

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ $Ve^7$ И $Pb^{210}$ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

Г.Ф. Батраков, Д.А. Кременчуцкий,  
А.В. Холопцев\*

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины,  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: batrakovgf@gmail.com  
\*Севастопольский национальный  
технический университет  
г. Севастополь, ул. Университетская, 33

*Проведён корреляционный анализ между различными фрагментами временных рядов среднемесячных концентраций  $Ve^7$  и  $Pb^{210}$  в приземном слое атмосферы в шести регионах Земли и индексом GLAAM. Установлено, что сезонные вариации активности  $Pb^{210}$  и  $Ve^7$  в приземном слое атмосферы в различных регионах всех климатических поясов нашей планеты связаны со специфическими реакциями геологической среды на изменения углового момента ее вращения.*

**Введение.** Наблюдения за особенностями вращения Земли вокруг своей оси ведутся в течение многих лет. Установлено, что этот процесс не является равномерным. Несмотря на значительный объем накопленного фактического материала, вопрос о причинах указанного явления до сих пор остается дискуссионным [1].

В [2] впервые было выдвинуто предположение о том, что причиной данного явления может быть взаимодействие геомагнитного поля с межпланетной средой. В 1965 году была высказана гипотеза о том, что резкие изменения скорости суточного вращения Земли, могут быть обусловлены электромагнитным взаимодействием Земли с потоками солнечного ветра [3]. В [4] показано, что при солнечных бурях, наиболее часто возникающих в периоды высокой солнечной активности, в околоземном пространстве появляются плазменные образования, взаимодействие с которыми магнитного поля Земли способно приводить к изменениям углового момента ее

вращения. Данные результаты подтверждают гипотезу о наличии влияния на нашу планету изменений солнечной активности. Противоположное мнение высказывается в [5], где приведены результаты теоретических расчетов упругой деформации Земли и соответствующих изменений ее момента инерции под влиянием изменений солнечной активности и некоторых атмосферных явлений. Автор приходит к выводу о том, что причиной неравномерности наблюдаемых изменений угловой скорости вращения Земли могут являться лишь глобальные деформационные процессы в Земле, приводящие к сложному изменению ее формы. При этом причины, порождающие эти процессы не обсуждаются. При исследованиях статистической связи глобальной сейсмической активности Земли со скоростью ее вращения установлено [6], что корреляция между угловым ускорением Земли и частотой поверхностных землетрясений увеличивается с ростом их магнитуды. В [7] выдвинуто предположение о том, что возможной причиной изменчивости углового момента вращения Земли могут являться вариации состояния ЭНЮК (Эль-Ниньо/Южное колебание), а также характеристик лунно-солнечных зональных приливов.

Несмотря на то, что вопрос о значимости влияния на изменения углового момента вращения Земли перечисленных процессов, по-прежнему, остается дискуссионным, не вызывает сомнения, что данный процесс формируется под влиянием как внутренних, так и внешних факторов.

К числу внешних (космических) факторов неравномерности вращения Земли относятся изменения состояния солнечной активности, влияющие на характеристики магнитосферы Солнца и солнечного ветра, взаимодействующих с геомагнитным полем. Вследствие высокой инерционности гироскопа, которым является наша планета, его реакция на действие данного фактора может характеризоваться существенным запаздыванием. Указанный внешний фактор оказывает также влияние и на состояние недр, а также многие другие процессы, которое, вероятно, является ощутимым и

способно вызывать изменения состояния атмосферы, гидросферы и криосферы нашей планеты. Видимо, его действием можно объяснить статистическую связь между изменениями солнечной, сейсмической и вулканической активностями [8].

К внутренним относятся такие факторы, как глобальные деформационные процессы в недрах нашей планеты и процессы взаимодействия ее атмосферы, гидросферы и криосферы, способные в той или иной мере влиять на распределение масс, участвующих в образовании ее вращательного момента [7]. В результате их совместного действия значения аномалий углового момента вращения земли свойственна существенная как внутригодовая, так и межгодовая изменчивость.

