

МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.515.3

Д.В. Гедзенко, Т.Н. Задорожная, В.П. Закусилов
ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ТЕРМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ
ПРИЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЗЕМНОГО ШАРА И СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж

Исследованы асинхронные связи между температурой приповерхностного слоя воздуха приэкваториальной зоны Земного шара и температурой воздуха, сглаженной по Северному полушарию. Обнаружены статистически значимые коэффициенты корреляции со сдвигом до восьми месяцев, которые могут быть использованы в прогностических моделях. Полученная информация о предшествующем прогреве воздуха в приэкваториальной зоне позволит в первом приближении составить представление об ожидаемом режиме температуры воздуха Северного полушария в последующие месяцы или, во всяком случае, почти однозначно уловить тенденцию изменения температуры. Результаты данных исследований помогут решить проблему понимания физического механизма образования и эволюции, а также прогноза опасных явлений с большой заблаговременностью. Появится возможность разработать необходимые рекомендации по принятию комплексов мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья человека, живых организмов и минимизации ущерба отраслям экономики.

Ключевые слова: приповерхностная температура воздуха, Северное полушарие, приэкваториальная зона, асинхронные связи, корреляционный анализ.

D.V. Gedzenko, T.N. Zadorozhnaya, V.P. Zakusilov
INVESTIGATION OF ASYNCHRONOUS RELATIONS BETWEEN THE THERMAL
REGIME OF THE NEAR-EQUATORIAL ZONE OF THE EARTH AND THE NORTHERN
HEMISPHERE

Russian Air Force Military Educational and Scientific Centre «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh

The paper studies asynchronous relations between the temperature of the near-surface air layer near the equatorial zone of the Earth and the air temperature smoothed over the Northern Hemisphere. Statistically significant correlation coefficients with a shift of up to eight months have been found, which could be used in prognostic models. The received information on the previous air warming in the near-equatorial zone will help, in the first approximation, to get an idea of the expected regime of air temperature in the Northern Hemisphere in the following months or, at least, to almost definitely catch the trend of the temperature change. The results of these studies will help solve the problem of understanding the physical mechanism of dangerous phenomena formation and evolution, as well as their forecasting with a long lead time. It will be possible to develop the necessary recommendations for the adoption of sets of measures aimed at preserving human life and health, living organisms, and minimizing damage to the economic sectors.

Key words: near-surface air temperature, Northern Hemisphere, near-equatorial zone, asynchronous relations, correlation analysis.

doi 10.17072/2079-7877-2018-1-90-95

Введение

Участившиеся аномальные условия погоды наносят значительный ущерб различным отраслям экономики. Особенно заметно это проявилось летом 2010 г., когда удерживающаяся на Европейской территории России жара (в течение внушительного периода времени температура воздуха

превышала +30 °С) создала труднопереносимые, почти катастрофические условия для существования живых организмов. Начались лесные пожары, в результате которых выгорели огромные площади леса, разрушены огнём жилые коммуникации и постройки, нарушены связь и средства жизнеобеспечения, были человеческие жертвы.

Для разработки рекомендаций по заблаговременному обнаружению признаков возникновения таких явлений и принятию заранее спланированных мероприятий требуется концентрация мер 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 углубленному анализу региональных особенностей физического механизма образования и эволюции таких явлений.

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

Материалы и методы исследования

Целью данной работы является оценка влияния общего термического режима приэкваториальной зоны Земли на глобальную температуру воздуха Северного полушария в последующие месяцы, а также возможности учета такого влияния при долгосрочном прогнозировании.

Исходными данными служили временные ряды среднемесячной температуры воздуха в Северном и Южном полушариях, в узлах регулярной сетки шагом $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, а также величины геопотенциала на уровне 500 гПа за период с 1979 по 2011 г. Информационную базу составили данные реанализов NCEP/DOE AMIP II [6; 7].

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 [5]. При этом самым мощным источником тепла на планете считается широтная зона вблизи экватора, примерно между 20° с.ш. и 20° 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.

