

УДК 551.465(265+269)

© 2012

Е. А. Скрипалева

Региональные особенности межгодовой изменчивости структуры поля температуры поверхности океана в районе Антарктического полуострова по данным ре-анализа NCEP

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины Л. В. Черкесовым)

По данным ре-анализа NCEP (National Center for Environmental Prediction) за период с 1982 по 2009 гг. исследуются региональные особенности межгодовой изменчивости структуры поля температуры на поверхности океана (ТПО) в районе Антарктического полуострова. Оцениваются линейные тренды характеристик крупномасштабных фронтов и площадей водных масс для каждого месяца. Анализируется проявление Антарктической дипольной моды в межгодовых вариациях структуры поля ТПО. Показано, что наиболее четко Антарктический диполь выражен в изменчивости характеристик Антарктического полярного фронта и площади вод, расположенных между фронтом Южной ветви Антарктического циркумполярного течения и Антарктическим полярным фронтом.

Региональные изменения климата Южного полярного бассейна в значительной степени связаны с глобальными климатическими вариациями в системе океан — атмосфера [1]. В связи с этим изучение влияния основных климатических мод на изменчивость термохалинной структуры вод, характеристик водных масс и фронтальных разделов как важнейших абиотических факторов, определяющих биопродуктивность океана, является одним из основных направлений современных океанографических исследований Южного океана [1, 2].

Согласно современным представлениям, изменчивость циркуляции атмосферы в полярных широтах Южного полушария проявляется в виде следующих основных крупномасштабных мод [2]. Прежде всего это Южная кольцевая мода, показателем которой служит индекс Антарктического колебания (ААК) [3]. Другая мода — Антарктический диполь, характеризующийся противофазными колебаниями метеопараметров в восточной части Тихоокеанского и в западной части Атлантического секторов Антарктики [1, 4]. Кроме того, на гидрометеорологический режим в Южном океане оказывают влияние изменения индекса Южного колебания (ЮК) [5]. Суперпозиция этих сигналов создает крупномасштабный фон, на котором развиваются локальные процессы, в результате чего на региональном уровне формируется сложная пространственно-временная картина гидрологических полей.

В последние годы для исследования характеристик поверхности океана стали широко использоваться данные различных ре-анализов, основанные на спутниковых и контактных измерениях. Высокая пространственно-временная обеспеченность этих массивов позволяет выйти на новый качественный уровень в исследовании изменчивости структуры вод. В работе [6] по данным ре-анализа National Center for Environmental Prediction (NCEP) за период с 1982 по 2008 гг. показано, что межгодовая изменчивость поля температуры поверхности Южного океана имеет региональные особенности. Оценки линейных трендов характеристик Антарктического полярного фронта (АПФ) [7] выявили тенденцию к ослаблению

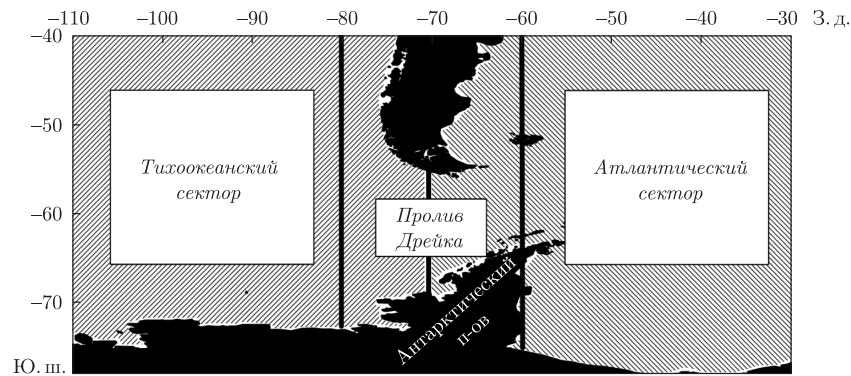


Рис. 1. Схема региона исследования. Жирные линии — положение меридианов, на которых исследовалась межгодовая изменчивость фронтов

интенсивности фронта, смещению его на север и к повышению температуры на его оси в Тихоокеанском секторе Южного океана. В результате анализа связей изменчивости поля температуры поверхности океана, положения фронтов в районе Антарктического полуострова с крупномасштабными модами ЮК и ААК установлено, что максимальной межгодовой изменчивостью характеризуются площади вод, располагающиеся между основными фронтами. Наиболее тесные корреляционные связи аномалий площадей водных масс в поле ТПО с индексом ЮК выявлены в Тихоокеанском секторе Южного океана, с индексом ААК — в Атлантическом секторе [8].

