

Опубликовано:

**Физические проблемы экологии (экологическая физика):** Сборник научных трудов. Под ред. В.И. Трухина, Ю.А. Пирогова, К.В. Показеева. – Москва, МАКС Пресс, 2011, № 17, С. 392–407.

## АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ АНОМАЛЬНО ЖАРКИХ ЛЕТНИХ СЕЗОНОВ

Н.С. Сидоренков

Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации

Т.С. Жигайло

Одесский государственный экологический университет

В статье приведено обоснование эмпирически установленного факта синхронизации естественных синоптических периодов в Первом (Европейском) естественном синоптическом районе с колебаниями лунно-солнечных приливов. Синхронизирующие колебания лунно-солнечных приливов принудительно заставляют атмосферную циркуляцию подстраиваться под их частоту. Влияние лунно-солнечных приливов на облачность и радиационные условия в атмосфере и океане, по-видимому, является основным механизмом такой вынужденной синхронизации. Приведены свидетельства значительного вклада лунных приливов в генерирование изменчивости меридиональных ветров и аномалий температуры воздуха.

Изменчивость приливных сил имеет четко выраженный 18,6 летний период. Частота опасных гидрометеорологических явлений на имеющемся с 1993 г. ряде Росгидромета тоже проявляет изменение с этим периодом, что тоже свидетельствует о синхронизации погодных явлений с приливами.

В результате взаимодействия солнечно обусловленных годовых колебаний гидрометеорологических элементов с многочисленными лунными циклическими колебаниями возникают биения. Основной 35 летний период биений температуры воздуха возникает из-за сложения колебаний температуры с периодами солнечного (365 сут) и лунного (355 суток) года. Изменения амплитуды температуры составляют около 35%. Катастрофически жаркое лето и холодная зима 2010 в европейской части России является ярким примером биений гидрометеорологических элементов. Похожие аномально жаркие летние сезоны были в 1972, 1938/1936, и 1901 годах. Но такой устойчивой жары как 2010 г. никогда не наблюдалось.

### 1. Введение

Летом 2010 г. в европейской части России наблюдалась чрезвычайно жаркая погода. На территории столичного региона максимальная температура воздуха в отдельные дни достигала 38-39 градусов. Были превышены многие суточные и абсолютные максимумы температуры. Всего за три месяца в Москве было зафиксировано 22 случая с рекордно высокой температурой. Аномальная жара продолжалась в московском регионе более 50 дней. Еще более жаркая погода наблюдалась в Поволжье и Центрально черноземных областях. Жара способствовала возникновению лесных и болотных пожаров. Она нанесла существенный ущерб природе, животному миру, населению и хозяйству в европейской части России.

В настоящее время эту небывалую жару связывают с глобальным потеплением климата, придумываются всевозможные «страшилки», строятся устрашающие сценарии последствий глобального потепления. Однако, в действительности, как мы покажем ниже, аномальная жара в 2010 г. была вызвана явлением **биения** колебаний. Фазы солнечного годового колебания температуры совпали с фазами основных лунных циклических колебаний температуры, произошло сложение их амплитуд. В итоге результирующая амплитуда годовых колебаний температуры воздуха оказалась катастрофически большой.

Чтобы понять все это, необходимо познакомиться с лунно-солнечными приливами, с явлением синхронизации вариаций атмосферной циркуляции колебаниями лунно-солнечных приливов. Необходимо вспомнить основные лунные циклы и проанализировать спектральную структуру колебаний температуры.

## 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, которая является зеркальным отображением орбиты Луны, но размеры ее в 81 раз меньше лунной орбиты. Барицентр всегда располагается внутри Земли, на расстоянии примерно 4670 км от её центра (Сидоренков, 2002). Тело Земли обращается без вращения (поступательно) вокруг «неподвижного» (в системе Земля-Луна) барицентра. В результате такого 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 г. от  $29^\circ$  до  $18^\circ$ , из-за прецессии оси (регрессии узлов) лунной орбиты. Перигей лунной орбиты движется с периодом 8,85 г. 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 г., 8,85 г., 6,0 г., 1 г., 0,5 г., месячным, полумесячным, недельным, суточным, полусуточным и многими другими менее значимыми периодами. Все эти периоды колебаний приливной силы действуют на вариации атмосферной циркуляции (Сидоренков, 2002; Сидоренков, Сумерова, 2010а; Sidorenkov, 2009). Механизм этого воздействия еще не выяснен. Прямое воздействие кажется маловероятным из-за малости лунно-солнечных приливных сил. Наиболее вероятен, по нашему мнению, 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 (ВАЦ) и частот колебаний лунно-солнечных приливов (КЛСП). 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 (называемого синхронизирующим) остаётся неизменной, а частота других подстраивается под неё (Блехман, 1981). 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.

В нашем случае частоты ВАЦ подстраиваются под синхронизирующие частоты КЛСП. Синхронизация частот свойственна генераторам не только периодических, но и стохастических автоколебаний. Рассмотрим какую-либо бистабильную систему с двумя стабильными состояниями, обладающую к тому же диссипацией энергии. Под влиянием достаточного внешнего воздействия система сможет перейти в другое состояние. Если достаточное внешнее воздействие периодическое, то система также будет периодически переходить из одного состояния в другое. Но недостаточное (подпороговое) воздействие не вызовет отклика другой системы.

Если внешнее воздействие беспорядочно (шум), то система (например, ВАЦ) хаотически «блуждает» и спустя некоторое время, средняя величина которого зависит от мощности шума, сможет перескочить из одного состояния в другое. Динамика таких скачков будет беспорядочной.

