



ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.58

ЭФФЕКТЫ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ИЗМЕНЕНИЯХ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

М. Б. Богданов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Выполнен цифровой спектральный анализ столетнего ряда среднесуточных значений аномалий приземной температуры воздуха, зарегистрированных на метеостанции Базель. В спектре мощности ряда данных найдены пики, связанные с влиянием различных земных и космических факторов: квазидвухлетнего цикла, полюсного прилива, лунно-солнечных приливов, вращения системы Земля–Луна вокруг общего центра масс, а также солнечной активности. Присутствует также пик, соответствующий резонансу $2M_f - 3M_m$ частот полумесячной M_f и месячной M_m гармоник приливного потенциала.

Ключевые слова: приземная температура воздуха, спектральный анализ, приливы, солнечная активность.

Effects of Space Factors in Surface Air Temperature Variations

М. В. Bogdanov

The digital spectral analysis was carried out for centennial dataset of mean daily values of the surface air temperature anomalies at Basel weather station. In the power spectra of dataset peaks are found, which are associated with the influence of various terrestrial and space factors: the quasi-biennial oscillation, the pole tide, luni-solar tides, the rotation of the Earth – Moon system around the barycenter, and the solar activity. There is also a peak corresponding to the resonance $2M_f - 3M_m$ of frequencies of the fortnightly, M_f and the monthly, M_m tidal potential harmonics.

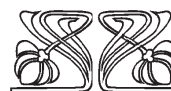
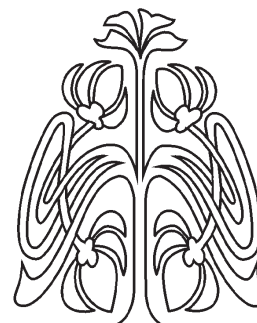
Key words: surface air temperature, spectral analysis, tides, solar activity.

DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-3-131-134

Введение

Изучение возможного влияния различных космических факторов на погодные явления и климат привлекает внимание многих исследователей. Наряду с разнообразными проявлениями солнечной активности к этим факторам относятся и лунно-солнечные приливы. Кроме того, вращение системы Земля–Луна вокруг общего центра масс вызывает периодические изменения инсоляции [1], приводящие к изменению приповерхностной температуры нашей планеты [2,3]. Влияние космических факторов в ряде случаев можно рассматривать как зондирующие сигналы для исследования различных геофизических процессов. Так, сопоставление вызванных солнечной активностью изменений солнечной постоянной с изменениями глобально осредненной приповерхностной температуры позволило оценить характеристики реакции земной климатической системы на внешнее радиационное воздействие [4,5].

В целом влияние космических факторов на тропосферные процессы оказывается достаточно малым. Однако периодический характер воздействий позволяет обнаружить их при исследовании достаточно продолжительных временных рядов измерений атмосферных характеристик. Для решения данной задачи важную роль играет цифровой спектральный анализ, позволяющий проводить поиск гармоник в случайном шуме. С



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





применением этого метода ранее нами были проанализированы ряды приземных значений температуры [6,7] и давления [8] атмосферы, а также обнаружено проявление некоторых космических факторов. Важно подтвердить полученные результаты данными независимых наблюдений.

Целью настоящей работы является спектральный анализ столетнего временного ряда среднесуточных значений приземной температуры воздуха, измеренных на метеостанции города Базеля.

Наблюдательные данные и методика анализа

Анализировался ряд наблюдений, проведенных на метеостанции 06601 Basel-Binningen (47°33' N, 7°35' E, H = 317 м) с 1.01.1901 г. по 31.12.2014 г. Информация была собрана в ходе выполнения проекта European Climate Assessment и доступна в сети Интернет (<http://eca.knmi.nl>). Вопросы контроля качества и статистической однородности этих данных обсуждаются в работе [9].

Из ряда среднесуточных значений приземной температуры были вычтены линейные тренды, связанные с глобальным потеплением. Для устранения влияния сезонных изменений температуры из данных последовательно вычитались синусоиды с периодом тропического года 365.2422 сут и его первой гармоники с периодом 182.6211 сут. Параметры линейных трендов, амплитуды и начальные фазы сезонных гармоник оценивались методом наименьших квадратов. Можно ожидать, что отфильтрованный таким образом ряд данных не содержит сезонных изменений. Стандартное отклонение полученных аномалий температуры составляет 3.65 K.

При расчете спектра мощности применялся классический вариант спектрального анализа с использованием фурье-преобразования автокорреляционной функции [10]. Максимальный временной сдвиг автокорреляции был выбран равным 5000 сут. При этом ширина полосы частот примененного спектрального окна Ханна, характеризующая разрешающую способность по частоте, составляет $\Delta f = 2.667 \times 10^{-4} \text{ сут}^{-1}$, число степеней свободы сглаженной оценки спектра равно 22, а

длина 90%-ного доверительного интервала для математического ожидания в логарифмическом масштабе равна 0.44.

Результаты анализа

Спектр мощности ряда аномалий температуры рассчитывался вплоть до максимальной частоты Найквиста 0.5 сут^{-1} . Знание точных значений периодов космических факторов позволяет отождествить в спектрах ряд пиков, сведения о которых приведены в таблице. Предполагалось, что погрешность оценки периода ΔT определяется разрешением по частоте Δf и $\Delta T = T^2 \Delta f$.

