

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ И СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ В СВЯЗИ С ПРИХОДЯЩЕЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИЕЙ

В.М. Федоров*, Н.С. Сидоренков**

* Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

** Гидрометцентр России

По данным астрономических эфемерид DE-406 выполнены расчеты приходящей на верхнюю границу атмосферы солнечной радиации. На основе линейного уравнения регрессии рассчитаны значения аномалии температуры поверхности океана (ТПО) в Северном полушарии для интервала с 1850 по 2050 гг. Определено, что расхождение между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО образует эпохи, в которых фактические значения либо превышают расчетные, либо уступают им. Определена тесная связь расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО с индексом Североатлантической осцилляции (АМО). Найдено хронологическое соответствие между фазами АМО и эпохами аномалии ТПО в Северном полушарии. Определена тесная связь индекса АМО и расхождения фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО с вариациями скорости осевого вращения Земли. Рассчитаны амплитудно-периодические характеристики АМО и определена гравитационная природа этого колебания.

Североатлантическая осцилляция (Atlantic multidecadal oscillation – АМО) – колебание в климатической системе Земли, отражающее периодическую изменчивость температуры поверхности океана в Северной Атлантике, была обнаружена в 1994 году Шлезингером и Раманкутти ([Schlesinger, Ramankutty, 1994](#)). Эти колебания с периодом, в среднем около 65 – 70 лет подтверждаются историческими наблюдениями и модельными расчетами ([Delworth, Mann, 2000](#); [Sutton, Hodson, 2005](#); [Knight et al., 2006](#); [Chylek P, Lesins, 2008](#)). Однако, единства мнений относительно амплитуды и генезиса этого явления, пока не существует. Оценкой Североатлантической осцилляции является индекс АМО, представляющий собой аномалию температуры поверхности океана (ТПО) относительно среднего значения за период с 1951 по 1980 гг. Отмечается корреляция температуры воздуха, атмосферных осадков и активности ураганов с индексом Североатлантической осцилляции на большей части Северного полушария, в особенности в Северной Америке, Северной Африке и в Европе ([Enfield et al., 2001](#); [Goldenberg et al., 2001](#); [Shanahan et al., 2009](#); [Teegavarapuet al., 2013](#)). Прогнозирование изменения ТПО и температуры приземной атмосферы требует знания пространственных и временных особенностей этой изменчивости и ее причин.

Проведены расчеты приходящей солнечной радиации на земной эллипсоид без учета атмосферы. По данным астрономических эфемерид (JPL Planetary and Lunar Ephemerides DE-405/406) рассчитывались значения приходящей солнечной радиации, за тропические годы в различные широтные зоны (протяженностью в 5° широты) земного эллипсоида в интервале от 3000 г. до н.э. до 2999 г. н.э. ([Федоров, 2015](#); <http://www.solar-climate.com/sc/mtd.htm>). Изменение солнечной активности при этом не учитывалось. С полученными значениями приходящей на земной эллипсоид солнечной радиации

сопоставлялись данные аномалии ТПО в Северном полушарии Земли (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature>). При этом учитывалось накопление солнечной радиации. Накопленная солнечная радиация рассчитывалась последовательным суммированием годовых значений приходящей солнечной радиации в будущее от годовой радиации 1850 года – начального года ряда значений аномалии ТПО. На основе линейного уравнения регрессии, по годовым значениям накопленной приходящей солнечной радиации рассчитывались значения аномалии ТПО. Коэффициент корреляции между накопленной солнечной радиацией, приходящей за год в Северное полушарие и аномалией ТПО равен 0,687. Это же значение характерно и для рядов рассчитанных и фактических значений аномалии ТПО (рис. 1).

