

- сник Харківського університету. – 1999. – № 455. – Геологія, Географія, Екологія. – С. 109-113.
6. Костріков С. В. Фрактальні дослідження флювіального рельєфу для морфоструктурного аналізу / С. В. Костріков // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. Збірник наукових праць. – К.: Всеукраїнська асоціація геоінформатики, 2010. – С. 205-215.
7. Turcotte D. L. Self-organized complexity in geomorphology: Observations and models // *Geomorphology*. – 2007. – Vol. 91. – P. 302-310.
8. Костріков С. В. До питання порогових (граничних) ситуацій в гідролого-геоморфологічній системі водозбору / С. В. Костріков, В. А. Бережний // Вісник. Харк. ун-ту. – № 944 (Вип. 6) – Екологія. – Х.: Видавництво ХНУ, 2011. – С. 38-48.
9. Masek J., Turcotte D. Diffusion-limited aggregation (DLA) models in fractal research // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 1993. – Vol. 119. – P. 321-326.
10. Blöschl G., Sivapalan, M. Scale issues in hydrological modelling: a review // *Scale Issues in Hydrological Modelling*. - Kalma J. D., Sivapalan M. (eds.). – Vol. 2, John Wiley & Sons Inc., Chichester, 1995. – P. 9-48.
11. Turcotte D. L., Green L. Fractal statistics in floods // *Stochastic hydrological hydraulics* – 1993. – Vol. 7. – P. – 33-42.
12. Kostrikov S. GIS-Module Ukrainian – Watershed Modeling Software for Environmental Research Purposes / С. В. Костріков // Часопис соціально-економічної географії. – Вип. 10 (1) – Х.: Видавництво ХНУ, 2011. – С. 58-64.

Надійшла до редколегії 17.10.2011

УДК 911

А. В. ХОЛОПЦЕВ, д-р геогр. наук

Севастопольский национальный технический университет

НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ОСЕВОГО ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ, КАК ФАКТОР ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЕЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Межгодовые изменения среднемесячных температур вод, приносимых в Северное полушарие Земли Южно-Пассатными течениями Атлантического и Тихого океанов, характеризуются возрастающими трендами, при этом в декабре-марте, в отличие от прочих месяцев, они значимо коррелированы между собой, а также с изменениями угловой скорости осевого вращения нашей планеты. Это позволяет предполагать, что неравномерность вращения Земли может являться одним из факторов современной изменчивости температурного режима ее Северного полушария.

Ключевые слова: термический режим, северные струи Северо-Пассатных течений, Атлантический океан, Тихий океан, изменчивость, угловой момент вращения Земли, корреляция

Холопцев О. В. НЕРІВНОМІРНІСТЬ ДОБОВОГО ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ, ЯК ЧИННИК МІНЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ЇЇ ПІВНІЧНОЇ ПІВКУЛІ

Міжрічним змінам середньомісячних температур вод, що принесені до Північної півкулі Землі Південно-Пассатними течіями Атлантичного та Тихого океанів у період з 1958 по 2010 рік відповідали зростаючі тренди, а у грудні-березні, на відміну від інших місяців, ці процеси потепління були суттєво статистично зв'язані між собою, а також зі змінами кутової швидкості добового обертання нашої планети. Це дозволяє припускати, що нерівномірність обертання Землі може бути одним з чинників сучасної мінливості температурного режиму її Північної півкулі.

Ключові слова: термічний режим, Північна півкуля Землі, північні струмені Південно-Пассатних течій, Атлантичний океан, Тихий океан, мінливість, кутовий момент обертання, кореляція

Kholoptcev A. THE IRREGULARITY OF THE DAILY ROTATION OF THE EARTH, AS A FACTOR OF VARIABILITY OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE NORTHERN HEMISPHERE

Interannual changes of mean monthly temperature of water, brought to the Northern hemisphere Lands of South-Passatian currents of the Atlantic and Pacific oceans, are characterized by the increasing trends, while in december-march, in contrast to the other months, are significantly correlated between themselves, as well as with changes in the angular velocity of the daily rotation of our planet. It allows to assume, that the irregularity of the Earth's rotation can be one of the factors of modern variability of the temperature regime of the Northern hemisphere.

