

УДК 551.510.534:911.2

А.В. Холопцев, М.Г. Азрякова, М.О. Вахрушев

СВЯЗИ МЕЖГОДОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛОВОГО МОМЕНТА ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ, А ТАКЖЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПРИЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЗОНЕ ТИХОГО ОКЕАНА, ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Севастопольский национальный технический университет

Установлено, что на протяжении периода современного потепления климата статистические связи межгодовых изменений среднемесячных значений углового момента вращения Земли, а также поверхностных температур в приэкваториальной зоне Тихого океана, при сдвигах между этими процессами 0-7 месяцев, устойчиво усиливались, а их особенности свидетельствует о том, что первые могли бы являться причиной, а вторые – следствием их взаимодействия.

Ключевые слова: современное потепление климата, угловой момент вращения Земли, поверхностные температуры, приэкваториальная зона Тихого океана, Эль-Ниньо – Южное колебание, корреляция.

Введение. Приэкваториальная зона Тихого океана является одним из основных источников потоков тепла, а также водяного пара, поступающих в земную атмосферу и определяющих климат многих регионов нашей планеты. Поэтому развитие представлений об особенностях влияния на изменения распределения ее поверхностных температур различных природных факторов является актуальной проблемой физической географии, климатологии и океанологии.

Как известно, источником энергии, обуславливающей изменчивость гидрофизических и метеорологических полей, характеризующуюся некоторыми пространственными масштабами, являются более крупномасштабные процессы [1]. Вследствие этого значительный интерес представляет решение рассматриваемой проблемы в отношении факторов изменчивости распределения поверхностных температур приэкваториальной зоны Тихого океана, являющихся глобальными.

Одним из таких факторов является временная изменчивость углового момента осевого вращения Земли, порождающая силы инерции во всех компонентах ее физико-географической оболочки и также ее недрах, способные влиять не только на сейсмику и тектонику многих ее регионов, но и на состояния многих крупномасштабных процессов в океане и атмосфере [2].

Измерения продолжительности суток осуществляются астрономами с древнейших времен. Впервые гипотезу, согласно которой эта характеристика не является константой, впервые выдвинул в 123 г. до н.э., древнегреческий

ученый Гиппарх, изучавший прецессию земной оси. В пользу ее адекватности свидетельствовали открытия векового ускорения движения Луны (Э.Галлей, 1695 г.), а также нутации земной оси (Д. Брэдли, 1755 г) [3].

Впервые доказал, что продолжительность суток, а значит и скорость осевого вращения Земли действительно изменяется И. Ньютон в 1875 году, исследовавший движение Луны. Реальность неравномерности осевого вращения Земли подтверждена также астрономическими наблюдениями Де Ситера и С. Джонса. С тех пор мониторинг неравномерности осевого вращения нашей планеты осуществляется на многих ее астрономических обсерваториях мира. Информация о среднемесячных значениях аномалии углового момента вращения Земли, рассматриваемых как глобальный климатический индекс (ГКИ) GLAAM представлена в [4]. Несмотря на значительный объем накопленного фактического материала, вопрос о причинах указанного явления до сих пор остается дискуссионным [5].

Одним из первых было выдвинуто предположение (С. Чатзман (1960), У. Манк, 1964 г.), согласно которому причиной изменчивости углового момента вращения Земли может быть взаимодействие ее магнитосферы с некими космическими факторами [6]. В 1965 году В.И. Афанасьев предположил, что одним из таких факторов может быть взаимодействующий с геомагнитным полем поток солнечного ветра [7].

Ю.А. Бильде (1976) показал, что заметные изменения скорости вращения Земли могут возникнуть, когда частота изменения внешнего магнитного поля (например: ионосферного происхождения) совпадает с частотой вращения Земли.

Дж. Гинзберг (1972) оценил вращательный момент, возникающий при взаимодействии солнечного ветра с геомагнитным полем, при этом показано, что этот момент недостаточен для объяснения наблюдаемых изменений длительности земных суток. К противоположному выводу пришел Н.П. Беньков (1976), который установил, что действием данного фактора можно объяснить внезапные изменения скорости суточного вращения Земли, если в солнечном ветре существуют некоторые плазменные образования.

В [8] показано, что такие плазменные образования в околоземном пространстве действительно появляются при солнечных бурях, наиболее часто возникающих в периоды высокой солнечной активности.

Альтернативная концепция, согласно которой, причиной изменений угловой скорости осевого вращения Земли могут являться происходящие внутри нее глобальные деформационные процессы, приводящие к изменению ее радиуса, конфигурации и распределения масс, выдвинута П.Н. Кропоткиным (1984), Н.Н.

Парийским (1984), В.Е. Хаиным, Ш.Ф. Мехтиевым и Э.Н. Халиловым (1984, 1986, 1987, 1988, 1989) [9].

Установлено, что вероятной причиной изменений длительности суток может служить гравитационное взаимодействие Земли с Луной и Солнцем, способное вызывать ее деформации [5]. Причиной их может служить и уменьшение массы антарктических льдов, обусловленное потеплением глобального климата.

Как видим, вопрос о причинах изменчивости углового момента вращения Земли весьма непрост и изучен недостаточно, что вызывает существенный интерес к работам, рассматривающим его под иными ракурсами.