Рассмотрим теперь суммарный эффект подпорогового периодического и хаотического воздействий. Само по себе подпороговое периодическое воздействие не сможет перебросить систему в другое состояние, однако шум помогает этому, подводя воздействие к «критическому» состоянию. В результате в отклике другой системы проявляется периодичность, как раз определяемая слабым периодическим воздействием. Эмпирически установлено, что оптимальной (приводящей к максимальному отношению сигнала к шуму) является такая мощность шума, при которой характерное время жизни системы в одном состоянии равно половине периода периодического возмущения. Слишком сильный или слишком слабый шум приводят к меньшей чувствительности другой системы к слабому периодическому воздействию (<http://ru.science.wikia.com/wiki>).

#### 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 суток до 18.6 года (Сидоренков, 2002). Наиболее значительными из них являются колебания с полумесячным, месячным и полугодовым периодами (рис. 1).

Скорость вращения Земли характеризуется относительной величиной:

$$\nu \equiv \frac{\delta\omega}{\Omega} = \frac{\omega - \Omega}{\Omega} \approx -\frac{P_3 - T}{T} \equiv -\frac{\delta P}{T}, \quad (1)$$

где  $P_3$  - длительность земных суток;  $T$  - длительность стандартных (атомных или

эфемеридных) суток, которая равна 86400 с;  $\omega = \frac{2\pi}{P_3}$  и  $\Omega = \frac{2\pi}{86400}$  рад/с - угловые

скорости, соответствующие земным и стандартным суткам (Сидоренков, 2002). Поскольку величина  $\omega$  изменяется только в девятом-восьмом знаке, то значения  $\nu$  имеют порядок  $10^{-9} - 10^{-8}$ .

Как видно из рис. 1 на протяжении лунного месяца сменяют друг друга четыре режима вращения Земли неравной продолжительности – два периода ускорения длительностью  $m_1$  и  $m_3$  и два периода замедления длительностью  $m_2$  и  $m_4$ . Смена режимов происходит в среднем через  $m \approx 27,3/4 = 6,8$  сут. Однако из-за медленного движения перигея и узлов лунной орбиты этот период варьирует от 5 до 8 дней: Например, в 2010 г. с 4 по 12 апреля отмечалось замедление, с 12 по 18 апреля – ускорение, с 18 по 25 апреля – замедление и с 25 апреля по 1 мая – ускорение, то есть лунный месяц сложился из интервалов 8+6+7+6 сут (см. рис. 1). Внутри месяца возможны любые комбинации значений  $m_i$  в диапазоне от 5 до 8 сут. Неизменным здесь остается лишь месячный период 27,3 сут.

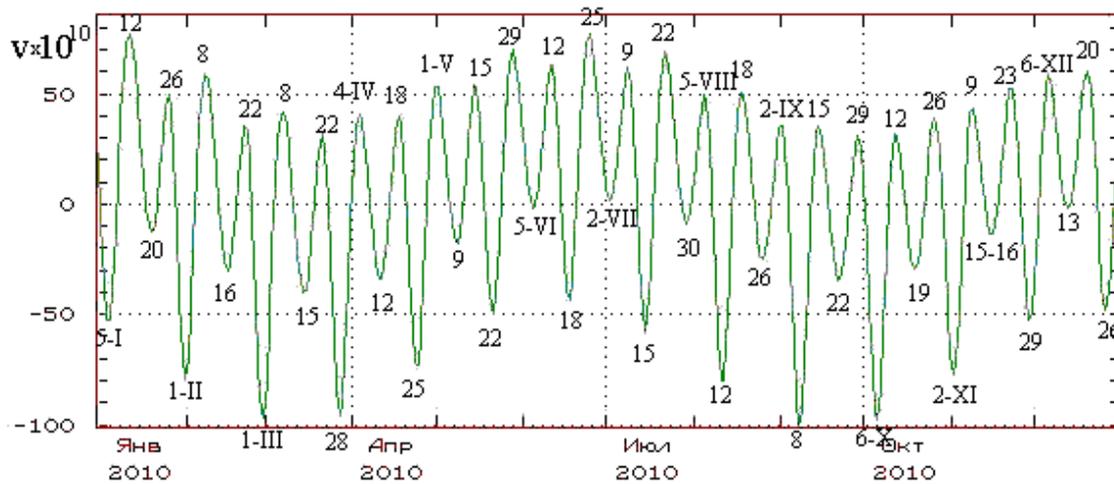


Рис. 1. Прогноз приливных колебаний скорости вращения Земли  $v$  на 2010 г. По оси ординат отложены относительные отклонения угловой скорости  $v$  в  $10^{-10}$ . Цифрами отмечены даты наступления максимумов и минимумов  $v$

Скорость вращения Земли  $v$  варьирует преимущественно внутри сидерического месяца (27,3 дня). 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. При этом скорость вращения Земли испытывает два полумесячных колебания с максимумами при максимальном удалении Луны от экватора Земли, как в Северное, так и в Южное полушарие, и минимумами при пересечении Луной 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 дня) и годовым (365,25 дней) периодами. Как видно по ходу огибающей полумесячных колебаний  $v$  на рис. 1 максимумы скорости вращения Земли наблюдаются в июне и в декабре, но из-за не кратности лунного месяца солнечному году от одного декабрьского максимума до другого проходит либо 13, либо 14 лунных сидерических месяцев, то есть лунно-солнечный приливный год имеет длительность либо 355, либо 382 дня. Под лунно-солнечным годом здесь понимается интервал времени, содержащий целое число лунных месяцев, и максимально близкий к солнечному году. Большая часть лунно-солнечных приливных лет имеет продолжительность 355 дней, а меньшая 382 дня. Средняя длительность лунно-солнечного приливного года близка к 368 дням. Помимо лунного года имеются еще более длительные циклы: октаетерис (99 синодических месяцев или 8 лет), сарос (223 месяца или 18,03 лет), Метонов цикл (235 месяцев или 19 лет), инекс (358 месяцев или 28,95 лет) и т.д.

