

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЗОННОЙ  
ИЗМЕНЧИВОСТИ  
СОСТАВЛЯЮЩИХ СКОРОСТИ  
ВЕТРА И ТРЕНДОВ  
ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ  
ОКЕАНА В ЗОНАХ ИНТЕНСИВНЫХ  
ОКЕАНИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ**

*Ю.В. Артамонов, М.В. Бабий,  
Ант.А. Букатов, Е.А. Скрипалева*

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины,  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

*Представлены результаты исследования сезонной изменчивости составляющих скорости ветра и линейных трендов температуры поверхности океана (ТПО) по данным массивов NCEP и BADC. Показано, что максимальная сезонная изменчивость трендов ТПО наблюдается в зонах крупномасштабных течений. Анализ сезонного цикла поля ветра, как косвенного показателя изменчивости дрейфовой циркуляции, показал, что положительные тренды ТПО, как правило, обусловлены усилением адвекции теплых тропических вод или ослаблением поступления холодных полярных вод в умеренные широты.*

**Введение.** В работах [1 – 3] на основе анализа данных спутниковых измерений температуры поверхности океана (ТПО) показано, что распределение линейных трендов ТПО тесно связано с особенностями крупномасштабной циркуляции вод. Экстремальные значения трендов ТПО отмечаются в зонах Лабрадорского, Восточно-Гренландского и Северо-Атлантического течений, Гольф-стрима, в зонах Южного Пассатного течения, Южно-Атлантического и Антарктического Циркумполярного течений.

Выявлены различия в распределении трендов ТПО для отдельных месяцев. В зонах влияния течений, переносящих теплые поверхностные воды из тропических областей, большую часть года наблюдаются положительные тренды ТПО. В зонах влияния течений, переносящих холодные апвеллинговые воды, преобладают отрицательные тренды.

К сожалению, полученные выводы основаны на относительно коротком ря-

де спутниковых измерений и требуют проверки и уточнения.

Данная работа является продолжением начатых исследований и базируется на более полных массивах (BADC, NCEP). В ней уточняется сезонная изменчивость линейных трендов ТПО в Южном полушарии и проводится ее сопоставление с сезонным циклом зональной и меридиональной составляющих скорости ветра, как косвенного показателя изменчивости поверхностной дрейфовой циркуляции вод.

**Материалы и методика.** В работе использован массив среднемесячных значений ТПО в одноградусной сетке с 1950 по 2002 гг. – BADC (*British Atmospheric Data Centre HadISST*) [4] и массив среднемесячных значений зональной и меридиональной составляющих скорости ветра в одноградусной сетке с 1981 по 2008 гг. – NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) [5].

