

# ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ДЕКАДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

*Н.С. Сидоренков, К.А. Сумерова*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации  
sidorenkov@metcom.ru*

## **1. Постановка вопроса**

Летом 2010 года на Европейской территории России (ЕТР) наблюдалась небывалая по продолжительности и интенсивности катастрофически жаркая погода. Исследования автора [8–10, 15] показали, что жара наступила из-за 35-летнего биения амплитуды годовых колебаний температуры и всех других гидрометеорологических характеристик. Это биение происходит из-за сложения солнечного годового (365,24 сут) и лунного годового (355 сут) циклов.

О 35-летних колебаниях климата писал уже в 1625 г. Френсис Бэкон [12]: «There is a toy which I have heard, and I would not have it given over, but waited upon a little. They say it is observed in the Low Countries (I know not in what part) that every five and thirty years the same kind and suit of years and weathers comes about again; as great frosts, great wet, great droughts, warm winters, summers with little heat, and the like; and they call it the *Prime*. It is a thing I do the rather mention, because, computing backwards, I have found some concurrence».

В 1741 г. академик Г. Крафт, изучив старинные хроники и другие исторические источники, пришел к выводу, что особенно суровые зимы повторяются каждые 33–35 лет [3, 5].

В 1890 г. Эдуард Брикнер переоткрыл многолетнее колебание климата, выражающееся в переходе от холодных и влажных лет к тёплым и сухим на протяжении в среднем 35-летнего периода [13]. Он нашёл, что цикл имеет планетарный характер, и, в частности, установил его в колебаниях уровня Каспийского моря, в ходе осадков, в отступании и надвигании ледников ряда горных систем. С тех пор колебания климата с характерными временами от 25 до 50 лет называют Брикнеровым циклом [3, 5].

В настоящее время в работах специалистов по солнечной активности природу Брикнерова цикла связывают с солнечной активностью, поскольку он почти равен утроенному 11-летнему циклу солнечных пятен [5]. В работах климатологов природа Брикнерова цикла и более долгопериодных (до тысячи лет) изменений климата либо вообще не обсуждается, либо приписывается солнечной активности.

При обсуждении причин жаркого летнего сезона 2010 года, также как и 1972 г., считалось, что жара возникает из-за блокирующих антициклонов. Но это объяснение сводится лишь к жонглированию научными терминами. В самом деле, блокирующий антициклон – это область аномально высокого геопотенциала на верху тропосферы. Геопотенциал же пропорционален средней температуре рассматриваемого слоя атмосферы. Например, для слоя от 1000 до 100 гПа (это нижний, примерно 16-километровый слой атмосферы) его средняя температура в градусах Кельвина равна  $T=14,83 \times H$ , где  $H$  – относительный геопотенциал, выраженный в геопотенциальных километрах. Поэтому утверждение, что жара в приземном слое возникает из-за образования блокирующего антициклона, в переводе с научного на доступный всем язык эквивалентно утверждению, что жара в приземном слое возникает из-за образования жары в тропосфере. Но почему жара возникает в тропосфере и почему она (т. е. блокирующие антициклоны) имеет тенденцию возникать примерно через 35 лет, никто не обсуждает. Поэтому статья ставит целью выяснение причин декадных колебаний климата, включая Брикнеров цикл.

Для достижения этой цели необходимо познакомиться с месячным движением Земли, с лунно-солнечными приливами, с явлением синхронизации вариаций атмосферной циркуляции колебаниями лунно-солнечных приливов.

## 2. Генерация приливов

Земля и Луна обращаются вокруг общего центра тяжести (барицентра) системы Земля–Луна с сидерическим (относительно звезд) периодом 27,3 сут. Земля описывает орбиту, подобную орбите Луны, но размеры ее в 81 раз меньше лунной орбиты. Барицентр всегда располагается внутри Земли на расстоянии примерно 4670 км от её центра [8]. Тело Земли обращается без вращения (поступательно) вокруг «неподвижного» (в системе Земля–Луна) барицентра. В результате такого месячного движения Земли на все земные частицы действует точно такая центробежная сила, как в центре масс Земли. Сумма векторов центробежной силы и силы притяжения Луны называется **приливной силой Луны**. Аналогично определяется приливная сила Солнца.

Величина приливной силы есть функция склонения и геоцентрического расстояния Луны (или Солнца). Амплитуда месячных колебаний склонения Луны изменяется с периодом 18,61 года от 29° до 18° из-за прецессии оси (регрессии узлов) лунной орбиты. Перигей лунной орбиты движется с периодом 8,85 года. Склонение и геоцентрическое расстояние Солнца изменяются с периодом 1 год. Земля вращается вокруг собственной оси с суточным периодом. В итоге амплитуда колебаний лунно-солнечных приливных сил изменяется во времени с периодами: 18,61, 8,85, 6,0, 1, 0,5 года, месячным, полумесячным,

недельным, суточным, полусуточным и многими другими менее значимыми периодами. Все эти периоды колебаний приливной силы действуют на вариации атмосферной циркуляции [7–10, 15]. Механизм этого воздействия еще не совсем ясен. Прямое воздействие кажется маловероятным из-за малости лунно-солнечных приливных сил. Наиболее вероятен механизм вынужденной синхронизации вариаций атмосферной циркуляции колебаниями лунно-солнечных приливов.

### **3. Синхронизация колебаний**

Напомним, что синхронизация колебаний – это согласование частот, фаз и других характеристик сигналов взаимодействующих колебательных систем (осцилляторов). В нашем случае речь пойдет о синхронизации частот вариаций атмосферной циркуляции и частот колебаний лунно-солнечных приливов. Существует два основных типа синхронизации колебаний: взаимный, при котором установившаяся в результате синхронизации частота колебаний близка к среднему значению парциальных частот, и принудительный (или захватывание частоты), при котором частота одного из осцилляторов (синхронизирующего) остаётся неизменной, а частота других подстраивается под неё [2]. Для первого типа синхронизации характерно тесное взаимовлияние систем друг на друга, для второго же – одностороннее влияние синхронизирующего осциллятора на остальные осцилляторы и отсутствие обратной связи.