Keywords: the thermal regime, Northern Hemisphere, the northern jet of the South the trade flows, Atlantic ocean, Pacific ocean, variability, angular momentum of the Earth's rotation, the correlation

Температурный режим регионов нашей планеты является одним из важнейших факторов формирования ее ландшафтной оболочки, а также биосферы. Поэтому выявление факторов, обуславливающих особенности его изменений, происходящих в современный период, является актуальной проблемой физической географии и экологии.

Наибольший интерес решение данной проблемы представляет для Северного полушария Земли, в котором проживает большинство ее населения и сосредоточены практически все важнейшие объекты Мировой экономики. Одной из наиболее информативных характеристик температурного режима полушарий Земли является аномалия его глобальной температуры [1-7].

Несмотря на то, что особенности температурного режима многих регионов нашей планеты изучаются уже более столетия, интерес к проблеме выявления факторов его изменчивости существенно возрос после того, как в 1986 г. Ф. Д. Джоунс и Т. М. Уигли [1] установили, что средние температуры ее Северного и Южного полушарий повышаются. Анализ изменений средних температур Северного и Южного полушарий планеты в последующий период показал, что выявленное потепление продолжается и ныне. В частности, с середины 60-х годов до 1998 г. среднегодовые значения их средних температур возросли на 0.66 и 0.54 °C [2], что уже оказало ощутимое влияние на живую природу нашей планеты и условия жизни многих людей.

По мнению Международной группы экспертов по проблемам изменений климата (IPCC), главной причиной повышения глобальных температур на нашей планете является усиление парникового эффекта, в основном обусловленное увеличением содержания в земной атмосфере диоксида углерода и метана [3]. Полагая, что влияние прочих факторов этого процесса является менее существенным, А. Карнаухов показал [4], что дальнейшее накопление в атмосфере указанных веществ может дестабилизировать ее температурный режим и привести к парниковой катастрофе, при которой для развития современных форм жизни она станет не пригодной.

В [5-7] установлено, что температурный

режим на поверхности нашей планеты обусловлен не только парниковым эффектом, но и совместным действием множества других факторов, в том числе и тех, роли которых в его изменениях ныне изучены недостаточно. К их числу относится и такой фактор, как теплообмен между Северным и Южным полушариями планеты, который во многом обусловлен пересекающими экватор океаническими течениями. Воды этих течений способны приносить в то или иное полушарие дополнительное тепло, лишь в те месяцы, когда температура их вод является достаточно высокой. Поэтому из Южного полушария в Северное тепло, таким образом, поступает в основном в декабре – марте, а в обратном направлении – в июне – августе.

Из Южного полушария в Северное, тепло доставляют в основном северные ветви Южно-Пассатных течений Атлантического и Тихого океанов. Из Северного полушария в Южное его доставляют течения, проникающие в Индийский океан из морей Тихого океана через проливы между островами Большого Зондского архипелага. Так как Южное полушарие за год получает на 7% больше солнечной радиации, поток тепла, поступающий из него в Северное полушарие преобладает [8]. Это ощутимо влияет на температурный режим Северного полушария, смягчая в нем зимы и весны.

Наибольшие количества тепла поступают из Южной части Тихого океана в его Северную часть в годы, на которые приходится теплые фазы процесса Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК) [9]. Существенной является также межгодовая изменчивость потоков тепла, доставляемого в Северную часть Атлантического океана северной ветвью его Южно Пассатного течения [10]. Это позволяет рассматривать процессы, обуславливающие изменчивость температур и расходов упомянутых течений, как факторы температурного режима Северного полушария.

Одним из процессов, статистически связанных с ЭНЮК, является неравномерность осевого вращения Земли [11], порождающая во всех оболочках планеты, в том числе и в ее океанах, соответствующие силы инерции, способные влиять на пространственно-

временную изменчивость поля существующих в них волн Россби.

Наличие неравномерности вращения Земли впервые предположил Гиппарх (123 г. до н.э.), а экспериментально зафиксировали Галлей, Брэдли, Ньютон, а также Де Ситер и Джонс. С 1958 года, как характеристика этого процесса, рассматривается изменчивость среднемесячных значений углового момента вращения Земли, отображаемых глобальным климатическим индексом (ГКИ) GLAAM [12].