Одной из них является работа Н.П. Сидоренкова [10], где показано наличие значимой корреляции упомянутого процесса, а также совпадающих по времени изменений среднегодовых характеристик процесса Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК). Основываясь на этом факте, выдвинута гипотеза, о том, что упомянутый крупномасштабный процесс является возможной причиной неустойчивости вращения Земли.

Одними из подобных характеристик ЭНЮК, рассматриваемых как ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34, являются среднегодовые значения средних поверхностных температур акваторий приэкваториальной зоны Тихого океана, расположение которых показано в таблице 1 [11, 12].

Как видим из таблицы, акватории о которых идет речь, перекрывают практически всю приэкваториальную зону Тихого океана.

Наличие значимой корреляции между изменениями среднегодовых значений двух характеристик некоторых процессов, при отсутствии временных сдвигов между ними, свидетельствует об их связанности. Тем не менее, оно не позволяет установить, какой из этих процессов является причиной, а какой следствием.

Доказательством того, что ЭНЮК является причиной неравномерности осевого вращения Земли, могло бы явиться выявление значимой корреляции изменений среднемесячных значений ГКИ Nino и ГКИ GLAAM, при условии, что последние (являясь причиной) опережают первые (следствие).

Таблица 1

Расположение акваторий, средние поверхностные температуры которых рассматриваются как характеристики ЭНЮК

№	Границы по широте	Границы по долготе	ГКИ
1	0 – 10°S	90°W – 80°W	Nino-1+2
2	5°N – 5°S	150°W – 90°W	Nino-3
3	5°N – 5°S	160°E – 150°W	Nino-4
4	5°N – 5°S	170°W – 120°W	Nino-34

Согласно гипотезе [10], изменения ЭНЮК вызывают изменения распределения в тропической зоне Тихого океана импульса, переносимого ее ветрами и поверхностными течениями, а потому влияют на неравномерность вращения нашей планеты непосредственно. Следовательно, на такую связь между ними другие процессы, в том числе глобальное потепление климата, существенного влияния оказывать были бы не способны. Поэтому подтверждением того, что именно ЭНЮК является причиной изменчивости GLAAM могла бы служить неизменность характеристик связей между данными процессами в период современного потепления климата.

Выявление закономерностей изменения статистических связей между ГКИ Nino и GLAAM, произошедших за период современного потепления климата, позволило бы их учесть при моделировании и прогнозировании данных процессов. Поэтому подобные исследования представляют также самостоятельный теоретический и практический интерес.

Несмотря на то, что необходимые для выполнения указанных исследований временные ряды ГКИ Nino за период с января 1950 года представлены в [4], статистические связи между изменениями среднемесячных значений ГКИ Nino и GLAAM ныне изучены недостаточно.

Учитывая изложенное, объектом исследования в данной работе являлись межгодовые изменения среднемесячных значений углового момента вращения Земли, а также средних температур поверхностей акваторий приэкваториальной зоны Тихого океана, для которых рассчитываются ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34.

Предметом исследования являются статистические связи межгодовых изменений рассматриваемых характеристик, проявлявшиеся во все месяцы, за период современного потепления климата.

Целью данной работы является выявление характера причинных связей между изменениями ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34, а также ГКИ GLAAM и особенностей их изменений за период современного потепления климата.

Материалы и методы исследований

Для достижения данной цели, решены следующие задачи:

1) Выявление значений временных сдвигов между изменениями среднемесячных значений ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34 в те или иные месяцы, а также ГКИ GLAAM, при которых статистические связи между ними в нынешней фазе периода современного потепления климата являются статистически значимыми.

2) Изучение характера изменений статистических связей между рассматриваемыми процессами, при выявленных значениях временных сдвигов

между ними, произошедших за период систематического мониторинга индекса ГКИ GLAAM.

При решении указанных задач, как характеристика статистической связи изучаемых процессов на некотором отрезке времени, рассматривался коэффициент корреляции соответствующих фрагментов их временных рядов.

Значения этой характеристики рассчитывались на отрезках времени продолжительностью 22 года.

Связь изучаемых процессов при некотором временном сдвиге между ними признавалась значимой, если за период современного потепления климата она устойчиво усиливалась, а достоверность подобного статистического вывода на последнем рассматриваемом отрезке времени, составляла не менее 0.95.

При решении обеих задач осуществлен корреляционный анализ связей между всеми 22-х летними фрагментами временных рядов, отображающих изменения ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34 ОСО в те или иные месяцы, а также ГКИ GLAAM, в период с 1958 г. по 2010 г., при временных сдвигах между ними 0-95 месяцев.

Поскольку причина всегда по времени опережает следствие, некоторый процесс А, связанный с процессом Б, может являться его причиной, лишь при условии, что максимум их связи достигается, если он по времени его опережает [13]. Поэтому для проверки адекватности гипотезы [10], рассматривались статистические связи между изучаемыми процессами при условиях, когда межгодовые изменения ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34 ОСО опережают изменения ГКИ GLAAM, а также запаздывают по отношению к ним.

