

УДК 551.58

О КВАЗИЧЕТЫРЕХЛЕТНИХ И КВАЗИТРИДЦАТИПЯТИЛЕТНИХ БИЕНИЯХ АМПЛИТУДЫ СУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

*Н.С. Сидоренков, Ю.П. Переведенцев, М.М. Шарипова,
А.Б. Гимранова, В.Н. Петров*

Аннотация

Проанализированы ряды амплитуд суточных колебаний температуры в Казани и Москве с 1950 по 2011 г. Выявлены почти синхронные квазичетырехлетние и квазитридцатипятилетние биения этих амплитуд. Проанализированы ряды продолжительности солнечного сияния (ПСС) в Казани и Москве с 1966 по 2010 г. Найдены почти синхронные изменения ПСС в этих городах. Показано, что биения амплитуды суточных колебаний температуры происходят вследствие изменения ПСС, а точнее количества общей облачности, которая определяет радиационный баланс рассматриваемого места. Первопричиной выявленных циклов в изменениях ПСС являются лунно-солнечные приливы.

Ключевые слова: максимальная и минимальная температура, амплитуда суточных колебаний, лунно-солнечные приливы, биения амплитуды, скользящие средние, продолжительность солнечного сияния.

Введение

В умеренных и высоких широтах среднесуточная температура воздуха T изменяется с периодами тропического года (365.24 сут) и его субгармоник (1/2, 1/4 года). На эти периодические изменения T накладываются значительные флуктуации вследствие макротурбулентных движений воздушных масс.

Для выделения периодической части годовые ряды наблюдений T усредняются за тридцатилетний интервал времени. Полученные средние значения называются нормами \bar{T} , а остатки $T' = T - \bar{T}$ – аномалиями. Считается, что спектр аномалий T' представляет собой белый шум. Однако наши исследования [1–4] показали, что в изменениях T' имеются циклы 206 сут, 355 сут, которые приводят к квазичетырех- и квазитридцатипятилетним биениям амплитуды A суточных колебаний температуры. **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° , так как тогда амплитуды суммируемых колебаний вычитаются.

Увеличение (уменьшение) A реализуется за счет уменьшения (увеличения) количества облачности. При отрицательных аномалиях облачности амплитуда A

увеличивается. Ночи и зимы становятся более холодными, а дни и летние сезоны – более теплыми. В периоды положительных аномалий облачности амплитуды A уменьшаются. Ночи и зимы становятся теплыми, а дни и летние сезоны – прохладными. Другими словами, квазичетырех- и квазитридцатипятилетние биения амплитуды A выражаются в чередовании погодных условий, характерных то континентальному, то морскому климату.

Цель настоящей статьи – показать, что в изменениях метеоэлементов Казани и Москвы проявляются вышеуказанные закономерности.

Данные наблюдений

Мы использовали ряды максимальной и минимальной суточных температур в Казани с 1949 г. по 2010 г. и в Москве с 1950 по 2011 г. Ряды продолжительности солнечного сияния в Казани с 1966 г. по 2010 г и в Москве с 1966 по 2011 г. Продолжительности солнечного сияния (ПСС) дают объективную оценку количества облачности на небе за день, поскольку они измеряются по записям специальных приборов – гелиографов. Использование прямых данных о количестве общей облачности на метеостанциях дает худшие результаты из-за субъективности их визуальных оценок наблюдателями.

Анализ результатов исследования

Все метеоэлементы имеют ярко выраженный и хорошо известный годовой ход. Чтобы отфильтровать его и выделить неизвестные многолетние составляющие, мы будем вычислять скользящие средние за год, а также за пять лет значения анализируемых метеоэлементов с суточным шагом по времени. Скользящие средние за год (или пять лет) выделяют во временном ряду составляющие с периодами больше одного года (или пяти лет). Интерес представляет также выделение составляющих в диапазоне периодов P от 1 года до 5 лет: ($1 \text{ год} \leq P \leq 5 \text{ лет}$). Для этого из рассматриваемого ряда T_1 , осредненного скользящим годовым осреднением, вычитают ряд T_5 , осредненный скользящим пятилетним осреднением: ($T_1 - T_5$).

