

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ СРЕДНЕГОДОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В МОСКВЕ И ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МИРОВОГО ОКЕАНА

Б.Г. Шерстюков

Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, Российская Федерация, 249035, г. Обнинск Калужской обл., ул. Королева 6; *boris@meteo.ru*

Реферат. Изучаются дальние корреляционные связи среднегодовой температуры в приповерхностном слое. Рассмотрены данные наблюдений 1879–2016 гг. о значениях температуры воздуха по метеостанции «Москва» и температуры поверхности в разных частях Мирового океана по данным массива Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSSTv3b). Анализировались ряды трехлетних скользящих средних с удаленным линейным трендом. Построены карты оценок коэффициента корреляции при оптимальном (обеспечивающем максимальную корреляцию) сдвиге относительно времени ряда температуры морской поверхности. Исследовался диапазон запаздывания 0–36 лет. Обнаружена значительная корреляция между колебаниями среднегодовой температуры поверхности океана в области течения Западных Ветров и колебаниями среднегодовой температуры воздуха в Москве со временем запаздывания 30 лет.

Ключевые слова. Температура в Москве, температура поверхности океана, корреляция.

Введение

Известно, что состояние и термический режим Мирового океана оказывают значительное влияние на изменчивость и изменение климата над сушей (Марчук и др., 1989). Такие связи, в том числе дальние, являются предметом многих современных исследований (Бышев и др., 2018; Кровнин и др., 2018; Лысенко, Логинов, 2018). При этом корреляционные связи могут проявляться и при определенном лаге – сдвиге во времени. Так, в работе (Wyatt et al., 2012) описывается распространение сигнала изменения температуры по всему Северному полушарию через последовательность асинхронных атмосферно-океанических дальних связей. По оценкам авторов этой работы первоначальный сигнал изменения температуры в Северной Атлантике, распространяясь, достигает удаленных регионов полушария примерно 30 лет спустя. Подобные связи могут иметь определенную ценность для прогностических оценок климата.

Цель данной работы – на основе данных наблюдений эмпирически провести сравнительный анализ долгопериодных колебаний поверхностной температуры различных районов Мирового океана и выявить из них те районы, в которых наблюдаются наиболее тесные корреляционные связи с долгопериод-

ными колебаниями температуры воздуха в Москве (возможно с некоторым запаздыванием).

Данные и метод анализа

Использовались данные наблюдений за температурой воздуха в Москве T_B (синоптический индекс станции 27519) за 1879-2016 гг. и данные о температуре поверхности океана (ТПО) в узлах географической сетки 2° на 2° широты и долготы за 1854-2016 гг. (Xue et al., 2003; Smith et al., 2008). Массив данных о температуре поверхности океана ERSST v3b (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature) представляет собой восстановленные ряды месячных аномалий ТПО относительно норм за 1971-2000 годы¹⁾. Восстановление пропущенных данных статистическими методами выполнено авторами массива. В отличие от версии ERSST v3, новая версия ERSST v3b не включает спутниковые данные, которые, как было установлено, дают слишком сильное смещение оценок. Данные о температуре поверхности океана в узлах сетки севернее 80° с.ш. получены были авторами по фрагментарным сведениям, и поэтому нами не использовались как ненадежные.

Рассматриваемые ряды – среднегодовые значения температуры воздуха в приповерхностном слое в Москве и среднегодовые значения температуры поверхности океана в узлах сетки – можно представить как сумму линейного тренда, отражающего долговременную тенденцию всего отрезка времени наблюдений, и колебаний разных периодов в пределах этого отрезка времени. Для исключения короткопериодной межгодовой изменчивости – колебаний длительностью менее 3-х лет – был сделан переход от исходных рядов к скользящим трехлетним средним. Из этих, преобразованных рядов были исключены упомянутые линейные тренды.

Именно для последних рядов – будем обозначать их символами ТПО и T_B – была вычислена оценка коэффициента корреляции R . При этом для каждого узла выполнен поиск временного сдвига, запаздывания во времени, распространения «сигнала» от данного узла в регион Москвы. Это означает, что ряд ТПО сдвигался против времени на 0, 1, 2, ..., 36 лет, и далее выбиралось значение сдвига L , обеспечивающее максимальное значение корреляции. Такой сдвиг будет далее называться оптимальным сдвигом. Существенными считались коэффициенты корреляции $R \geq 0.3$ (вероятность случайности менее 1%). Узлы с $R < 0.3$ исключались из дальнейшего рассмотрения.