Мониторинг неравномерности вращения Земли уже более столетия осуществляется на многих ее геофизических обсерваториях, тем не менее, вопрос о причинах указанного явления до сих пор остается дискуссионным.

В [13, 14] выдвинута гипотеза о том, что причиной данного явления может быть взаимодействие геомагнитного поля с межпланетной средой, в частности с солнечным ветром. В [15] показано, что в периоды солнечных бурь, в околоземном пространстве действительно появляются плазменные образования, способные изменять угловой момент ее вращения. Альтернативная концепция выдвинута в [16], где утверждается, что причиной неравномерности вращения Земли являются происходящие в ее недрах глобальные деформационные процессы, приводящие к сложному изменению ее формы.

Несмотря на то, что вопрос о причинах неравномерности вращения Земли ныне по-прежнему относится к числу дискуссионных, способность порожденных ею сил инерции вызывать синхронные деформации всех оболочек нашей планеты, очевидна. Вместе с тем значимость влияния указанного фактора на изменения поверхностных температур северных струй Южно-Пассатных течений Атлантики и Тихого океана, а также аномалий глобальных температур Северного полушария Земли ныне изучена недостаточно, что не позволяет его адекватно учитывать при их моделировании.

Учитывая изложенное, объектом данного исследования выбраны межгодовые изменения среднемесячных температур северных струй Южно-Пассатных течений Атлантического и Индийского океанов.

Предметом исследования являлись статистические связи между неравномерностью осевого вращения Земли, а также изменениями среднемесячных температур северных струй Южно-Пассатных течений Атлантического, Индийского океанов и аномалий глобальных температур ее Северного полушария.

Целью работы являлось выявление условий, при которых статистические связи между рассматриваемыми процессами являлись значимыми. Для ее достижения решены следующие задачи:

1. Оценка тенденций межгодовой изменчивости изучаемых процессов, проявившихся в разные месяцы, за период их совместной регистрации.

2. Оценка значимости статистических связей между изучаемыми процессами при различных временных сдвигах между ними.

Методика исследования и фактический материал

В качестве меры тенденции каждого из изучавшихся процессов рассматривалось значение углового коэффициента его линейного тренда, рассчитанное за весь период их совместной регистрации.

При решении второй задачи применен корреляционный анализ. Изучались связи, как между процессами $X_i(n)$, которые были образованы из соответствующих изучаемых процессов $x_i(n)$ путем компенсации их трендов:

$$X(n) = x(n) - a(n-1),$$

где a – угловой коэффициент линейного тренда процесса $x(n)$.

Исследования проводились для случаев, когда временные сдвиги между процессами лежали в пределах от -11 до +12 месяцев.

Вывод о значимости статистической связи между рассматриваемыми процессами принимался в случае, если значение коэффициента корреляции между ними превышало 99% порог достоверной корреляции, оцененный с учетом числа степеней их свободы, по критерию Стьюдента [17].

Учитывая особенности географического положения северных ветвей Южно-Пассатных течений Атлантического и Тихого океанов, как характеристики среднеме-

сячных значений их поверхностных температур рассматривались ГКИ TSA и NINO-4.

Значения ГКИ TSA оцениваются как средние температуры поверхности Атлантики в пределах квадрата между экватором и параллелью 20°S , а также между меридианами 30°W и 10°E . Значения ГКИ NINO-4 рассчитываются средние температуры поверхности акватории Тихого океана, ограниченной параллелями 5°N и 5°S , а также меридианами 160°E и 150°W . Их временные ряды за период с 1951 по 2010 г. представлены в [12].

В качестве фактического материала использовались также соответствующие каждому месяцу временные ряды среднемесячных значений глобального климатического индекса GLAAM[12], и аномалий средних температур Северного полушария Земли (AGTN) [18].

Поскольку начало рассматриваемых временных рядов GLAAM соответствует 1958 году, все перечисленные выше расчеты выполнялись за период с 1958 по 2010 гг.