Мы подготовили ряды размаха (удвоенной амплитуды) суточных колебаний температуры T , (то есть разности максимальной и минимальной температуры за сутки) в Казани и Москве с 1949 по 2010 г., вычислили их скользящие среднегодовые T_1 и скользящие пятилетние значения T_5 . На рис. 1, где приведен ход T_1 и T_5 в Казани, видна квазитридцатипятилетняя волна с положительными отклонениями размаха температуры T от тренда с 1963 по 1976 г. и с 1995 по 2010 г. и отрицательными отклонениями с 1977 по 1994 г. Эта волна подтверждает существование тридцатипятилетних биений годовой амплитуды температуры в Казани, обусловленной сложением колебаний температуры с периодами тропического года 365.24 сут и лунного года 355 сут [1–4].

На рис. 2 сравниваются изменения скользящих средних за год размахов температуры в Москве и Казани. Видно, что их ход во многом совпадает друг с другом. Коэффициент корреляции равен 0.66. В обоих городах наблюдается постепенное уменьшение размаха T . Линейный тренд в Москве описывается уравнением $T = -0.00006^\circ t + 9.3^\circ$, а в Казани – $T = -0.00004^\circ t + 8.9^\circ$, где t –

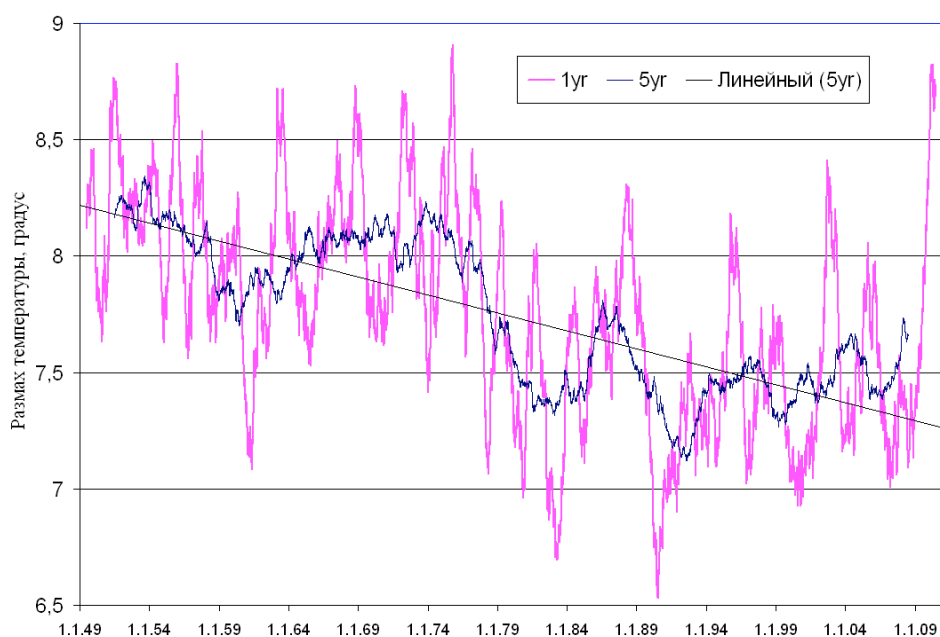


Рис. 1. Скользящие средние за 1 год (сплошная линия) и за 5 лет (пунктирная) размахи (разности $T_{\max} - T_{\min}$) температуры в Казани