В настоящем сообщении впервые анализируется проявление Антарктической дипольной моды в изменчивости площадей водных масс и характеристик фронтов в районе Антарктического полуострова на основе среднемесячных значений ТПО из массива NSCP [9]. Для каждого месяца за период с 1982 по 2009 гг., согласно методике, изложенной в работе [10], определяются характеристики фронтов (величина меридионального градиента температуры (МГТ), температура (T) на оси фронта и ее широта) в прол. Дрейка, к западу и к востоку от Антарктического полуострова (рис. 1). Затем рассчитываются линейные тренды этих характеристик, размерность которых (для величин МГТ — $^{\circ}\text{C}/60$ миль/28 лет, широтного положения — град. ш./28 лет, температуры — $^{\circ}\text{C}/28$ лет) опускается. Положительные тренды МГТ и широтного положения указывают на ослабление интенсивности фронтов и их смещение на север.

Для анализа межгодовой изменчивости площадей водных масс рассчитываются их линейные тренды для Тихоокеанского ($110\text{--}70^{\circ}$ з. д.) и Атлантического ($70\text{--}30^{\circ}$ з. д.) секторов. В качестве условной единицы принималась площадь одноградусного квадрата, т. е. $1,2 \times 10^4$ км². Рассматриваются воды с температурными диапазонами $-2 \dots -1$ $^{\circ}\text{C}$, $0 \dots 1$ $^{\circ}\text{C}$ и $5 \dots 6$ $^{\circ}\text{C}$, характеризующиеся максимальной межгодовой дисперсией [8]. Они располагаются соответственно к югу от фронта Южной ветви (ФЮВ) Антарктического циркумполярного течения (АЦТ), между ФЮВ АЦТ и Антарктическим полярным фронтом (АПФ) (межфронтальная зона ФЮВ АЦТ — АПФ), Антарктическим полярным и Субантарктическим (САФ) фронтами (межфронтальная зона АПФ — САФ). Далее по тексту в скобках приводятся максимальные величины трендов и месяцы, когда они наблюдались.

Проведенные расчеты показывают, что влияние Антарктического диполя проявляется в разных климатических тенденциях изменчивости фронтов к западу и к востоку от Антарктического полуострова. Наиболее четко это прослеживается для АПФ (рис. 2, а, б). В нор-