Результаты и их анализ

В соответствии с рассмотренной методикой были оценены тенденции всех изучавшихся процессов, проявившиеся в различные месяцы за указанный период. Полученные при этом результаты представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, всем изучавшимся процессам (за исключением NINO-4 – февраль) в период с 1958 по 2010 г. были свойственны тенденции к возрастанию их значений (угловые коэффициенты их линейных трендов положительны). Наиболее существенные сезонные изменения свойственны значениям рассматриваемой характеристики изменений углового момента вращения Земли, которые достигали максимума в марте и минимума в июле. Значительными являлись также ее изменения для средних температур Тихого океана в зоне северной струи его Южно-Пассатного течения (максимум в сентябре, минимум в феврале).

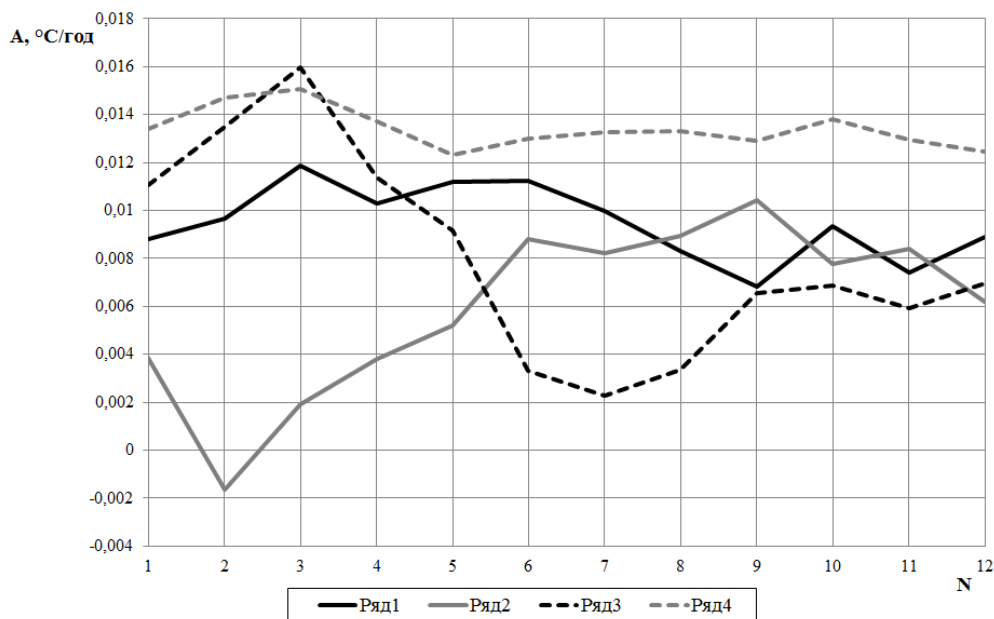


Рис. 1 – Зависимости от номера месяца угловых коэффициентов линейных трендов межгодовых изменений TSA – ряд 1, NINO-4 – ряд 2, GLAAM – ряд 3, AGTN – ряд 4, за период с 1958 по 2010 гг.

Сезонные изменения тенденций динамики средних температур Атлантики в зоне северной струи ее Южно-Пассатного течения (максимум в марте, минимум в сентябре) и аномалий глобальных температур Северного

полушария (максимум в марте, минимум в мае) выражены менее ощутимо.

В ходе решения задачи 2 были скомпенсированы тренды и рассчитаны взаимно корреляционные функции всех изучаемых процессов. Их анализ показал, что наиболее

сильная связь между ними проявляется лишь для месяцев с декабря по март и при условии, что ряд GLAAM всех их опережает, ряд AGTN от всех отстает, а ряд NINO-4 опережает ряд TSA. На рисунке 2 в качестве примера приведены нормированные к 99% порогу достоверной корреляции функции взаимной корреляции межгодовых изменений TSA и NINO-4 в месяцы с ноября по апрель, при условии, что ряд NINO-4 опережает ряд TSA.

Из рисунка 2 следует, что в ноябре и апреле значения взаимно корреляционной функции межгодовых изменений TSA и NINO-4 уровня 99% порога достоверной корреляции не достигают при любых сдвигах между этими процессами (нормированный коэффициент корреляции меньше 1). Аналогичный вывод справедлив и для прочих месяцев.

