

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ В ПЕРИОД КЛИМАТИЧЕСКОГО СДВИГА 1976–1977

К.Е. Кириченко, Е.П. Белоусова, В.А. Коваленко, С.И. Молодых

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kirichenko@iszf.irk.ru

VARIATIONS IN HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE PACIFIC REGION DURING THE CLIMATIC SHIFT OF 1976–1977

K.E. Kirichenko, E.P. Belousova, V.A. Kovalenko, S.I. Molodykh

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Аннотация. Представлены и обсуждаются изменения характеристик атмосферы и океана (потоки тепла на границе раздела океан-атмосфера, ветровое напряжение, температура поверхности океана и воздуха над ним, теплосодержание океана в слое 0–700 м.) для Тихоокеанского региона северного полушария в период климатического сдвига (КС) 1976–1977 гг. Установлено, что после КС теплосодержание и температура океана возросли в восточной части Тихого и уменьшились в западной. Для потоков скрытого тепла и коротковолнового излучения после КС наблюдается уменьшение, в то время как для потоков тепла явного и длинноволнового - возрастание. Обсуждается возможный сценарий влияния атмосферных процессов на вариации температурных характеристик через ветровое напряжение и их взаимосвязь.

Ключевые слова: Тихий океан, климатический сдвиг 1976–1977 гг., температура поверхности океана, теплосодержание океана в слое 0–700 м, взаимодействие океана и атмосферы.

Abstract. Changes in the characteristics of the atmosphere and the ocean (heat fluxes at the ocean-atmosphere interface, wind stress, ocean surface and air temperature, ocean heat content in the 0–700 m layer) for the Pacific region of the northern hemisphere during the climatic shift (CS) 1976–1977 are presented and discussed. It was found that after the CS, the heat content and temperature increased in the eastern part of the Pacific Ocean and decreased in the western part. The flows of sensible heat and short-wave radiation after the CS decreased, while for the flows of latent heat and long-wave radiation increased. A possible scenario of the influence of atmospheric processes on the variation of temperature characteristics through wind stress and their interrelation is discussed.

Keywords: Pacific ocean, climate shift 1976–1977, sea surface temperature, ocean heat content in 0-700 m layer, relationship between ocean and atmosphere

Введение

Природа изменений климата как регионального, так и глобального является важнейшим направлением в науках о Земле. Основной целью каждого исследования является установление механизмов наблюдаемых изменений основных компонент климатической системы (океана, атмосферы, суши и криосферы). Их взаимодействие определяет главные особенности климатического режима на планете. Особое значение в изменении и формировании климата играет взаимодействие между океаном и атмосферой, проявляющееся в обмене теплом, влагой. Благодаря высокой теплоемкости деятельного слоя океана, которая в 50 раз превышает теплоемкость атмосферы, океан является гигантским резервуаром энергии [Лаппо и др., 1990]. Океан оказывает тепловое воздействие на атмосферу в основном благодаря значительной термической инерционности и преобладанию положительной разности температур вода—воздух. Внешним проявлением теплообмена между Мировым океаном и атмосферой является температура на поверхности океана и ее изменение с глубиной. Теплообмен океана с атмосферой происходит посредством лучистого, турбулентного и молекулярного потоков тепла, а также за счет преобразований энергии при фазовых переходах воды. Обратное воздействие атмосферы на

океан проявляется главным образом через циркуляцию вод, путем ослабления или усиления поверхностных течений через ветровой режим [Дроздов и др., 1989]. Ветровое напряжение в атмосфере оказывает влияние на температуру поверхности океана как вследствие сгонно-нагонного явления, так и через изменения вертикального перемешивания в океане.

Климатический сдвиг (КС) 1976–1977 гг. достаточно подробно описан в литературе. В большом количестве работ, посвященных этой теме, было показано, что этот сдвиг главным образом проявился в изменении атмосферной циркуляции в Тихоокеанском регионе [http://appinsys.com/GlobalWarming/The_1976-78_ClimateShift.htm]. В связи с этим представляет научный интерес рассмотреть и проанализировать изменения характеристик океана и атмосферы в период КС.

Исходные данные

Расчет вертикальных турбулентных потоков явного (Q_H) и скрытого (Q_E) тепла на границе раздела системы океан—атмосфера (COA) производится на основе полумпирических формул — так называемых балк-формул, полученных на основе аэродинамического метода (Global Bulk Aerodynamic Method). В соответствии с этим величины Q_H и Q_E характеризуются следующими соотношениями [Лаппо и др., 1990]:

$$Q_H = \rho_a c_p C_T U_{10} (t_s - t_a) \quad (1)$$

$$Q_E = \rho_a L C_E U_{10} (q_s - q_a), \quad (2)$$

т. е. выражаются через следующие параметры СОА — температуру t_a , удельную влажность приводного воздуха q_a , скорость ветра на высоте 10 м — U_{10} , а также через температуру поверхности океана t_s и удельную влажность над поверхностью воды q_s . В качестве коэффициентов пропорциональности в соотношениях (1) и (2) служат коэффициенты обмена теплом C_T (число Шмидта) и влагой C_E (число Дальтона), удельная теплота испарения (L), удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении c_p и его плотность ρ_a .

