

УДК 551.515.3

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ПРИЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЗОНЕ ЗЕМНОГО ШАРА НА ГЛОБАЛЬНЫЙ РЕЖИМ СРЕДНЕЙ МЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

**Т.Н. Задорожная, В.П. Закусилов**

Реальной зоне южного полушария в теплое полугодие и температурой воздуха, сглаженной по северному полушарию. Обнаружены статистически значимые коэффициенты корреляции в период с января по октябрь следующего года, которые могут быть использованы в прогностических моделях.

**Ключевые слова:** средняя температура воздуха, северное полушарие, приэкваториальная зона

### ВВЕДЕНИЕ

Участившиеся аномальные условия погоды наносят значительный ущерб различным отраслям экономики. Особенно заметно это проявилось летом 2010 года, когда удерживающаяся на Европейской территорией России жара (длительное время температура воздуха, превышала  $+30^{\circ}\text{C}$ ), создала условия близкие к катастрофическим. Наряду с труднопереносимыми для живых организмов высокими температурами, начались лесные пожары. Они охватили огромные территории, в результате чего выгорели большие площади леса, были уничтожены жилые постройки, имелись человеческие жертвы, ухудшилась экологическая обстановка.

В целях выработки возможных рекомендаций по заблаговременному обнаружению признаков возникновения таких явлений и принятию упреждающих мер, требуется мобилизация усилий по всестороннему изучению подобных процессов, и факторов их обуславливающих. Данная проблема неоднократно обсуждалась в печати, на региональных и Международных конференциях. На совместном заседании Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного совета Российской Академии наук «Исследование по теории климата Земли», было принято решение по дальнейшему исследованию подобных ситуаций, выявлению причин их возникновения, более тщательному изучению региональных особенностей физического механизма образования и эволюции подобных явлений.

Проблеме предсказания опасных явлений погоды с большой заблаговременностью посвящено огромное количество исследований, однако, ввиду недостаточной изученности физических процессов, приводящих к их возникновению, проблема остается не решенной. Поэтому дальнейший поиск возможностей разработки новых методик и совершенствование уже имеющихся, является задачей актуальной.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОПИСАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Целью данной работы является оценка влияния общего термического режима приэкваториальной зоны Южного полушария (в теплый период года) на глобальную температуру воздуха северного полушария в последующие месяцы и формирование там аномальных условий погоды, а также возможности его учета при долгосрочном прогнозировании.

Исходными данными служили временные ряды среднемесячной температуры воздуха на северном и южном полушариях, в узлах регулярной сетки шагом  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ , а также значения геопотенциала на поверхности 500 гПа за период с 1979 по 2011 гг. Информационной базой служили данные реанализов NCEP/DOE AMIP II [1,2].

При решении поставленной задачи исходили из того, что атмосфера является саморегулирующей системой, и появление аномального количества тепла в одном районе неизбежно повлечет за собой перераспределение его в другие районы [3]. При этом самым мощным источником тепла на планете является широтная зона вблизи экватора, примерно между  $20^{\circ}$  с.ш. и  $20^{\circ}$  ю.ш. Холодильниками планеты являются полярные области, между которыми происходит постоянное взаимодействие.

Процесс передачи тепла к северу на полушарии происходит с помощью циркуляционных механизмов, получивших название колец циркуляции. Классическая схема циркуляции для северного полушария представлена на рис. 1.



I – ячейка Гадлея; II – ячейка Ферреля; III – полярная ячейка

Рис. 1. Кольца циркуляции в северном полушарии

В результате сходимости ветров северного и южного полушарий в районе экватора происходит мощный подъем влажного теплого воздуха вертикально вверх, примерно до уровня 200-100 гПа, а далее воздух перемещается к северу. На широте примерно 30° с.ш. происходит процесс опускания воздуха. Некоторая часть уже охлажденной у поверхности Земли массы воздуха, возвращается снова к югу. Таким образом, между экватором и 30° с.ш. возникает мощная ячейка циркуляции, получившая название ячейки Гадлея. Именно она генерирует кинетическую энергию и поддерживает существование субтропической зоны и ее термический режим. Сохранение ячейки Гадлея обеспечивается поступлением тепла в восходящей ветви, в зоне сходимости в сочетании с радиационными потерями в нисходящей субтропической ветви. Оставшаяся часть экваториального воздуха у поверхности Земли перемещается дальше к северу, упорядоченно поднимаясь по клину холодного фронта умеренных широт, примерно до широты 70°, откуда в верхних слоях возвращается снова к югу, образуя ячейку Ферреля.