Для сравнения были вычислены коэффициенты корреляции между приливными колебаниями скорости вращения Земли для 2010 года и периодами-аналогами (355, 368, 382 дней и 8, 19 и 29 лет). Они оказались равными соответственно: 0,95; 0,71; 0,91; 0,98; 0,93 и 0,85. То есть лучшими периодами-аналогами для приливных колебаний скорости вращения Земли 2010 г. являются 8 лет, 355 суток и 19 лет. Заметим, что октаетерис дал высокую корреляцию лишь потому, что 2010 г. и 2002 г. оказались симметрично расположенными (соответственно на спаде и на подъеме) относительно 18,6 летнего максимума приливных сил, который наблюдался в начале 2007 г. Такие конфигурации бывают довольно редко.

## 5. Закономерности вариаций синоптических процессов в атмосфере

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 изменениями угловой скорости вращения Земли. На ретроспективных данных, было проверенно, как часто экстремумы угловой скорости  $\omega$  совпадают с моментами перестроек синоптических процессов (Сидоренков, 2000). В качестве характеристик типов синоптических процессов брались каталоги элементарных синоптических процессов (ЭСП) Г.Я. Вангенгейма (Каталог...1964). Были подготовлены и проанализированы календарные даты перестроек ЭСП и экстремумов (максимумов и минимумов) приливных колебаний угловой скорости  $\omega$  за 8 лет (с 1 октября 1987 г. по 30 сентября 1995 г. - 2922 дня). Статистический анализ показал, что в 76% случаев моменты экстремумов угловой скорости  $\omega$  совпадают в пределах  $\pm 1$  дня с датами перестроек ЭСП. В 34% случаев моменты экстремумов  $\omega$  отличались на два и более дня от ближайших дат перестроек ЭСП (Сидоренков, 2000).

Таким образом, между приливными колебаниями скорости вращения Земли  $\omega$  и изменениями синоптических процессов в атмосфере было установлено статистически значимое синхронное соответствие. Выяснилось, что длительности естественных синоптических периодов и режимов вращения Земли  $m_i$  совпадают. Приливные колебания скорости вращения Земли обусловлены лунно-солнечными зональными приливами, следовательно, и изменения ЭСП вызваны приливами.

Для проверки этого вывода были вычислены спектры экваториальных компонент момента импульса атмосферы, которые четко показали полное преобладание гармоник лунно-солнечных приливов (Сидоренков, 2008, 2010a, Sidorenkov, 2009). Более того, когда мы вычислили спектр среднесуточных значений экваториального компонента  $h_2$ , оказалось, что основной максимум спектральной плотности отмечается не на периоде  $T_1$  солнечного года 365 сут, а на периоде  $T_2 = 355$  сут.

Компонент  $h_2$  характеризует вращение атмосферы относительно оси  $Ox_2$ , лежащей в экваториальной плоскости и направленной из центра Земли на точку с координатами  $\varphi = 0^\circ$ ,  $\lambda = 90^\circ E$ . Т. е. угловая скорость вращения атмосферы относительно оси  $Ox_2$  изменяется с периодом  $T_2 = 355$  сут. В спектрах индекса квазидвухлетней цикличности ветра в экваториальной стратосфере (QBO), некоторых коэффициентов сферических гармоник глобального поля атмосферного давления, аномалий некоторых гидрометеорологических характеристик также был обнаружен период  $T_2$ , а не  $T_1$ . Что же это за период  $T_2$ ?

Астрономы и народы Востока знают, что это лунный год. В течение этого периода Луна 13 раз обращается вокруг барицентра системы Земля+Луна; фазы Луны при этом повторяются 12 раз. Пользуясь астрономическими терминами, можно сказать, что за 355 суток протекает ровно 13 сидерических (27,32 сут.) и 12 синодических (29,53 сут.) лунных месяцев. Лунный год является единицей меры времени лунных календарей, сохранившихся в некоторых странах Востока. Его длительность наиболее близка к продолжительности тропического года ( $T_1 = 365,2422$  сут), лежащего в основе солнечного календаря.

Период  $T_2$  - это период наибольшей автокорреляции временного ряда приливных колебаний скорости вращения Земли  $v$  (рис. 2). Сдвинем кривую  $v$  предыдущего года на 355 дней вперед, чтобы 11 января прошлого года стали 1 января нового года, и мы получим почти полное совпадение всех деталей с приливными колебаниями  $v$  нового года. Солнечные приливы дают максимальную корреляцию при сдвиге 365 суток, а лунные через каждый сидерический месяц. Поэтому максимум максимумов автокорреляционной функции отмечается при сдвиге 355 суток (13 сидерических месяцев). Большой максимум автокорреляционной функции имеется также при сдвиге 382 суток (14 месяцев). В этом случае кривую  $v$  предыдущего года сдвигаем так, чтобы

15 декабря позапрошлого года стали 1 января нового года и тогда получаем снова высокую корреляцию с колебаниями  $V$  нового года.

