

## МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АТЛАНТИЧЕСКОЙ ВЕТВИ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ТЕРМОХАЛИННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Д.А. Кузнецова<sup>1</sup>, И.Л. Башмачников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

## INTERANNUAL VARIABILITY OF THE ATLANTIC MERIDIONAL THERMOHALINE CIRCULATION

D.A. Kuznetsova<sup>1</sup>, I.L. Bashmachnikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

*В исследовании произведен анализ меридионального переноса Гольфстрима и субтропического антициклонического круговорота через 26.5 °с.ш. Рассматривается изменчивость, цикличности и связь с индексами атмосферной циркуляции.*

*The Gulfstream and the Atlantic meridional Overturning transports across 26 °N are analyzed. There variability in time, dominating cycles and possible links to climate indices are investigated.*

Меридиональная циркуляция в Северной Атлантике – одно из ключевых звеньев глобальной океанической циркуляции: Атлантический океан уникален наличием областей конвергенции поверхностных вод субполярных районах северного полушария, что, вместе с интенсивным обменом с СЛЮ, приводит к усилению переноса тепла на север в обоих полушариях [1]. Этот поверхностный поток, осредненный зонально по всей ширине океана, а также возвратный глубинный поток, формируют систему Атлантической меридиональной циркуляции – АМЦ (иногда также, не очень обоснованно, называемой Атлантической меридиональной термохалинной циркуляцией). Гольфстрим переносит четверть от глобального (океанического и атмосферного) тепла, переносимого к полярным широтам в северном полушарии [2], часть которого является составной частью приповерхностного потока АМЦ, а часть рециркулирует в субтропическом круговороте.

Наиболее длинный непрерывный ряд данных о переносе в АМЦ предоставляет проект RAPID, в рамках которого проводится наблюдение за циркуляцией в Северной Атлантике на 26.5 °с.ш. с 2004г. Система наблюдений включает в себя измерение расхода Гольфстрима через Флоридский пролив, а так же расчет переноса субтропического антициклонического круговорота Гольфстрима с помощью целого комплекса наблюдений. Широта наблюдений 26.5 °с.ш. была выбрана по нескольким причинам. Среди них: близкое расположение к району максимального северного переноса АТХЦ; более крутые берега Атлантического бассейна по сравнению с другими районами; наличие на этой широте современных гидрографических разрезов. Также на этой широте проводится мониторинг расхода Гольфстрима с помощью телефонного кабеля во Флоридском проливе с 1982г. [3]. В работе используются данные проекта RAPID за 2004-2016гг. а также данные о расходе Гольфстрима за 1982-1998 г.

Анализ наблюдений показал, что с 1982г. расход Гольфстрима не имел существенного тренда и в среднем составил 32,1 Св (1 Св = 10<sup>6</sup> км<sup>3</sup>/с) за 1982-1998 гг. и 31,4 Св за 2004-2016 гг. Расход Гольфстрима через 26.5 °с.ш. за 2004-2016 гг. был в среднем полностью скомпенсирован возвратным потоком на юг через остальную часть Атлантического океана, который рассчитывался как интегральный перенос от поверхности до 5000 м (из них верхние 800-1100 м выделяют как часть потока субтропического круговорота). В изменении расхода Гольфстрима за первый промежуток времени отчетливо выделяется цикличность 2-2,5 года (рис. 1).

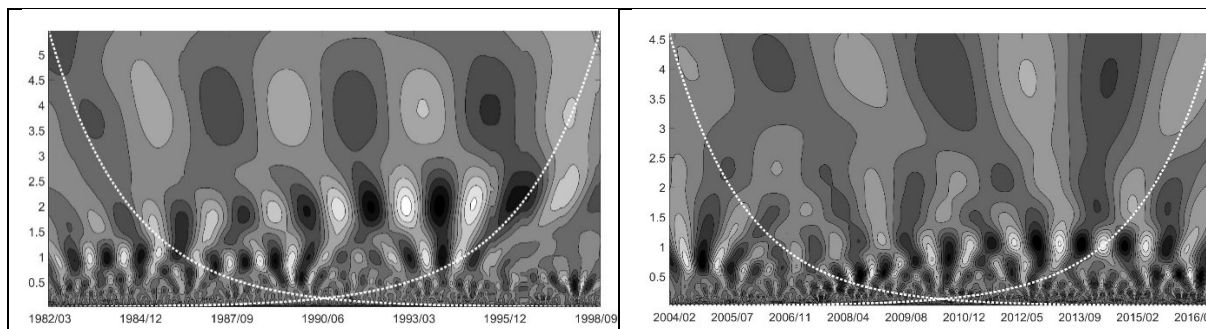


Рис. 1. Вейвлет преобразование расхода Гольфстрима через Флоридский пролив за 1982-1998 гг. (слева) и за 2004-2016 гг. (справа)