Еще одна часть теплого воздуха по клину арктического воздуха перемещается к полюсу, образуя полярную ячейку. Согласно исследованиям Лоренца [4], суммарный момент количества движения для всей атмосферы должен оставаться неизменным и таким, чтобы восходящий его поток в нижних широтах был равен нисходящему потоку в средних и высоких широтах.

Таким образом, на планете передача количества движения происходит через ячейки циркуляции, а у земли происходит распад циркуляции на антициклонические в субтропиках и циклонические вихри в умеренных широтах, удовлетворяя условиям сохранения энергии и количества движения. Они образуют соответственно пояс восточного переноса в низких широтах и западные переносы в умеренных и высоких широтах. Максимальный поток передачи количества движения из ячейки Гадлея в ячейку Ферреля происходит именно в районах разделения зоны приземного восточного и западного переноса. Это близко к положению субтропических поясов высокого давления и зонального потока в умеренных широтах.

При средних статистических условиях термический экватор, от которого начинается ячейка Гадлея, находится на широте, примерно 5-7,5° с. ш., а оси субтропических антициклонов находятся на широте 15-20° с. ш. Но в отдельные периоды времени ячейка Гадлея, а вместе с ней и субтропическая зона сдвигается далеко к северу. Их перемещение, интенсивность и степень передачи тепла в северные районы, зависит от того количества тепла, которое накоплено в тропической широтной зоне 20° с.ш.-20° ю.ш. и поступающего в восходящую ветвь в зоне сходимости пассатов.

Особую роль в этом процессе может играть южное полушарие, в котором преобладает водная поверхность. А, как известно, Мировой океан является сложной системой, способной накапливать и удерживать в своих недрах огромные запасы тепла, которые при благоприятных условиях могут быть отданы атмосфере. В нем возникают и исчезают циркуляции различного масштаба, происходят апвеллинги и даунвеллинги, формируются мощные течения и противотечения, которые излишки тепла с различной ритмичностью, переносят в другие районы и передают атмосфере.

Океан представляет собой пример нелинейной стохастической саморегулируемой системы, способной генерировать внутри себя существенные изменения. Ярким примером может служить тот факт, что, как правило, западные берега Южно-Американского континента, омываются достаточно холодным течением Гумбольдта [5], которое поднимается вверх от Антарктиды и даже у экватора имеет темпера-

туру 12–15°C, но периодически происходит внезапное повышение температуры воды на огромной акватории, заключенной между экватором и 12° ю. ш., площадью более 25 млн. м<sup>2</sup>. Достаточно теплая вода, находящаяся у берегов Новой Гвинеи, довольно быстро, в течение нескольких недель, заполняет эту гигантскую территорию, значительно повышая ее температуру. А так как южное и северное полушарие не изолированы друг от друга, то избыток тепла, накопленный в южном полушарии за теплый период (январь-май), может быть передан в северное. Многие исследования [6, 7] показали, что такая аномалия оказывает значительное влияние и на Европейский континент. Согласно выводам Таккера [8], перенос количества движения через экватор в северное полушарие в отдельные годы может обеспечить около 10% притока дополнительного тепла.

Таким образом, одной из причин аномального избытка тепла могут быть периодические колебания в океане, создаваемые «глобальным конвейером» океанических течений. Это дает основание сделать предположение, что возникающие в южном полушарии избытки тепла, усиливают интенсивность циркуляции в ячейке Гадлея и соответственно способствуют перемещению термического экватора, а также субтропической зоны в высокие широты. В частности в 2010 году термический экватор в январе находился на широте 20-22,5° с.ш. Это в свою очередь сместило к северу широту передачи количества движения из субтропической зоны восточных ветров в западные. В данном году северная периферия ячейки Гадлея достигала 37-40° с.ш., что вызвало в этих районах дополнительный приток тепла за счет нисходящих движений.