При решении первой задачи рассчитаны функции взаимной корреляции [14] каждого 22-х летнего фрагмента временного ряда ГКИ GLAAM в том или ином месяце с опережающими его фрагментами рядов ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34, а также каждого фрагмента временного ряда ГКИ Nino с опережающими его по времени фрагментами ряда GLAAM. По каждой из этих функций определены значения временных сдвигов между изучаемыми процессами, при которых значения коэффициентов их взаимной корреляции достигали глобальных максимумов.

Для значений временных сдвигов между рядами рассматриваемых индексов, при которых связь между последними фрагментами процесса-следствия, а также соответствующими фрагментами процесса-причины является максимальной, рассматривались зависимости коэффициента их корреляции от года начала фрагмента процесса – следствия. По этим зависимостям изучались особенности изменения за период с 1958 по 2010 г. рассматриваемых характеристик связей между рассматриваемыми процессами.

Решение об устойчивом усилении связи между некоторыми изучаемыми процессами принималось, если угловой коэффициент линейного тренда подобной, соответствующей им зависимости, рассчитанный за период с 1964 по 2010 г. являлся положительным.

При оценке значимости тех или иных статистических связей между изучаемыми процессами применялся критерий Стьюдента [15]. Пороговые значения коэффициента их взаимной корреляции, соответствующие достоверности вывода о значимости связи между ними, равной 0.95, определены с учетом числа степеней их свободы и составляют 0.42.

В качестве фактического материала использовались полученные из [4] временные ряды среднемесячных значений ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34, а также GLAAM, для всех месяцев, за период с января 1958 по декабрь 2010 г.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с изложенной методикой рассчитаны взаимнокорреляционные функции всех рассматриваемых 22-х летних фрагментов временных рядов среднемесячных значений ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34, а также GLAAM, для всех месяцев, за период с января 1958 по декабрь 2010 г., при сдвигах между ними от -95 до +95 месяцев.

Их сопоставление показало, что в любые месяцы, при сдвигах между изменениями ГКИ Nino-1+2, Nino-3, Nino-4, Nino-34, а также GLAAM от -95 месяцев до 0 наиболее сильные связи между ними наблюдались при условии, что эти процессы по времени совпадали. При сдвигах между ними от 0 до +95 месяцев максимумы связей соответствовали условиям, когда изменения индекса GLAAM опережали связанные с ними процессы.

В качестве примера, на рисунке 1 приведены взаимнокорреляционные функции изменений Nino-1+2, в ноябре, за периоды 1970-1991 гг., 1979-2000 гг., 1989-2010 гг., а также ГКИ GLAAM, рассчитанные для условий, когда первый по отношению ко второму сдвинут от -35 (опережает) до +95 мес. (отстает).

Из рисунка 1 видно, что в ноябре максимум статистической связи между изучаемыми процессами на всех трех рассматриваемых отрезках времени достигался при положительных значениях временных сдвигов между ними, составляющих соответственно 3 и 1 месяц.

Из него следует также, что для отрезка времени 1989-2010 гг. значимая корреляция рассматриваемых процессов выявлена лишь при сдвигах при значениях сдвигов от -4 до +7 месяцев. Для отрезков времени 1979-2000 и 1970-1991 значимой была связь между рассматриваемыми процессами и при других значениях сдвигов между ними.