В декабре связь между рассматриваемыми процессами значима, при условии, что ряд NINO-4 опережает ряд TSA на 0-6 лет (связь наиболее сильная при сдвиге между ними 5 мес.). В январе связь межгодовых изменений TSA и NINO-4 значима, если NINO-4 опере-

жает TSA на 1-9 лет (она наиболее сильна при сдвиге между ними 6 мес.). В феврале связь между этими процессами значима, если NINO-4 опережает TSA на 2-9 лет (максимум силы связи имеет место при сдвиге 7 мес.). В марте значимой является связь между ними, если NINO-4 опережает TSA на 6-9 лет (максимум силы связи имеет место при сдвиге 7 мес.).

В качестве еще одного примера на рисунке 3 приведены нормированные к 99% порогу достоверной корреляции функции взаимной корреляции межгодовых изменений TSA и GLAAM в месяцы с ноября по март, при условии, что ряд GLAAM опережает ряд TSA.

Из рисунка 3 видно, что значимые статистические связи межгодовых изменений TSA и GLAAM имеют место, если TSA соответствует декабрю и январю. В прочие месяцы значимых связей между этими процессами, при каких либо изучавшихся временных сдвигах между ними, не выявлено.

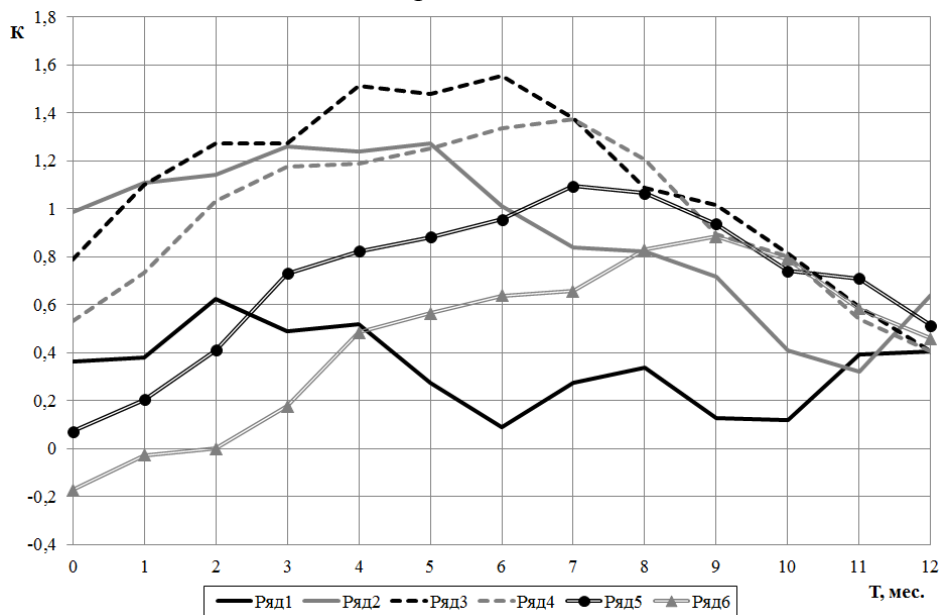


Рис. 2 – Зависимости от величины упреждения T (мес) нормированного к 99% порогу коэффициента корреляции K межгодовых изменений TSA в ноябре (ряд 1), декабре (ряд 2), январе (ряд 3), феврале (ряд 4), марте (ряд 5) и апреле (ряд 6), а также NINO-4