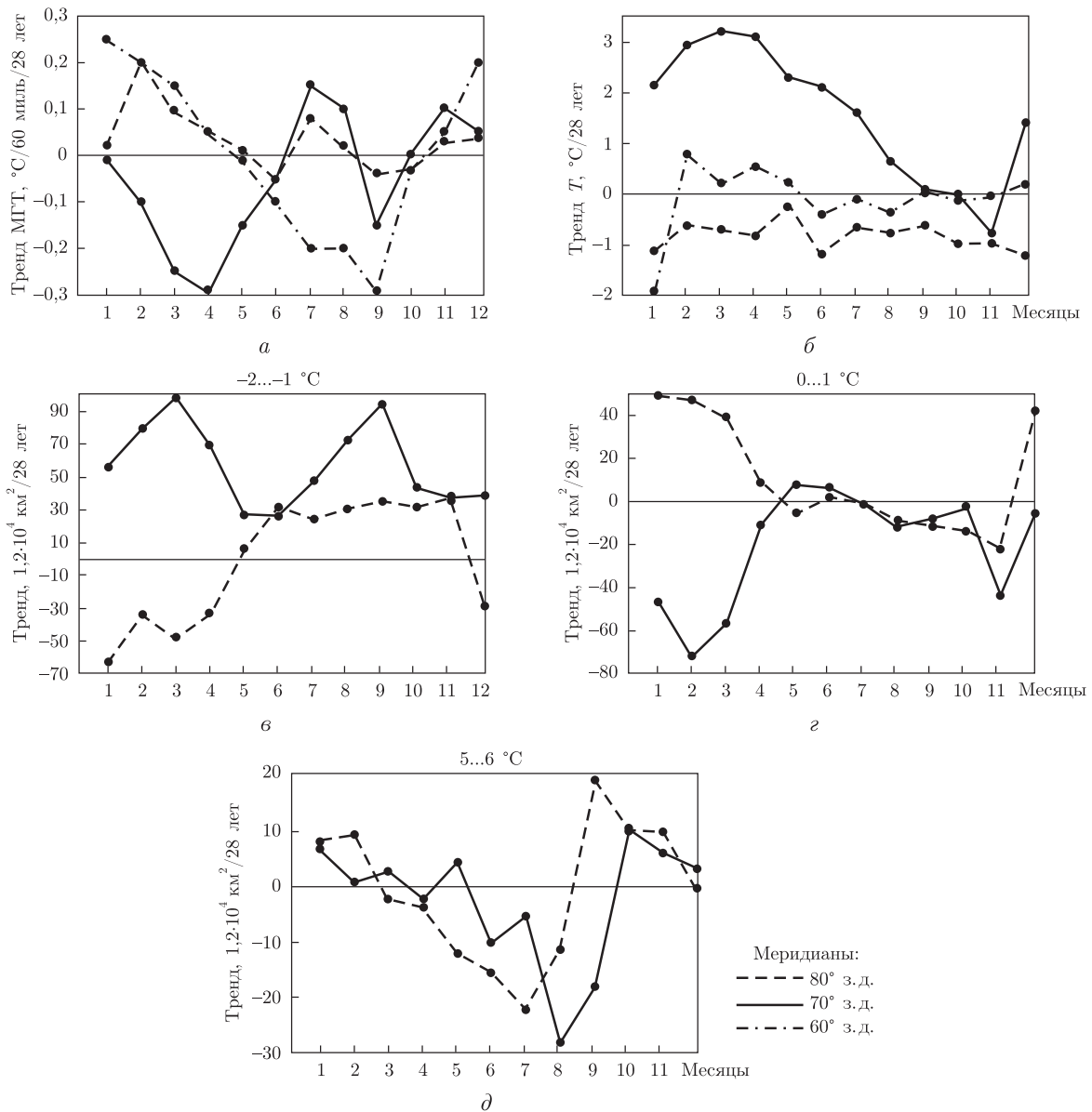


Рис. 2. Линейные тренды величины МГТ (а) и T (б) Антарктического полярного фронта на меридианах: 80°, 70°, 60° з.д.; линейные тренды площади вод к югу от ФЮВ АЦТ (в), в межфронтальных зонах ФЮВ АЦТ – АПФ (г) и АПФ – САФ (д) для Атлантического (сплошные кривые) и Тихоокеанского (штриховые кривые) секторов Южного океана за период 1982–2009 гг.

Температурные диапазоны межфронтальных зон приведены на графиках в–д

мальном сезонном цикле АПФ на всей рассматриваемой акватории усиливается в холодный период Южного полушария (сентябрь–октябрь), а ослабевает в теплый сезон (с февраля по апрель) [6]. На межгодовом масштабе в Тихоокеанском секторе интенсивность АПФ уменьшается почти во все месяцы, максимальное ослабление (0,2) фронта наблюдается в феврале. В прол. Дрейка (60° з.д.), который является переходной зоной между двумя противофазными режимами Антарктического диполя, изменение трендов МГТ носит более сложный характер. С января по июнь и в сентябре–октябре отмечается усиление АПФ, при этом мак-

симальный рост интенсивности наблюдается в период ослабления фронта в климатическом сезонном цикле ($-0,3$, апрель). Заметное уменьшение интенсивности АПФ на межгодовом масштабе прослеживается зимой в Южном полушарии ($0,15$, июль). В Атлантическом секторе увеличение интенсивности АПФ наблюдается с мая по октябрь, а ее максимум отмечается в сентябре ($-0,3$), когда фронт наиболее развит в нормальном сезонном цикле. Наибольшее ослабление фронта ($0,25$) происходит в летний период с декабря по январь (см. *a* на рис. 2).