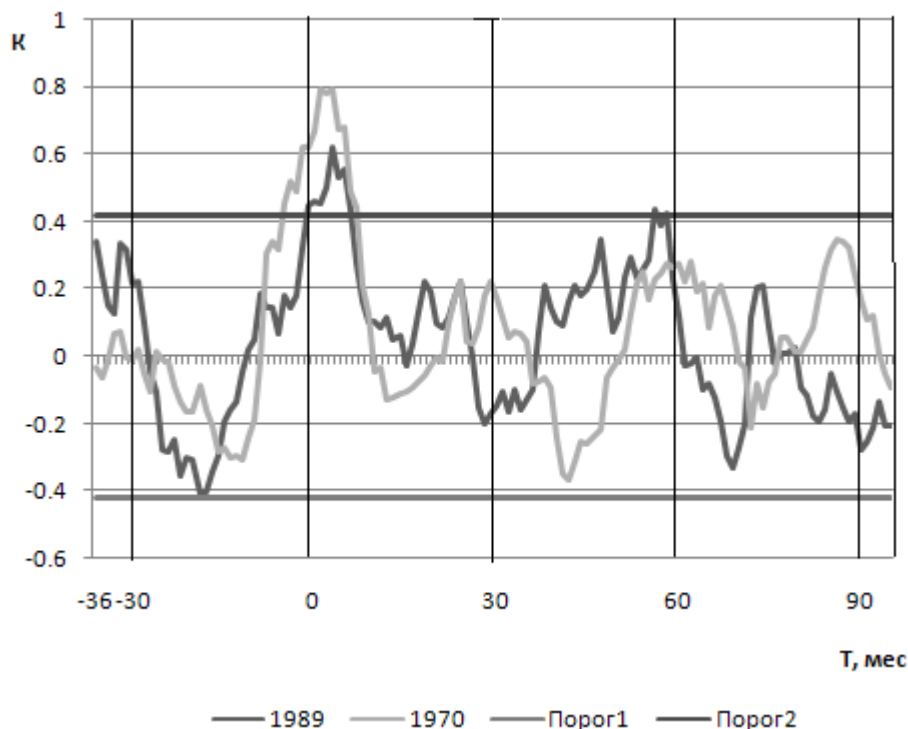


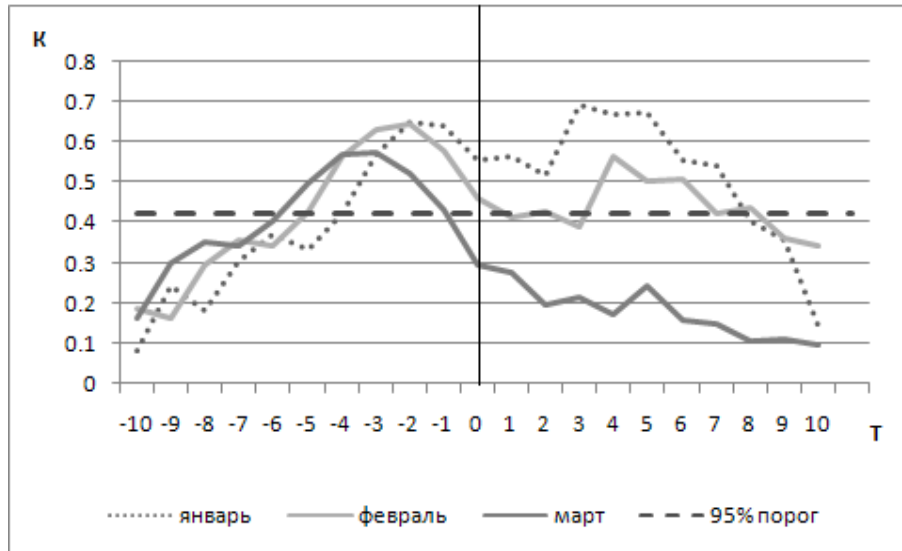
Рис. 1. Взаємнокореляційні функції ГКИ Nino-1+2, в листопаді, за періоди 1970-1991 гг. (ряд 1), 1979-2000 гг. (ряд 2) і 1989-2010 гг. (ряд 3), а також ГКИ GLAAM.

Ослаблення кореляції між досліджуваними процесами, при часових зсувах між ними, перевищують за модулем 7 місяців, дозволяє передположити, що це явище обумовлено зменшенням значимості деяких зворотних зв'язків в кліматическій системі планети, що відбувся за період сучасного потепління клімату.

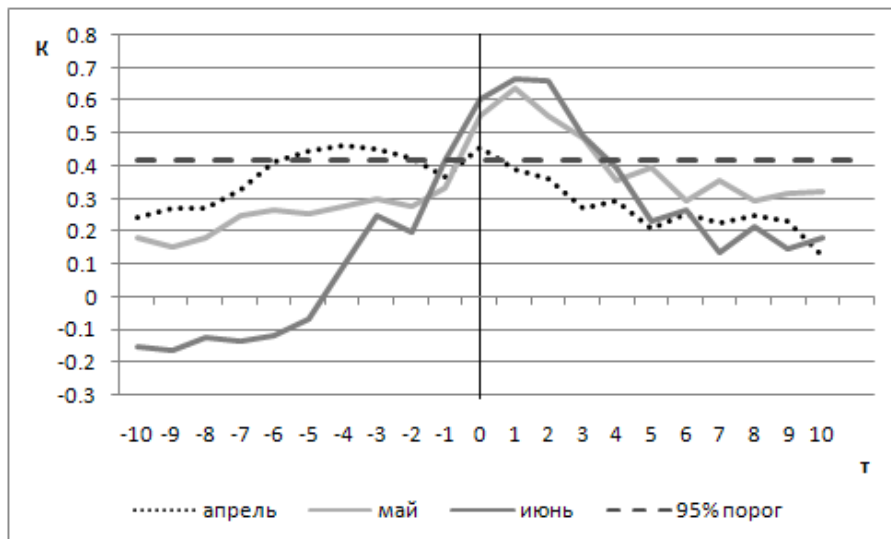
Встановлено, що аналогічні особливості притаманні розглядаваним процесам для багатьох інших місяців. В цьому нетрудно переконатися, розглянувши малюнок 2, на якому показані ділянки взаємнокореляційних функцій змін ГКИ GLAAM і Nino-1+2 в різні місяці, за період 1989-2010 гг.

Як бачимо з малюнка 2, статистичні зв'язки між досліджуваними процесами досягали максимуму при значеннях зсувів 1-3 місяця між ними, якщо зміни ГКИ Nino-1+2 відповідають не тільки листопаду, а й грудню, січню, травню, червню і липню. Кореляція між змінами ГКИ GLAAM, а також Nino-1+2 в серпні і вересні максимальна за умови, що часові зсуви відповідуючих часових рядів відсутні.