В результате сходимости ветров Северного и Южного полушарий в районе экватора происходит мощный подъем влажного теплого воздуха вертикально вверх, приме I до уровня 200–100 гПа, а далее воздух перемещается к северу. На широте примерно 30° с.ш. p_1 - сходит 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 [5], 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, передача количества движения на планете происходит через ячейки циркуляции, а у земли осуществляется 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 $5-7,5^\circ$ с.ш., а оси субтропических антициклонов – на широте $15-20^\circ$ с.ш. Но в отдельные периоды времени ячейка Гадлея, а вместе с ней и субтропическая зона сдвигаются далеко к северу. Их перемещение, интенсивность и степень передачи тепла в северные районы зависят от того количества тепла, которое накоплено в приэкваториальной 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. 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 [6], которое поднимается вверх от Антарктиды и даже у экватора имеет температуру $12-15^\circ\text{C}$, но периодически происходит внезапное повышение температуры воды на большой акватории, расположенной между экватором и 12° ю.ш. площадью более 25 млн м^2 . Достаточно теплая вода, находящаяся у берегов Новой Гвинеи, скоротечно, за несколько недель, заполняет эту огромную территорию, значительно повышая ее температуру. А так как Южное и Северное полушария не изолированы друг от друга, то избыток тепла, накопленный в Южном полушарии за теплый период (январь–май) может быть передан в Северное. Исследования [4; 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 г. термический экватор в январе находился на широте $20-22,5^\circ$ 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 $37-40^\circ$ 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 приэкваториальной зоны как комплексную характеристику процессов, происходящих в Мировом океане.

Результаты и их обсуждение

В первом приближении для проверки гипотезы о том, что термический режим приэкваториальной зоны обоих полушарий, накопленный за определенный период, может быть индикатором температуры воздуха Северного полушария, были рассчитаны средние значения среднемесячных температур приэкваториальной зоны за период с января по март, которые сравнивались со средними температурами воздуха за месяц в последующие месяцы года в Северном полушарии.

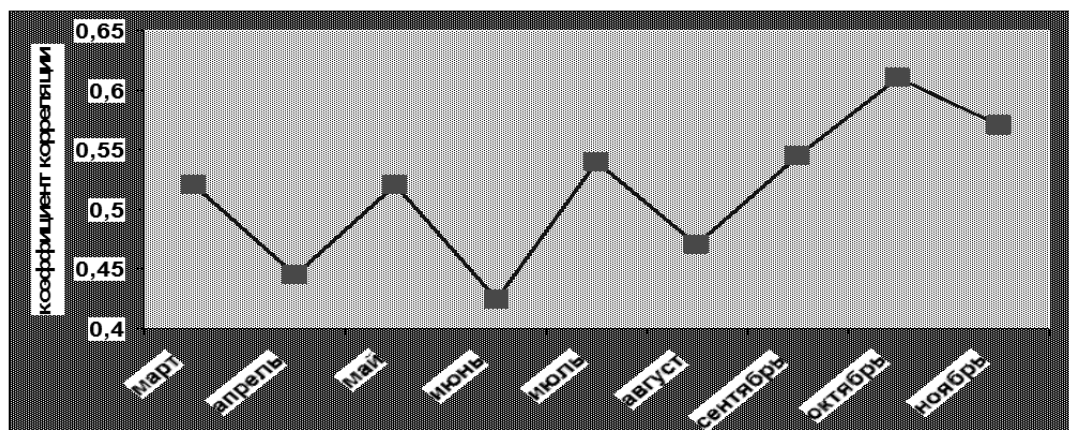


Рис. 2. Временной ход коэффициентов корреляции $R [\bar{T}_{ю}(t), T_{с}(t + \tau)]$

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

Анализ рисунка указывает на то, что тепло, накопленное океаном за исследуемый период года в приэкваториальной зоне, 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 величине рассматриваемой выборки и 95%-ном доверительном интервале преимущественно выше случайного нуля. Это позволяет считать, что полученные результаты являются не случайными. Наиболее высокой оказалась связь с октябрём, где R [$\bar{T}_{ю}(t), T_c(t + \tau)$] составляет 0,59.

На рис. 3 представлен совмещенный ход значений средних за сезон температур на уровне 1000 гПа приэкваториальной зоны (за период с января по март) и средних за месяц температур воздуха Северного полушария в июле.