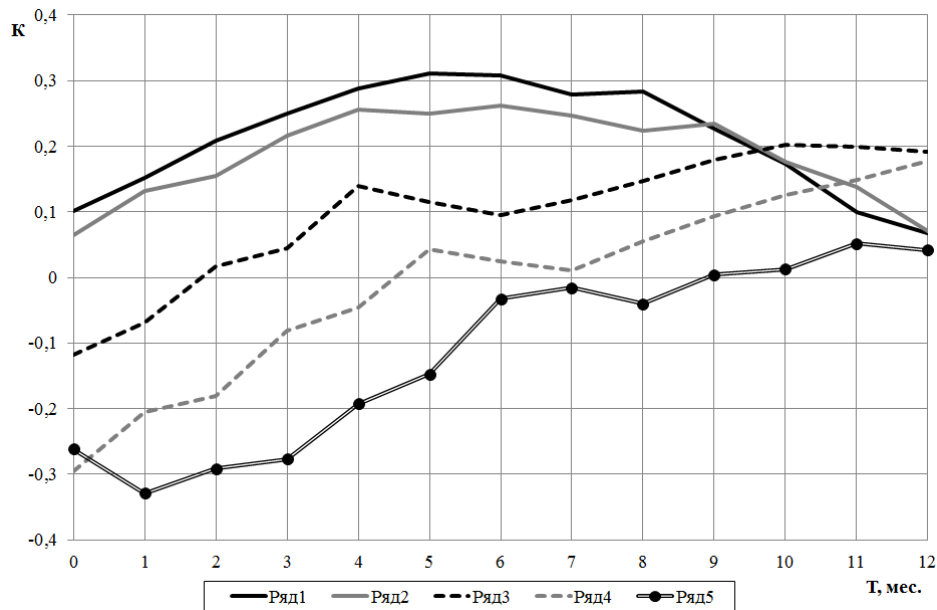


Рис. 3 – Зависимости от величины упреждения T (год) нормированного к 99% порогу коэффициента корреляции K межгодовых изменений TSA в ноябре (ряд 1), декабре (ряд 2), январе (ряд 3), феврале (ряд 4) и марте (ряд 5) и GLAAM

В декабре значимая корреляция межгодовых изменений TSA и GLAAM наблюдается, если временной ряд GLAAM опережает на 3-6 месяцев, а в январе – если его опережение составляет 4-8 месяцев.

На рисунке 4 показаны нормированные к 99% порогу достоверной корреляции функ-

ции взаимной корреляции межгодовых изменений TSA и AGTN в месяцы с июня по октябрь. Отрицательные значения T соответствуют условиям, при которых ряд TSA опережает ряд AGTN.

Из рисунка 4 следует, что значимые статистические связи изменений аномалий

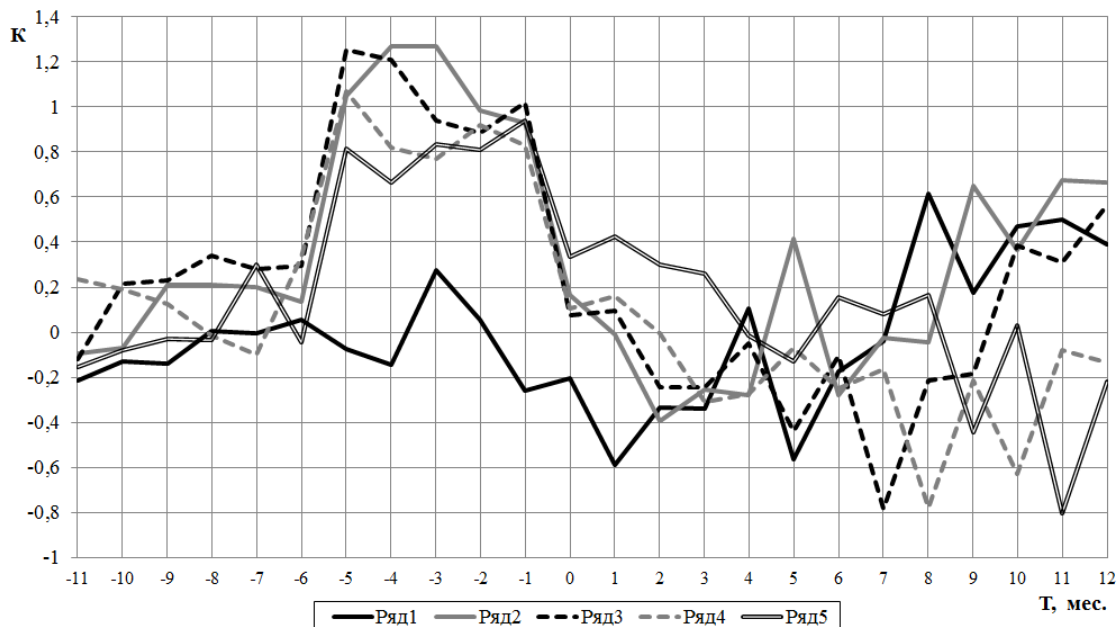


Рис. 4 – Зависимости от величины упреждения T (год) нормированного к 99% порогу коэффициента корреляции K межгодовых изменений AGTN в июне (ряд 1), июле (ряд 2), августе (ряд 3), сентябре (ряд 4) и октябре (ряд 5) и TSA