Изложенные соображения позволяют предполагать, что изменения активности в приземном слое атмосферы  $Be^7$  и  $Rb^{210}$  могут быть статистически связаны также с изменениями углового момента вращения Земли. Тем не менее, ранее, адекватность данного предположения не проверялась. Актуальность такого исследования определяется тем, что эти изотопы широко используются для исследования различных процессов в атмосфере и поведению их в различных регионах Земли уделяется значительное внимание [9].

Цель предлагаемой работы – исследовать влияние изменения углового момента вращения Земли на концентрацию  $Be^7$  и  $Rb^{210}$  в приземном слое атмосферы.

**Данные наблюдений.** Мониторинг вращения Земли осуществляется на многих астрономических обсерваториях планеты, а его результаты в виде временных рядов соответствующих аномалий за период начиная с января 1958 г. представлены в [10]. В качестве характеристики неравномерности вращения Земли нами использовался индекс GLAAM.

Особенности внутригодовой изменчивости на примере осредненных помесячно за периоды 1958 – 1996 гг, а также 1973 – 2010 гг. значений аномалий углового момента вращения Земли, представлены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что для внутригодовой изменчивости рассматриваемых характеристик на протяжении обоих рассматриваемых периодов свойственны минимум их значений в августе, когда в процессе своего движения по околоземной орбите Земля проходит апогелий, и максимум в январе, когда наша планета минимально удалена от Солнца. Из того же рисунка следует, что усредненные на различных отрезках времени продолжительностью 38 лет значения среднемесячных аномалий рассматриваемой характеристики за период с 1958 по 2010 гг. существенно изменились. Особенности подобных межгодовых изменений рассмотрим на примере января и августа. Тенденции, соответствующих указанным месяцам, межгодовых изменений данных характеристик, на примере зависимости их значений, сглаженных в скользящем окне длиной 10 лет, от года его начала, отображен на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что в августе, в период с 1958 – 1967 гг. по 1978 – 1987 гг., усредненные за десятилетие среднемесячные значения аномалий углового момента вращения Земли монотонно возрастали, а в последующий период они изменялись в противоположном направлении. В результате этого их значения в периоды 2001 – 2010 гг. и 1963 – 1974 гг. практически совпадают.

Из того же рисунка видно, что в январе тенденция к возрастанию усредненных за десятилетие среднемесячных значений аномалий углового момента вращения Земли преобладала вплоть до периода 1986 – 1995 гг., а далее она сменилась на противоположную. Нетрудно заметить, что различия между значениями рассматриваемой характеристики, соответствующими январю и апрелю, за весь рассматриваемый период достигли максимума на отрезке времени 2001 – 2010 гг. На отрезке времени 2002 – 2011 гг. они еще более возросли, вследствие чего годовая амплитуда внутригодовых изменений ускорения вращения нашей планеты достигла максимального уровня. Последнее не может не вызывать соответствующие изменения поля механических напряжений и деформаций в земной коре и влиять на потоки радона, поступающие в атмосфе-

ру из различных ее участков. Тем самым создаются предпосылки для наблюдаемой в современном мире активизации сейсмических процессов, вулканизма, а также изменений концентрации  $Be^7$  и  $Pb^{210}$  в приземном слое атмосферы многих его регионов. Данные по концентрации  $Be^7$  и  $Pb^{210}$  представлены в [11]. В этой работе приведены результаты измерений в ряде пунктов Земли. В качестве репрезентативных нами были выбраны пункты, координаты которых приведены в табл. 1.