Различия к западу и востоку от Антарктического полуострова выявлены и в поведении трендов температуры на оси АПФ и его широтного смещения. В Тихоокеанском секторе наблюдается понижение ТПО для всех месяцев ($-1,2$, декабрь-январь, июнь). В прол. Дрейка для всех месяцев температура возрастает ($3,2$, март). В Атлантике тренды ТПО в основном невелики, только для января наблюдается ее понижение ($-2,0$) (см. *b* на рис. 2). Отмечена тенденция к сдвигу фронта на север ($\sim 1,5$) в прол. Дрейка и в море Скоша и на юг ($-1,3$) к западу от Антарктического полуострова.

Анализ межгодовой изменчивости площадей водных масс также выявил особенности поведения их трендов к западу и востоку от Антарктического полуострова. Площадь вод к югу от ФЮВ АЦТ в Атлантике увеличивается во все месяцы года с максимумами в марте и сентябре, в Тихом океане это увеличение наблюдается только в холодный период (с июня по ноябрь), тогда как с января по апрель отмечается их уменьшение (см. *в* на рис. 2).

Для межфронтальной зоны ФЮВ АЦТ — АПФ тренды площади в Атлантическом секторе почти во все месяцы отрицательны, при этом наибольшее уменьшение наблюдается летом (с января по март). В Тихоокеанском секторе, наоборот, в этот период площадь зоны увеличивается (см. *г* на рис. 2).

В межфронтальной зоне АПФ — САФ влияние Антарктического диполя ослабевает, и внутригодовой ход трендов имеет качественно одинаковый характер. Можно отметить запаздывание в один месяц между наступлением экстремумов межгодовых изменений площади этой зоны в Тихоокеанском и Атлантическом секторах (см. *д* на рис. 2).

Влияние Антарктического диполя выявлено во внутригодовой изменчивости площадей межфронтальных зон в годы с экстремальными значениями индексов ЮК [11] и ААК [12]. Рассматриваются периоды событий Эль-Ниньо (ЮК < 0) 1987 г. (ААК близок к нулю), 1992 г. (ААК < 0) и 1993 г. (ААК > 0) и Ла-Нинья (ЮК > 0) 2000 г. (ААК близок к нулю) и 2008 г. (ААК > 0). Установлено, что для всех рассмотренных событий наиболее четко Антарктический диполь проявляется в изменчивости площади зоны ФЮВ АЦТ — АПФ (рис. 3). В одни и те же годы в Тихоокеанском (см. *b* на рис. 3) и в Атлантическом (см. *в* на рис. 3) секторах характер изменчивости был противоположным, особенно в теплый сезон (с декабря по март), когда в климатическом сезонном цикле формировался максимум площади этих вод. В 1987 г. в Атлантике площадь зоны ФЮВ АЦТ — АПФ увеличивалась летом почти в 2 раза по сравнению с климатической нормой, а в Тихом океане была несколько меньше средноклиматической, при этом ее рост (в 1,5 раза) наблюдался зимой. В 1992 г. прослеживались слабое уменьшение площади в Атлантике и увеличение в Тихом океане. В 1993 г., наоборот, площадь зоны ФЮВ АЦТ — АПФ почти вдвое увеличивалась в Атлантике и уменьшалась в 1,5 раза в Тихом океане. В 2000 г. наблюдалось увеличение площади этих вод в 1,5 раза к востоку и почти в 3 раза к западу от Антарктического полуострова. В 2008 г. площадь уменьшалась почти вдвое в Атлантическом секторе и увеличивалась в 1,5 раза в Тихоокеанском.