В настоящее время нет возможности проследить за всеми движениями, происходящими внутри океана, но можно учесть их косвенно, если использовать приземную температуру южного полушария, как комплексную характеристику процессов, происходящих в Мировом океане.

В первом приближении, для проверки гипотезы о том, что термический режим южного полушария, накопленный за летний период, может быть индикатором температуры воздуха северного полушария, были рассчитаны накопленные суммы температур за теплый период южного полушария (январь-март), которые сравнивались с суммарными за месяц температурами воздуха в последующие месяцы года в северном полушарии.

Связь между данными рядами оценивалась с помощью парного коэффициента корреляции  $R [\bar{T}_{ю}(t), T_{с}(t + \tau)]$ . Здесь  $\tau$  – сдвиг по времени, равный одному месяцу. Результаты представлены на рис. 2.

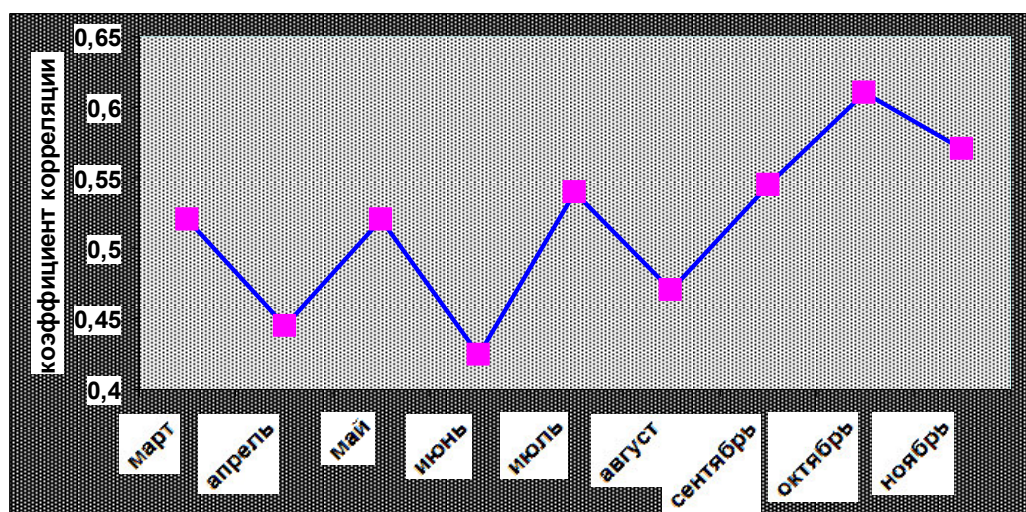


Рис. 2. Временной ход коэффициентов корреляции  $R [\bar{T}_{ю}(t), T_{с}(t + \tau)]$

Анализ рисунка указывает на то, что тепло, полученное океаном в теплый период года в южном полушарии, влияет на формирование температурного режима северного полушария на протяжении нескольких последующих календарных месяцев. Причем, величина этого влияния носит волновой характер, периодически усиливая свою интенсивность. Величина корреляционной связи на протяжении всего периода превышала 0,4, что при данной длине используемой выборки и 95% доверительном интервале значительно выше случайного нуля. Это позволяет считать, что полученные результаты являются не случайными. Наиболее высокой оказалась связь с октябрем, где  $R$

$[\bar{T}_{10}(t), T_c(t + \tau)]$  составляет 0,59. На рис. 3 представлены совмещенные кривые хода температуры северного и южного полушария.