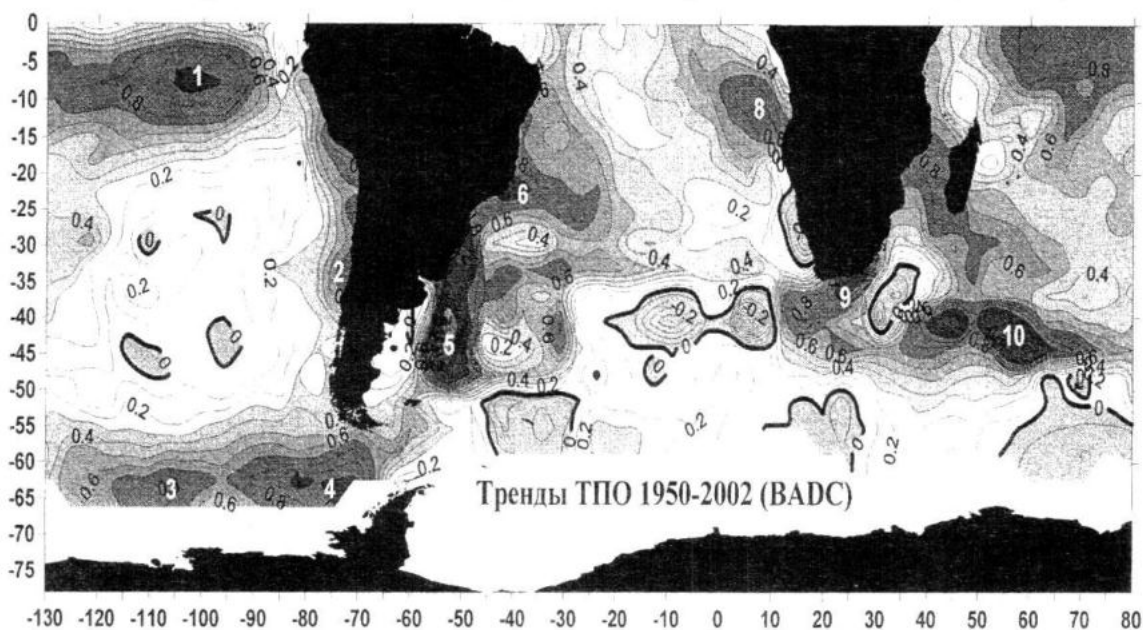
Во временных рядах ТПО пропуски данных из-за облачности или наличия льдов в основном занимали не более одного или двух месяцев подряд и были восстановлены линейной интерполяцией по методике, изложенной в [3]. После того, как все временные ряды были заполнены, в каждом узле сетки рассчитывались линейные тренды методом наименьших квадратов.

Величины трендов далее по тексту приводятся в скобках, их размерность в °C/53 года опускается. В высоких широтах, где имелись лишь летние измерения ТПО, внутригодовой ход трендов не рассматривался.

**Анализ результатов** На рис. 1 показано распределение линейных трендов ТПО, рассчитанных за период 1950 – 2002 гг. по данным массива BADC. Видно, что за последние полвека в Южном океане в целом преобладают положительные тренды ТПО. Этот результат хорошо согласуется с современными представлениями о глобальном потеплении на Земном шаре [6]. Вместе с тем пространственное распределение положительных и отрицательных трендов носит достаточно сложный характер. Экстремальные значения трендов ТПО обычно наблюдаются в зонах крупномасштабных течений. Наиболее высокие

положительные тренды ТПО отмечены в пограничных течениях: Перуанском течении (~ 1.0 °C), Зоне схождения Фолклендского и Бразильского течений (до

2.0 °C), Бенгельском и Мозамбикском течениях (~ 1.0 °C), в Западно-Австралийском (~ 1.0 °C) и Восточно-Австралийском течениях (> 1.5 °C).



Р и с. 1. Распределение линейных трендов ТПО, рассчитанных за период 1950 – 2002 гг. по данным массива BADC