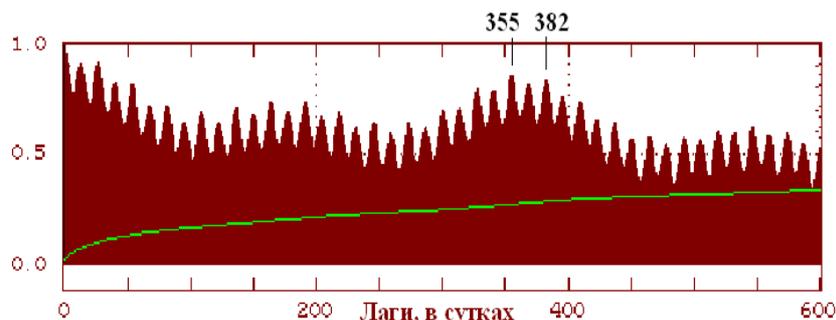


Рис. 2. Автокорреляционная функция временного ряда приливных колебаний скорости вращения Земли с 1962 по 2003 г. при сдвиге от 0 до 600 суток

Найдены тесные связи между лунно-солнечными приливами и вариациями метеорологических характеристик. Для иллюстрации приведем, например, график периодограммы суточных аномалий температуры воздуха в г. Москва по данным за 1960-2003 гг. (рис. 3). На нем видны пики вблизи периодов 27, 87, 205, 355 суток, соответствующих лунным сидерическим (27.3 суток) и синодическим (29.5 сут) периодам. Цикл 206 суток возникает из-за вращения большой оси лунной орбиты относительно большой оси земной орбиты. Перигей лунной орбиты совершает один оборот за 8.85 года, а перигелий земной орбиты за 1 год. Перигей встречается с перигелием через каждые 412 суток. Но оси лунной и земной орбит становятся коллинеарными через каждые 206 суток. Описанная цикличность взаимных конфигураций двух орбит (эвекция) и воздействует на лунные и земные процессы. Например, продолжительность лунного аномалистического месяца изменяется с этим периодом 206 сут. от 28,5 до 24,8 суток. (Авсюк, Суворова, 2008). Земля в своем движении вокруг барицентра зеркально отражает все движения Луны. Поэтому она имеет такие же вариации скорости обращения вокруг барицентра с периодом 206 суток.

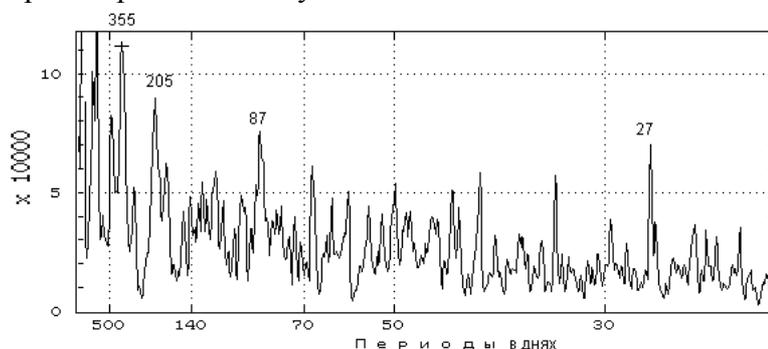


Рис. 3. Периодограмма аномалий температуры воздуха в г. Москве

Приливы влияют на вертикальные движения воздуха и вариации атмосферного давления. Повышенное давление, вызываемое лунным приливом, приводит из-за ясной погоды днем и летом к положительным аномалиям температуры воздуха, а ночью и зимой – к отрицательным. Весной и осенью среднесуточные аномалии температуры воздуха не зависят от давления потому, что день примерно равен ночи. Так сложение гравитационных эффектов Луны с радиационными условиями в атмосфере создают колебание аномалий температуры воздуха с периодом лунного года (355 сут) и амплитудой, зависящей от места расположения станции. В Московском регионе она равна примерно 35% амплитуды солнечных годовых норм. Именно поэтому в спектре аномалий температуры на рис. 3 имеется большой пик на периоде 355 суток.

Нам кажется, что влияние лунно-солнечных приливов на радиационные условия в атмосфере и океане является основным механизмом вынужденной синхронизации атмосферных процессов колебаниями лунно-солнечных приливных сил.

Таким образом, эволюция синоптических процессов в атмосфере происходит не только за счет внутренней динамики климатической системы, но и под синхронизирующим управлением лунно-солнечных приливов (из-за захвата их частоты). ЕСП синхронизованы колебаниями приливных сил, и их смена происходит в соответствии с изменениями знака приливных сил (Сидоренков, 2002; Сидоренков, Суменова, 2010а; Sidorenkov, 2009).

## 6. Способ долгосрочного прогноза гидрометеорологических характеристик

Возникает вопрос, можно ли учесть влияние Луны на аномалии температуры воздуха путем вычисления средних многолетних норм, аналогичных солнечным годовым нормам для температуры. К сожалению, сделать это практически невозможно. Дело в том, что геоцентрическое расстояние и склонение Луны изменяются не только с месячным, но и соответственно с периодами 8,847 и 18,613 лет. Кроме того, как отмечалось в п.5, аномалии температуры в месячном цикле зависят от сезона года. При анализе и прогнозе температуры необходимо учитывать эту зависимость. А это можно сделать, только выбирая для прогноза интервал времени, содержащий целое число солнечных лет (кратный солнечному году).

Поэтому нормы должны быть вычислены за период кратный трем периодам (в годах)  $[18.613, 8.847, 1] \approx [186/10, 186/21, 186/186]$ . То есть наименьший период для лунных норм аномалий метеоэлементов должен быть не год, и даже не 19 лет, а хотя бы 186 лет. Кроме того желательно хотя бы десятикратное осреднение этих аномалий для статистической надежности лунных норм. Таким образом, надо иметь 1860 летние ряды наблюдений метеоэлементов с суточной дискретностью. Ясно, что таких рядов инструментальных наблюдений нет и вычислить лунные нормы метеоэлементов невозможно. Поэтому единственный путь учета приливных эффектов Луны в прогнозах аномалий температуры и других гидрометеорологических элементов есть путь подбора аналогов по колебаниям приливных сил или приливных колебаний угловой скорости  $\nu$ .