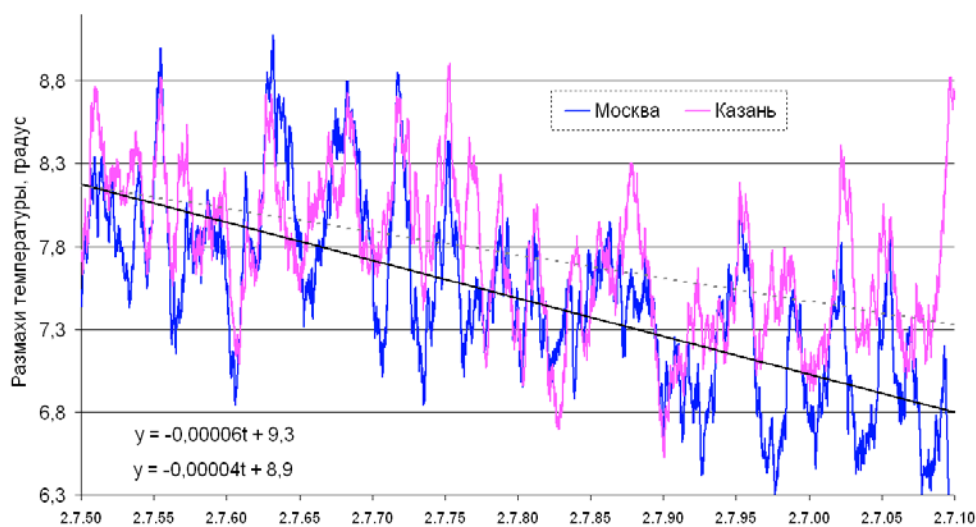


Рис. 2. Скользящие среднегодовые размахи температуры в Москве и Казани

время в сутках, отсчитываемое с 1 июля 1950 г. За 60 лет размах T уменьшился в Москве на 1.4° , в Казани – на 0.9° . Описанная выше квазитридцатипятилетняя волна на обоих кривых совпадает по фазе. Помимо неё на рис. 1 и 2 видны ярко выраженные квазичетырехлетние флуктуации размаха T [1–4]. Подобные колебания выявлены В.М. Федоровым [5] при анализе изменчивости среднемесячных температур и месячных сумм осадков на 148 метеостанциях бывшего СССР. Чтобы отфильтровать квазичетырехлетние флуктуации размаха T , были