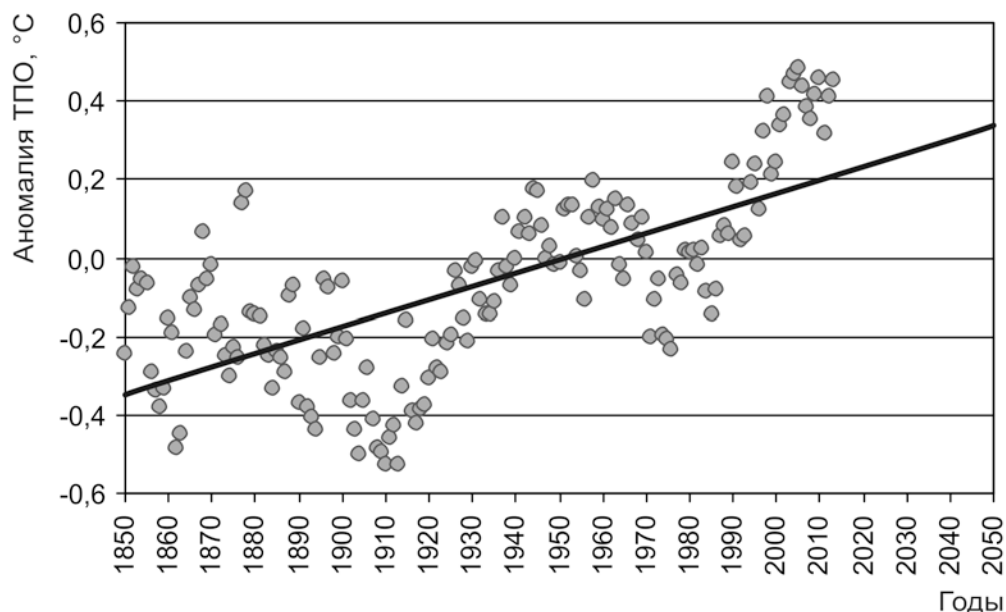


Рис. 1. Рассчитанные (сплошная линия) и фактические значения аномалии ТПО (Северное полушарие).

Анализ расхождения фактических значений аномалии ТПО с рассчитанными значениями показывает, что существуют чередующиеся группы, в которых фактические значения аномалии превышают расчетные значения аномалии и группы, в которых они уступают им (рис. 2).

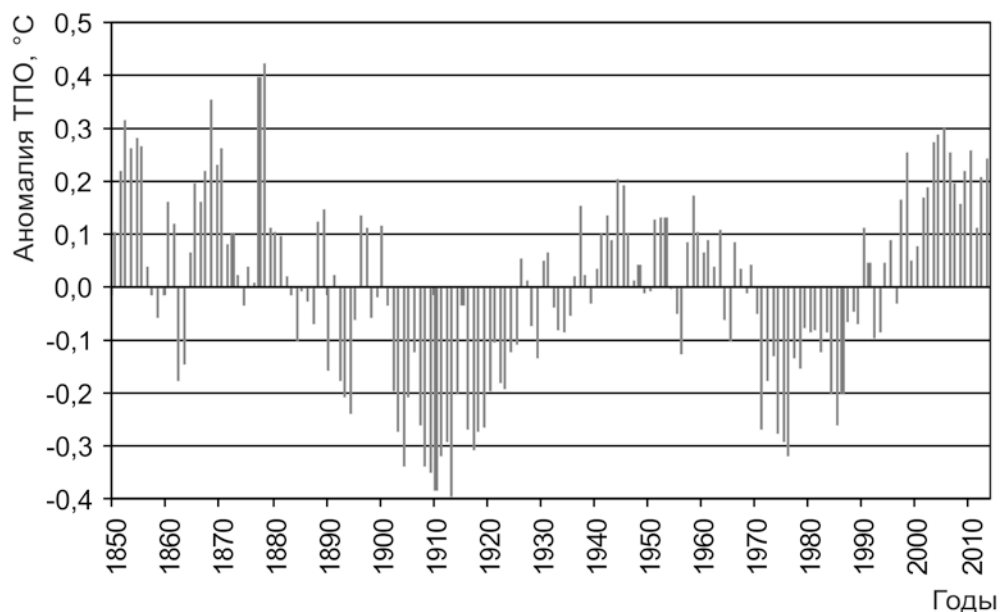


Рис. 2. Распределение расхождения фактических значений аномалии ТПО и рассчитанных по линейному уравнению регрессии (Северное полушарие).