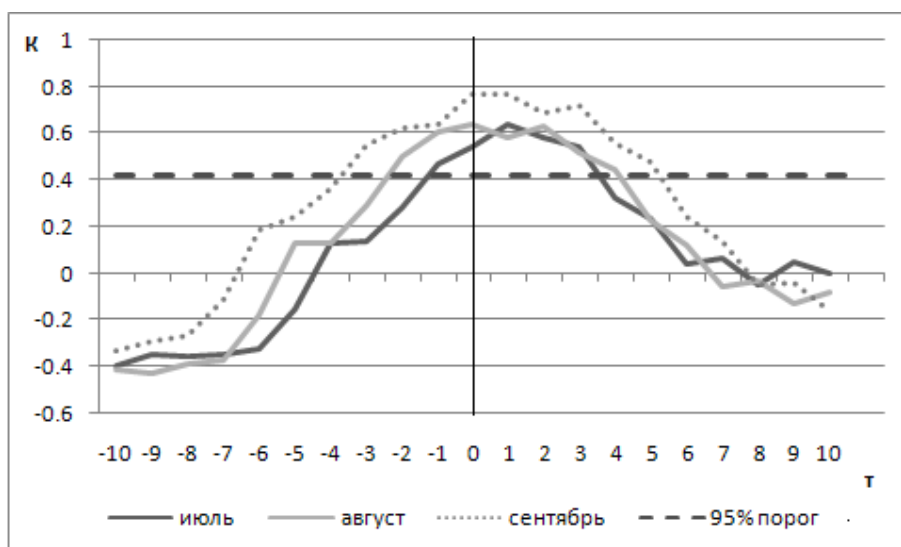
Лише в лютому, березні, квітні і жовтні розглядавані закономірності відповідають гіпотезі [10] (максимальна кореляція має місце в тому випадку, якщо ряд Nino-1+2 опередує на 1-3 місяця ряд GLAAM).



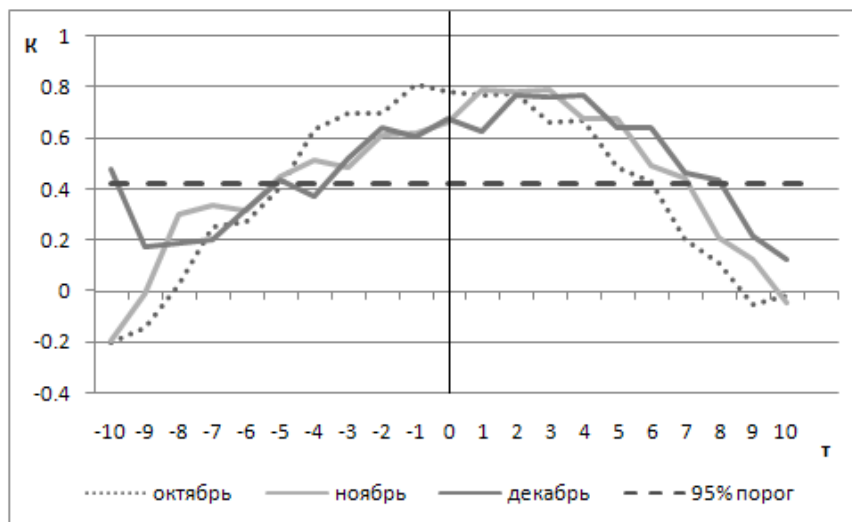
А)



Б)



В)



Г)

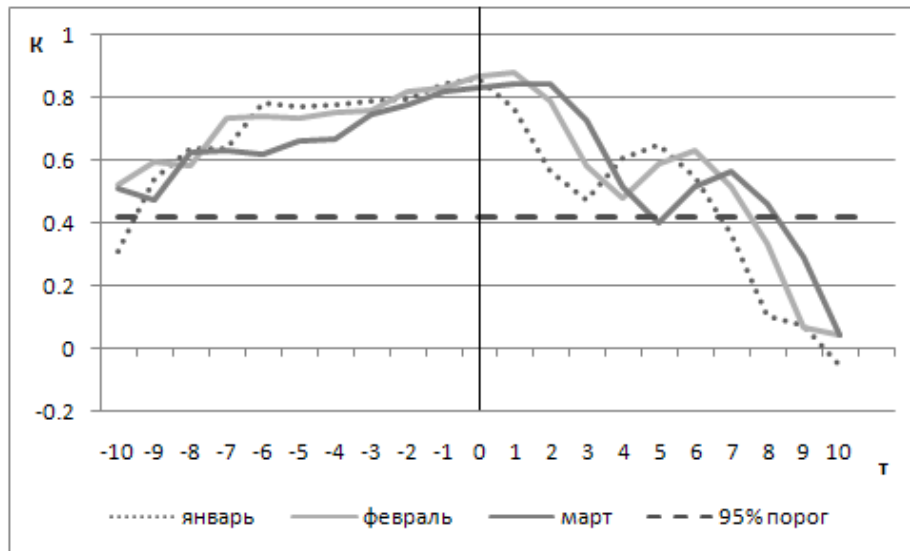
Рис. 2. Участки взаимнокорреляционных функций изменений ГКИ GLAAM и Nino-1+2 в различные месяцы, за период 1989-2010 гг.

Поскольку известно, что наиболее ярко и мощно явление ЭНЮК в восточном секторе тропической зоны Тихого океана проявляется в декабре и январе, полученные результаты, основываясь на гипотезе [10], объяснить не возможно. Более того, они позволяют выдвинуть альтернативную гипотезу: неравномерность вращения Земли является не следствием, а одной из причин возникновения явления ЭНЮК. Ее адекватность подтверждают результаты исследования статистических связей изменений ГКИ GLAAM и Nino-3, Nino-34 и Nino-4 в различные месяцы.