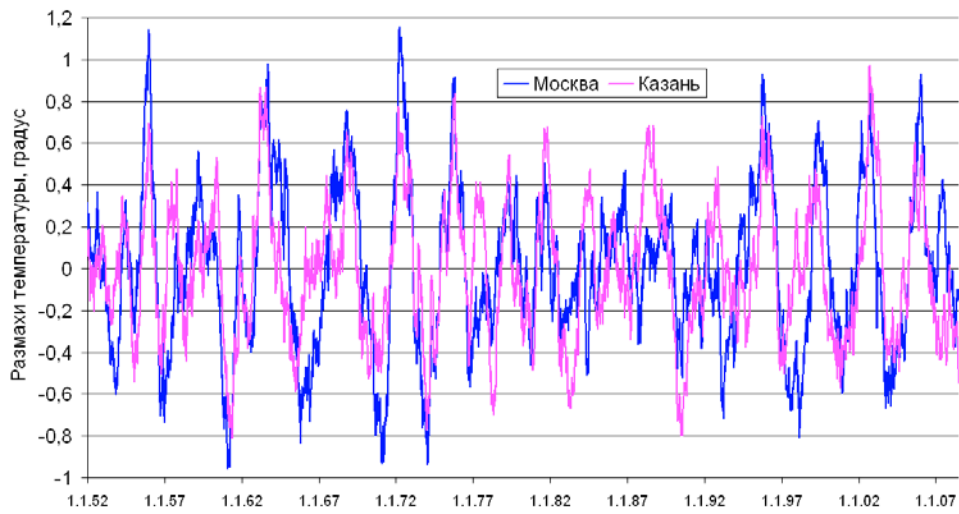


Рис. 3. Отфильтрованные ($T_1 - T_5$) размахи температуры в Казани и Москве

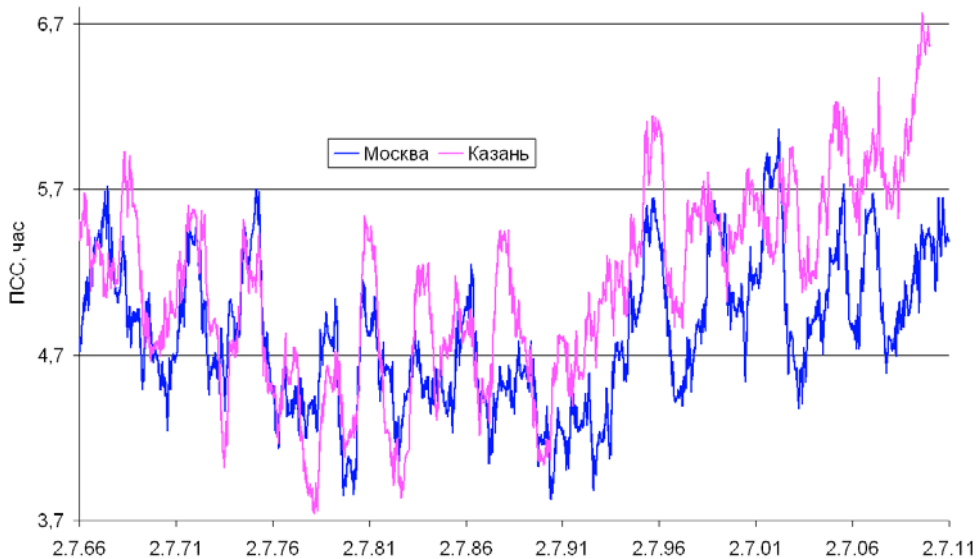


Рис. 4. Продолжительности солнечного сияния за день в Москве и Казани, осредненные в скользящем годовом окне

вычислены разности $T_1 - T_5$ для станций Казани и Москвы. Синхронный ход их представлен на рис. 3.

Из рис. 2 и 3 видно, что скользящие средние за год и отфильтрованные размахи температуры в Казани и Москве тесно коррелируют друг с другом (коэффициент корреляции 0.66). Фазы этих колебаний в большинстве случаев совпадают, что свидетельствует об общей природе квазичетырехлетних флуктуаций T в Москве и Казани.

Выше отмечалось, что квазичетырех- и квазитридцатипятилетние колебания размахов температуры реализуются вследствие колебания количества облачности. Лучшей объективной характеристикой количества облачности является

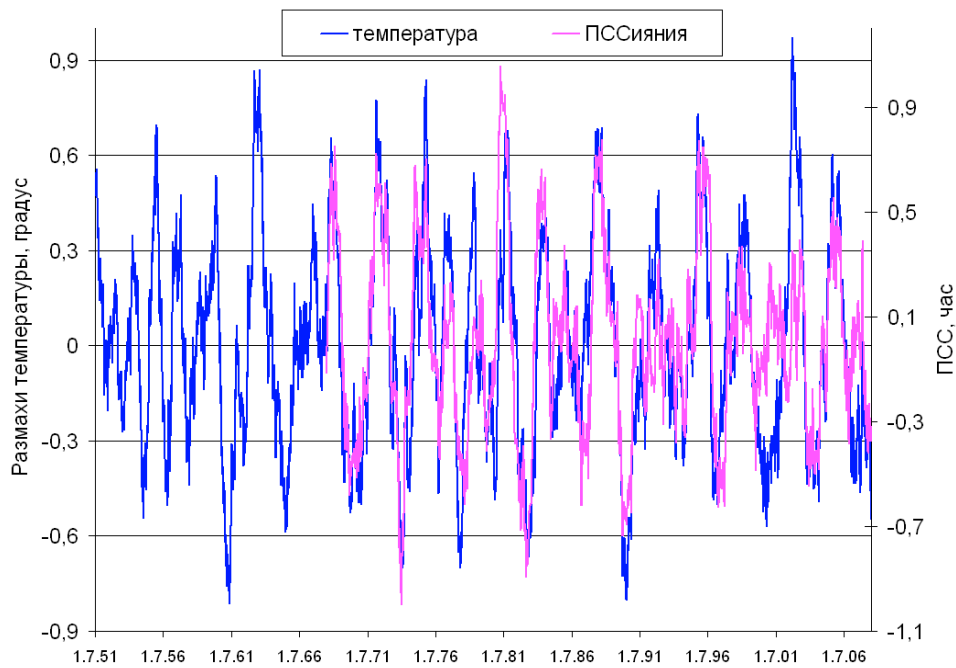


Рис. 5. Отфильтрованные размахи температуры и продолжительности солнечного сияния в Казани