В среднем, в каждой группе 79,9% фактических значений находятся либо выше расчетных значений, либо ниже. В зависимости от этого они условно определяются нами как «теплые» и «холодные» соответственно (табл. 1) Среднее (по модулю) значение расхождения аномалии ТПО составляет по всему массиву $0,140^{\circ}\text{C}$, для «теплых» и «холодных» эпох $0,128^{\circ}\text{C}$ и $0,155^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Табл. 1. Характеристики «теплых» и «холодных» эпох ТПО в диапазоне с 1850 по 2013 гг.

Эпоха	Число лет		
	Всего	«Теплых»	«Холодных»
1850 – 1882 гг. «Теплая»	33	27 (81,8%)	6 (18,2%)
1883 – 1925 гг. «Холодная»	43	6 (13,9)	37 (86,1%)
1926 – 1963 гг. «Теплая»	38	26 (68,4%)	12 (31,6%)
1964 – 1993 гг. «Холодная»	30	5 (16,7%)	25 (83,3%)
1994 – гг. «Теплая»			

Средняя продолжительность выделяемых эпох составляет 36,0 лет. Для завершенных эпох (исключается эпоха 1850 – 1882 гг., которая может продолжаться в прошлом), средняя продолжительность составляет 37 лет. Период колебания расхождения соответствующих фактических и рассчитанных значений аномалии ТПО, таким образом, равен приблизительно 72 – 74 годам. С учетом продолжительности эпох окончание текущей «теплой» эпохи можно ожидать около 2030 года.

Полученное распределение расхождения фактических значений ТПО и рассчитанных сравнивалось с распределением индекса АМО (рис. 3).

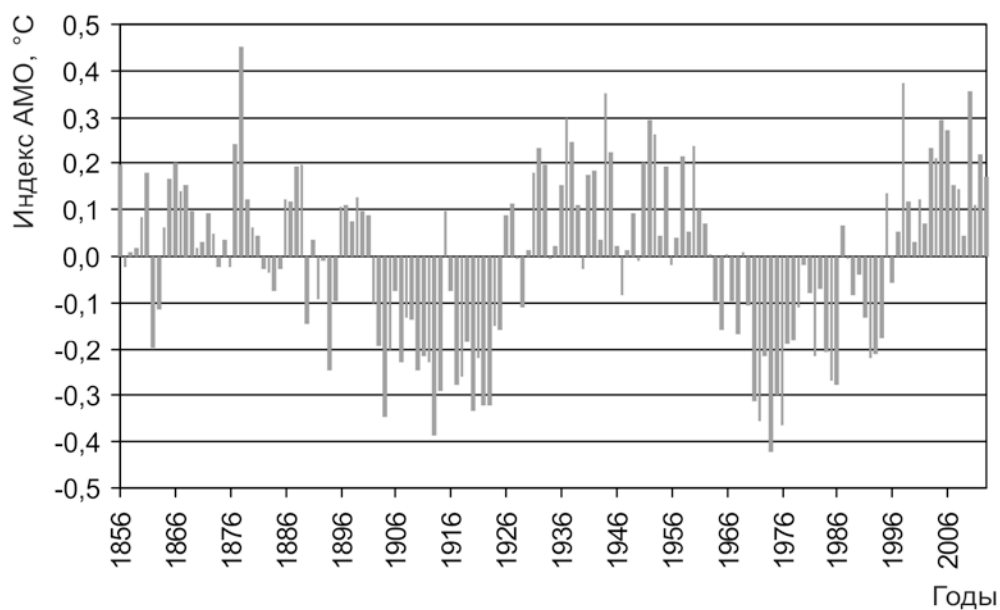


Рис. 3. Распределение индекса АМО

(<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/amon.us.long.data>).

Сравнение полученного характера распределения расхождения фактических и расчетных значений аномалии ТПО с распределением индекса АМО показывает их значительное сходство. Следует отметить, что различия могут быть связаны с тем, что аномалии ТПО рассчитываются относительно периода 1961 – 1990 гг., а индекс АМО относительно периода 1951 – 1980 гг. Кроме того, аномалии ТПО определяются для всего Северного полушария, а индекс АМО для Северной Атлантики.