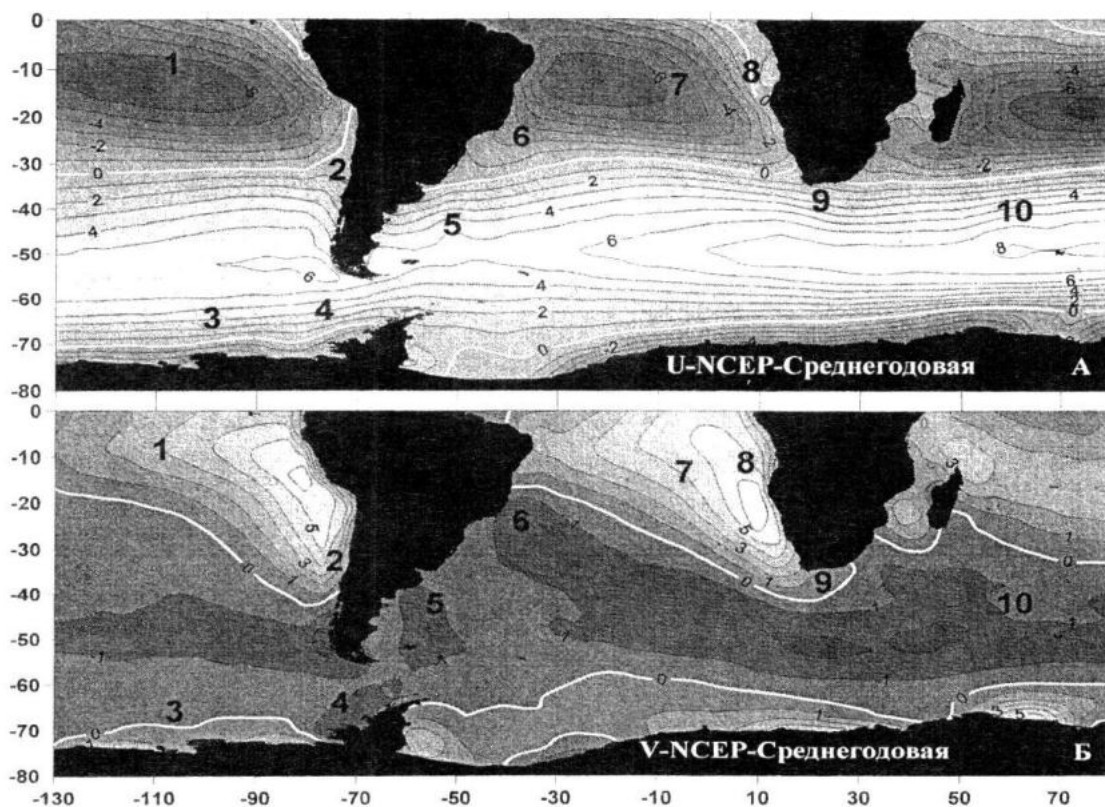
Положительные тренды в зонах западных пограничных течений, следующих в южном направлении, свидетельствуют об увеличении в среднем за период 1950 – 2002 гг. выноса теплых тропических вод в умеренные широты и, наоборот, в восточных пограничных течениях, следующих на север, уменьшается вынос холодных вод в тропические широты.

Высокие значения положительных трендов ТПО отмечаются также в Антарктическом циркумполярном течении (АЦТ) между 40° и 25° в.д. (> 1.5 °C) и между 60° и 120° з.д. (~ 1.0 °C). В последнем случае высокие положительные тренды к западу от Антарктического полуострова и в проливе Дрейка хорошо согласуются с положительными трендами температуры воздуха, зафиксированные за последние полвека на станциях “Академик Вернадский” и “Беллинсгаузен”.

Вероятным механизмом образования областей положительных трендов ТПО в зоне АЦТ является ослабление его скорости, что сопровождается уменьшением выноса холодных полярных вод на север.

Распределение трендов ТПО в разные месяцы указывает на их существенную внутригодовую изменчивость. Анализ этой изменчивости совместно с сезонным циклом течений, рассчитанных динамическим методом и по альтиметрическим данным, позволил предложить механизм образования положительных трендов ТПО [3]. В определенные сезоны происходит увеличение переноса теплых тропических вод на юг и ослабление переноса холодных полярных вод на север. Тем самым на межгодовом масштабе в эти сезоны создаются благоприятные условия для формирования положительных трендов ТПО.

В данной работе для оценки влияния циркуляции вод на формировании трендов ТПО мы воспользовались косвенным показателем дрейфовой циркуляции – приводным полем ветра. Из среднегодовых карт зональной и меридиональной составляющих поля ветра видно, что области экстремальных значений трендов ТПО приурочены к зонам интенсивных ветров, но при этом, как правило, они несколько смещены относительно экстремумов скорости ветра (рис. 1, 2).



Р и с. 2. Среднегодовое распределение зональной (а) и меридиональной (б) составляющих скорости ветра по данным массива BADC.