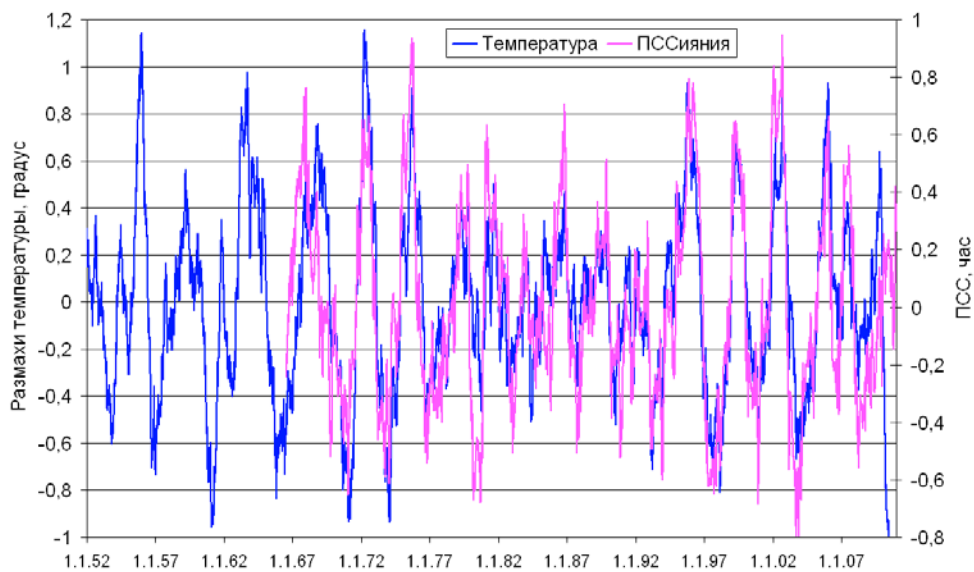


Рис. 6. Отфильтрованные размахи температуры и продолжительности солнечного сияния в Москве

продолжительность солнечного сияния (ПСС) за день. Поэтому были проанализированы доступные ряды ПСС в Москве и Казани начиная с 1966 года.

На рис. 4 приведен ход скользящих годовых значений ПСС в Москве и Казани с 1966 по 2010 г. Анализ показывает, что положительные аномалии ПСС преобладали с 1966 по 1975 г. и с 1995 по 2011 г., отрицательные аномалии

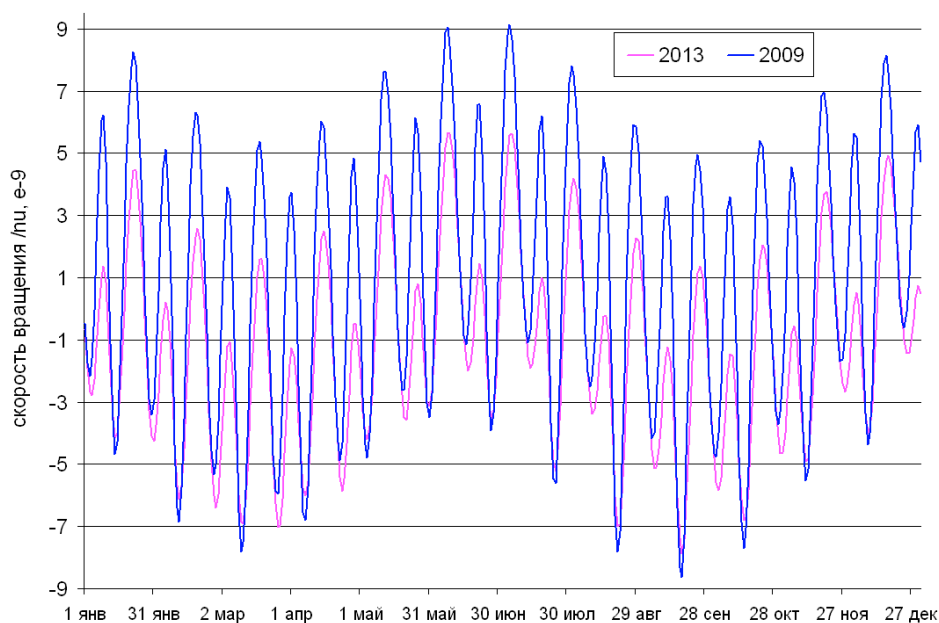


Рис. 7. Приливные колебания скорости вращения Земли в 2009 г. (сплошная линия) и в 2013 г. (пунктирная). Видно хорошее совпадение обеих кривых по фазе

