система океан-атмосфера // Л: Гидрометеоздат. 1979, с. 195.
2. **Воскресенская Е.Н.** Глобальные процессы в системе океан-атмосфера и их влияние на природные аномалии Атлантико-Европейского региона / Диссертация на соискание ученой степени доктора географ. наук. – Севастополь, 2005. – 408 с.
3. **Turner J.** Review the El NICO-Southern Oscillation and Antarctica // *Int. J. Climatology*, 2004. – № 24. – Р. 1–31.
4. **Давыдов Г.И., Полонский А.Б.** Изменчивость системы океан-атмосфера в Австрало-Азиатском регионе в связи с Эль-Ниньо-Южное Колебание // ФАО, 1996. – 32. – № 3. – С. 383–396.
5. **Полонский А.Б.** Роль океана в изменчивости климата. Киев: Наукова думка, 2008. 183 с.
6. **Rothstein L.M., Chen D.** The El NICO / Southern Oscillation Phenomenon // *Oceanus*, 1996. – 39. – № 2. – Р. 39–41.
7. **Pan Y.H., Oort A.H.** Global climate variations connected with sea surface temperature anomalies in the eastern equatorial Pacific Ocean for the 1958-1973 period // *Monthly Weather Review*, 1983. – 111. – Р. 1244–1258.
8. **Артамонов Ю.В., Бабий М.В., Букатов А.Е.** Корреляционные связи индексов атмосферной циркуляции с аномалиями температуры поверхности Мирового океана за 1870-2002 гг. // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – С. 166–169.
9. **Артамонов Ю.В., Бабий М.В., Букатов А.Е., Скрипалёва Е.А.** Пространственные особенности корреляционных связей между индексом Южного колебания и температурой поверхности в экваториальной части Тихого океана // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 230234.
10. <http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst/> (British Atmospheric Data Centre, HadISST SST).
11. <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrel/indices.html>.