Был разработан следующий способ прогноза гидрометеорологических характеристик (Сидоренков, Сидоренков, 2002). Колебания скорости вращения Земли  $\nu$  уверенно вычисляются с любой дискретностью и заблаговременностью на основании теории (Сидоренков, 2002). По предвычисленным на прогностический период (ближайший год) значениям скорости вращения Земли  $\nu$  с помощью корреляционного анализа определяется аналогичный период в прошлом с таким же примерно режимом скорости вращения Земли. Предполагается, что расписание синоптических процессов и ход **аномалий** гидрометеорологических характеристик в прогностическом отрезке времени будет таким же как в периоде аналога. **Аномалии** гидрометеорологических характеристик, наблюдавшиеся в границах периода аналога, принимаются за ожидаемые. Затем к ним прибавляются соответствующие **нормы** и таким образом вычисляется прогноз гидрометеорологических характеристик. Один аналог не может отразить весь спектр изменчивости рассматриваемой характеристики. Много аналогов приведут к нулевым аномалиям. Поэтому необходимы исследования по оптимизации выбора аналогов, например, путем вычисления и анализа взаимных корреляционных функций.

В статье (Сидоренков, Суменова, 2010б) проведены исследования успешности возможных аналогов для прогноза аномалий температуры на год и отдельно на каждый сезон (весна, лето, осень и зима) в 2000 г. и 2009 г. по пункту ВДНХ в г. Москва. По рядам фактических аномалий температуры за эти годы были найдены максимальные коэффициенты корреляции  $r$  между рядом аномалий температуры в периоде аналога и рядом фактических аномалий температуры в прогностическом отрезке времени. За периоды аналоги принимались обоснованные выше интервалы времени, удаленные от прогностических сроков в прошлое на 355–382 дня, либо 19 лет. Было показано, что в 2000 и 2009 году единый аналог для прогноза на год равен примерно 367 сут. Он дал максимальную корреляцию  $0,27 \pm 0,21$  в 2000 г. и  $0,21 \pm 0,20$  в 2009 г. Подбор аналогов для сезонов дает более высокие корреляции. Оказалось, что периоды–аналоги меняются от сезона к сезону. Так в 2000 г. лучшим аналогом для зимы был 356 сут., для весны и осени

– около 367 сут., а летом – 382 сут. В 2009 г. аналогами были 350 сут. для зимы, 395 сут. для весны и 19 лет для лета. Для осени 2009 г. аналогов, дающих значимую корреляцию, найти не удалось.

Таким образом, синхронизация цикличности синоптических процессов и аномалий температуры происходит преимущественно на лунных циклах (355, 367, 382 сут), близких к солнечному году. Возможна также синхронизация вблизи цикла Метона – 19 лет.

В отклике системы ВАЦ (вариаций атмосферной циркуляции) проявляется периодичность, определяемая слабым периодическим воздействием КЛСП (колебаний лунно-солнечных приливов). Наиболее вероятна схема суммарного эффекта подпорогового периодического воздействия КЛСП и хаотического воздействия климатической системы, описанная в п.3.

Проявление луно-солнечных приливов в атмосфере имеет локальный характер. Происходит это потому, что приливные волны, которых в современных разложениях приливного потенциала выделяют уже до 28000 составляющих, двигаясь в атмосфере, отражаются от орографических препятствий, барических и термических неоднородностей интерферируют между собой, создавая пеструю интерференционную картину. Работы по ее изучению не проводились. Судя по результатам изучения океанских приливов, в атмосфере могут существовать узловые амфидромические точки, где приливные колебания отсутствуют, и пучности, где приливы усиливаются в десятки раз.

## 7. Многолетняя изменчивость приливных колебаний и гидрометеорологических процессов

Лунная приливная сила колеблется во времени с периодом 13.65 суток. Амплитуда этих колебаний изменяется во времени с периодами: 18,61 г., 8,85 г., 6,0 г., 1 г., 0,5 г. Изменчивость приливных сил ярче всего заметна в колебаниях вращения Земли. На рис.4 приведен ход приливных колебаний скорости вращения Земли с 1901 г. до 2011 г. с суточным разрешением. Здесь заметно, что амплитуда полумесячных колебаний ведет себя сложным образом. Верхняя огибающая кривая выписывает волны с периодом 18,6 г., а нижняя огибающая колеблется с периодом 4,4 г. В работах (Сидоренков, 2008; Sidorenkov, 2009) показано, что амплитуда приливных колебаний угловой скорости в периоды минимальной изменчивости приливных сил почти в два раза меньше, чем в периоды их максимальной изменчивости.

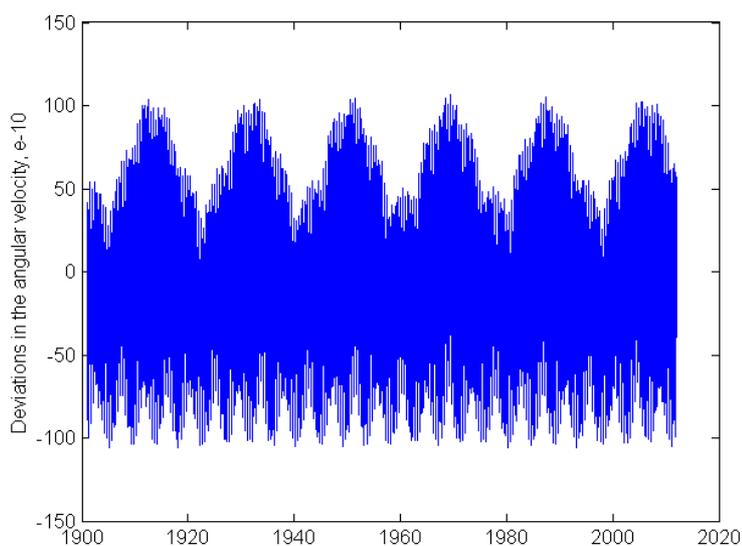


Рис. 4. Приливные колебания угловой скорости вращения Земли с 1901 г. по 2011 г. По оси ординат отложены относительные отклонения угловой скорости  $v$  в  $10^{-10}$