### **4. Скорость вращения Земли как индекс приливных колебаний**

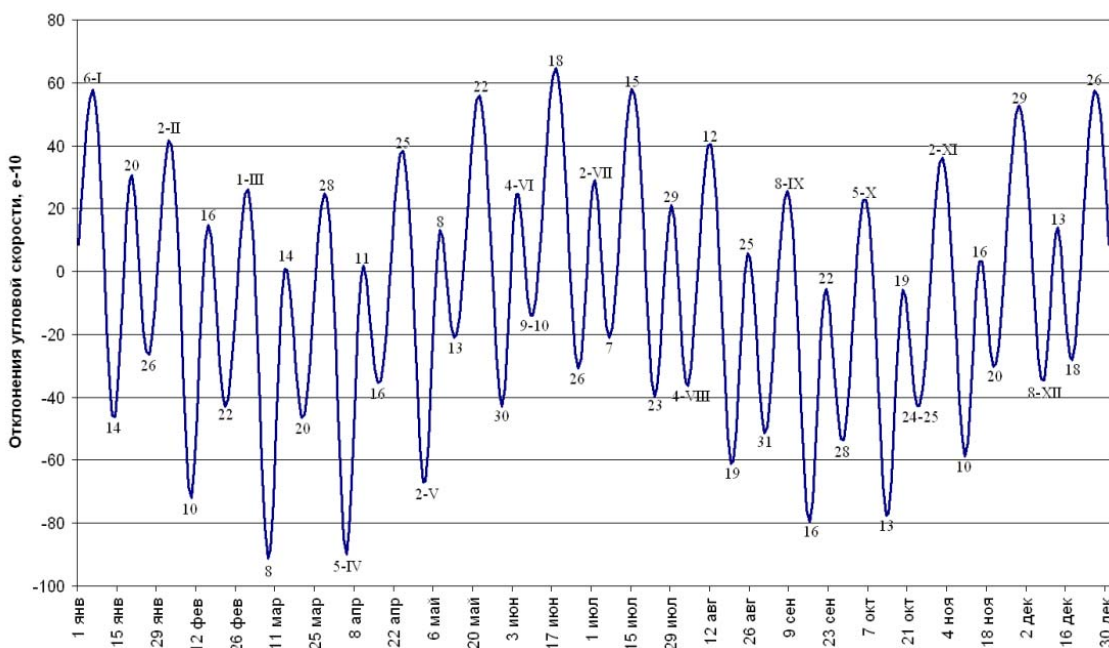
Приливные деформации Земли оказывают заметное влияние на скорость суточного вращения Земли. Напомним, что из-за суточного вращения Земля имеет форму эллипсоида вращения со сжатием  $1/298$ . Приливообразующая сила растягивает Землю вдоль прямой, соединяющей ее центр с центром возмущающего тела – Луны или Солнца. При этом величина сжатия Земли увеличивается, когда ось растяжения совпадает с плоскостью экватора, и уменьшается, когда ось растяжения отклоняется к тропикам. Момент инерции сжатой Земли больше, чем недеформированной шарообразной планеты. А поскольку момент импульса Земли должен оставаться постоянным, то скорость вращения сжатой Земли меньше, чем недеформированной. Ввиду того, что склонения Луны и Солнца, а также расстояния от Земли до Луны и Солнца постоянно меняются, лунно-солнечная приливообразующая сила колеблется во времени. Соответствующим образом меняется сжатие Земли, что в конечном итоге и вызывает приливные колебания скорости вращения Земли.

Теория приливных колебаний скорости вращения Земли основана на теории лунно-солнечного приливного потенциала. В настоящее время для вычисления приливных колебаний скорости вращения Земли в службах времени используются 62 гармоники зонального прилива с периодами от 5 сут до 18,6 г. [8, 15]. Наиболее значительными из них являются колебания с полумесячным, месячным и полугодовым периодами (рис. 1).

Скорость вращения Земли характеризуется относительной величиной  $\nu$ :

$$\nu \equiv \frac{\delta\omega}{\Omega} = \frac{\omega - \Omega}{\Omega} \approx -\frac{\Pi_3 - R}{R} \equiv -\frac{\delta\Pi}{R}, \quad (1)$$

где  $\Pi_3$  – длительность земных суток;  $R$  – длительность стандартных (атомных) суток, равная 86400 с;  $\omega = \frac{2\pi}{\Pi_3}$  и  $\Omega = \frac{2\pi}{86400}$  – угловые скорости, соответствующие земным и стандартным суткам, рад/с [8, 15]. Поскольку величина  $\omega$  изменяется только в девятом–восьмом знаке, то значения  $\nu$  имеют порядок  $10^{-9} - 10^{-8}$ .



**Рис. 1. Приливные колебания скорости вращения Земли  $\nu$  в 2012 г.**

**По оси ординат отложены отклонения угловой скорости в  $10^{-10}$ . Цифрами отмечены даты наступления максимумов и минимумов  $\nu$ .**

Как видно из рис. 1, на котором приведены величины  $\nu$  на 2012 г., на протяжении лунного месяца сменяют друг друга четыре режима вращения Земли неравной продолжительности – два периода ускорения длительностью  $t_1$  и  $t_3$  и два периода замедления длительностью  $t_2$  и  $t_4$ . Смена режимов происходит в среднем через  $t \approx$

$27,3/4 = 6,8$  сут. Однако из-за медленного движения перигея и узлов лунной орбиты этот период варьирует от 5 до 9 суток. Например, в 2012 г. с 2 по 8 мая отмечалось ускорение, с 8 по 13 мая – замедление, с 13 по 22 мая – ускорение и с 22 по 30 мая – замедление, то есть лунный месяц слагался из интервалов  $6+5+9+8$  сут (см. рис. 1). Внутри месяца возможны любые комбинации значений  $t_i$  в диапазоне от 5 до 9 сут. Неизменным здесь остается лишь месячный период 27,3 сут.

Скорость вращения Земли  $\nu$  варьирует преимущественно внутри сидерического месяца (27,3 сут). В течение этого периода времени Луна перемещается из своего крайнего положения в Северном полушарии, когда её положительное склонение максимально, к минимальному отрицательному склонению в Южном полушарии, и затем снова возвращается в Северное полушарие к максимальному склонению. Центр масс Земли (геоцентр) движется подобным образом, но со сдвигом фазы на  $180^\circ$ . При этом скорость вращения Земли испытывает два полумесячных колебания с максимумами при максимальном удалении Луны (геоцентра) от экватора Земли, как в Северное, так и в Южное полушарие, и минимумами при пересечении Луной (геоцентром) экватора. На скорость вращения Земли оказывают влияние и солнечные приливы, изменяющиеся из-за вариаций склонения и геоцентрического расстояния Солнца. Солнечные приливы порождают колебания с полугодовым (182,62 сут) и годовым (365,25 сут) периодами.

## **5. Закономерности вариаций гидрометеорологических величин**

Синоптические процессы развиваются не непрерывно, а скачкообразно. Выделяются однотипные интервалы эволюции, которые Б.П. Мультиановский в 1915 г. назвал естественными синоптическими периодами (е.с.п.). Учение о е.с.п. являлось ключевым в синоптических методах долгосрочных прогнозов погоды, развиваемых до семидесятых годов в СССР С.Т. Пагавой, Г.Я. Вангенгеймом, А.А. Гирсом, Б.Л. Дзердзиевским и др. Природа е.с.п. почти сто лет оставалась неизвестной.

Мониторинг приливных колебаний скорости вращения Земли, эволюции синоптических процессов в атмосфере, режимов атмосферной циркуляции и вариаций гидрометеорологических характеристик во времени показал, что большая часть типов синоптических процессов в атмосфере меняется синхронно с приливными колебаниями вращения Земли. На ретроспективных данных мы проверили, как часто экстремумы  $\nu$  (рис. 1) совпадают с моментами перестроек элементарных синоптических процессов (ЭСП) по типизации Г.Я. Вангенгейма [7]. Статистический анализ показал, что в 76 % случаев моменты экстремумов  $\nu$  совпадают в пределах  $\pm 1$  сут с датами перестроек ЭСП. В 24 %

случаев моменты экстремумов  $\nu$  отличались на два и более дня от ближайших дат перестроек ЭСП [7].

Многолетний мониторинг изменений метеорологических характеристик в Москве с ходом  $\nu$  (подобно рис. 1) отчетливо подтверждает вывод о совпадении погодных вариаций с квазинедельными экстремумами (минимумами или максимумами)  $\nu$ .

Таким образом мы установили, что изменения синоптических процессов в атмосфере синхронизованы с приливными колебаниями скорости вращения Земли. Приливные колебания  $\nu$  обусловлены лунно-солнечными приливами, поэтому естественно предположить, что **естественные синоптические периоды обусловлены колебаниями приливных сил, а их смена связана с изменениями знаков приливных сил, которая происходит через каждые 4–9 дней.** Вариации длительности е.с.п. обусловлены частотной модуляцией приливных сил из-за движения перигея лунной орбиты.