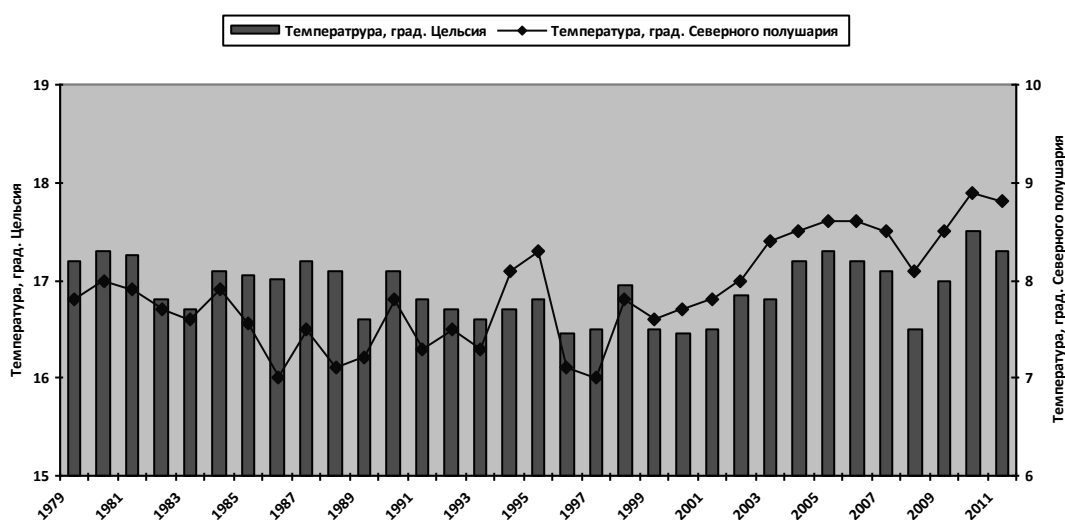


Рис. 3. Временной ход средней месячной температуры Северного полушария в июле (на уровне 1000 гПа) и средней за период (январь–март) температуры приэкваториальной зоны

Анализ рисунка позволяет отметить синхронность в ходе исследуемых рядов. Всплески относительного повышения или понижения температуры в приэкваториальной зоне отражаются в поведении хода температуры Северного полушария. Таким образом, можно констатировать, что запас тепла, который был накоплен океаном с января по март, отразился через четыре месяца в Северном полушарии.

Особенно отчетливо это просматривается в тенденции относительного повышения и понижения температуры. Так, относительно повышенный фон температуры приэкваториальной зоны в период 1994–1995 гг. в значительной степени отразился на летних температурах Северного полушария. Понижение температуры в приэкваториальной зоне 1996–1997 гг. четко повторяет конфигурацию кривой средней температуры Северного полушария в июле. Если обратить внимание на накопленные температуры приэкваториальной зоны в 2010 г., 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 составляет от 0,45 до 0,60. Это тот дополнительный вклад, который вносит приэкваториальная зона в термический режим Северного полушария. Безусловно, этот фактор не является единственным, но в некоторых случаях может быть решающим, т.е. вызвать чрезвычайную ситуацию. Таким образом, используя информацию о предшествующем прогреве воздуха в приэкваториальной зоне, можно в первом приближении составить представление об ожидаемом режиме температуры воздуха Северного полушария в последующие месяцы или, во всяком случае, почти однозначно уловить тенденцию изменения температуры.

Результаты исследования показали, что температура воздуха приэкваториальной зоны 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.

Библиографический список

1. Бардин М.Ю. Изменчивость характеристик циклонической активности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. №11. С. 24–37.
2. 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.
3. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 246 с.
4. 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.
5. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 3–38.
6. Kanamitsu M. et al. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. American Meteor. Soc. 2002. v. 83. P. 1631–1643.
7. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html> (дата обращения: 01.07.2017).
8. Tucker G.B. Mean meridional circulation in the atmosphere. Quart. J. Roy. Meteorol. 1965. Soc. 91. P. 140–150.