глобальных температур Северного полушария с изменениями температур Южно-Пассатного течения Атлантики имеют место лишь в июле-сентябре, при условии, что ряд TSA опережает ряд AGTN на 1 – 5 месяцев. Аналогичный вывод может быть сделан и в отношении связей между рядами AGTN и NINO-4, с той лишь разницей, что временной сдвиг между ними, при котором эта связь значима, лежит в более широком диапазоне: от 2 до 7 мес.

На рисунке 5 показаны нормированные к 99% порогу достоверной корреляции функции взаимной корреляции межгодовых изменений GLAAM и AGTN в месяцы с октяб-

ря по февраль. Отрицательные значения T соответствуют условиям, при которых ряд AGTN опережает ряд GLAAM.

Из рисунка 5 следует, что значимая корреляция межгодовых изменений аномалий глобальных температур северного полушария и углового момента вращения Земли имеет место лишь в случае, если ряды AGTN соответствуют ноябрю-февралю, а ряды GLAAM опережают их на 0 – 5 месяцев.

Выявленные статистические закономерности позволяют предположить, что неравномерность осевого вращения Земли, вызывающая временную изменчивость углового момента

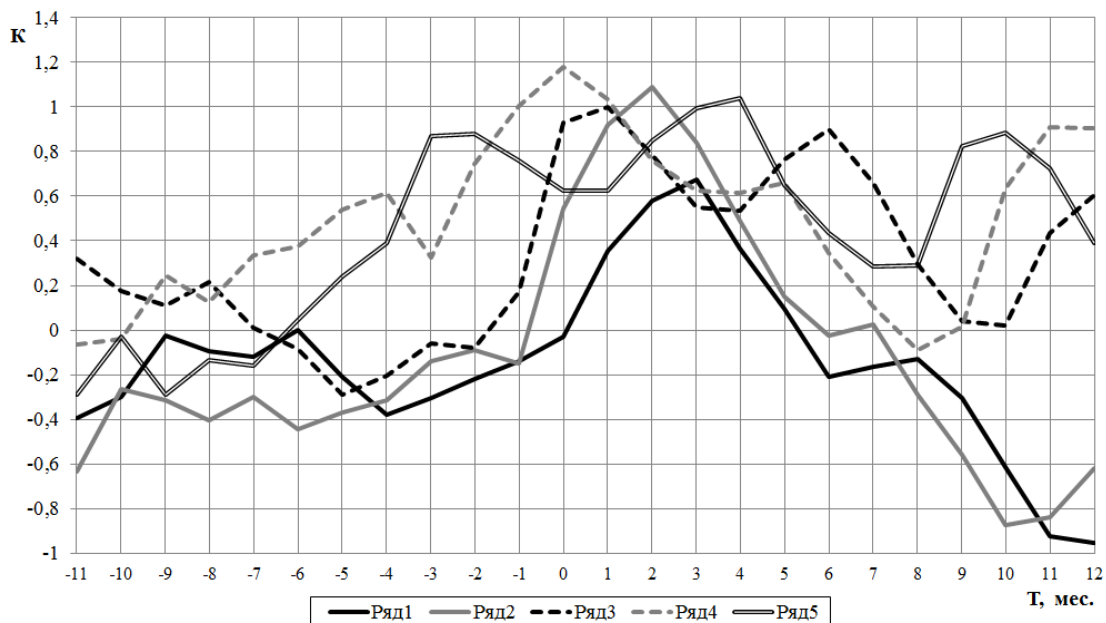


Рис. 5 – Зависимости от величины упреждения T (год) нормированного к 99% порогу коэффициента корреляции K межгодовых изменений AGTN в октябре (ряд 1), ноябре (ряд 2), декабре (ряд 3), январе (ряд 4) и феврале (ряд 5), а также GLAAM

ее вращения, порождает изменения поверхностных температур Атлантического и Тихого океанов в зонах, соответствующих северным струям их Южно-Пассатных течений. Возможно, именно этот процесс приводит временами к уменьшению амплитуд волн Россби в восточных секторах тропических зон Тихого и Атлантического океанов, инициируя тем самым процесс ЭНЮК и его атлантический аналог.