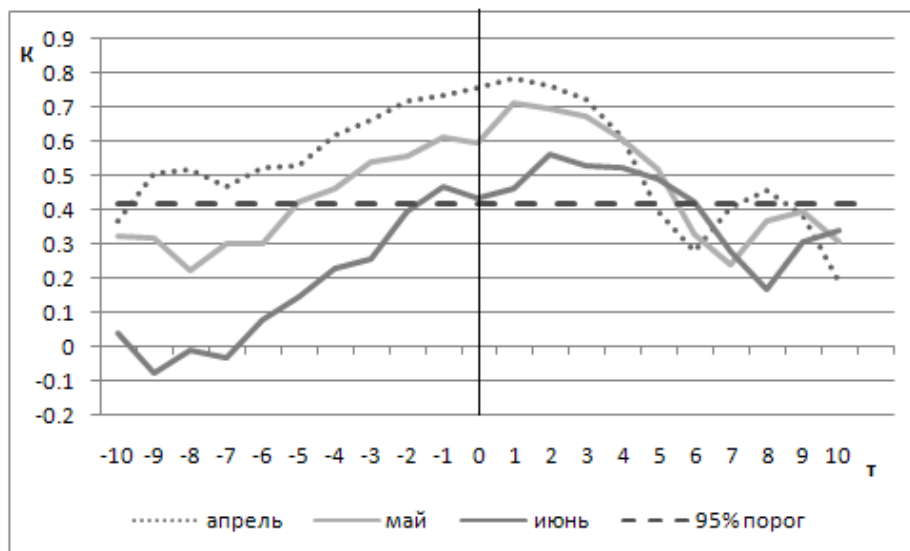
На рисунке 3, в качестве примера приведены аналогичные участки взаимнокорреляционных функций изменений ГКИ GLAAM и Nino-4 в различные месяцы, за период 1989-2010 гг. Из рисунка 3 видно, что коэффициенты корреляции межгодовых изменений ГКИ GLAAM и Nino-4 достигают максимальных значений при условии, что сдвиг между их временными рядами лежит в пределах 1-4 месяца (GLAAM опережает Nino-4) во все месяцы, кроме января, июля и августа.

Для последних максимумы коэффициентов корреляции изменений ГКИ GLAAM и Nino-4 достигаются, если временные сдвиги между их временными рядами отсутствуют.

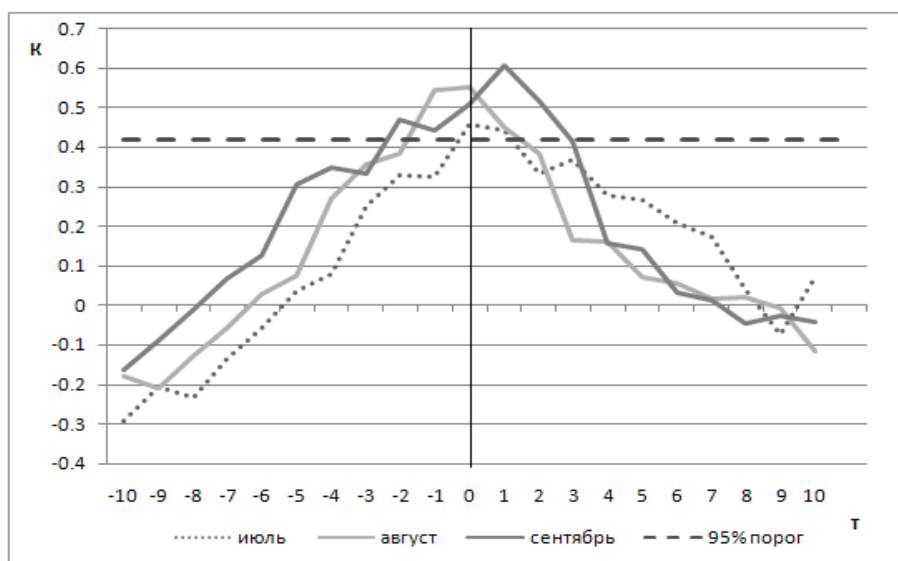
Аналогичные исследования связей ГКИ GLAAM и Nino-3 показали, что максимальная связь между этими процессами при условии, что сдвиг между их временными рядами составляет -1-2 месяца (Nino-3 опережает GLAAM) имеет место лишь в январе. Связи изменений ГКИ GLAAM и Nino-34 наиболее сильны, если Nino-34 опережает, лишь в августе. Во все прочие месяцы корреляция временных рядов ГКИ GLAAM, а также Nino-3 и Nino-34 максимальна, если временные ряды GLAAM от них по времени не отстают, а напротив — опережают.