Результаты

На карте на рис. 1 представлены значения полученных оценок коэффициентов корреляции R среднегодовой ТПО и среднегодовой температуры в

¹⁾ <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/marineocean-data/extended-reconstructed-sea-surface-temperature-ersst-v3b>

Москве для оптимального временного сдвига. На рис. 2 представлены значения L – оптимального временного сдвига.

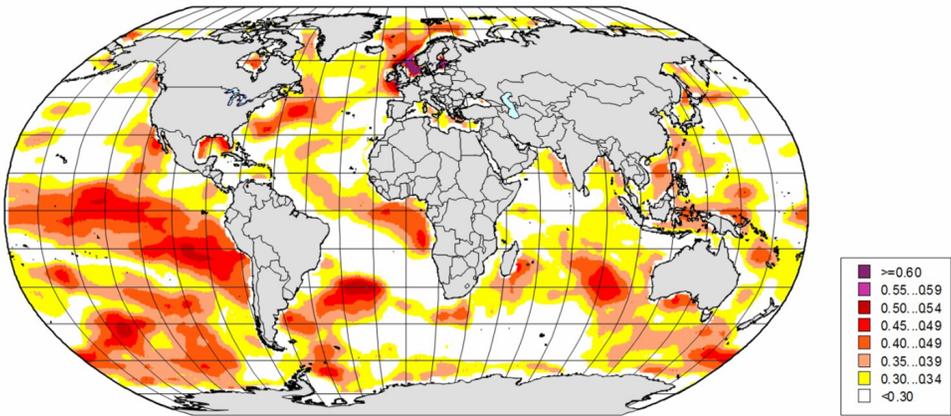


Рисунок 1. Оценки значений коэффициента корреляции колебаний ТПО в узлах географической сетки с колебаниями T_b в Москве при оптимальных сдвигах во времени (сдвиги в пределах от 0 до 36 лет)
Изменения ТПО опережают изменения T_b

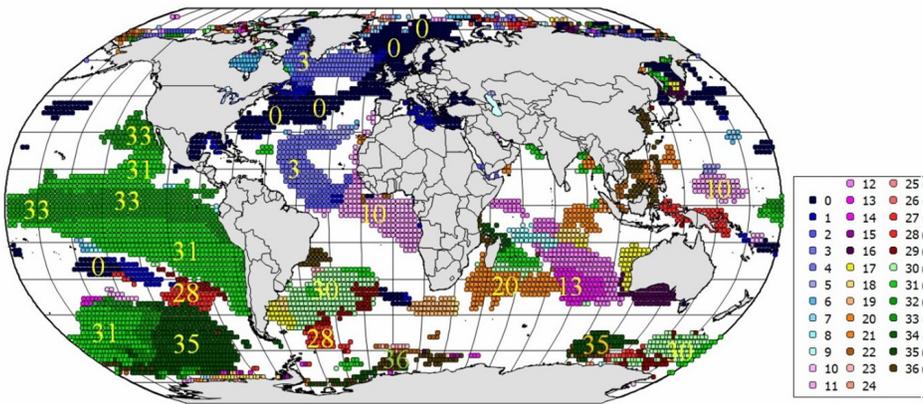


Рисунок 2. Оптимальный сдвиг по времени для колебаний ТПО и колебаний T_b в Москве, соответствующий максимуму оценки коэффициента корреляции
Ряд ТПО сдвигается против времени

Наилучшей ($R = 0.77$) оказалась синхронная связь, т.е. с нулевым запаздыванием, колебаний T_b с ТПО в Северном море в узле с координатами 18.0° в.д. 60.0° с.ш. А наилучшая ($R = 0.55$) асинхронная связь ($L = 30$) T_b в Москве с ТПО обнаружилась для узла с координатами 18° з.д. 30° ю.ш. в южной Атлантике.

Кроме этого, достаточно тесная связь T_b с ТПО ($R > 0.5$) с опережением ТПО преимущественно на 31-35 лет обнаружилась в Тихом океане на широтах $30-65^\circ$ ю.ш. на траектории океанического течения Западных Ветров, а также вдоль Перуанского течения в направлении на север и далее с поворотом на запад.

Столь же тесная асинхронная связь T_B с ТПО (опережение 30 лет) обнаружена в южной Атлантике – в районах Бразильского и Южного Пассатного течений и еще в Индийском океане чуть севернее течения Западных Ветров.