Для проверки этого вывода были вычислены спектры экваториальных компонент момента импульса атмосферы  $h_1$  и  $h_2$ , которые четко показали полное преобладание гармоник лунно-солнечных приливов [8–10, 15]. Более того, когда мы вычислили спектр среднесуточных значений экваториального компонента  $h_2$ , оказалось, что основной максимум спектральной плотности отмечается не на периоде  $P_1$  солнечного года 365 сут, а на периоде лунного года  $P_2 = 355$  сут [10, 15]. Этот факт свидетельствует о доминирующем влиянии лунных приливов на формирование меридиональной циркуляции атмосферы вдоль Атлантического и Тихого океанов (большого круга меридианов  $0^\circ$  и  $180^\circ$ ).

Период  $P_2$  – это период наибольшей автокорреляции временного ряда приливных колебаний  $\nu$  (рис. 1) [10, 15], так как максимум максимумов автокорреляционной функции  $\nu$  отмечается при сдвиге 355 сут (13 сидерических или 12 синодических месяцев) (рис. 2).

Найдены тесные связи между лунно-солнечными приливами и вариациями метеорологических характеристик. Например, когда мы провели спектральный анализ ряда аномалий температуры воздуха в Москве за 1960–2003 гг., то обнаружили хорошо выраженные составляющие с периодами лунного года 355 сут, лунного периода 206 сут, четверти лунного года 87 сут и лунного сидерического месяца 27 сут (рис. 3).

Цикл 206 сут возникает из-за того, что перигей лунной орбиты совершает один оборот за 8,85 года, а перигелий земной орбиты – за 1 год. Перигей встречается с перигелием через каждые 412 сут. Но большие оси лунной и земной орбит становятся коллинеарными через каждые 206 сут. Описанная цикличность взаимных конфигураций двух орбит воздействует на лунные и земные процессы. Например, продолжительность лунного аномалистического месяца (то есть промежутка времени между двумя последовательными прохождением

Луны через перигей) изменяется с этим периодом 206 сут от 28,5 до 24,8 сут [1]. Земля в своем движении вокруг барицентра отражает все движения Луны. Поэтому она имеет такие же вариации скорости месячного обращения вокруг барицентра с периодом 206 сут.

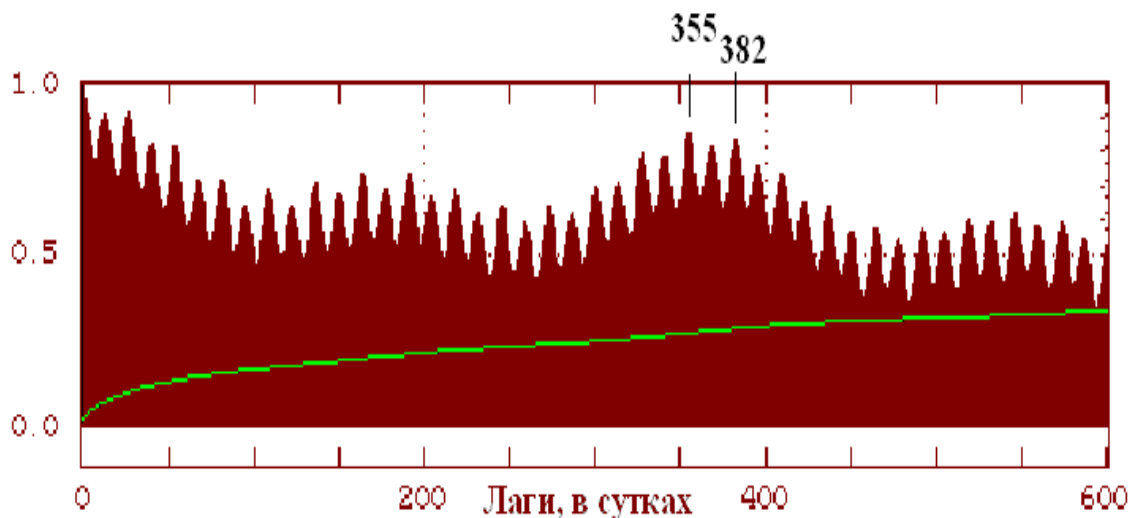


Рис. 2.

Рис 2. Автокорреляционная функция временного ряда  $V$  при сдвиге от 0 до 600 суток.

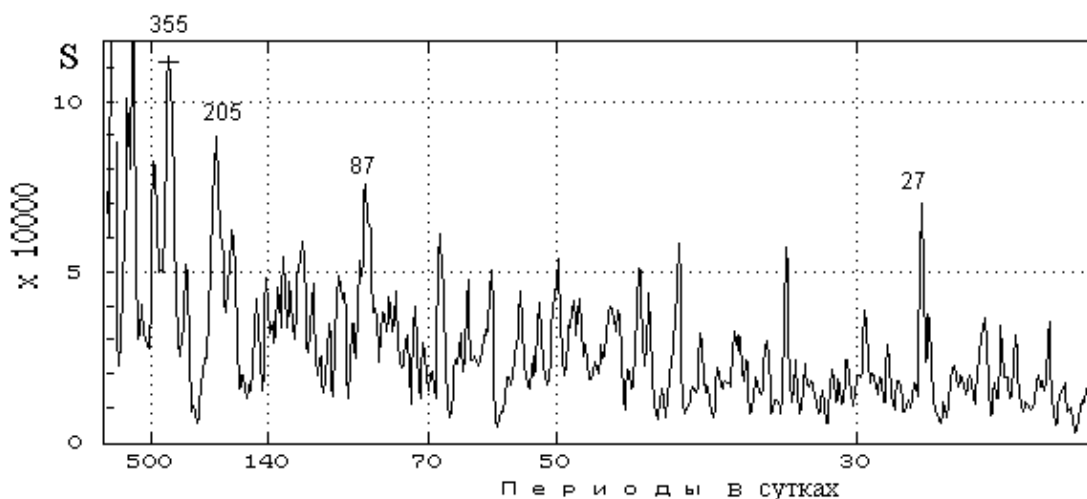


Рис. 3. Спектр аномалий температуры воздуха в Москве. На фоне белого шума выделяются составляющие с периодами 355 сут, 206 сут, 87 сут, и 27 сут.

Естественно, что погода генерируется Солнцем с годовым периодом 365,24 сут. Но установленные выше факты свидетельствуют о наличии другого источника изменений погоды, связанного с лунно-солнечными приливами, а точнее, с месячным обращением Земли вокруг барицентра системы Земля–Луна. Эти геодинамические изменения погоды имеют период 355 суток (13 сидерических или 12 синодических месяцев), который называется лунным годом.

Из-за взаимодействия солнечно обусловленных годовых колебаний гидрометеорологических элементов с лунными циклами возникают биения. **Биения** – это

периодическое изменение амплитуды результирующего колебания. Когда фазы колебаний совпадают, амплитуды суммируемых колебаний складываются, и амплитуда результирующего колебания становится максимальной. Затем фазы колебаний постепенно расходятся, и амплитуда результирующего колебания уменьшается. Минимальной она становится, когда разность фаз достигает  $180^\circ$ , так как тогда амплитуды суммируемых колебаний вычитаются.

Частота биений равна разности частот суммируемых колебаний. При сложении солнечного 365 суточного колебания с лунным 355 суточным колебанием период биений равен 35,2 лет ( $1/355,16 - 1/365,24 = 1/12869$  сут. =  $1/35,2$  лет).