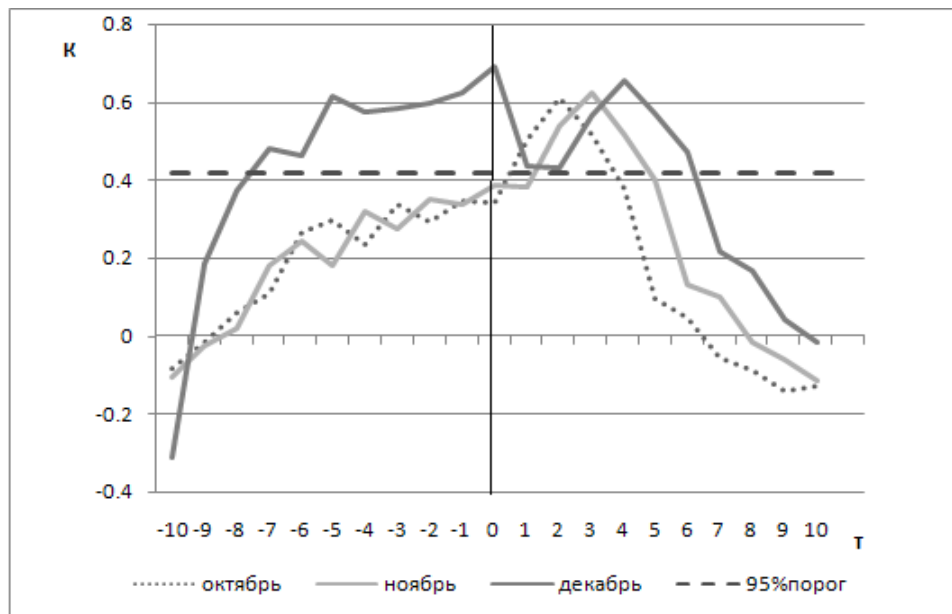
А)



Б)



В)



Г)

Рис. 3. Участки взаимокорреляционных функций изменений ГКИ GLAAM и Nino-4 в различные месяцы, за период 1989-2010 гг.

Таким образом, установлено, что выявленные особенности статистических связей межгодовых изменений ГКИ GLAAM, а также Nino-1+2, Nino-3, Nino-34, Nino-4 свидетельствуют в пользу адекватности выдвинутой гипотезы.

Исследование произошедших за период современного потепления климата изменений связей между рассматриваемыми процессами, при значениях сдвигов между ними, при которых на отрезке с 1989 по 2010 г. они были значимыми, позволило выявить те из них, которые устойчиво усиливались.

Полученные при этом результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения сдвигов (мес.) фрагментами временных рядов изучаемых процессов, при которых их связи с ГКИ GLAAM за период современного потепления климата устойчиво усилились и с 1989 по 2010 г. были значимыми

	Nino-1+2			Nino-3			Nino-34			Nino-4		
Янв	3	4	5	3	4	5	4	5	6	4	5	6
Фев	4	5	6	0	4	5	0	4	5	2	5	6
Мар				0	5	6	0	1	7	0	1	2
Апр				0	1	2	0	1	2	0	1	2
Май	1	2	3				1	2	3	1	2	3
Июн	0	1	2							2	3	4
Июл	1	2	3	0	1		0	1		0		
Авг	1	2	3	0	1	2	0	1	2			
Сен	0	1	3	0	1	2	0	1	2	1	2	
Окт	0	1	2	0	1	2	1	2	3	2	3	
Ноя	0	1	2	1	2	3	2	3	4	3	4	
Дек	2	3	4	2	3	4	3	4	5	0	4	5

Как видим из таблицы 2, для всех месяцев существуют значения временных сдвигов, лежащие в пределах от 0 до 7 месяцев, при которых статистические связи между временными рядами ГКИ GLAAM, а также Nino, за период современного потепления климата устойчиво усиливались. При этом в период с 1989 по 2010 гг. достоверность вывода об их значимости превосходила 0.95.

Последнее свидетельствует о целесообразности учета тенденций изменения ГКИ GLAAM при долгосрочном прогнозировании рассматриваемых процессов.

На рисунке 4 представлены зависимости от года начала 22-х летних фрагментов временных рядов ГКИ GLAAM в январе (ряд 1), апреле (ряд 2), июле (ряд 3) и октябре (ряд 4) вычисленных по ним значений углового коэффициента линейных трендов этих процессов.



Рис. 4. Зависимости от года начала 22-х летних фрагментов временных рядов ГКИ GLAAM в январе (ряд 1), апреле (ряд 2), июле (ряд 3) и октябре (ряд 4) углового коэффициента линейного тренда GLAAM (S).

Как видим из рисунка 4, за период современного потепления климата значения угловых коэффициентов линейных трендов изменений ГКИ GLAAM в январе, апреле, июле и октябре в среднем снижались. На отрезке времени с 1989 по 2010 г. их значения отрицательны. Аналогичные тенденции свойственны рассматриваемому процессу в прочие месяцы.

Это позволяет предполагать, что в ближайшие годы значения аномалии среднемесячных значений углового момента вращения Земли, а вместе с ними и

средние температуры поверхности акваторий приэкваториальной зоны Тихого океана будут снижаться.

Выявленные закономерности позволяют допускать, что интенсивность положительных фаз процесса ЭНЮК в текущем десятилетии XXI века будет снижаться.

Учитывая влияние, оказываемое изменениями поверхностных температур приэкваториальной зоны Тихого океана на глобальные температуры, представляется вероятным, что в ближайшие годы значения последних также начнут снижаться, даже в случае, если рост содержания в земной диоксида углерода будет продолжаться.

Выводы.