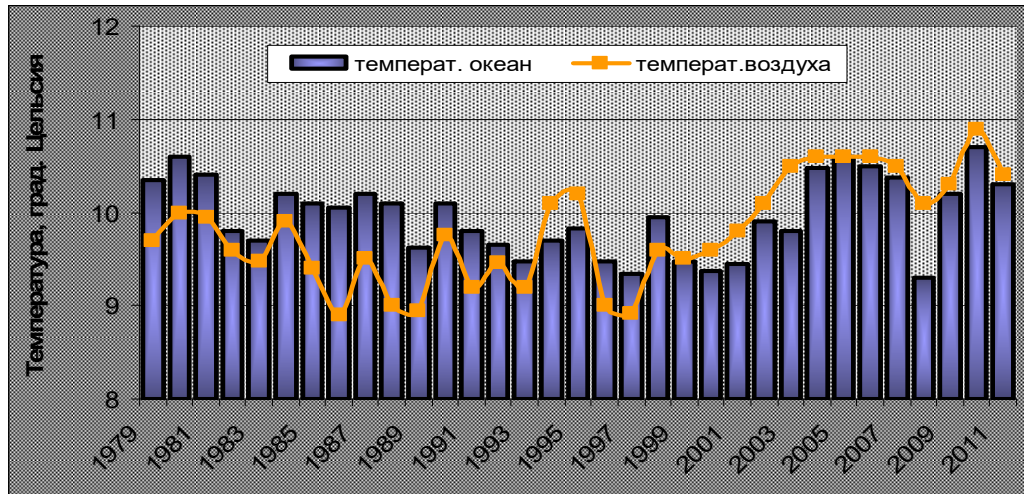


Рис. 3. Временные ряды средней месячной температуры северного полушария летнего периода (на уровне 1000 гПа) и накопленной средней температуры южного полушария

Анализ рисунка позволяет отметить синхронность в ходе исследуемых рядов. Всплески относительного повышения или понижения температуры в южном полушарии отражаются в поведении хода температуры северного полушария. Таким образом, можно констатировать, что запас тепла, который был накоплен в южном полушарии с января по май, т. е. в месяцы весенне-летнего периода южного полушария, отразился во всех последующих месяцах в северном полушарии.

Особенно отчетливо это просматривается в тенденции относительного повышения и понижения температуры. Так, относительно повышенный фон температуры южного полушария в период 1994-1995 годов в значительной степени отразился на летних температурах северного полушария. Понижение температуры в южном полушарии 1996-1997 годов, четко повторяет конфигурацию кривых температуры в летних месяцах северном полушарии. Если обратить внимание на накопленные суммы температуры в 2010 году, то они также превышают уровень предыдущих лет, что отразилось на более высоких среднемесячных значениях температур летних месяцев.

Безусловно, линейной зависимости не прослеживается, так как рассматриваются значительные масштабы осреднения. Коэффициент корреляции между рассматриваемыми массивами температур составляют от 0,45 до 0,60. Это тот дополнительный вклад, который вносит южное полушарие в термический режим северного полушария. Безусловно, этот фактор не является единственным, но в некоторых случаях может быть решающим, той каплей, которая способна вызвать чрезвычайную ситуацию. Таким образом, используя информацию южного полушария, можно в первом приближении составить представление об ожидаемом режиме температуры воздуха северного полушария в последующие месяцы в зависимости от предшествующего прогрева воздуха в южном полушарии, во всяком случае, почти однозначно улавливается тенденция температуры.

Как было показано выше, передача тепла в северное полушарие происходит не непосредственно, а через циркуляционные механизмы. Показателем мощности передачи тепла из ячейки Гадлея в ячейку Ферреля в умеренных широтах является циркумполярный вихрь и его интенсивность, которая отражает энергетические характеристики воздушной массы [9].

Расчет интенсивности циркумполярного вихря производился по формуле:

$$\Omega_{j\varphi} = \frac{1}{n} \sum_{\lambda=1}^n (H_{\lambda\varphi j} - H_0), \quad (1)$$

где  $\lambda$  – порядковый номер долготы,  $n$  – общее количество долгот,  $H_0$  – среднемесячное значение геопотенциала на полюсе,  $j$  – порядковый номер года в выборке,  $H_{\lambda\varphi j}$  – среднемесячное значение геопотенциала на долготе  $\lambda$  и фиксированной широте  $\varphi$ .

На рис. 4 представлен совмещенный график аномалии температуры  $\Delta T$ , осредненной по полушарию и интенсивности циркумполярного вихря  $\Delta H$ .