наблюдались с 1976 по 1994 г. Такой ход свидетельствует о существовании генерируемого геодинимическими причинами тридцатипятилетнего цикла ПСС и количества облачности. В Казани максимальная ПСС (6.3 ч) отмечалась в 2005 и 2007 гг., а минимальная около 3.8 ч – в 1978 и 1983 гг. В годы с жаркими летними сезонами и холодными зимами средняя ПСС за день была примерно на 2 ч (35%) больше, чем в годы с прохладными летними сезонами и теплыми зимами.

В Москве ход ПСС хорошо совпадает по фазе с Казанью, но имеет меньший размах (от 3.9 до 5.9 ч) (рис. 4). Изменения ПСС в Казани и Москве тесно коррелируют друг с другом (коэффициент корреляции $r = +0.70$). Синхронность колебаний ПСС в Казани и Москве говорит об их общей природе, связанной с особенностями месячного орбитального движения Земли и ее линии апсид, соединяющей перигей с апогеем.

На рис. 5 сравниваются отфильтрованные размахи температуры и ПСС в Казани. Видна тесная корреляция в ходе обеих кривых (коэффициент корреляции $r = 0.77$). Аналогичная корреляция между изменениями размахов температуры и ПСС наблюдается и в Москве (рис. 6). Совпадение хода размахов температуры с ходом ПСС показывает, что размахи температуры определяются флуктуациями ПСС (а точнее количества облачности).

На всех рисунках помимо квазитридцатипятилетних волн видны также большие квазичетырехлетние флуктуации температуры T и ПСС. Они возникают из-за того [3], что кривые приливных колебаний скорости вращения Земли v и даты экстремумов на них почти повторяются через четыре года (рис. 7). Эту закономерность в ходе v впервые заметила Н.С. Шаповалова. Суть закономерности заключается в том, что через четыре года почти повторяется последовательность

конфигураций во взаимных положениях Земли, Луны, Солнца, больших осей их орбит (линий апсид). Продолжительность семи полупериодов эвекции (206 сут) примерно равна длительности четырех солнечных лет. Наличие квазичетырехлетних флуктуаций ПСС и T на рис. 3–6 является неоспоримым свидетельством связи изменений погоды в Москве и Казани с ходом приливных колебаний скорости вращения Земли ν [1–4].

Выводы

Погода генерируется Солнцем с годовым периодом 365.4 сут. С другой стороны, изменения погоды синхронизируются лунно-солнечными приливами с периодом приливного года 355 сут. Сложение этих двух колебаний порождают тридцатипятилетние биения метеоэлементов: температуры, давления, облачности, ПСС и т. д.

Обнаруженные квазитридцатипятилетние биения метеоэлементов позволяют объяснить, почему климат на Европейской территории России может быть охарактеризован то как «континентальный» с преобладанием холодных зим и жарких летних сезонов (как в периоды с 1963 по 1975 г. и с 1995 по 2012 г.), то как «морской» с частыми теплыми зимами и прохладными летними сезонами (как в периоды с 1956 по 1962 г. и с 1976 по 1994 г.).

Сложение периодов 206 сут с тропическим годом приводит к квазичетырехлетним биениям метеоэлементов. Эта цикличность также играет заметную роль в наблюдаемых изменениях погоды и климата на Европейской территории России.