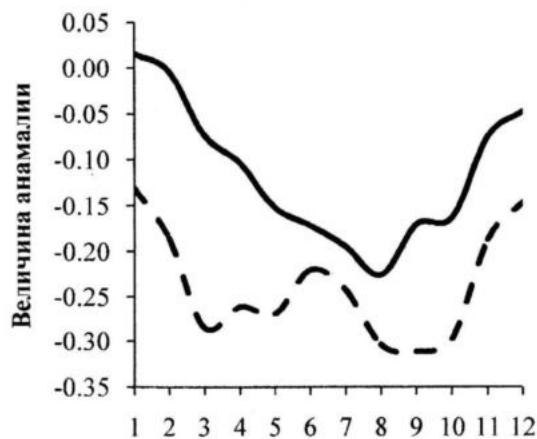
Важнейшим фактором, оказывающим влияние на изменения активности  $Be^7$  в приземном слое атмосферы основным является – вариации входящего в земную атмосферу потока космических лучей, вызванные изменениями характеристик солнечной активности, а также их галактических и внегалактических

источников. Этот фактор мы исключили следующим образом.

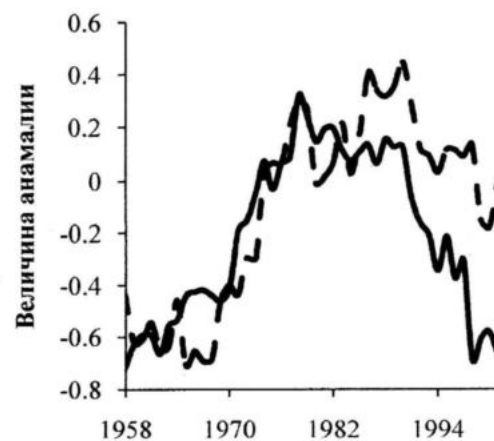
Различные характеристики солнечной активности (ее индексы) начали регистрировать с XVIII века. Наиболее длинный ряд подобных наблюдений соответствует такому ее индексу как число Вольфа, определяемое количеством солнечных пятен и их групп на видимой полусфере Солнца.

Среди многочисленных индексов солнечной активности наименее зависим от метеоусловий в пункте наблюдения SOLAR, определяемый среднемесячным значением потока солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см.

Непрерывный ряд его значений за период с января 1948 г. представлен в [12], а построенная в соответствии с ним зависимость от времени солнечной активности приведена на рис. 3.



Р и с. 1. Внутригодовые изменения осредненных помесечно за периоды 1973 – 2010 гг. (сплошная линия), а также 1958 – 1996 гг (пунктирная линия), значений аномалий углового момента вращения Земли

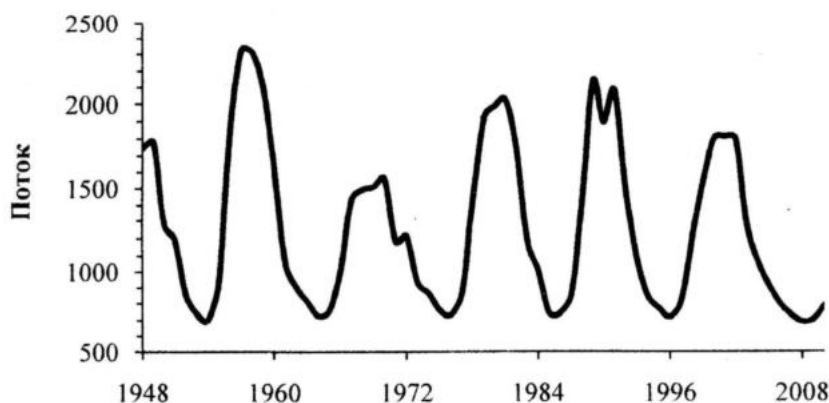


Р и с. 2. Зависимость усредненных в скользящем окне длиной 10 лет, среднемесячных аномалий углового момента вращения Земли в январе (сплошная линия) и августе (пунктирная линия), от года его начала

Т а б л и ц а 1

Расположение пунктов, которые при исследованиях особенностей влияния вращения Земли на изменчивость активности  $Be^7$  и  $Pb^{210}$  рассматривались как репрезентативные