В работе использовались временные ряды средних месячных данных температуры поверхности океана (ТПО), приземной температуры воздуха над океаном (ПТВО), приземного ветра и потоков тепла на границе океан—атмосфера из открытой базы данных сети наблюдений метеорологического центра NCEP/NCAR реанализа за период 1948–2015 г. [Kalnay et al., 1996]. Аномалии теплосодержания океана в слое 0–700 м по данным ERA-Interim в период с 1955 по 2015 гг. [Levitus et al., 2012].

Ветровое напряжение или поток момента движения из атмосферы в океан вычисляется как функция скорости ветра с учетом коэффициента сопротивления по формуле (3) из работы [http://oceanworld.tamu.edu]:

$$T = \rho_a c_D U_{10}^2, \quad (3)$$

где ρ_a — плотность воздуха, c_D — коэффициент сопротивления, U_{10}^2 — скорость ветра на высоте 10 м.

Расчет аномалий ветрового напряжения и теплосодержания океана производился относительно стандартной климатической нормы 1961–1990 гг.

Обсуждение результатов

Пространственная структура изменений ветрового напряжения и теплосодержания океана в слое 0–700 м. в периоды до климатического сдвига (1955–1976 гг.) и после (1977–2000 гг.) представлена на рис. 1. Видно, что в аномалиях теплосодержания океана в период до КС преобладают отрицательные значения, особенно для низкоширотной центральной части Тихого океана и вдоль западного побережья Северной Америки, а для периода после КС наблюдается противоположная картина. Сравнивая между собой изменения в аномалиях ветрового напряжения, можно отметить, что структура схожа, за исключением того, что для периода 1977–2000 гг. произошло смещение антициклонического типа циркуляции на средних широтах, с центром между 150–170° з.д. на более высокие широты, обеспечивая перемещение потоков с севера на юг. Таким образом, если в первый период отмечается увеличение теплосодержания вдоль средних широт, которое обеспечивается поступлением более теплых потоков, то для второго периода наблюдается преобладание меридионального типа циркуляции с направлением от высоких (холодных) широт к низким, который способствует понижению теплосодержания.

В работе [Xu, Powell, 2013] были предложены два механизма, которые приводят к увеличению температуры или её понижению. Суть механизмов сводится к тому, что в периоды, когда преобладает западное направление и структура ветрового напряжения соответствует антициклонической, отмечаются положительные аномалии температур на средних широтах центральной части Тихого океана и отрицательные аномалии вдоль западного побережья Северной Америки, а в периоды противоположных направлений ветрового напряжения происходит смена положительных аномалий температур на отрицательные, и наоборот.

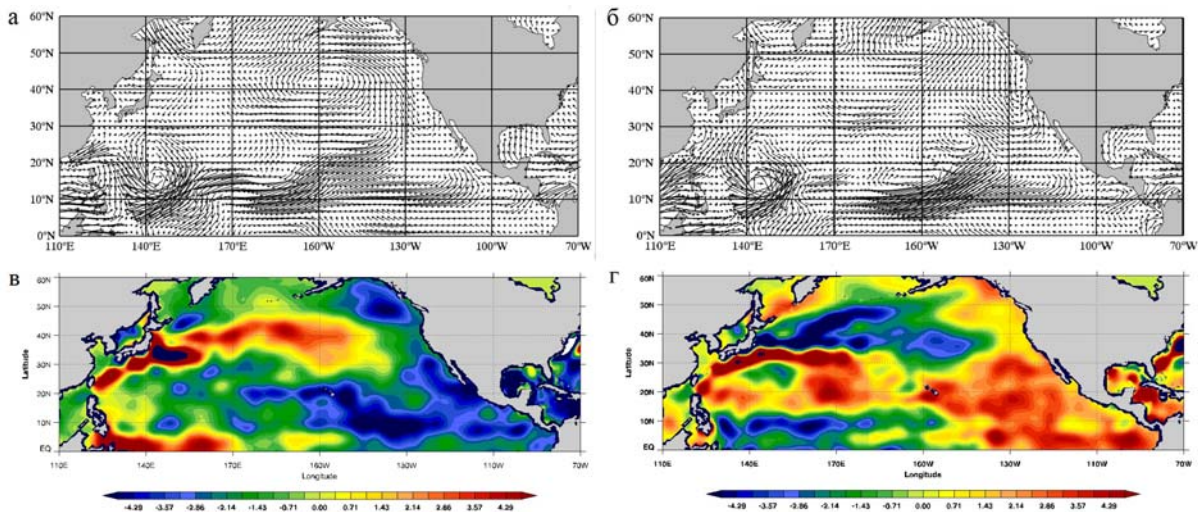


Рис. 1. Аномалии ветрового напряжения (а, б) и теплосодержания океана (в, г) для Тихого океана северного полушария для периодов 1955–1976 (а, в) и 1977–2000 (б, г)