Выводы. Таким образом, установлено, что неравномерность осевого вращения Земли статистически связана с изменениями ано-

мальный глобальных температур ее Северного полушария, что позволяет рассматривать этот процесс в качестве фактора при их моделировании.

Указанная связь обусловлена наличием значимой положительной корреляции межгодовых изменения углового момента вращения Земли и потоков тепла, поступающего в декабре – марте из Южного полушария в Северное и распределяющегося по его поверхности.

Подобное его распределение осуществляется океаническими течениями Северного

полушария и занимает некоторое время, вследствие чего наиболее сильная корреляция межгодовых изменений аномалий его глобальных температур с изменениями температур воды, приходящей из Южного полушария, наблюдается в июле – сентябре, а с изменениями углового момента вращения Земли при еще больших запаздываниях – в ноябре – феврале.

Выявленные закономерности позволяют усомниться в выводах Н. С. Сидоренко, относительно того, что процесс ЭНЮК порождает неравномерность вращения Земли. Более адекватным представляется предположение о том, что изменчивость углового момента вращения Земли «запускает» ЭНЮК и запаздывающие по отношению к нему на 0-6 месяцев, изменения средних температур поверхности тропической зоны Южной Атлантики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jones P. D. Global temperature variations between 1861 and 1984 / P.D. Jones, T.M.L. Wigley // *Nature*. – 1986. – V. 322. – P.430 – 434.
2. Jones P. D. Global and hemispheric temperature anomalies- land and marin instrumental records / P. D. Jones, D. E. Parker, N. J. Osborn, K. R. Briffa // *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. – 1998.
3. *Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assessment Report Four of the Intergovernmental Panes of Climate Change (IPCC)*. Cambridge Unsversity Press.- Cambridge. UK, 2007.- 973р.
4. Карнаухов А. В. Роль биосферы в формировании климата Земли. Парниковая катастрофа / А. В. Карнаухов // *Биофизика*, – 2001. – Т. 46. – Вып. 6. – С.1138 – 1149.
5. Будыко М. И. Эволюция биосферы / М. И. Будыко. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 487 с.
6. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения климата: факты, предположения и перспективы разработок / К. Я. Кондратьев // *Известия РАН. Сер. ФАО*. – 2002. – Т. 15. – № 10. – С.1– 6.
7. Gagosian R. Резкие изменения климата. Должны ли мы беспокоиться//Woods Hole Oceanographic Institution //www.whoi.edu /institutes/occs/ hottopics_climatechange.html.
8. Гусев А. М. Основы океанологии / А. М. Гусев //– М.: Изд-во МГУ. – 1983. – 246 с.
9. Сидоренков Н. С. Характеристики явления Эль - Ниньо - Южное колебание/ Н. С. Сидоренков//. М. – Труды Гидрометцентра СССР. – 1991 г., вып. 316. – С. 31 – 44.
10. Peterson R. G. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean/ R. G. Peterson, L. Stramma// *Prog. Oceanogr.* – 1991. – 26. – Р. 1-73.
11. Сидоренков Н. С. Физика неустойчивостей вращения Земли./ Н. С. Сидоренков// М.: Наука, 2002. – 384с.
12. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list>
13. Манк У., Вращение Земли. / У. Манк, Г. Макдональд // М.: Мир, 1964. – 384 с.
14. Афанасьева В. И. Нерегулярное изменение скорости вращения Земли и солнечная активность./ В.И.Афанасьева// *Геомагнетизм и аэрономия*. – 1966. – т.У1, Ж3. – С.611-613.
15. Калинин Ю. Д. К итогам МГГ. / Ю. Д. Калинин., Н. П. Бенькова, Г. А. Авсюк. и В. Г. Крот.//М.: изд. АН СССР. – 1960. – № 8. – С.19-39.
16. Парийский Н. Н. Земные приливы и внутренне строение Земли // *Изв. АН СССР. Сер. геофиз.* – 1963. – № 2. – С.193-215.
17. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Справочник для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
18. Интернет сайт dss.ukar.edu.

Надійшла до редколегії 5.10.2011