№	Пункт	Регион	Широта	Долгота
1	г. Моосония	Онтарио, Канада	51°16' N	80° 30' W
2.	г. Гуаякль	Эквадор	2°10' S	79° 52' W
3.	г. Лима	Перу	12°1' S	77° 8' W
4	г. Анафагаста	Чили	23°37' S	70° 16' W
5	г. Пуэрто Монт	Чили	41°27' S	72° 57' W
6.	г. Пунто-Аренас	Чили	53°8' S	70° 53' W



Р и с. 3. Зависимость от времени среднегодовых значений потока солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см. согласно [12]

Как следует из рис. 3, максимальные среднегодовые значения индекса SOLAR, соответствующие 19 – 23 циклам солнечной активности между собой существенно различались, в то время как их минимальные значения находились практически на одном уровне. Из этого следует, что потоки космических лучей, входящие в земную атмосферу в периоды минимумов солнечной активности, а также количества  $Be^7$  и в некоторой степени  $Pb^{210}$ , образующихся за счет этого в тех или иных ее сегментах, были практически одинаковыми.

**Результаты исследований.** Осуществлён корреляционный анализ связей между различными фрагментами временных рядов среднемесячных значений активностей  $Be^7$  и  $Pb^{210}$  в приземном слое атмосферы над всеми репрезентативными пунктами и индексом GLAAM. Для каждого пункта рассчитаны взаимно корреляционные функции при условии, что фрагменты рядов активностей  $Be^7$  и  $Pb^{210}$  запаздывали по отношению к ряду GLAAM на 0 – 60 месяцев.

Предполагалось, что рассматриваемая гипотеза является адекватной, если

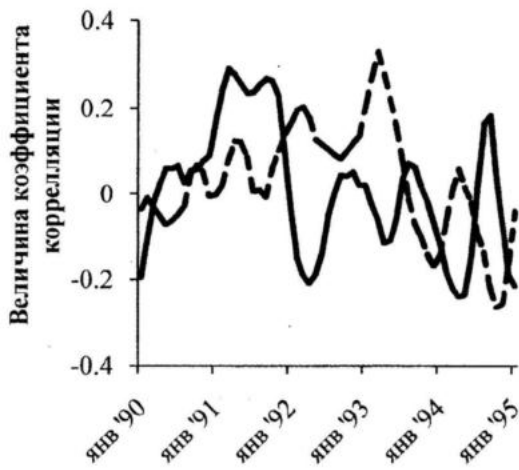
достоверность соответствующего статистического вывода превышает 95 %. Следовательно, при ее установлении требовалось сопоставить значения коэффициента корреляции процессов с соответствующим уровнем 95 % порога достоверной корреляции, рассчитанным по критерию Стьюдента, с учетом числа степеней свободы рассматриваемых фрагментов их временных рядов.

Для определения значений этого порога оценивалось число степеней свободы каждого из сопоставляемых фрагментов, как отношение числа его членов к значению интервала корреляции. Рассчитанные таким путем значения 95 % порога достоверной корреляции всех изучаемых процессов представлены в табл. 2.

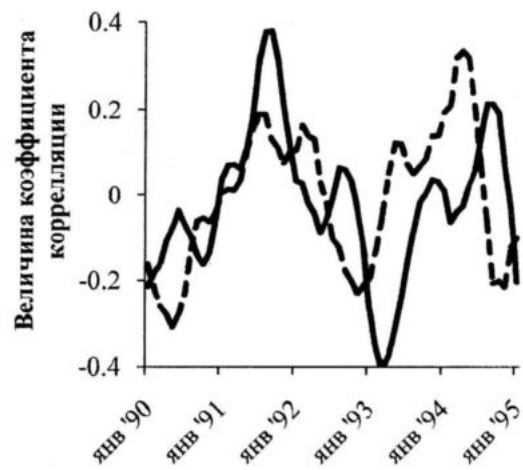
Нами рассчитаны взаимокорреляционные функции изменений с января 1990 г. по декабрь 1995 г. активностей  $Be^7$  и  $Pb^{210}$  в приземном слое атмосферы городов Гуаякль, Лима, Анафагаста, Пуэрто Монт, Пунто Аренас и Моосония, а также опережающих их по времени вариаций индекса GLAAM, представленные на рис. 4.