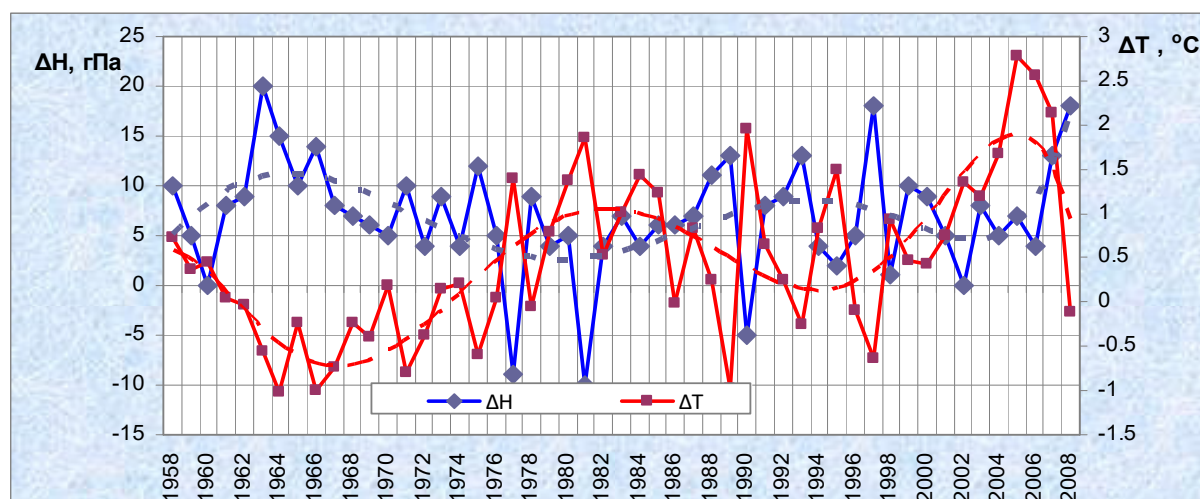


Рис.4. Совмещенный график аномалии температуры воздуха  $\Delta T$  и интенсивности циркумполярного вихря  $\Delta H$

Исходя из вида рисунка, можно сделать вывод, что между рассматриваемыми объектами обнаруживается явная связь. Знак этой связи отрицательный. Важным является то, что фазы колебаний в рядах интенсивности циркумполярного вихря несколько опережают колебания в рядах температуры. Это свидетельствует о его причинной обусловленности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что температура воздуха южного полушария является важной информацией, которая может быть использована при решении проблем долгосрочного прогнозирования, а также прогноза климата. Данная работа является поисковой и поэтому требует дальнейшего более глубокого исследования, с привлечением более детальной информации о состоянии термического режима и положении внутритропической зоны конвергенции.

## INFLUENCE OF THERMAL REGIME IN THE EQUATORIAL ZONE OF THE GLOBE TO THE GLOBAL MODE AVERAGE MONTHLY AIR TEMPERATURE OF THE NORTHERN HEMISPHERE

T. N. Zadorozhnaya, V. P. Zakusilov

We have investigated the asynchronous communication between the temperature of the surface layer in the Equatorial zone of the southern hemisphere to warm the half and temperature, smoothed on the Northern hemisphere. Identification of statistically significant correlation coefficients in the period from January to October of next year, which can be used in predictive models.

**Keywords:** average air temperature, the northern hemisphere, near-equatorial zone

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project // Bull. American Meteor. Soc. 1996. V. 77. P. 437–471.
2. Kanamitsu M. et al. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. American Meteor. Soc. 2002. v. 83. P. 1631–1643.
3. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Перевод с англ. Л.: Гидрометеоздат, 1973. С. 3–38.
4. Лоренц Э. Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеоздат. 1970. 246 с.

5. Бардин М.Ю. Изменчивость характеристик циклонической активности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. № 11. С. 24–37.
6. Воскресенская Е.Н., Михайлов Н.В., Маслова В.Н. Особенности гидрометеорологических полей тихоокеанского региона в связи с событиями Эль-Ниньо // Украинский гидрометеорологический журнал. 2010, № 6. С. 12–19.
7. Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В. Взаимосвязь процессов циркуляции в тропосфере и стратосфере при кратковременных и длительных потеплениях и похолоданиях в Украине. // Научные труды УКРНДГМИ. 2004, вып. 253. С.27–36.
8. Tucker G.V. Mean meridional circulation in the atmosphere. Quart. J. Roy. Meteorol. 1965. Soc. 91, p. 140-150.
9. Шипко Ю.В., Шувакин Е.В. Моделирование циркумполярного вихря Северного полушария для анализа крупномасштабных атмосферных процессов // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2014. - № 4. – С. 59-65.