References

1. Bardin M.Ju. Izmenchivost' harakteristik ciklonicheskoy aktivnosti v srednej troposfere umerennyh shirot Severnogo polushariya // Meteorologija i gidrologija. 1995. № 11. pp. 24–37.
2. Voskresenskaja E.N., Mihajlov N.V., Maslova V.N. Osobennosti gidrometeorologicheskikh polej tihookeanskogo regiona v svjazi s sobytijami Jel'-Nin'o // Ukrainskij gidrometeorologicheskij zhurnal. 2010, № 6. pp. 12–19.
3. Lorenc Je. N. Priroda i teorija obshhej cirkuljicii atmosfery. L.: Gidrometeoizdat. 1970. 246 p.
4. Martazinova V.F., Ostapchuk V.V. Vzaimosvjaz' processov cirkuljicii v troposfere i stratosfere pri kratkovremennyh i dlitel'nyh potepljenijah i poholodanijah v Ukraine. //Nauchnye trudy UKRNDGMI. 2004. pp.27–36.
5. Pal'men Je., N'juton Ch. Cirkuljacionnye sistemy atmosfery. Perevod s angl. L.: Gidrometeoizdat, 1973. pp. 3–38.
6. Kanamitsu M. et al. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. American Meteor. Soc. 2002. v. 83. pp. 1631–1643.
7. NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html>.
8. Tucker G.B. Mean meridional circulation in the atmosphere. Quart. J. Roy. Meteorol. 1965. Soc. 91, pp. 140–150.

Поступила в редакцию: 22.07.2017

Сведения об авторах

Гедзенко Денис Викторович

кандидат технических наук
доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»;
Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А

About the authors

Denis V. Gedzenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, the Department of Hydrometeorological Support, Russian Air Force Military Educational and Scientific Centre «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»;
54A, Starykh Bolshevikov st., Voronezh, 394064, Russia

Задорожная Тамара Николаевна

кандидат географических наук доцент, старший научный сотрудник, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»; Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А

Tamara N. Zadorozhnaya

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Russian Air Force Military Educational and Scientific Centre «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»; 54A, Starih Bolshevikov st., Voronezh, 394064, Russia

Закусиллов Вадим Павлович

кандидат географических наук, доцент доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»; Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А

Vadim P. Zakusilov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Hydrometeorological Support, Russian Air Force Military Educational and Scientific Centre «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»; 54A, Starih Bolshevikov st., Voronezh, 394064, Russia

e-mail: zakusilov04@yandex.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Гедзенко Д.В., Задорожная Т.Н., Закусиллов В.П. Исследование асинхронных связей между термическим режимом приэкваториальной зоны Земного шара и Северного полушария // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №1(44). С.90–95. doi 10.17072/2079-7877-2018-1-90-95

Please cite this article in English as:

Gedzenko D.V., Zadorozhnaya T.N., Zakusilov V.P. Investigation of asynchronous relations between the thermal regime of the near-equatorial zone of the Earth and the Northern Hemisphere // Geographical bulletin. 2018. №1(44). P. 90–95. doi 10.17072/2079-7877-2018-1-90-95

УДК 551.506.9: 550.424.6

О.Э. Суховеева¹, М.Г. Насыров²
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА БАЛАНС
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПОЛУПУСТЫНЯХ УЗБЕКИСТАНА*

¹*Институт географии РАН, Москва, Россия*

²*Самаркандский государственный университет, Самарканд,
Республика Узбекистан*

Обработаны данные микрометеорологических наблюдений, основанных на отношении Боуэна, и выявлены статистические закономерности изменения баланса углекислого газа в зависимости от условий окружающей среды. Использовались корреляционный, регрессионный, кластерный и факторный методы анализа. Определено, что полупустыни Узбекистана являются источником углекислого газа для атмосферы со средней интенсивностью его поступления $3,06 \pm 1,12 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$. Доказано, что интенсивность эмиссии углекислого газа прямо пропорциональна температурно-радиационным условиям, но обратно пропорциональна влажностному фактору, в частности, осадкам, которые меняют направление потока диоксида углерода с эмиссии на кратковременное поглощение. Рассчитано, что от погодно-климатических условий в полупустынях зависит не более 16% дисперсии

© Суховеева О.Э., Насыров М.Г., 2018

*Работа выполнена в рамках темы фундаментальных научных исследований «Решение фундаментальных проблем анализа и прогноза состояния климатической системы Земли» № 01201352499 (0148-2014-0005)