Дискуссия

Течение Западных Ветров является важным элементом глобальной океанической циркуляции. Это единственное в Мировом океане течение, которое проходит через все меридианы, огибающее в Южном полушарии с запада на восток Земной шар между 40° и 50° ю.ш. Запаздывание в 30 лет в передаче возмущений ТПО из Южного полушария Земли в атмосферу Северного полушария возможно и согласуется с оценками (Weyatt et al., 2012). Сравнивая значения опережения колебаний ТПО в разных узлах по рис. 2, можно на качественном уровне высказать предположение о пути передачи возмущений ТПО из Южного полушария в Северное и далее в колебания T_B в Центральном регионе России.

Раньше всего возмущения ТПО возникают в Южном полушарии в районе Антарктического циркумполярного течения Западных Ветров в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах за 30-36 лет до появления соответствующих изменений в T_B в Москве. За 31-33 года возмущения ТПО возникают в экваториальных широтах в Тихом океане в районах пассатных течений и в примыкающих районах Перуанского и Калифорнийского течений.

На рис. 2 в южной Атлантике виден большой район с 30-летним опережением колебаний. А в экваториальной области Атлантики колебания ТПО происходят позднее с опережением колебаний T_B в Москве только на 10 лет. Здесь различие в 20 лет во времени появления возмущений, видимо, является временем, необходимым для перемещения возмущения температуры в океане от $30-45^\circ$ ю.ш. до экваториальной Атлантики.

Севернее экватора, повторяя изгиб Срединно-Атлантического хребта, вдоль его восточного склона тянется область до широты 30° с.ш., в которой колебания ТПО только на 3 года опережают колебания T_B в Москве. А вдоль течения Гольфстрим и Северо-Атлантического течения вытянулась область с колебаниями, синхронными с колебаниями T_B в Москве. Тесная синхронная связь колебаний T_B в Европе с ТПО в Северном море возможно объясняется их географической близостью и преобладающим западно-восточным переносом воздушных масс.

В Индийском океане ответвление от Течения западных ветров создают возмущения в ТПО с районами опережения колебаний московской T_B на 20, 13 и 7 лет. А в районе океана, прилегающего к Австралии с юга, обнаружился район с колебаниями ТПО синхронными с колебаниями T_B в Москве.

Выполненный в настоящей работе анализ корреляций потенциально свидетельствует в пользу наличия некоторого скрытого механизма передачи долгопериодных возмущений ТПО, зарождающихся в области Течения западных ветров в Южном полушарии Земли и распространяющихся на север в область Северо-Атлантического течения с запаздыванием около 30 лет. Основу этого

механизма предположительно составляет так называемый глобальный конвейер океанических течений (Broecker, 1991).

Остается не ясно, какова причина зарождения наблюдаемых долгопериодных возмущений ТПО в Южном океане на траектории циркумполярного течения Западных Ветров.

Заключение

Обнаружены корреляционные связи между колебаниями температуры в приповерхностном слое атмосферы в Москве и колебаниями температуры поверхности Мирового океана в некоторых его частях. Использованный способ сопоставления рядов среднегодовых значений температуры – исключение короткопериодных межгодовых колебаний и линейного векового тренда с последующим расчетом оценки коэффициента корреляции – позволил оценить сходство внутривековых колебаний с характерным временем в несколько десятилетий. Наибольшее значение корреляции обнаружено для синхронного ряда в Северном море ($R = 0.77$). Выявление причин таких дальних корреляционных связей требует анализа физических процессов переноса тепла в земной системе.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты 18-05-00721 и 18-45-160006.

Список литературы

Бышев В.И., Серых И.В., Сидорова А.Н., Складов В.Е., Анисимов М.В. 2018. Океанический фактор мультидекадной изменчивости современного климата и перспективы мониторинга. – Океанологические исследования, т. 46, № 3, с. 5-19.

Кровнин А.С., Котенёв Б.Н., Мордасова Н.В., Муры́й Г.П. 2018. Дальние связи в атмосфере и океане как основа долгосрочного рыбопромыслового прогнозирования. – Труды ВНИРО, т. 173, с. 33-65.

Лысенко С.А., Логинов В.Ф. 2018. Роль океана в изменениях глобального и регионального климата. – Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, № 7(117), с. 58-63.

Марчук Г.И., Кондратьев К.Я., Козодеров В.В., Лаппо С.С., Саркисян А.С., Хворостьянов В.И. 1989. Энергоактивные зоны: концептуальные основы. Часть II. – Итоги науки и техники, серия «Атмосфера, океан, программа «Разрезы», т. 11, Москва, ВИНТИ, 368 с., ISBN: 0208-1245.