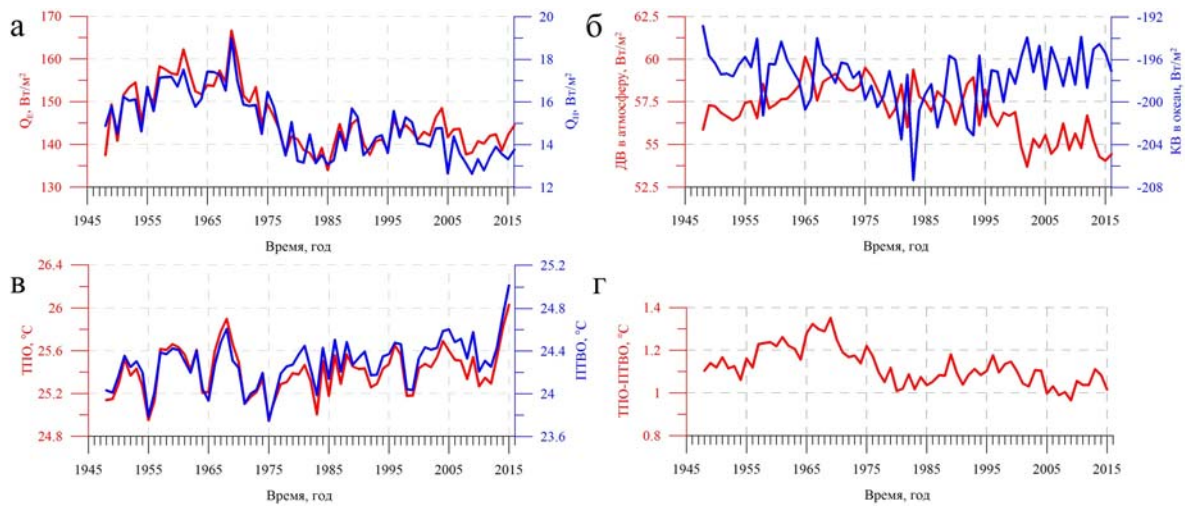


Рис. 2. Долговременные изменения среднегодовых характеристик в Тихоокеанском регионе (10–30° N; 160° E–130° W): а — потоки скрытого и явного тепла (красная и синяя линии соответственно), б — потоки радиации длинноволновой (красная линия) и коротковолновой (синяя линия), в — ТПО (красная линия) и ПТВО (синяя линия), г — разность температур между ТПО и ПТВО

Временной ход изменений потоков тепла на границе раздела океан-атмосфера, и значений температур поверхности океана и воздуха над ним для низкоширотной области Тихого океана представлен на рис. 2. Данный регион был выбран для исследования так как именно здесь наблюдались наиболее значительные изменения теплосодержания (см. рис. 1), а также аномально значительное испарение [Малинин, 1998]. В изменениях потоков явного (Q_H) и скрытого (Q_E) тепла (рис. 2, а) прослеживается квази-периодическое колебание ~30 лет, при этом для периода до КС амплитуда этого колебания превосходила амплитуду после КС. Для потоков тепла коротковолновой (КВ) радиации, поступающей в океан и длинноволновой (ДВ), излучающейся с поверхности океана (рис. 2, б) изменения носят следующий характер. Так для потока ДВ радиации характерно «ступенчатобразное» понижение, в то время как для КВ радиации отмечается увеличение потока к 1978 г. и его последующее понижение к 2000 г.

График разности температур между ТПО и ПТВО (рис. 2г) отражает изменения эффективности теплообмена в СОА (потоков тепла Q_H и Q_E), так в период до КС разность температур была выше, чем после.

Заключение

На основе комплексного анализа гидрометеорологических данных наблюдений обнаружено, что в исследуемом регионе Тихого океана отмечаются сильные изменения в теплообмене между океаном и атмосферой после климатического сдвига 1976–1977 гг. Так же было показано, что аномалии ветрового напряжения оказывают влияние на температуру поверхности и теплосодержание океана.

Работа выполнена в рамках гранта № НШ-6894.2016.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

Список литературы

- Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области мирового океана. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 334 с.
- Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Равский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 568 с.
- Малинин В.Н. Общая океанология. Часть I. Физические процессы. СПб.: изд. РГТМУ, 1998. 342 с.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project // Bull. Amer. Meteor. Soc. 1996. V. 77, N 3. P. 437–471.
- Levitus S., Antonov J.I., Boyer T.P., Baranova O.K., Garcia H.E., Locarnini R.A., Mishonov A.V., Reagan J.R., Seidov D., Yarosh E.S., Zweng M.M. World Ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m) 1955–2010 // Geophys. Res. Lett. 2012. V. 39, L10603, DOI: 10.1029/2012GL051106
URL: http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/contents.html (дата обращения 15.03.2015).
- URL: <http://appinsys.com/GlobalWarming/The1976-78ClimateShift.htm> (дата обращения 30.05.2017)
- Xu J. and Powell A. M. Two mechanisms responsible for marine ecosystem regime shifts from fish landings data off the West Coast of California (WCC) // Natural Sci. 2013. 5(4). P. 495–500.