Вместе с тем совместный анализ сезонной изменчивости трендов ТПО и составляющих поля ветра в районах интенсивных течений выявил ряд закономерностей, подтверждающих их качественную связь. Так, в тропической зоне Тихого океана (рис. 3, а) наибольшие положительные тренды ТПО ( $\sim 1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) отмечаются летом-осенью Южного полушария, когда ослабевают обе составляющие скорости ветра и меридиональный перенос на север более холодных южных вод минимален.

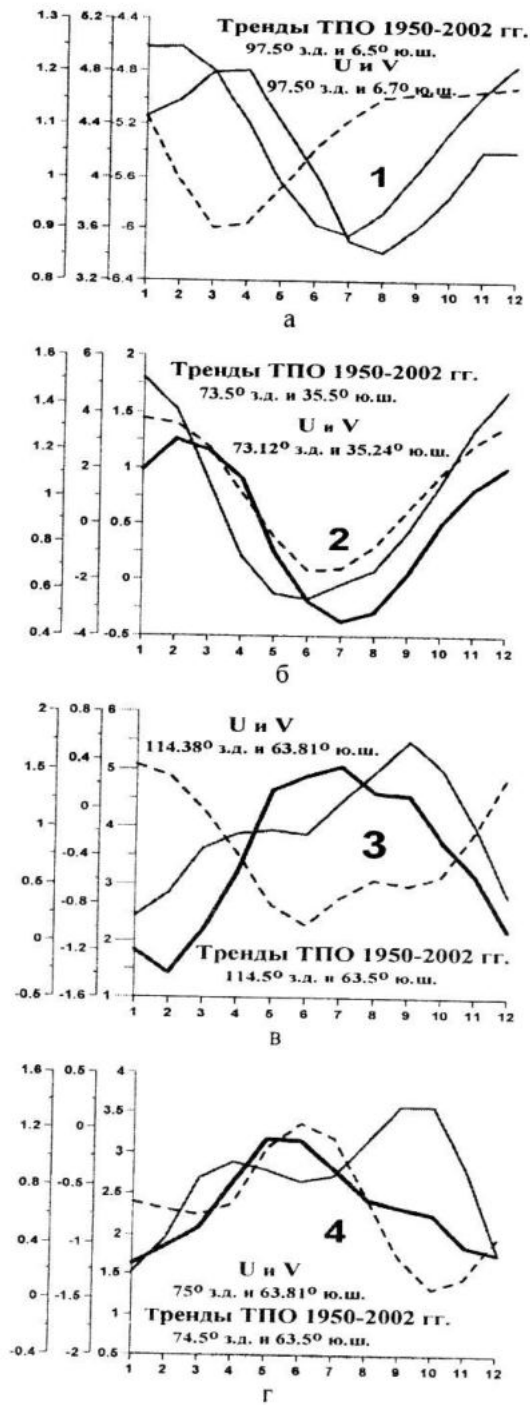
В зоне Перуанского течения (рис. 3, б), наоборот, высокие значения трендов ТПО ( $\sim 1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) отмечаются после летнего усиления юго-западных ветров, ослабляющих апвеллинг, что приводит к повышению прибрежной температуры.

В зоне АЦГ около  $115^{\circ}$  з.д. (рис. 3, в) наибольшие положительные тренды ТПО ( $\sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) отмечаются после максимального роста меридиональной составляющей скорости ветра, увеличивающей поступление более теплых вод из умеренных широт в полярную область. Ближе к Антарктическому полуострову в период максимальных трендов

ТПО меридиональная составляющая скорости ветра ослаблена, а зональная достаточно интенсивна. Возможно, в этом случае, формированию положительных трендов способствует поступление более теплых вод из открытой части океана в прибрежные районы Антарктического полуострова, переохлажденные в зимний период.