Broecker W.S. 1991. The great ocean conveyor. – Oceanography, vol. 4(2), pp. 79-89.

Smith T.M., Reynolds R.W., Peterson T.C., Lawrimore J. 2008. Improvements NOAAs Historical Merged Land – Ocean Temp Analysis (1880-2006). – Journal of Climate, vol. 21, pp. 2283-2296.

Wyatt M.G., Kravtsov S., Tsonis A.A. 2012. Atlantic Multidecadal Oscillation and Northern Hemisphere's climate variability. – Climate Dynamics, vol. 38, issue 5-6, pp. 929-949.

Xue, Y., Smith T.M., Reynolds R.W. 2003. Interdecadal Changes of 30-Yr SST Normals during 1871-2000. – Journal of Climate, vol. 16, pp.1601-1612.

Статья поступила в редакцию: 30.01.2019 г.

После переработки: 11.04.2019 г.

CORRELATIONS OF THE ANNUAL MEAN AIR TEMPERATURE IN MOSCOW AND TEMPERATURE OF THE WORLD OCEAN SURFACE

B.G. Sherstyukov

All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center,
6, Koroleva str., 249035, Obninsk, Kaluga region, Russian Federation; *boris@meteo.ru*

Abstract. Remote correlative relationships of temperatures in the near-surface layer are studied. The paper considers the observational data of 1879-2016 on air temperature at the meteorological station ‘Moscow’ and surface temperature data from different parts of the World ocean according to the array Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSSTv3b). The series of three-year running averages from which linear trends are deducted were analyzed. Maps of estimates of the correlation coefficient under optimal shift (i.e., providing maximum correlation) of the sea surface temperature series were constructed. The range 0-36 years for the time lag was explored. Substantial correlation was found between oscillations of the annual mean ocean surface temperature in the current of Westerly Winds and oscillations of the annual mean air temperature in Moscow with a time lag of 30 years.

Keywords. Temperature in Moscow, ocean surface temperature, correlation

References

Bishev V.I., Serih I.V., Sidorova A.N., Sklyarov V.E., Anisimov M.V. 2018. Okeanicheskiy faktor multidekadnoi izmenchivosti sovremennogo klimata i perspektivi monitoringa [Oceanic factor of multi-decadal variability of modern climate and monitoring prospects]. *Okeanologicheskie issledovaniya – Oceanological research*, vol. 46, no. 3, pp. 5-19.

Krovnin A.S., Kotenev B.N., Mordasova N.V., Murii G.P. 2018. Dalnie svyazi v atmosfere i okeane kak osnova dolgosrochnogo ribopromislovogo prognozirovaniya [Long-range communications in the atmosphere and ocean as a basis for long-term fishing forecasting]. *Trudi VNIRO – Proceedings of VNIRO*, vol. 173, pp. 33-65.

Lisenko S.A., Loginov V.F. 2018. Rol okeana v izmeneniyah globalnogo i regionalnogo klimata [The role of the ocean in global and regional climate change]. *Dokladi Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki – Reports of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*, no. 7 (117), pp. 58-63.

Marchuk G.I., Kondratev K.Ya., Kozoderov V.V., Lappo S.S., Sarkisyan A.S., Hvorostyanov V.I. 1989. Energoaktivnie zoni konceptualnie osnovi. Chast II [Energy-active zones: conceptual framework. Part II]. *Itogi nauki i tehniki, seriya*

«*Atmosfera, okean*», *programma «Razrezi»* [Results of science and technology, “Atmosphere, Ocean” series, “Cuts” program, vol. 11, Moscow, 368 p., ISBN: 0208-1245.

Broecker W.S. 1991. The great ocean conveyor. – *Oceanography*, vol. 4(2), pp. 79-89.

Smith T.M., Reynolds R.W., Peterson T.C., Lawrimore J. 2008. Improvements NOAAs Historical Merged Land – Ocean Temp Analysis (1880-2006). – *Journal of Climate*, vol. 21, pp. 2283-2296.

Wyatt M.G., Kravtsov S., Tsonis A.A. 2012. Atlantic Multidecadal Oscillation and Northern Hemisphere’s climate variability. – *Climate Dynamics*, vol. 38, issue 5-6, pp. 929-949.

Xue, Y., Smith T.M., Reynolds R.W. 2003. Interdecadal Changes of 30-Yr SST Normals during 1871-2000. – *Journal of Climate*, vol. 16, pp.1601-1612.