Удобной характеристикой изменчивости той или иной геофизической величины во времени является ее дисперсия, вычисленная в скользящем временном интервале. В работах (Сидоренков, 2008; Sidorenkov, 2009) вычислена дисперсионная функция  $D(t)$  приливных колебаний скорости вращения Земли  $\nu(t)$  в скользящем годовом окне с 1900 г. по 2012 г. и показано, что дисперсия  $D$  изменяется в три раза: от минимальной в 1903, 1923, 1942, 1960, 1978, 1997 годах, до максимальной в 1914, 1932, 1950, 1969, 1988, 2007 годах. Минимальной дисперсия  $D$  бывает при совпадении нисходящего узла лунной орбиты с точкой весеннего равноденствия, а максимальной при совпадении восходящего узла лунной орбиты с точкой весеннего равноденствия.

Из-за изменчивости приливных сил амплитуда колебаний элементов погоды, метеорологических и морских гидрологических характеристик то же изменяется во времени с теми же периодами. Но чем больше размах колебаний гидрометеорологических характеристик, тем чаще возникают экстремальные ситуации (аномальные жара или холода, засухи или наводнения, ураганные ветры, сильные грозы, град), тем больший ущерб хозяйству наносят опасные гидрометеорологические явления. Другими словами, частота появления **экстремальных гидрометеорологических процессов** изменяется в соответствии с разнообразными колебаниями приливных сил. Техногенные и социальные процессы тоже испытывают воздействие изменяющихся приливных сил.

Статистика опасных метеорологических явлений, проводимая в Гидрометцентре России (Доклад..., 2010), отчетливо отмечает повышение их с 1998 г. по 2007 г. В 1997 г. дисперсия приливных колебаний была минимальной. Тогда же было зарегистрировано минимальное число опасных метеорологических явлений (ОЯ). В 2007 г. наблюдался максимум 18,6-летнего цикла изменчивости приливных сил, поэтому в 2007 г. на территории России было зарегистрировано максимальное число 445 ОЯ. С 2008 по 2016 год изменчивость приливных сил уменьшается. В соответствии с этим число ОЯ должно было уменьшаться. Действительно, в 2008 г. число ОЯ уменьшилось до 404, а в 2009 – до 390.

В Росгидромете ведется статистика всех опасных гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые являлись источником чрезвычайных ситуаций, угрожали жизнедеятельности населения или нанесли значительный экономический ущерб (Доклад ..., 2010). Здесь тоже прослеживается 18,6 летний цикл изменений ОЯ. Так что в обоих случаях до 2016 г. можно ожидать тенденцию дальнейшего уменьшения числа ОЯ.

Таким образом, **нараставшая с 1997 г частота экстремальных гидрометеорологических процессов была обусловлена не только глобальным потеплением климата, но и наблюдавшимся в 2007 г. максимумом изменчивости приливных сил.** В 2008-2016 гг. изменчивость приливных сил будет уменьшаться.

## 8. Многолетние циклы

Выше мы выявили, что Луна порождает циклы 355, 382, 367 суток. Среди многолетних лунных циклов выделяется Метонов цикл длительностью ровно 19 лет и его 8 летний субцикл – октаетерис, по истечении которых, взаимные положения Солнца, Земли и Луны примерно повторяются, фазы Луны и затмения приходятся на прежние календарные даты; Сарос (период повторяемости солнечных и лунных затмений, длительностью 6585,3 суток = 18 лет 11,3 сут.), инекс (358 синодических месяцев или 10571.95 сут. = 28,94 лет).

Солнце обеспечивает радиационный форсинг и порождает колебания всех земных характеристик с периодом 365,24 суток. Эти годовые и полугодовые колебания взаимодействуют с лунными циклами. В результате амплитуды годовых и полугодовых колебаний гидрометеорологических характеристик медленно изменяется со временем, возникают их амплитудно-модулированные колебания, либо **биения**.

Сложение двух колебаний одинаковой амплитуды, но с разными частотами  $f_1$  и  $f_2$  дает

$$\cos 2\pi f_1 t + \cos 2\pi f_2 t = 2 \cos \frac{2\pi(f_1 - f_2)t}{2} \cos \frac{2\pi(f_1 + f_2)t}{2} \quad (2)$$

Последний косинус в правой части (2) описывает колебание, частота которого равна средней частоте исходных колебаний. Первый косинус описывает изменение его амплитуды. Амплитуда нарастает и спадает с удвоенной частотой  $(f_1 - f_2)$ , а не с частотой  $(f_1 - f_2)/2$ , как можно было бы подумать на основании формулы (2). Происходит это потому, что амплитуда есть абсолютная величина отклонения от среднего значения рассматриваемой характеристики. Первый косинус описывает два цуга (пакета) колебаний с высокой частотой  $(f_1 + f_2)/2$ , а понятие цикл предполагает один цуг (пакет) высокочастотных колебаний. Поэтому частота биений равна  $(f_1 - f_2)$ , а не  $(f_1 - f_2)/2$ .

Рассмотрим, например, воздействие лунного годового цикла  $f_1 = 1/355,12$  сут. на годовые колебания температуры воздуха  $f_2 = 365,24$  сут. В этом случае  $(f_1 + f_2)/2 = 1/360$  сут., а  $(f_1 - f_2) = 1/12869$  сут. =  $1/35,2$  лет. То есть из-за воздействия лунного годового цикла на годовые колебания температуры или других гидрометеорологических характеристик возникают биения с периодом примерно 35 лет.