В Атлантическом океане, в Зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений (ЗСБФ) высокие значения положительных трендов (до  $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) отмечаются зимой-весной Южного полушария (рис. 4, а). Зимой происходит усиление западных ветров, приносящих из прибрежных районов более теплые тропические воды, которые интенсивно поступали сюда в предыдущие месяцы за счет интенсификации северной составляющей скорости ветра в летний период.

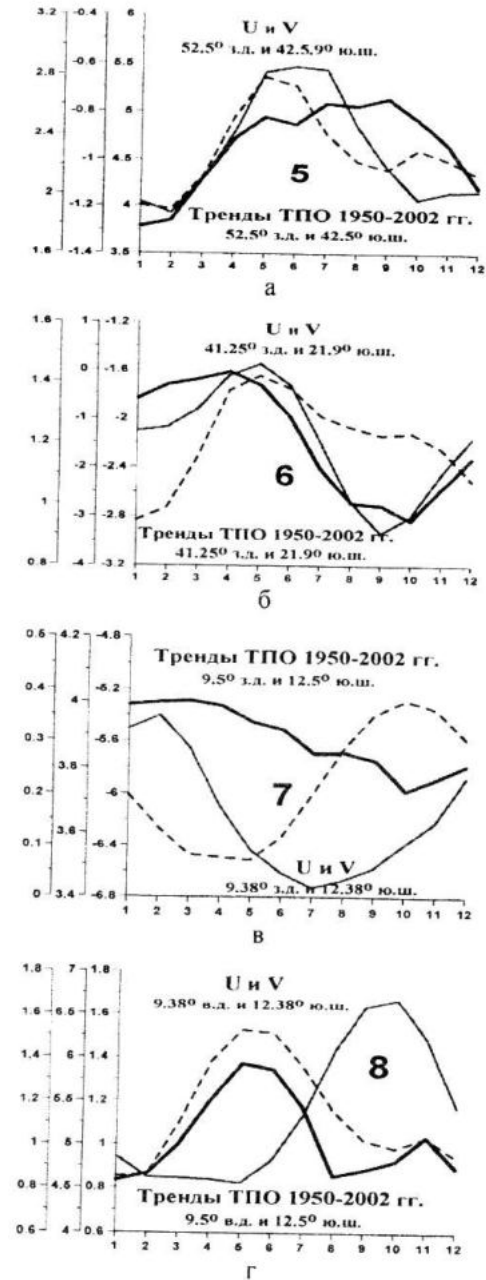
Севернее ЗСБФ наибольшие тренды ( $\sim 1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) наблюдаются осенью. Перед этим, весной-летом, усиливаются северо-восточные ветра и происходит накопление теплых тропических вод у восточных берегов Южной Америки (рис. 4, б).



Р и с. 3. Сезонный ход трендов ТПО (жирная линия), зональной (тонкая линия) и меридиональной (штриховая линия) составляющих скорости ветра в Тихом океане. Здесь и на рис. 4, 5 положение точек (1 – 10) показано на рис. 1

В южных тропиках Атлантики в зоне Южного пассатного течения (рис. 4, в) тренды ТПО и их сезонная изменчивость невелики. Тем не менее, здесь также обнаруживается качественная связь с полем ветра. Наибольшие значения положительных трендов ( $\sim 0.4$  °C) наблюда-

ются в конце лета и осенью Южного полушария, когда скорости пассата и дрейфового течения ослабевают. Тем самым уменьшается вынос холодных апвеллинговых вод в центральную часть океана.