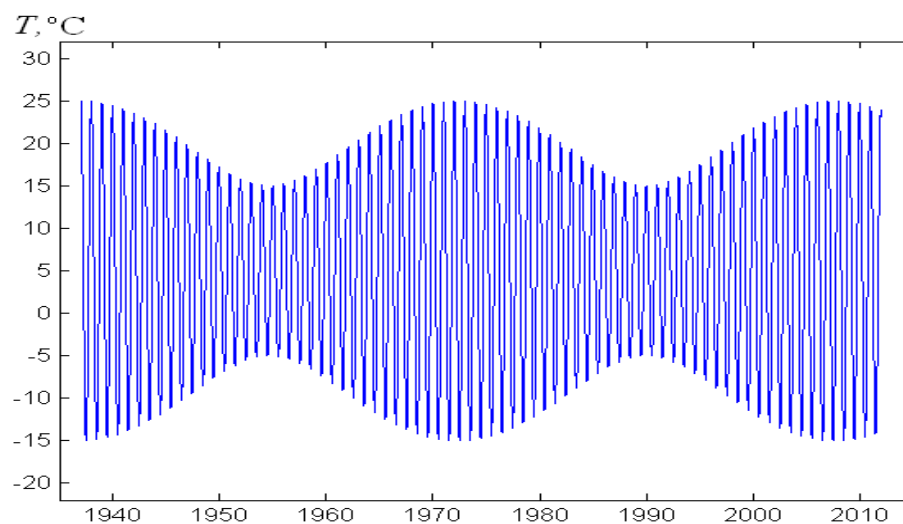
В Москве по климатическим данным среднесуточная температура  $T$  достигает минимума  $-10^\circ$  в январе, а максимума  $+20^\circ$  в июле, то есть амплитуда её солнечного годового (365 сут) колебания равна примерно  $(20^\circ - (-10^\circ))/2 = 15^\circ$ , а среднегодовая температура равна:  $(-10^\circ + 20^\circ)/2 = 5^\circ$ . В 2010 г. среднемесячные аномалии температуры составили в январе  $-6^\circ$ , а в июле  $+8^\circ$  (амплитуда  $7^\circ$ ). В 1972 г. эти аномалии были в январе  $-6^\circ$ , а в июле  $+4^\circ$  (амплитуда  $5^\circ$ ). Основной вклад в эти аномалии вносит лунное 355-суточное колебание. Допустим, что его амплитуда равна  $5^\circ$ . Построим график суммы этих двух колебаний

$$T = 5 + 15 \cos 2\pi t / 365 + 5 \cos 2\pi t / 355,$$

где  $5$  – среднегодовая температура в Москве,  $t$  – время в сутках, отсчитываемое от 1 января 1972 года. Этот момент принят за начальный потому, что в 1972 г. однозначно (без повторений) наблюдалось аномально жаркое лето и холодная зима, то есть фазы солнечного и лунного годовых колебаний совпадали. Рис. 4 изображает результирующее колебание  $T$  с 1937 по 2012 г.

В 1972 г. фазы солнечного (365 сут) и лунного (355 сут) годовых колебаний температуры совпали, поэтому амплитуды этих двух колебаний сложились  $15^\circ + 5^\circ = 20^\circ$ , и амплитуда результирующего колебания  $T$  составила примерно  $20^\circ$ . Поскольку среднегодовая величина  $T$  равна  $5^\circ$ , постольку среднесуточная температура в июле достигала  $25^\circ$ , а в январе опускалась до  $-15^\circ$ . Поэтому лето 1972 г. на ЕТР было аномально жарким, а зима холодной. В последующие годы фазы колебаний  $T$  расходились, и амплитуда результирующего колебания  $T$  постепенно уменьшалась. В 1990 г. разность фаз достигла  $180^\circ$ , и амплитуда уменьшилась до минимума  $15^\circ - 5^\circ = 10^\circ$ . Зимы стали теплыми, а летние сезоны прохладными. С 1991 по 2007 г. фазы колебаний  $T$  сходились, амплитуда постепенно увеличивалась и в 2007 г. она снова достигла максимального значения  $20^\circ$ .





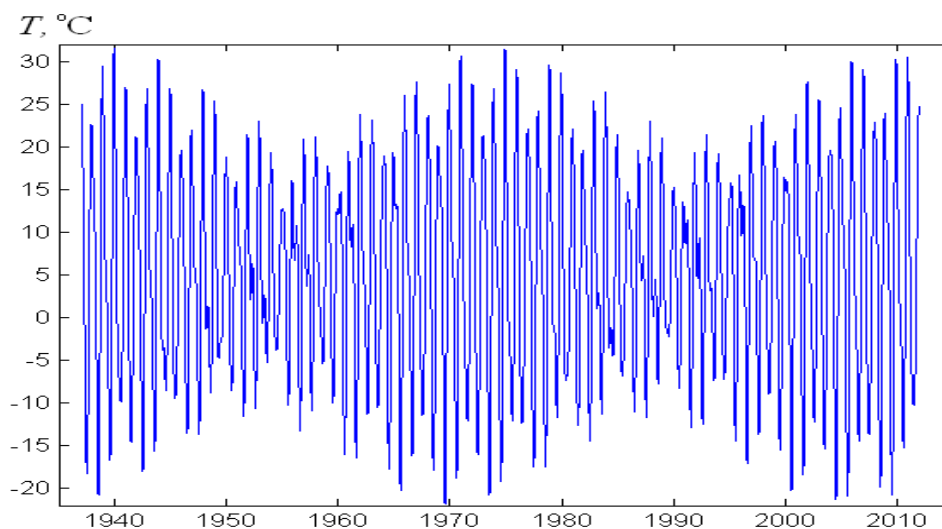
**Рис. 4. Модель биений температуры воздуха  $T$  с двумя гармониками:**

$$T = 5 + 15 \cos 2\pi t / 365 + 5 \cos 2\pi t / 355$$

Мы провели исследования, проанализировали столетние ряды наблюдений температуры воздуха на метеостанциях ЕТР с суточной дискретностью (по данным ВНИИГМИ-МЦД (<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>) и нашли, что холодные зимы и жаркие летние сезоны наблюдались в центре ЕТР в годы близкие к 2002/2010 г., 1972 г., 1936/1938 г. и 1901 г. Найденная последовательность аномально жарких летних сезонов и холодных зим, подтверждает существование квази 35-летних биений температуры воздуха. Однако возникает вопрос, почему амплитуда годовых колебаний флуктуирует от года к году.