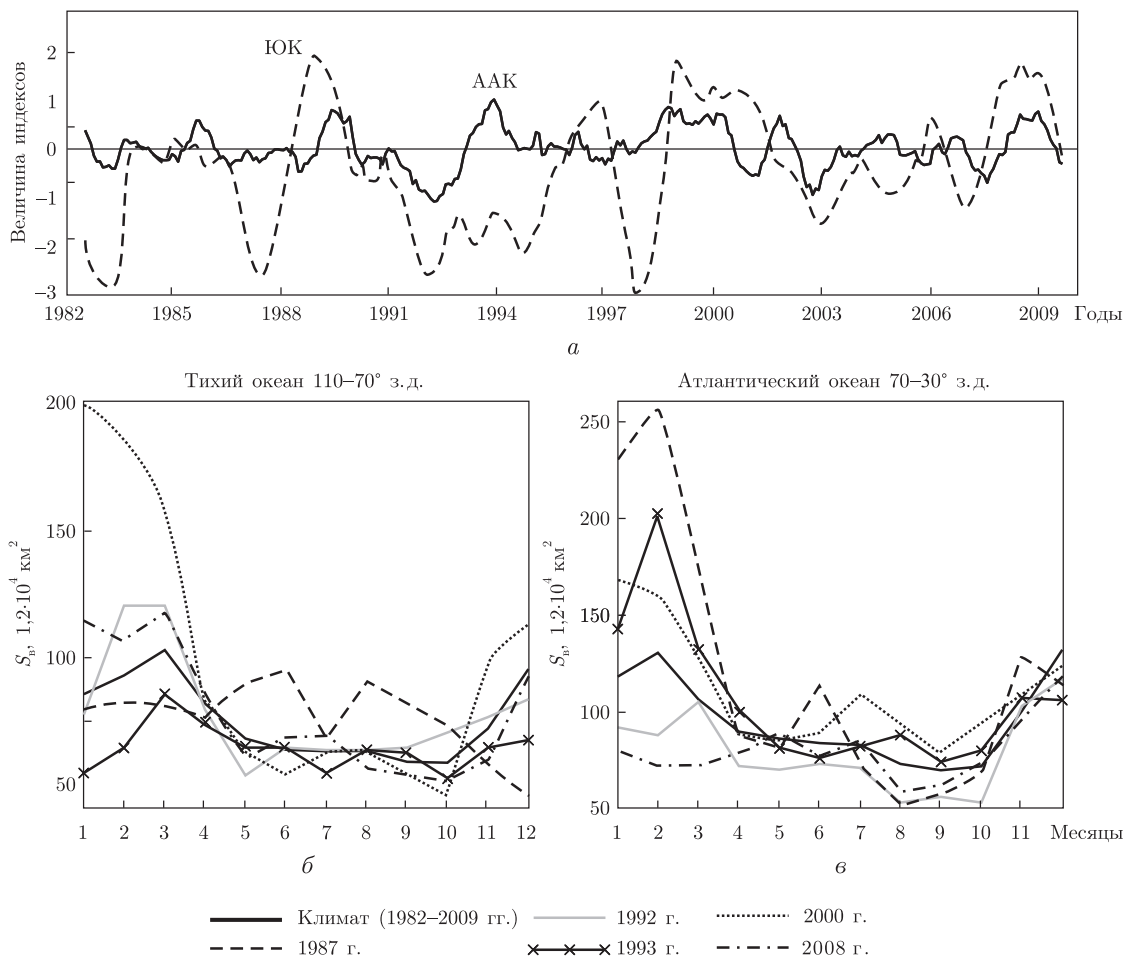


Рис. 3. Межгодовой ход индексов ААК (сплошная кривая) и ЮК (штриховая кривая) (а), внутригодовой ход площади вод в межфронтальной зоне ФЮВ АЦТ — АПФ в Тихоокеанском (б) и Атлантическом (в) секторах Южного океана в годы с различными значениями индексов ЮК и ААК (полужирные сплошные кривые — климатическая норма)

Для вод, расположенных к югу от ФЮВ АЦТ, влияние Антарктического диполя проявилось в 1987 и 1992 гг., когда наблюдались интенсивные события Эль-Ниньо. В 1987 г. в Тихоокеанском секторе отмечалось увеличение площади этих вод относительно климатической нормы летом и уменьшение зимой. В Атлантике, наоборот, рост площади вод к югу от ФЮВ АЦТ наблюдался зимой, а ее уменьшение летом. В 1992 г. в Тихоокеанском секторе в течение всего года прослеживалось уменьшение площади этих вод, а в Атлантическом секторе — ее увеличение.