Р и с. 4. Сезонный ход трендов ТПО (жирная линия), зональной (тонкая линия) и меридиональной (штриховая линия) составляющих скорости ветра в Атлантическом океане

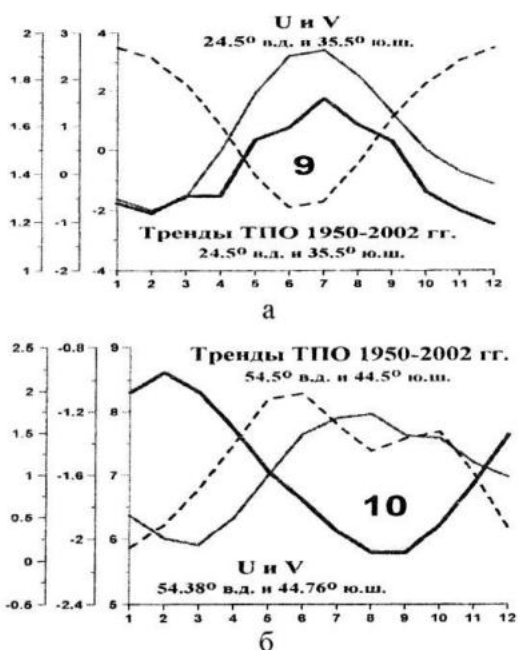
Ближе к берегам Африки амплитуда сезонных колебаний трендов ТПО заметно возрастает (рис. 4, г). Их максимальные положительные значения (до



1.4 °C) наблюдаются в конце осени-начале зимы Южного полушария, когда развивается юго-западный муссон и ослабевают прибрежный апвеллинг.

В зоне рециркуляции течения Агульяс (рис. 5, а) максимальные положительные тренды ТПО (~ 1.7 °C) отмечаются зимой, когда усиливаются западные и северо-западные ветра, которые ограничивают распространение теплых вод на запад и их накопление к югу от Африки.

В зоне климатической интенсификации АЦТ в западной части Индийского океана максимальные положительные тренды ТПО (до 2.3 °C) наблюдаются летом (рис. 5, б). В это время отмечается ослабление зональной и усиление северной меридиональной составляющих скорости ветра. Последняя способствует поступлению более теплых вод умеренных широт в зону АЦТ.



Р и с. 5. Сезонный ход трендов ТПО (жирная линия), зональной (тонкая линия) и меридиональной (штриховая линия) составляющих скорости ветра в Индийском океане

Таким образом, во всех рассмотренных случаях формирование положительных трендов ТПО находит объяснение в сезонной изменчивости составляющих поля ветра и, тем самым, в поле поверхностных дрейфовых течений.

**Выводы.** Выполненный в настоящем исследовании анализ сезонной изменчи-

вости трендов ТПО и составляющих скорости ветра в Южном полушарии еще раз подтвердил сделанный ранее вывод о влиянии поверхностной циркуляции на формирование трендов ТПО. В большинстве рассмотренных случаев интенсивность и направление ветров, косвенно отражающих особенности дрейфовой циркуляции на сезонном масштабе, способствуют накоплению теплых вод в зонах интенсивных течений на межгодовом масштабе и образованию в этих районах положительных трендов ТПО. В дальнейшем, для подтверждения полученных результатов представляется целесообразным провести анализ межгодовой изменчивости циркуляции вод на основе альтиметрических данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов Ю.В., Бабий М.В., Букаатов А.Е., Скрипалева Е.А. Внутригодовая изменчивость трендов поля температуры в Атлантическом океане вдоль 30° з.д. // Системы контроля окружающей среды / Средства и информационные технологии. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – С. 230 – 232.
2. Артамонов Ю.В., Бабий М.В., Букаатов А.Е., Скрипалева Е.А. Сезонная изменчивость линейных трендов поля температуры в Южной части Атлантического океана по спутниковым данным // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – С. 422 – 427.
3. Артамонов Ю.В., Бабий М.В., Букаатов А.Е., Скрипалева Е.А. Региональные особенности сезонной изменчивости линейных трендов поля температуры в Атлантическом океане и их связь с крупномасштабной циркуляцией вод // МГЖ. – 2008. – № 4. – С. 17 – 27.
4. <http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst>.
5. <http://nomad1.ncep.noaa.gov>.
6. Turner J. Review the El Niño – Southern Oscillation and Antarctica // Int. J. Climatology. – 2004. – № 24. – С. 1 – 31.