В спектре колебаний температуры имеется большой пик на периоде – 206 сут. Семь этих периодов примерно кратны четырем солнечным годам. Это может привести к возникновению четырехлетней цикличности. Кроме того, 206 сут. период взаимодействует с полугодовым солнечным периодом 182,6 сут, в результате возникают биения с периодом 4,4 года ( $1/182,6 - 1/206 = 1/1614 \text{ сут} = 1/4,4 \text{ г.}$ ). Из-за таких биений 35-летний цикл изменения амплитуды годового колебания температуры сильно затушевывается. Это видно на (рис. 5), где представлена модель  $T$  с четырьмя гармониками:

$$T = 5 + 15 \cos 2\pi t / 365 + 5 \cos 2\pi t / 355 - 4 \sin 2\pi t / 182.6 + 5 \sin 2\pi t / 206.$$



**Рис. 5. Модель биений температуры воздуха  $T$  с четырьмя гармониками:**

$$T = 5 + 15 \cos 2\pi / 365 + 5 \cos 2\pi / 355 - 4 \sin 2\pi / 182.6 + 5 \sin 2\pi / 206 .$$

В этом случае вместо постепенного изменения амплитуды  $T$  (рис. 4) наблюдается разброс лет с жаркими и холодными сезонами. Так, наряду с 1972 г., умеренно жаркие летние сезоны были также в 1975 г, 1979 г., 1981 г., а холодные зимы наблюдалась в 1969 г., 1972 г., 1976 г. и 1978/79 г. При приближении нового момента совпадения фаз около 2007 г. снова участились жаркие и засушливые летние сезоны (2002 г., 2007 г., 2010 г., 2011 г.) и холодные зимы (2002 г., 2006 г., 2010–2012 гг.). На первый взгляд может создаться впечатление, что экстремумы  $T$  на рис. 5 меняются не периодически, а случайным образом. Так возникают «двойники» типа экстремумов в 1936 г. и 1938 г., вместо 1937 г, и в 2002 г. и 2010 г., вместо 2007 г.

Итак, при сближении фаз солнечного и лунного годовых колебаний  $T$  результирующая амплитуда  $T$  увеличивается, а при расхождении фаз – уменьшается. Из-за такого хода температуры в тридцатые, семидесятые годы XX века и в первое десятилетие XXI века на ЕТР часто отмечались холодные зимы и жаркие летние сезоны (склонность к континентальному климату), а в пятидесятые и девяностые годы XX века серьезные морозы и жаркие летние сезоны происходили реже обычного (склонность к морскому климату).

## **6. Механизм формирования декадных колебаний климата**

Поскольку изменения погоды синхронизованы с приливными колебаниями скорости вращения Земли (раздел 5), то вариации всех метеоэлементов, включая количество облачности, должны зависеть от амплитуды и фазы лунно-солнечного прилива в месте наблюдения. Изменения количества облачности оказывают существенное влияние на радиационный баланс и формирование климатического режима местности.

При ясной погоде днем атмосфера разогревается солнечной радиацией, а ночью выхолаживается за счет инфракрасного излучения. Летом день длится существенно дольше ночи, максимальна и полуденная высота Солнца над горизонтом. Поэтому летом при ясной погоде атмосфера ото дня ко дню разогревается солнечной радиацией, и в итоге наблюдаются положительные аномалии температуры. Зимой день короткий, ночь длится очень долго, а полуденная высота Солнца над горизонтом минимальна. Поэтому зимой при ясной погоде атмосфера ото дня ко дню выхолаживается за счет инфракрасного излучения и, как следствие, наблюдаются отрицательные аномалии температуры.

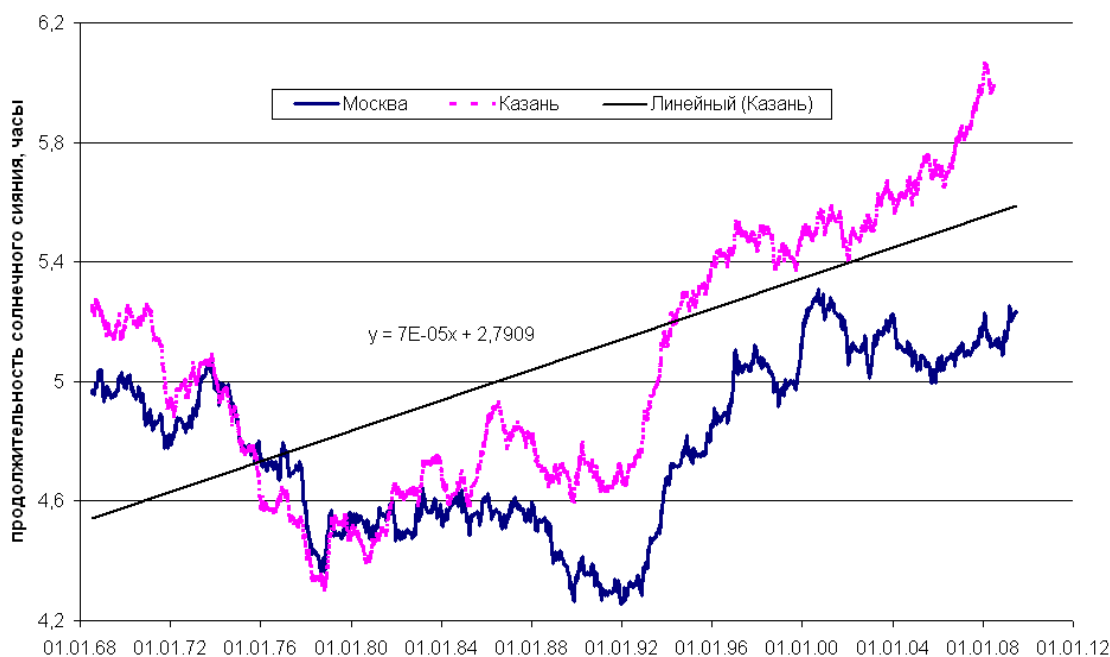
Итак, при отрицательной аномалии облачности в течение года лето должно быть жарким, а зима – холодной. Как отмечалось выше, такие аномалии температуры наблюдались в годы близкие к 2010 г., 1972 г., 1936/1938 г. и 1901 г. Значит, в интервалы времени близкие к этой последовательности лет должны наблюдаться отрицательные аномалии количества облачности.

При облачной погоде значительно уменьшается поступление солнечной радиации днем, но зато ночью существенно сокращаются потери тепла за счет инфракрасного излучения. Поэтому при облачной погоде знаки аномалий температуры воздуха изменяются на обратные: летом преобладают отрицательные аномалии, а зимой – положительные. Итак, при положительной аномалии облачности в течение года лето должно быть прохладным, а зима – теплой. Такие условия наблюдались в годы близкие к 1990, 1956 и 1919 г. Значит, в интервалы времени близкие к этой последовательности лет должны наблюдаться положительные аномалии количества облачности.

Проверить реальность изложенного выше механизма формирования биений годовых колебаний  $T$  помогли заведующие метеорологической обсерватории МГУ А.А. Исаев и Е.И. Незваль и главные научные сотрудники ВНИИГМИ-МЦД А.И. Неушкин и Б.Г. Шерстюков. Они подготовили ряды среднесуточного количества общей облачности в Москве с 1936 г. по 2010 г.; ряды сумм продолжительности солнечного сияния за каждый месяц с 1955 г. по 1990 г. по станции ВВЦ и за каждый день с 1966 по 2010 г. по наблюдениям обсерватории МГУ. В итоге был получен ряд месячных сумм продолжительности солнечного сияния в Москве с 1955 г. по 2010 г. Зав. кафедрой Казанского федерального университета Ю.П. Переведенцев подготовил ряд продолжительности солнечного сияния за каждый день с 1966 по 2010 г. в Казани [11].

Количество общей облачности и особенно продолжительность солнечного сияния имеют ярко выраженный годовой ход. Чтобы отфильтровать его и выделить многолетние составляющие мы вычислили скользящие средние за год, а также за пять лет суточные значения этих характеристик с 1966 г. по 2010 г. На рис. 6 приведены только

продолжительности солнечного сияния (ПСС) поскольку они измеряются по записям гелиографов, которые дают более объективную оценку количества облачности на небе за день [11].