Коэффициент корреляции расхождения аномалии ТПО и индекса АМО составляет по всему ряду 0,835, с 1900 по 2013 гг. – 0,842, с 1950 (наиболее достоверные метеоданные) – 0,877. Средние модули аномалии ТПО и индекса АМО имеют близкие значения: $0,140^{\circ}\text{C}$ и $0,146^{\circ}\text{C}$ соответственно. Начало и продолжительность «теплых» и «холодных» фаз индекса АМО в точности совпадает или отличается всего на год от соответствующих эпох, выделяемых в распределении расхождения аномалии ТПО. Таким образом, расхождение фактических значений аномалии ТПО с рассчитанными по значениям приходящей солнечной радиации (с учетом ее накопления) на основе линейного уравнения регрессии, в общем, соответствует явлению АМО.

Многолетняя изменчивость аномалии ТПО и индекса АМО сравнивалась с вариациями скорости осевого вращения Земли (Сидоренков, 2002). Значения коэффициента корреляции (R) между аномалией ТПО и отклонением скорости осевого вращения по всему массиву данных (с 1850 г. по 2014 гг.) составляет 0,506, с 1900 – 0,550, с 1950 г. – 0,684. Сходным образом изменяется значение R и между индексом АМО и отклонением скорости осевого вращения Земли. По массиву данных с 1856 г. по 2014 г. он составляет 0,438, с 1900 г. – 0,551, с 1950 г. – 0,763. То есть, по мере увеличения достоверности данных (ближе к современности) связь становится более тесной. Повышение достоверности данных по ТПО определяется увеличением числа станций и точности наблюдений. Повышение достоверности данных по отклонению скорости осевого вращения Земли связано с введением в практику наблюдений атомного времени (с 1955 г.). Вариации угловой скорости вращения Земли могут проявляться в изменениях распределения поверхностных температур океанов вследствие дополнительного

перемешивания слоев водной оболочки как по горизонтали, так и поверхностных и глубинных слоев водной оболочки [1].

Сложение значений индекса АМО с соответствующими, рассчитанными по приходящей солнечной радиации, значениями аномалии ТПО (рис. 4) приводит к существенному увеличению R и сокращению значений расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО.

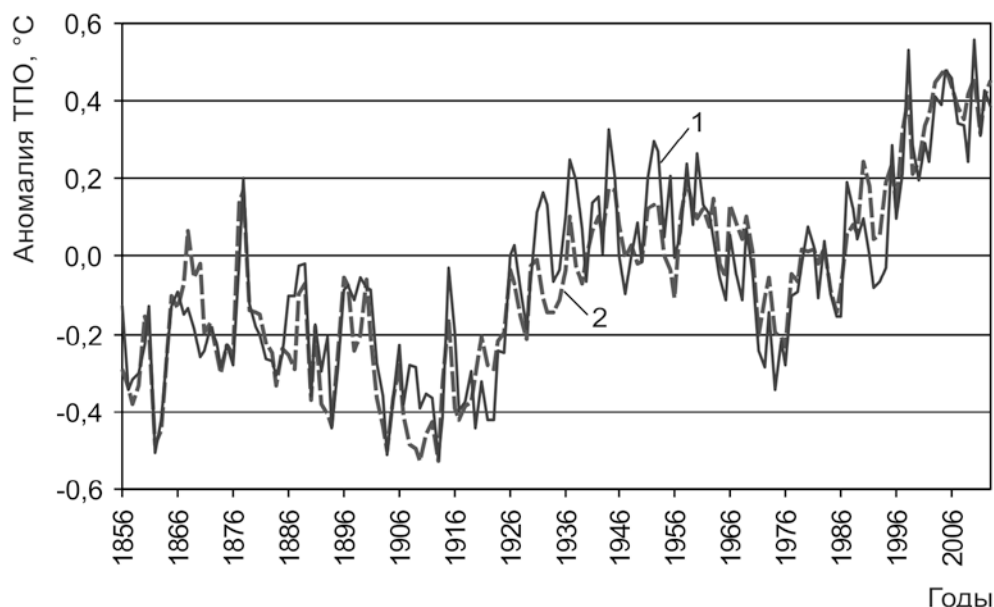


Рис. 4. Суммарные значения рассчитанной аномалии ТПО и соответствующих значений индекса АМО (1), фактические значения аномалии ТПО (2).