На временных промежутках в 10 лет изменчивость АТХЦ связывают с низкочастотными аномалиями температуры поверхности океана (ТПО). Для сравнения и оценки ТПО в работе используются индексы Североатлантического колебания (NAO) и Североатлантической осцилляции (АМО). Модели, основанные на атмосферном реанализе последовательно предполагали, что АТХЦ ослабла, начиная с 90ых годов, что связано со снижением индекса NAO. Анализ численных моделей также показал, что меридиональный перенос тепла на разрезах коррелирует с индексом NAO, который дает сигналы АТХЦ на временных промежутках 4-5 лет [4].

В нашем анализе значения расходов Гольфстрима осреднялись за холодные месяца (январь, февраль, март), так как считается, что в это время система циркуляции дает наибольший отклик [5]. Результаты не показали значимой корреляции с NAO ни с расходом Гольфстрима, ни с расходом возвратного потока АМЦ. Корреляция расходов с индексом АМО так же отсутствовала (рис. 2, 3).

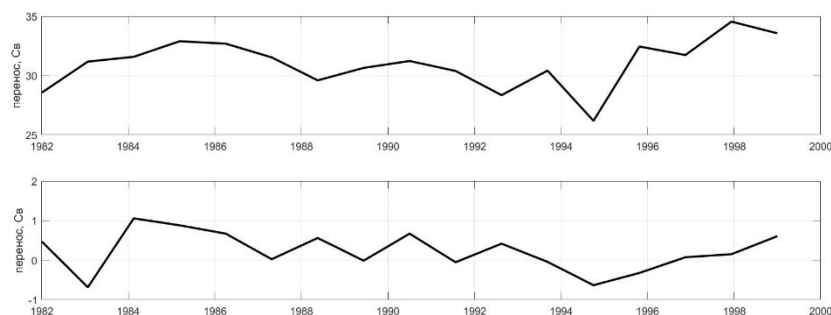


Рис. 2. Изменчивость значений расхода Гольфстрима, осредненных по трем зимним месяцам (сверху), и значений индекса NAO, осредненных по трем зимним месяцам (снизу), за 1982-1998 гг.

Изменчивость АМЦ регулируется рядом механизмов, таких как потеря плавучести в тропиках, апвеллинг в Антарктических широтах, глубокое конвективное перемешивание в энергоактивных зонах, каждый из которых имеет свою собственную динамику, и может оказывать различное влияние на изменчивость меридиональной циркуляции на разных широтах [2]. В других исследованиях выдвигается предположение, что контроль интенсивности АМЦ осуществляется через комплекс условий, который можно описать концепцией доминирования того или иного характерного режима циркуляции атмосферы, которые не исчерпываются изменчивостью режима NAO [5].

### Литература

1. Buckley M. W. Marshall J. Observations, inferences, and mechanisms of the Atlantic Meridional Overturning Circulation: A review //Reviews of Geophysics. 2016. V. 54, N 1. P. 5-63.
2. Srokosz M. et al. Past, present, and future changes in the Atlantic meridional overturning circulation //Bulletin of the American Meteorological Society. 2012. V. 93, N 11. P. 1663-1676.

3. Rayner D. et al. Monitoring the Atlantic meridional overturning circulation //Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2011. V. 58, N 17-18. P 1744-1753.
4. Mercier H. et al. Variability of the meridional overturning circulation at the Greenland–Portugal OVIDE section from 1993 to 2010 //Progress in Oceanography. 2015. V. 132. P. 250-261.
5. Barrier N. et al. Response of North Atlantic Ocean Circulation to Atmospheric Weather Regimes// Journal of physical oceanography. 2014. V. 44. P. 179-201.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-17-01151).*

*This work was supported by the grant from the Russian Science Foundation (project No. 17-17-01151).*