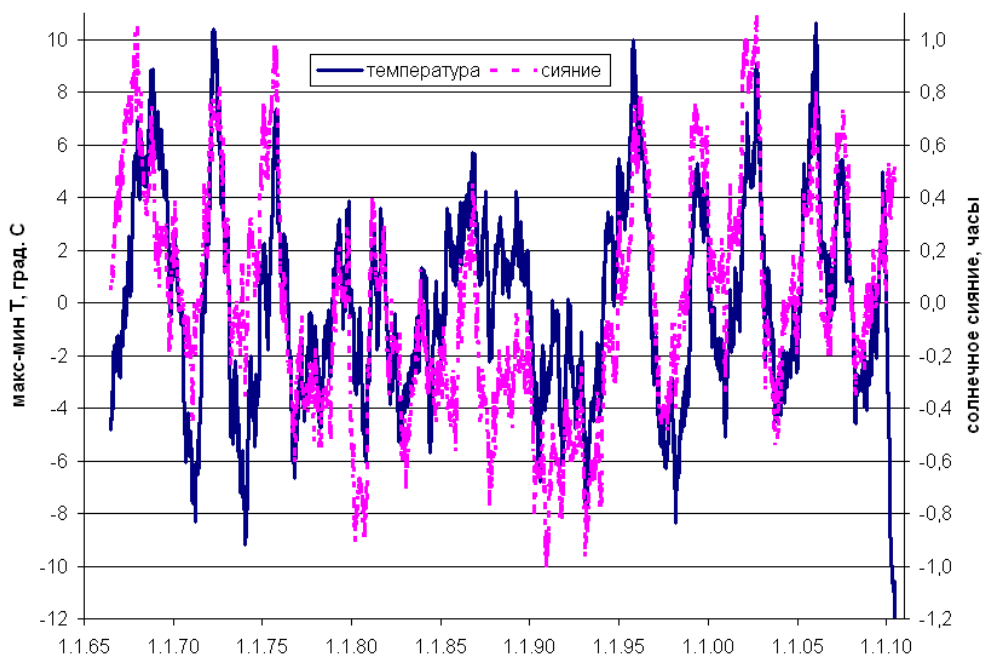


**Рис. 6. Скользящие пятилетние средние продолжительности солнечного сияния за день в Москве и в Казани.**

Средняя за 45 лет ПСС в Москве составляет 4,8 ч в день. Проявляется положительный линейный тренд (примерно 0,25 ч за 54 года). На рис. 6 видно, что положительные аномалии ПСС преобладали с 1963 по 1975 г. и с 1995 по 2011 г., отрицательные аномалии наблюдались с 1956 по 1962 г. и с 1976 по 1994 г. Такой ход свидетельствует о существовании генерируемого Луной 35-летних циклов ПСС и количества облачности. Максимальная ПСС (5,9 ч) отмечалась в 2002 г., а минимальная около 3,9 ч – в 1990 г. и 1993 г. В годы с жаркими летними сезонами и холодными зимами средняя ПСС за день была примерно на 1,5 ч (31 %) больше, чем в годы с прохладными летними сезонами и теплыми зимами. Еще больший размах (от 3,7 до 6,8 ч) аналогичного колебания наблюдается в Казани.

Для более убедительного доказательства зависимости изменений амплитуды годовых колебаний температуры от вариаций продолжительности солнечного сияния мы подготовили ряд разности максимальной и минимальной температуры в Москве для каждых суток с 1966 по 2011 г., вычислили их скользящие среднегодовые значения и провели сравнительный анализ со скользящими среднегодовыми значениями продолжительности солнечного сияния в Москве (рис. 7). Линейный тренд исключен из хода обеих кривых.

На рис. 7 видно, что ПСС тесно коррелирует с ходом годовой амплитуды температуры воздуха (коэффициент корреляции  $r = 0.65$ ). Изменения годовой амплитуды температуры  $T$  определяются вариациями ПСС, а точнее, количества притекающей солнечной радиации. Приращение ПСС на 1 час приводит к увеличению разности  $T$  на  $1^\circ$ .

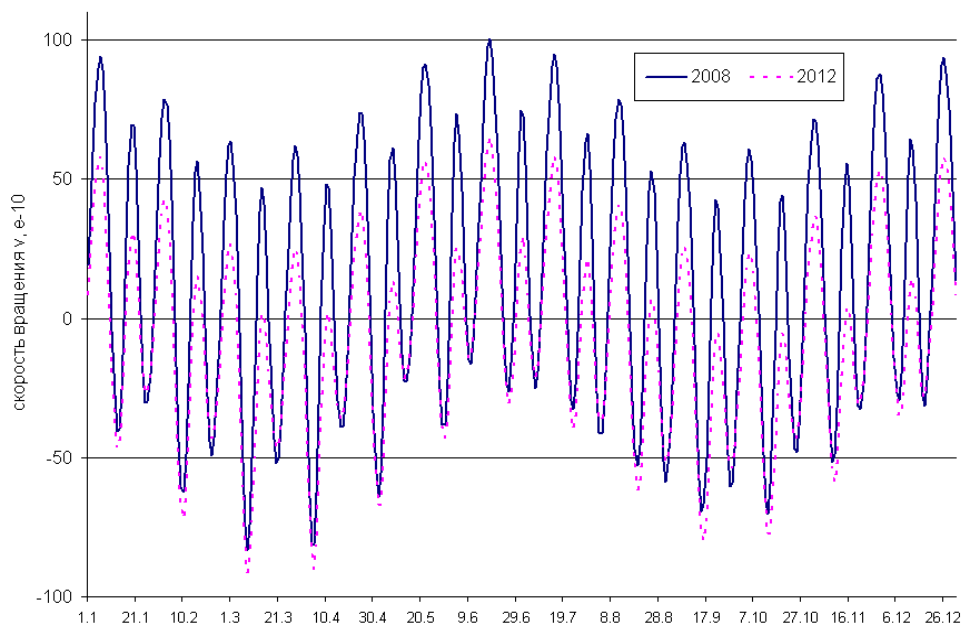


**Рис. 7. Синхронный ход скользящих среднегодовых значений продолжительности солнечного сияния и разности максимальной и минимальной температуры воздуха  $T$  в Москве с 1966 по 2011 год.**

Помимо квази 35 летней волны на рис. 7 видны также большие квази-четырёхлетние флуктуации ПСС и  $T$ . Они возникают из-за того, что кривые приливных колебаний скорости вращения Земли и даты экстремумов на них почти повторяются через четыре года (рис. 8). Эту закономерность в ходе  $V$  впервые заметила Н.С. Шаповалова. То есть через четыре года почти повторяется последовательность конфигураций во взаимных положениях Земли, Луны, Солнца, больших осей их орбит (линий апсид). Продолжительность семи периодов 206 сут примерно кратны длительности четырех солнечных лет. Наличие квази-четырёхлетних флуктуаций ПСС и  $T$  на рис. 7 является неоспоримым свидетельством связи изменений погоды в Москве с ходом приливных колебаний скорости вращения Земли.

Прямые актинометрические наблюдения полностью подтверждают существование кази 35-летних колебаний притока солнечной радиации в масштабах территории Российской Федерации. По этим данным [4] в 1961–1975 гг. на всей территории России отмечались положительные аномалии приходящей солнечной радиации. В конце 80-х – начале 90-х годов 20 века повсеместно отмечается пониженное поступление солнечной радиации. В

последние пять лет 20 столетия и в начале 21 века происходит возврат к положительным аномалиям приходящей солнечной радиации.