В Москве по климатическим данным среднесуточная температура достигает минимума  $-10^\circ$  в январе, а максимума  $+18^\circ$  в июле, то есть амплитуда её годового колебания равна примерно  $14^\circ$ . В 2010 г. среднемесячные аномалии температуры составили в январе  $-6^\circ$ , а в июле  $+8^\circ$ . Основной вклад в эти аномалии вносит 355 суточное колебание. Допустим, что его амплитуда равна  $6^\circ$ . Построим график суммы этих двух колебаний

$$T = 14 \cos 2\pi / 36524 + 6 \cos 2\pi / 355,$$

где  $t$  время в сутках, отсчитываемое от 1 января 1972 года. Рис. 5 изображает результирующее колебание с 1954 по 2024 г. Видно, что при совпадении фаз в 1972 г. и 2007 г. амплитуда годового хода температуры увеличивается до  $20^\circ$ , а в 1954 г., 1990 г. и 2024 г., когда фазы расходятся на  $\pi$  ( $180^\circ$ ), амплитуда уменьшается до  $8^\circ$ . Поэтому в первом случае наблюдается жаркое лето и холодная зима, а во втором случае – прохладное лето, но теплая зима. Из-за такого хода температуры в тридцатые и семидесятые годы XX века и в настоящее время часто отмечались засушливые годы, а в пятидесятые и девяностые годы серьезных засух практически не было.

Этот 35 летний цикл в климатологии был замечен еще в конце 19 го столетия (Bruckner, 1890) и носит название Брикнеров цикл.

В спектре колебаний температуры имеется большой пик на половине периода эвекции в параллаксе Луны – 206 суток. Он взаимодействует с полугодовым солнечным периодом, в результате возникают биения с периодом 4,4 года ( $1/182,6 - 1/206 = 1/1614$  сут =  $1/4,4$  г.). Из-за таких биений 35 летний цикл изменения амплитуды годового колебания температуры настолько затушевывается, что создается впечатление, что экстремумы температуры меняются случайным образом (рис. 6).

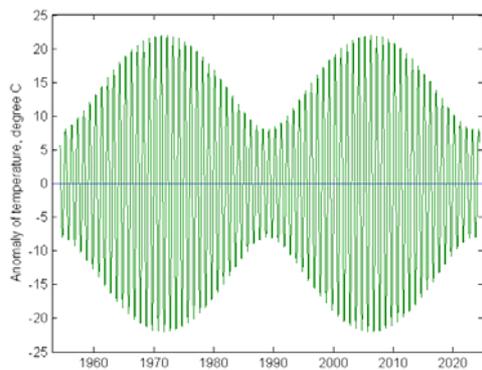


Рис 5. Модель биений температуры воздуха с двумя гармониками:

$$T = 14 \cos 2\pi / 36524 + 6 \cos 2\pi / 355.$$

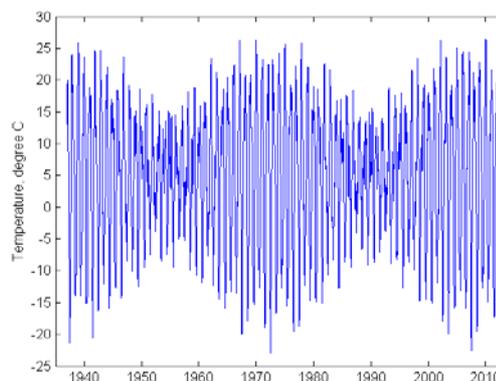


Рис 6. Модель биений температуры воздуха с пятью гармониками:

$$T = 5 + 12 \cos 2\pi / 365 + 6 \cos 2\pi / 355$$

$$- 4 \cos 2\pi / 206 - 3 \cos 2\pi / 182 - 3 \cos 2\pi / 87$$

Циклы интерферируют друг с другом. Жаркое лето 2010 года на европейской частью России, вероятно, связано со сложением эффектов удвоенного Метонова цикла 38 лет, немного сдвинутого по фазе Брикнерова цикла 35 лет, циклов октаетерис, инекс и многих других менее значимых циклов. Аналогом для 2010 г. может быть 1972 г., который памятен нынешнему поколению жителей европейской России по чрезвычайно жаркому лету и горящим болотам. Мы провели исследования и нашли, что лучшими аналогами для теплого сезона 1972 г. были 1938 и 1901 годы, которые тоже были чрезвычайно жаркими и по рассказам родителей сопровождалась массовыми болотными и лесными пожарами. 1938 год имел двойника – 1936 г., когда тоже было довольно жаркое лето и ход аномалий был похож на их ход в 1938 г. Поэтому последовательность лет 1901, 1938/1936, 1972 г. связана в первую очередь с биениями температуры из-за сложений солнечного годового 365,24 сут. и лунного годового (355 сут.) циклов. В 2010 г. к этому эффекту прибавился еще эффект удвоенного Метонова 19 летнего цикла, 8 летнего субцикла октаетерис (в августе и сентябре 2002 г. на европейской территории России тоже горели болота и леса), 29 летнего цикла инекс (лето 1981 г. было жарким и засушливым) и других менее значимых циклов.