1. Turner J., Colwell S. R., Marshall G. J. et. al. Antarctic climate change during the last 50 years // J. Climatol. – 2005. – **25**. – P. 279–294.
2. Масленников В. В. Пространственная структура колебаний приземного атмосферного давления в Антарктике // Арктика и Антарктика. – 2002. – **35(1)**. – С. 109–127.
3. Gong D., Wang S. Definition of Antarctic oscillation index // Geophys. Res. – 1999. – **26**. – No 4. – P. 459–462.
4. Turner J. Review the El Niño-Southern Oscillation and Antarctica // Int. J. Climatology. – 2004. – No 24. – P. 1–31.

5. Артамонов Ю. В. Океанографические исследования в рамках II-го этапа Государственной программы исследований Украины в Антарктике // Укр. антаркт. журн. – 2010. – № 9. – С. 119–133.
6. Артамонов Ю. В., Скрипалева Е. А., Бабий М. В., Галковская Л. К. Сезонная и межгодовая изменчивость гидрологических фронтов Южного океана // Там же. – 2009. – № 8. – С. 147–158.
7. Скрипалева Е. А. Сезонная и межгодовая изменчивость характеристик Антарктического полярного фронта в Тихоокеанском секторе Южного океана по данным спутниковых и контактных измерений // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – Т. 13. – С. 100–103.
8. Скрипалева Е. А. Сезонная и межгодовая изменчивость поля температуры поверхности океана в районе Антарктического полуострова по данным ре-анализа NCEP // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – Т. 15. – С. 98–105.
9. <http://nomad1.ncep.noaa.gov>.
10. Ломакин П. Д., Скрипалева Е. А. Циркуляция и структура вод юго-западной части Атлантического океана и прилегающих акваторий Антарктики. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 116 с.
11. <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrelindices.html>.
12. <http://jisao.washington.edu/data>.

Морской гидрофизический институт
НАН Украины, Севастополь

Поступило в редакцию 17.04.2012

О. О. Скрипальова

Регіональні особливості міжрічної мінливості структури поля температури поверхні океану в районі Антарктичного півострова за даними ре-аналізу NCEP

За даними ре-аналізу NCEP (National Center for Environmental Prediction) за період з 1982 по 2009 рр. досліджуються регіональні особливості міжрічної мінливості структури поля температури на поверхні океану (ТПО) у районі Антарктичного півострова. Оцінюються лінійні тренди характеристик великомасштабних фронтів та площ водних мас для кожного місяця. Аналізується прояв Антарктичної дипольної моди в міжрічних варіаціях структури поля ТПО. Показано, що найбільше чітко Антарктичний диполь виражений у мінливості характеристик Антарктичного полярного фронту й площі вод, розташованих між фронтом Південної гілки Антарктичної циркумполярної течії й Антарктичним полярним фронтом.

E. A. Skripaleva

Regional features of the interannual variability of the ocean surface temperature structure in the Antarctic Peninsula region by reanalysis of NCEP data

On the basis of the reanalysis of NCEP (National Center for Environmental Prediction) data from 1982 till 2009, the regional features of the interannual variability of the ocean surface temperature (SST) structure in the Antarctic Peninsula region are investigated. Linear trends of the large-scale front's characteristics and water masses areas for each month are estimated. The display of the Antarctic Dipole Mode in the SST structure interannual variations is analyzed. It is shown that the Antarctic dipole is the most accurately expressed in the variability of Antarctic Polar front characteristics and the waters area located between the Front of the Southern branch of the Antarctic Circumpolar current and the Antarctic Polar front.