1. Статистические связи межгодовых изменений среднемесячных значений ГКИ GLAAM и Nino1+2, Nino 3, Nino 34 и Nino 4 для большинства месяцев максимальны, при условии, что первые опережают последние на величину, лежащую в пределах от 0-7 месяцев. Это позволяет утверждать, что изменений среднемесячных значений углового момента осевого вращения Земли могут являться причиной, а изменения распределения поверхностных температур в приэкваториальной зоне Тихого океана – следствием.

2. Для большинства месяцев существуют значения временных сдвигов, лежащие в указанных пределах, при которых статистические связи между временными рядами ГКИ GLAAM, а также Nino, за период современного потепления климата устойчиво усиливались. При этом в период с 1989 по 2010 г. достоверность вывода об их значимости превосходила 0,95, что свидетельствует о целесообразности учета тенденций изменения ГКИ GLAAM при долгосрочном прогнозировании рассматриваемых процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Монин А.С. Циркуляционные механизмы колебаний климата атмосферы / А.С. Монин, Ю.А. Шишков // Физика атмосферы и океана. – 2000. – № 1. – Т. 36. – С. 27-35.
2. Фридман А. М., Клименко А. В., Поляченко Е.В. О связи глобальной сейсмической активности Земли с особенностями ее вращения / А.М. Фридман, А.В. Клименко, Е.В. Поляченко // Вулканология и сейсмология. – 2005. – №1. – С. 67-74.
3. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. – М.: Наука, 2002.
4. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/>
5. Киселев В. Н. Неравномерность суточного вращения Земли / В. Н. Киселев // Новосибирск. – 1980. – 160 с.
6. Манк У. Вращение Земли / У. Манк, Г. Макдональд // М.: Мир, 1964. – 384 с.
7. Афанасьева В.И. Нерегулярное изменение скорости вращения Земли и солнечная активность / В.И.Афанасьева // Геомагнетизм и аэрономия. – 1966. – Т.VI, ЖЗ. – С. 611-613.
8. Калинин Ю.Д. К итогам МГГ / Ю.Д. Калинин, Н.П. Бенькова, Г.А. Авсюк, В.Г. Крот. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 19.
9. Парийский Н.Н. Земные приливы и внутреннее строение Земли // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1963. – № 2. – С. 193-215.
10. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. – М.: Наука, 2002.
11. Сидоренков Н.С. Южное колебание Эль-Ниньо, его последствия и прогноз // Циклы природных процессов, опасных явлений и экологическое прогнозирование. – М., 1991. – Вып.1. – С.132-137.
12. Бондаренко

А.Л. Эль-Ниньо – Ла-Нинья: механизм формирования // Природа. – №5. 2006. – С. 39-47. 13. Бунге М. Причинность: Место принципа причинности в современной науке. – М.: Издательство иностранной литературы, 1962. – 513 с. 14. Айвазян С.А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Юнити, 1998. – 1022 стр. 15. Бенндат Дж., Пирсол Л. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир. 1974. – 464 с.

РЕЗЮМЕ

А.В. Холопцев, М.Г. Азрякова, М.О. Вахрушев. Зв'язки змін кутового моменту обертання землі, а також поверхневих температур у приекваторіальній зоні Тихого океану при сучасному потеплінні клімату.

Встановлено, що протягом періоду сучасного потепління клімату статистичні зв'язки міжрічних змін середньомісячних значень аномалій кутового моменту обертання Землі, а також поверхневих температур приекваторіальної зони Тихого океану, при зсувах між цими процесами 0-7 місяців, стійко посилювались, а їх особливості свідчать про те, що перші могли б являти собою причину, а другі – наслідок їх взаємодії.

Ключові слова: сучасне потепління клімату, кутовий момент обертання Землі, поверхневі температури, приекваторіальна зона Тихого океану, Ель-Ніньо – Південне коливання, кореляція.

SUMMARY

A.V. Kholoptsev, M.G. Azryakova, M.O. Vakhrushev. Commucation of changes angular moment of rotation of the earth, and also surface temperature in equatorial zone of Pacific ocean at modern warming climate.

It is established that during the period of modern warming of a climate statistical communications of interannual changes of monthly average values of anomalies of the angular moment of rotation of the Earth, and also superficial temperatures at an equatorial zone of Pacific ocean, at landslips between these processes of 0-7 months, steadily amplified, and their features testify that the first could represent the reason, and the second - a consequence of their interaction.

Keywords: modern warming of a climate, the angular moment of rotation of the Earth, superficial temperatures, an equatorial zone of Pacific ocean, the Ale-Nino – Southern fluctuation, correlation.

УДК 551.510.534:911.2

А.В. Холопцев, В.Г. Кузьменко

СВЯЗИ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ОСО НАД УКРАИНОЙ, А ТАКЖЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОТОКА ТЕПЛА, ДОСТАВЛЯЕМОГО В СЕВЕРНУЮ АТЛАНТИКУ ВОДАМИ ЮЖНО-ПАССАТНОГО ТЕЧЕНИЯ, ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Севастопольский национальный технический университет

Статистические связи межгодовых изменений среднемесячных значений общего содержания озона над Украиной в марте – июне, а также опережающих их по времени на 32-40 месяцев изменений потока тепла, поступающего через экватор с водами Южно-Пассатного течения, за период современного потепления климата существенно усилились.