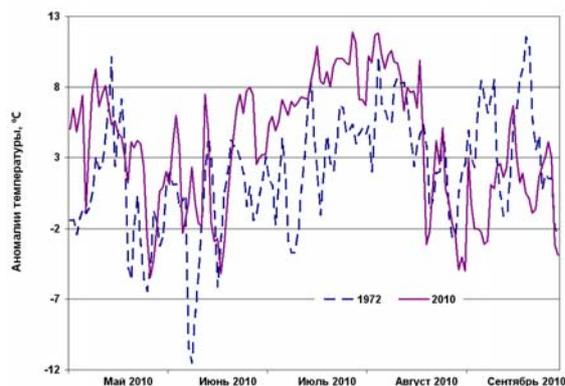


Рис.7. Ход аномалий температуры воздуха в Москве за теплый период в 2010 г. и 1972 г. Аномалии 1972 г. сдвинуты на 28 дней вправо, т.е. 1 мая 2010 г. соответствует 2 апреля 1972 г. Коэффициент корреляции равен  $0,48 \pm 0,41$

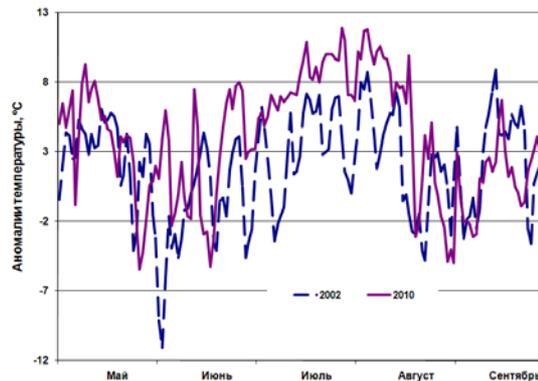


Рис.8. Ход аномалий температуры воздуха в Москве за теплый период в 2010 г. и 2002 г. Аномалии 2002 г. сдвинуты на 13 дней вправо, т.е. 1 мая 2010 г. соответствует 18 апреля 2002 г.

Ясно, что жара 2010 г. в европейской части России это не только результат биения аномалий температуры воздуха, но и всех других гидрометеорологических характеристик

– давления, ветра, влажности и т. д. На языке синоптической метеорологии – это малоподвижный блокирующий гребень высокого давления, который регенерировал в каждый естественный синоптический период. Какие силы заставляют его регенерировать? Есть веские основания полагать, что это аномальные гравитационные силы, возникающие в процессе медленного изменения взаимного положения Луны, Земли, Солнца, вращения их больших осей (апсид), движения узлов их орбит, изменения их орбитальных параметров.

На многолетнее смещение летней локализации малоподвижных блокирующих гребней высокого давления с востока на запад указывает тот факт, что жара 1972 г., 2002 г. и 2010 г. в европейской части России предшествовала жара соответственно 1971 г., 2001 г. и 2009 г. в Западной Сибири, а летом 1973 г. и 2003 жара наблюдалась в Западной Европе. Если летом 2011 г. жара проявит себя в Западной Европе, то это будет хорошим подтверждением существования многолетних гравитационных волн, вызываемых изменениями взаимных конфигураций в системе Земля–Луна–Солнце.

## **Выводы**

Синхронизация цикличности синоптических процессов и аномалий температуры зависит от сезона года. Она происходит преимущественно на лунных циклах (355, 367, 382 сут.), близких к солнечному году. Заметна также синхронизация вблизи цикла Метона – 19 лет, октаетерис – 8 лет, инекс – 29 лет и др.

В отклике вариаций атмосферной циркуляции проявляется периодичность, определяемая слабым периодическим воздействием колебаний лунно-солнечных приливов. Наиболее вероятна схема суммарного эффекта подпорогового периодического воздействия колебаний лунно-солнечных приливов и хаотического воздействия климатической системы, описанная в п.3.

Влияние лунно-солнечных приливов на радиационные условия в атмосфере и океане, по-видимому, является основным механизмом вынужденной синхронизации вариаций атмосферных процессов колебаниями лунно-солнечных приливных сил.

Изменчивость приливных сил имеет четко выраженный 18,6 летний период. Частота опасных гидрометеорологических явлений на имеющемся с 1993 г. ряде Росгидромета тоже проявляет изменение с этим периодом.

Из-за взаимодействия солнечно обусловленных годовых колебаний гидрометеорологических элементов с многочисленными лунными циклами возникают **биения**. Жара 2010 в европейской России явилась ярким примером таких биений гидрометеорологических элементов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авсюк Ю.Н., Суворова И.И. 2008. 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. 1981. Синхронизация в природе и технике. М.: Наука, Физ-мат лит. 1981.
3. Сидоренков Н. С. 2000. Приливные колебания атмосферной циркуляции. Труды Гидрометцентра России. - 2000. – Вып. 331. – С. 49-63.
4. Сидоренков Н.С. 2002. Атмосферные процессы и вращение Земли. Санкт Петербург. Гидрометеиздат. 366 с.
5. Сидоренков Н.С., Сидоренков П.Н. 2002. «Способ прогноза гидрометеорологических характеристик», патент на изобретение № 2182344 от 10 мая 2002 г.
6. Сидоренков Н.С. 2008. Лунно-солнечные приливы и атмосферные процессы. Природа, № 2, 2008, С. 23-31.
7. Сидоренков Н.С., Сумерова К.А. 2010а. Геодинамика и гидрометеорологические прогнозы. Сборник «80 лет Гидрометцентру России». Москва. ТРИАДА ЛТД. 2010. С. 254–263
8. Сидоренков Н.С., Сумерова К.А. 2010б. Синхронизация вариаций атмосферной циркуляции колебаниями лунно-солнечных приливов и подбор аналогов для

долгосрочных прогнозов погоды. Труды Гидрометцентра России. - 2010 – Вып. 344. – С. 238–251.

9. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2009 год. <http://www.meteorf.ru>

10. Brückner, E. 1890. Klimaschwankungen seit 1700. Geographische Abhandlungen 14 (1890), 325

11. Sidorenkov N.S. 2009. The interaction between Earth's rotation and geophysical processes. WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim, 2009, 305 pp