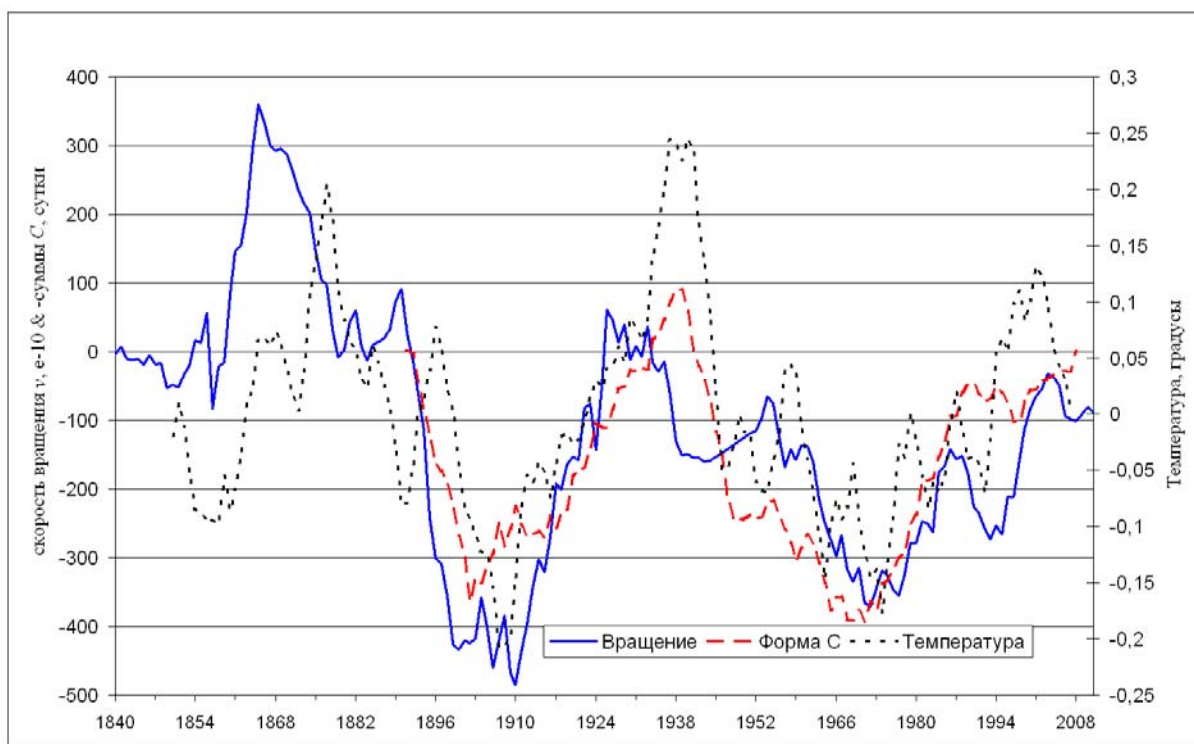
**Рис. 8. Приливные колебания скорости вращения Земли  $V$  в 2008 и в 2012 гг. Видно хорошее совпадение обеих кривых по фазе.**

Таким образом, ход облачности, продолжительности солнечного сияния, притока солнечной радиации и изменения годовой амплитуды температуры воздуха подтверждают предположение о том, что взаимодействие гравитационных лунно-солнечных приливов с радиационными условиями в атмосфере (из-за изменения количества облачности) создает квази 35-летние колебания локального климата от континентального (с жарким летом и холодной зимой) до морского (с прохладным летом и теплой зимой).

Кази 35-летние изменения облачности приводят к колебаниям радиационного баланса земных регионов. Амплитуда этих колебаний очень быстро возрастает с увеличением широты, так как продолжительность дня (летом) и ночи (зимой) быстро увеличивается с ростом широты и на полюсах достигает полгода. Когда в полярных областях преобладает ясная погода, то там она приводит летом к притоку аномально большого количества тепла от Солнца, а зимой к столь же большой потере тепла. В таких случаях происходят радикальные возмущения межполушарной циркуляции, приводящие к большим аномалиям обмена массой воздуха, тепла, водяного пара и загрязнений между Северным и Южным полушариями [8, 15]. Мы не имеем прямых данных об этих аномалиях. Но на их существование указывают следующие косвенные факты.

Жаркие летние сезоны и холодные зимы в европейской части России наблюдались в годы, близкие к 2002/2010 г., 1972 г., 1936/1938 г. и 1901 г. Именно вблизи этих лет

наблюдались изменения декадных тенденций в ходе аномалий глобальной температуры  $T$  по данным центра HadCRUT3 (рис. 9), смена эпох атмосферной циркуляции, интенсивности индийского муссона, массы ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии, режимов скорости вращения Земли [8, 15].



**Рис. 9. Скорость вращения Земли  $v$ , накопленные суммы аномалий формы циркуляции Г.Я. Вангенгейма  $C$  с обратным знаком и скользящие средние за пять лет глобальные аномалии  $T$ .**

На рис. 9 видно, что в периоды ускорения вращения Земли температура увеличивается, а в периоды замедления вращения – уменьшается. Ход кривой скорости вращения Земли коррелирует с изменениями  $T$  с коэффициентом корреляции  $r = 0,67$ , и накопленных сумм атмосферной циркуляции  $C$  ( $r = -0.70$ ). В 2003 году наблюдались максимумы в изменении  $v$  и в ходе  $T$ . Как было предсказано в [8], с 2004 г. наступила новая 35 летняя эпоха атмосферной циркуляции, вращение Земли  $v$  стало замедляться, а температура  $T$  понижаться. Эта эпоха может продлиться примерно до 2039 г.

Декадные изменения климата приводят к колебаниям массы ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии. Из-за этого изменяется тензор момента инерции Земли и, как следствие, вектор угловой скорости вращения Земли [8, 15].

По данным наблюдений в Москве и Казани за полстолетия выявляется не только квази 35-летнее колебание, но и положительный линейный тренд ПСС. Так что наблюдающееся на

ЕТР с 1972 г. более быстрое, чем ранее, потепление, возможно, в какой-то степени тоже связано с увеличением продолжительности солнечного сияния.

Бытует мнение, что эффекты гравитационных приливов должны быть однозначными на глобальных пространственных масштабах. Наш многолетний опыт свидетельствует о том, что в моменты экстремумов приливных сил в оболочках Земли действительно почти везде наблюдаются изменения, но знаки и фазы этих изменений везде различные. Подобно тому, как в Мировом океане каждый порт имеет свой индивидуальный приливной час для вычисления максимального прилива, так и в атмосфере проявление лунно-солнечных приливов имеет локальный характер. Происходит это потому, что приливные волны, которых в современных разложениях приливного потенциала выделяют уже до 28000, двигаясь в атмосфере, отражаются от орографических препятствий, барических и термических неоднородностей, интерферируют между собой, создавая пеструю интерференционную картину. Судя по результатам изучения океанских приливов, в атмосфере могут существовать узловые амфидромические точки (точки, в которых высота прилива в любой момент времени равна нулю), где приливные колебания отсутствуют, и пучности, где приливы усиливаются в десятки раз.

Некоторое подтверждение этому выводу служат построенные в [14] средние за период 1948–2010 гг. композитные поля: разности высоты геопотенциала поверхности 300 гПа в дни минимального и в следующие через примерно две недели дни максимального склонения Луны, а также разности высоты геопотенциала 300 гПа в дни максимального и в следующие через примерно две недели дни минимального склонения Луны. Они показывают, что при смещении Луны из Южного полушария в Северное возникают гребни над Чукоткой, Исландией и Западной Европой, Уралом и Таймыром. При этом на северо-востоке Канады и Ньюфаундленда, в Поволжье и Беринговом море возникают ложбины. При возвращении Луны из Северного полушария в Южное локализация гребней и ложбин меняется почти на противоположную. Эффект склонения Луны, почти не заметный в низких широтах, быстро усиливается по мере приближения к полюсам.