Т а б л и ц а 2  
Значения 95 % порога достоверной корреляции изучаемых процессов

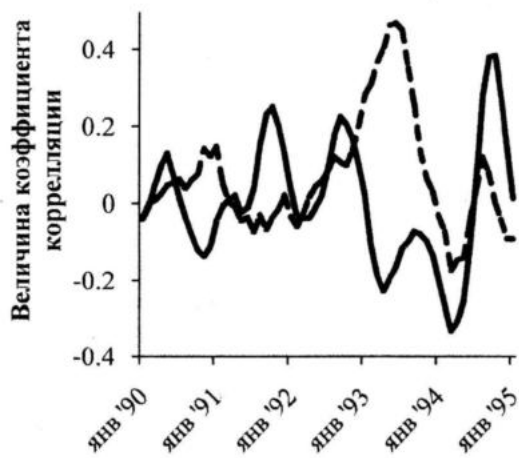
Изотоп	Гуаякль	Лима	Анафагаста	Пуэрто Монт	Пунта Аренас	Моосония
$Be^7$	0.33	0.22	0.22	0.33	0.22	0.22
$Pb^{210}$	0.33	0.33	0.33	0.22	0.22	0.33



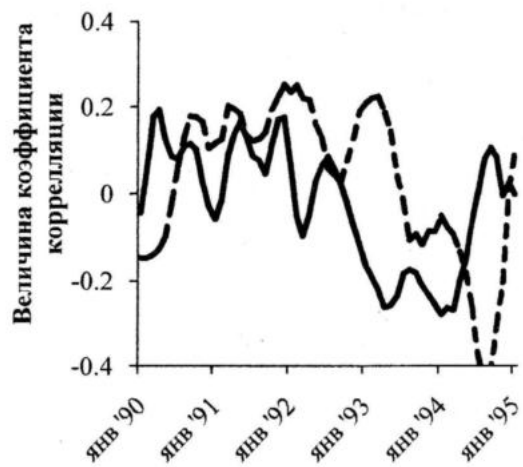
А



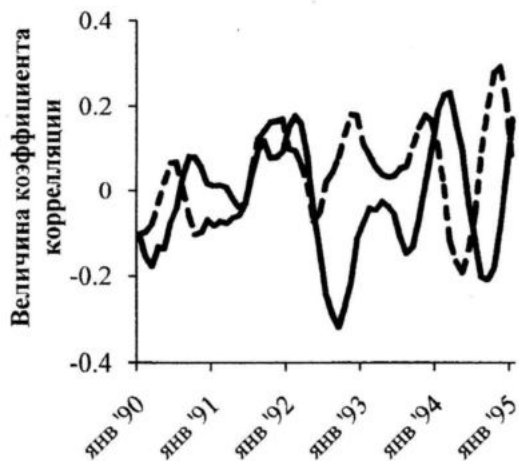
Б



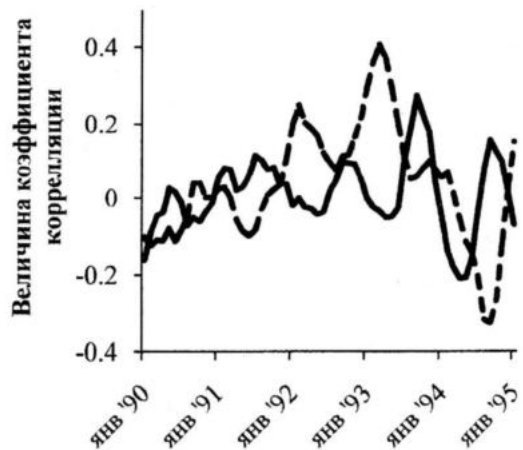
В



Г



Д



Е

Р и с. 4. Взаимнокорреляционные функции фрагментов временных рядов изменений активности  $Pb^{210}$  (сплошная линия) и  $Be^7$  (пунктирная линия) в приземном слое атмосферы городов: А) Гуаякль; Б) Лима; В) Анафагаста; Г) Пуэрто Монт; Д) Пунта Аренас; Е) Моосония в период с 1990 по 1995 гг., а также опережающих их по времени фрагментов рядов индекса GLAAM