Литература

1. Сидоренков Н.С., Сумерова К.А. Биения колебаний температуры как причина аномально жаркого лета 2010 г. на европейской территории России // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 6. – С. 81–94.
2. Sidorenkov N.S. The geodynamic reasons of decade changes of climate // Proc. SPIE: Eighteenth Int. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. – 2012. – V. 8696. – P. 86960T-1–86960T-13. – doi: 10.1117/12.2008803.
3. Сидоренков Н.С., Сумерова К.А. Геодинамические причины декадных изменений климата // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 348. – С. 195–214.
4. 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.
5. Федоров В.М. Астрономическая климатология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 232 с.

Поступила в редакцию
10.12.12

Сидоренков Николай Сергеевич – заведующий лабораторией планетарной циркуляции и гелиогеофизических исследований, ФГБУ «Гидрометцентр России», г. Москва, Россия.

E-mail: sidorenkov@mecom.ru

Переведенцев Юрий Петрович – доктор географических наук, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

Шарипова Мадина Минвалеевна – заведующий Метеорологической обсерваторией, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: 2msharip@ksu.ru

Гимранова Айсылу Биалаловна – студент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

Петров Владимир Николаевич – аспирант, ФГБУ «Гидрометцентр России», г. Москва, Россия.

E-mail: sindjdf@yandex.ru

* * *

QUASI-4- AND QUASI-35-YEAR BEATS OF DAILY TEMPERATURE OSCILLATION AMPLITUDES

N.S. Sidorenkov, Yu.P. Perevedentsev, M.M. Sharipova, A.B. Gimranova, V.N. Petrov

Abstract

We analysed the time series of daily temperature oscillations in Kazan and Moscow from 1950 to 2011 and revealed almost simultaneous quasi-4- and quasi-35-year beats of these amplitudes. We also considered the series of sunshine durations in Kazan and Moscow from 1966 to 2010 and found almost simultaneous quasi-4- and quasi-35-year fluctuations of sunshine durations in these cities. We show that the beats of daily temperature oscillations are caused by the variations in the amount of sunshine, or, to be more precise, by the variations in the amount of total cloud cover, which determines the radiation balance at a site under consideration. The revealed cycles in the changes of the amount of sunshine are generated by lunisolar tides.

Keywords: maximum and minimum temperature, amplitude of diurnal fluctuations, lunisolar tides, amplitude beats, moving averages, sunshine duration.

References

1. Sidorenkov N.S., Sumerova K.A. The beats of temperature oscillations as a cause of anomalously hot summer in 2010 in the European territory of Russia. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2012, no. 6, pp. 81–94. (In Russian)
2. Sidorenkov N.S. Geodynamic reasons for decade changes of climate. *Proc. SPIE: Eighteenth Int. Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*, 2012, vol. 8696, pp. 86960T-1–86960T-13. doi: 10.1117/12.2008803.
3. Sidorenkov N.S., Sumerova K.A. The geodynamic reasons of decade changes of climate. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proc. Hydrometeorol. Center of Russia], 2012, no. 348, pp. 195–214. (In Russian)
4. Sidorenkov N.S., Perevedentsev Yu.P., Gorbarenko E.V., Neushkin A.I., Sumerova K.A., Sharipova M.M., Sherstyukov B.G. The Bruckner cycle in the changes of cloud coverage and sunshine duration in Moscow and Kazan. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proc. Hydrometeorol. Center of Russia], 2012, no. 347, pp. 35–43. (In Russian)
5. Fedorov V.M. *Astronomical Climatology*. Moscow, Izd. Mosk. Univ., 2002. 232 p. (In Russian)

Received
December 10, 2012

Sidorenkov Nikolai Sergeevich – Head of the Laboratory of Planetary Circulation and Heliogeophysical Research, Hydrometeorological Center of Russia, Moscow, Russia.

E-mail: *sidorenkov@mecom.ru*

Perevedentsev Yurii Petrovich – Doctor of Geography, Head of the Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Environment, Institute of Ecology and Geography, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru*

Sharipova Madina Minvaleevna – Head of the Meteorological Observatory, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *2msharip@ksu.ru*

Gimranova Aisylu Bilalovna – Student, Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Environment, Institute of Ecology and Geography, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

Petrov Vladimir Nikolaevich – PhD Student, Hydrometeorological Center of Russia, Moscow, Russia.

E-mail: *sindjdf@yandex.ru*