### **Выводы**

Погода генерируется Солнцем с годовым периодом 365,24 сут. С другой стороны, изменения погоды синхронизируются лунно-солнечными приливами с периодом лунного года 355 суток. Сложение этих двух колебаний порождает 35-летнее биение метеоэлементов: температуры, давления, облачности и т. д. В результате этих квази 35-летних биений климат на ЕТР становится то континентальным с преобладанием холодных зим и жарких летних сезонов (как в периоды с 1963 по 1975 г. и с 1995 по 2011 г.), то морским с частыми теплыми



зимами и прохладными летними сезонами (как в периоды с 1956 по 1962 г. и с 1976 по 1994 г.).

Квази 35-летние изменения облачности приводят к колебаниям радиационного баланса земных регионов. Амплитуда этих колебаний увеличивается с ростом широты и становится особенно большой в полярных областях, где день (летом) и ночь (зимой) могут длиться полгода. Большие колебания теплового режима полярных областей порождают радикальные возмущения межполушарной циркуляции, приводящие к большим аномалиям обмена массой воздуха, тепла, водяного пара и загрязнений между северным и южным полушариями. Из-за этого возникают эпохи атмосферной циркуляции, декадные вариации интенсивности индийского муссона, изменения массы ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии, приводящие к декадным вариациям параметров вращения Земли.

Авторы благодарят А.И. Неушкина, Б.Г. Шерстюкова, Ю.П. Переведенцева, К.А., Шарипову, Е.И. Незваль и Е.В. Горбаренко за предоставленные ряды наблюдений количества облачности и продолжительности солнечного сияния в Москве и Казани.

#### Список использованных источников

1. *Авсюк Ю.Н., Суворова И.И.* Изменение широт и вынужденные перемещения твердого ядра Земли // Сборник научно-популярных статей – победителей конкурса РФФИ 2007 года. Выпуск 11. – М.: Изд. «Октопус», 2008. – С. 221–229.
2. *Блехман И.И.* Синхронизация в природе и технике. – М.: Наука, Физмат лит, 1981.
3. *Борисенков Е.П., Пасецкий В.М.* Экстремальные природные явления в русских летописях XI - XVII . – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 год. – М.: Росгидромет, 2011 г.
5. *Зигель Ф.* Виновато Солнце.– М.: ДЛ., 1972. – 192 с.
6. *Крафт Г.* Подлинное и обстоятельное описание построенного в С.-Петербурге в 1740 г. Ледяного дома и о бывшей во всей Европе жестокой стуже, сочиненное для охотников до натуральной науки ([http://memoirs.ru/texts/Kraft\\_1741.htm](http://memoirs.ru/texts/Kraft_1741.htm)).
7. *Сидоренков Н.С.* Приливные колебания атмосферной циркуляции // Труды Гидрометцентра России. – 2000. – Вып. 331. – С. 49-63.
8. *Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 366 с.
9. *Сидоренков Н.С.* Лунно-солнечные приливы и атмосферные процессы // Природа. – 2008. – № 2. – С. 23–31.

10. Сидоренков Н.С., Сумерова К.А. Геодинамика и гидрометеорологические прогнозы // 80 лет Гидрометцентру России. – М.: ТРИАДА ЛТД, 2010. – С. 254–263.

11. Сидоренков Н.С., Переведенцев Ю.П., Горбаренко Е.В., Неушкин А.И., Сумерова К.А., Шарипова М.М., Шерстюков Б.Г. Брикнеров цикл в изменении облачности и продолжительности солнечного сияния в Москве и Казани // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 347. – С. 35–43.

12. Francis Bacon. (1561–1626). Essays, Civil and Moral. LVIII Of Vicissitude of Things (<http://www.bartleby.com/3/1/58.html>)

13. Brckner E. Klimaschwankungen seit 1700 nebst Beobachtungen ber die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. – Wien und Olmtz: E. Hlzel; 1890. – 324 p

14. Krahenbuhl, D.S., Pace M.B., Cerveny R.S., Balling R Jr. Monthly lunar declination extremes' influence on tropospheric circulation patterns // J. Geophys. Res. – 2011. – V. 116. – D23121. – doi:10.1029/2011JD016598.

15. Sidorenkov N.S. The interaction between Earth's rotation and geophysical processes. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009. – 317 p.

*Поступила в редакцию 25.08.2012 г.*

**Геодинамические причины декадных изменений климата** / Сидоренков Н.С., Сумерова К.А // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 348. – С. 195–214.

Погода генерируется Солнцем с годовым периодом 365,24 сут. С другой стороны, изменения погоды синхронизируются лунно-солнечными приливами с периодом лунного года 355 суток. Сложение этих двух колебаний порождает 35-летнее биение метеоэлементов: температуры, давления, облачности и т. д. В результате этих квази 35-летних биений климат становится то континентальным, с преобладанием холодных зим и жарких летних сезонов, то морским, с частыми теплыми зимами и прохладными летними сезонами.

Квази 35-летние изменения облачности приводят к колебаниям радиационного баланса земных регионов. Амплитуда этих колебаний увеличивается с ростом широты и становится особенно большой в полярных областях, где день (летом) и ночь (зимой) могут длиться полгода. Большие колебания теплового режима полярных областей порождают радикальные возмущения межполушарной циркуляции, приводящие к большим аномалиям обмена массой воздуха, тепла, водяного пара и загрязнений между Северным и Южным полушариями. Из-за этого возникают эпохи атмосферной циркуляции, декадные вариации интенсивности индийского муссона, изменения массы ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии, приводящие к декадным вариациям параметров вращения Земли.

*Ключевые слова:* лунно-солнечные приливы, вращение Земли, синхронизация колебаний, биения колебаний, количество облачности, продолжительность солнечного сияния, многолетние и декадные колебания климата

**The geodynamic reasons of decade changes of climate / Sidorenkov N.S., Sumerova K.A.**

// Proceedings of Hydrometcentre of Russia. – 2012. – Vol. 348. – P. 195–214.

Weather is generated by the Sun with the annual period (365.24 days). On the other hand, the changes of weather are synchronized by the lunisolar tides with the period of the lunar year of 355 day. The composition of these two fluctuations generates the 35-year beats of the air temperature, pressure, cloud amount, etc. As a result of these quasi 35-year beats the climate becomes either continental (with the prevalence of cold winters and hot summers, or marine (with frequent warm winters and cool summers).

The quasi 35-year changes of the cloud amount lead to fluctuations of the radiation balance. The amplitude of these fluctuations increases with the growth of latitude and becomes especially high in polar areas where the day (summer) and the night (winter) can last half a year. Considerable fluctuations of the thermal regime of polar areas generate radical disturbances of the interhemisphere circulation which lead to greater anomalies of the exchange of the air masses, heat, water vapour and pollution between the northern and southern hemispheres. These processes are responsible for the epochs of the atmospheric circulation, the decade variations in the intensity of the Indian monsoon, changes of the ice masses in Antarctica and Greenland which lead to the decade variations in the parameters of the Earth's rotation.

*Keywords:* lunisolar tides, rotation of the Earth, synchronization of oscillations, beats of oscillations, Brückner cycle, cloud amount, amount of sunshine, long-term and decade climate change.

Fig. 9. Ref. 15.