Как следует из рис. 4, а также табл. 2, для многих репрезентативных пунктов статистические связи изменений в них активности  $Pb^{210}$  и  $Be^7$  с опережающими по времени вариациями углового момента вращения Земли при некоторых временных сдвигах между ними являются значимыми. Подобное, как видно из рис. 4 (А, В, Г и Д), для изменений активности  $Be^7$ , имеет место при сдвиге 22 месяца для всех пунктов, расположенных в Южной Америке, за исключением п. Лима (смотри рис. 4 Б), где амплитуда соответствующего максимума взаимнокорреляционной функции не достигает уровня 95 % порога.

Для п. Моосония, расположенного в Северной Америке значимая корреляция данных процессов имеет место при условии, что изменения индекса GLAAM опережают изменения активности  $Be^7$  на 2 месяца.

Существенные корреляции, при различных значениях сдвигов между рядами того же индекса и рядами активности  $Pb^{210}$ , выявлены для пунктов Гуаякль, Лима и Анафагаста, хотя в прочих пунктах сила статистических связей между данными процессами не достигает избранного уровня значимости.

Различия представленных на данном рисунке взаимнокорреляционных функций, вероятно, могут являться следствием разнообразием особенностей геологического строения рассматриваемых районов, а вследствие чего реакции на одни и те же внешние воздействия их геологической среды, приводящие к изменению интенсивности выделения в атмосферу  $Rn^{222}$ , могут несколько различаться.

**Заключение.** Выявленные закономерности подтверждают, что существует связь сезонных вариаций активности  $Pb^{210}$  и  $Be^7$  в приземном слое атмосферы в различных регионах всех климатических поясов нашей планеты со специфиче-

скими реакциями их геологической среды на изменения углового момента ее вращения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселёв В.Н.* Неравномерность суточного вращения Земли. – Новосибирск. – 1980. – 160 с.
2. *Манк У.* Вращение Земли. – М.: “Мир”. – 1964. – 384 с.
3. *Афанасьева В.И.* Нерегулярное изменение скорости вращения Земли и солнечная активность. – Геомагнетизм и аэрономия. – т. У1, ЖЗ. – 1966. – С. 611 – 613.
4. *Калинин Ю.Д.* К итогам МГГ. – М.: Изд. АН СССР. – 1960. – № 8. – С. 19.
5. *Парийский Н.Н.* Земные приливы и внутреннее строение Земли. – Изв. АН СССР. Сер. геофиз., №2. – 1963. – С. 193 – 215.
6. *Фридман А.М., Клименко А.В., Поляченко Е.В.* О связи глобальной сейсмической активности Земли с особенностями ее вращения. – Вулканология и сейсмология, №1. – 2005. – С. 67 – 74.
7. *Сидоренков Н.С.* Физика неустойчивостей вращения Земли. – М.: Наука. – 2002. – 320 с.
8. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. – М.: Наука. – 1974. – 342 с.
9. *Батраков Г.Ф.* Радиоактивные изотопы в атмосфере и океане. – Севастополь, НПЦ “ЭКОСИ-Гидрофизика”. – 2012. – 376 с.
10. [http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/for info](http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/for%20info).
11. <http://www.eml.st.dhs.gov/databases/SASP>.
12. [http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?op\\_0=eq&v\\_0=Penticton\\_Observed&t=102827&s=4&d=8&d=22&d=9](http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?op_0=eq&v_0=Penticton_Observed&t=102827&s=4&d=8&d=22&d=9) For NGDC.