Коэффициент корреляции между этими рядами становится равным 0,912. Величина среднего (по модулю) расхождения между фактическими и соответствующими рассчитанными значениями ТПО оказывается равной $0,078^{\circ}\text{C}$, что в 1,74 раза меньше величины среднего (по модулю) расхождения между фактическими и рассчитанными значениями аномалии ТПО за период с 1856 по 2013 гг.

Заключение

Североатлантическая осцилляция, в общем, соответствует расхождению фактических и рассчитанных, по приходящей на верхнюю границу атмосферы солнечной радиации, значений ТПО для Северного полушария. Следовательно, физическая природа АМО не связана с солнечной радиацией приходящей на верхнюю границу атмосферы. Изменчивость индекса АМО тесно связана с вариациями скорости осевого вращения Земли и, следовательно, она определяется этим фактором или факторами, влияющими на изменение скорости вращения Земли. В этом случае, вариации скорости вращения Земли являются индикатором геофизических процессов связанных с перемещением масс как внутри геосфер, так и в недрах Земли (происходящих под действием внутренних и внешних гравитационных факторов) и влияющих на изменение скорости вращения Земли. Таким образом, физическая природа АМО является гравитационной.

Литература

1. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н. Междекадная изменчивость термической структуры вод Северной Атлантики и ее климатическая значимость // Доклады РАН, 2012. , – Т. 443. – № 3. – С. 372 – 376.

2. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. – М.: Физматлит, 2002. – 384 с.
3. Федоров В.М. Широтная изменчивость приходящей солнечной радиации в различных временных циклах // Доклады РАН, 2015. – Т. 460. – № 3. – с. 339 – 342. DOI: 10.7868/S0869565215030196.
4. Chylek P., Lesins. G. Multidecadal variability of Atlanhurricane activity: 1851–2007 // Journal of Geophysical Research, 2008. – V. 113. № D22106. doi:10.1029/2008JD010036
5. Delworth, T. L., Mann, M. E. Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere // Climate Dynamics, 2000. – V. 16. – Pp. – 661 – 676. DOI:10.1007/s003820000075
6. Enfield D. B., Mestas-Nunez A. M., Trimble P. J. The Atlantic Multidecadal Oscillation and its relationship to rainfall and river flows in the continental U.S. // Geophys. Res. Lett., 2001. – V. 28. – Pp. 2077 – 2080. DOI:10.1029/2000GL012745.
7. Goldenberg, S. B., Landsea C.W., Mestas-Nunez A.M., Gray W.M. The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications // Science, 2001. – V. 293. – № 5529. – Pp. – 474 – 479. DOI:10.1126/science.1060040.
8. <http://www.solar-climate.com/sc/mtd.htm> – Электронный ресурс – Федоров В.М. Солнечная радиация и климат Земли. Проверено 17.03.2015.
9. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/amon.us.long.data> - Электронный ресурс Национального управления США по исследованиям океана и атмосферы.
10. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature>. – Электронный ресурс Университета Восточной Англии и центра Хедли (метеобюро Великобритании).
11. Knight J. R., Folland C. K., Scaife A. A. Climate impacts of the Atlantic Multidecadal Oscillation // Geophys. Res. Lett., 2006. – V.33. – № L17706. DOI:10.1029/2006GL026242.
12. Schlesinger M.E, Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65-70 years // Nature, 1994. – V. 367. – № 6465. – Pp. 723 – 726. DOI:10.1038/367723a0.
13. Shanahan T. M., Overpeck J.T., Anchukaitis K.J., Beck J.W., Cole J.E., Dettman D.L., Peck J.A., Scholz C.A., King J.M. Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa // Science, 2009. – V. 324. – № 5925. – Pp. 377–380. DOI:10.1126/science.1166352.
14. Sutton R. T., Hodson L. R. Атлантическое принуждение североамериканского и европейского летнего климата // Science, 2005. – V. 309. – № 5731. – Pp. 115 – 118. DOI:10.1126/science.1109496.
15. Teegavarapu R. S. V., Goly A., Obeysekera J. Influences of Atlantic Multi-Decadal Oscillation on Regional Precipitation Extremes // Journal of Hydrology, 2013. –V. 495. – Pp. 74 – 93.