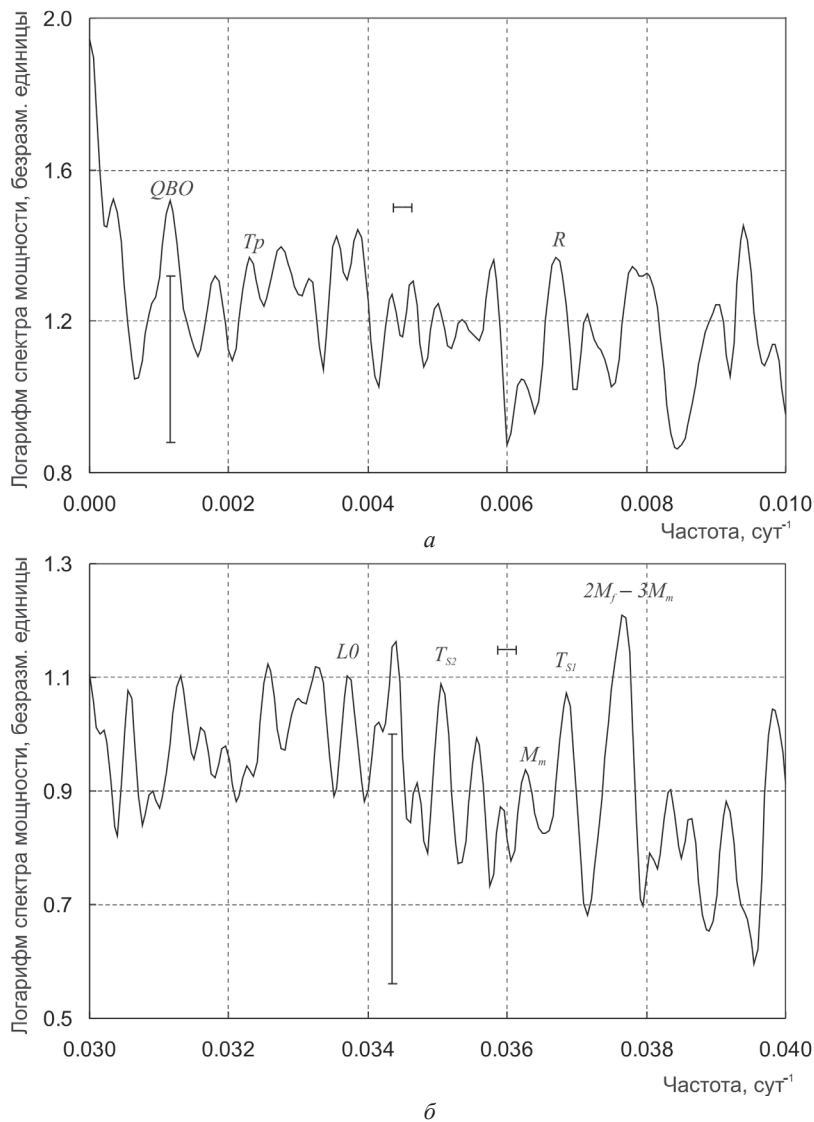
Наиболее интересные участки спектра мощности приведены на рисунке. Горизонтальными отрезками на нем показана ширина полосы частот спектрального окна, а вертикальными – длина 90%-ного логарифмического доверительного интервала для математического ожидания сглаженной спектральной оценки. Отождествленные гармоники отмечены соответствующими обозначениями у вершин пиков.

В области спектра с периодами большими 100 сут обнаруживаются гармоники, связанные с квазидвухлетним циклом *QBO*, полусонным приливом T_p и ригеровским циклом *R*. Пики, отмеченные на рисунке в области периодов около месяца, соответствуют месячной гармонике приливного потенциала M_m , синодическому месяцу Луны *L0* и гармоникам, связанным с солнечной активностью T_{S1} и T_{S2} . Следует отметить, что не у всех пиков максимумы выходят за границы принятого доверительного интервала. Однако совпадение в пределах оцененной погрешности периодов гармоник с точными значениями подтверждает их реальность.

Наиболее заметным на рисунке является пик с частотой 0.0377 сут^{-1} . Частота, соответствующая максимуму этого пика, в пределах погрешности совпадает с резонансом $2M_f - 3M_m$ частот полумесячной M_f и месячной M_m гармоник приливного потенциала. На проявление данного резонанса в изменениях приземной температуры впервые было указано в работе [7].

Периоды гармоник, обнаруженных в спектре мощности временного ряда аномалий приземной температуры воздуха на метеостанции Базель, и их идентификация

| Номер гармоники | Период, сут | Точное значение периода, сут | Идентификация |
|-----------------|------------------|------------------------------|---------------|
| 1 | 870 ± 200 | 870 | <i>QBO</i> |
| 2 | 435 ± 50 | 433 | T_p |
| 3 | 149.3 ± 5.9 | 154 | <i>R</i> |
| 4 | 29.67 ± 0.23 | 29.53 | <i>L0</i> |
| 5 | 28.13 ± 0.21 | 28.30 | T_{S2} |
| 6 | 27.59 ± 0.20 | 27.55 | M_m |
| 7 | 27.14 ± 0.20 | 27.03 | T_{S1} |
| 8 | 26.56 ± 0.19 | 26.65 | $2M_f - 3M_m$ |
| 9 | 13.67 ± 0.05 | 13.66 | M_f |



Десятичный логарифм спектра мощности аномалий приземной температуры воздуха на метеостанции Базель в области гармоник с периодами, превышающими 100 сут (*a*), и гармоник с периодами около месяца (*б*)

Заключение

Анализ спектра мощности ряда аномалий температуры метеостанции города Базель подтверждает полученные ранее результаты [6,7] и свидетельствует о влиянии на приземную температуру атмосферы двух геофизических факторов: квазидвухлетнего цикла QBO и полюсного прилива T_p .

Несколько отождествленных гармоник связаны с солнечной активностью. Символом R в таблице и на рисунке отмечен пик с периодом ригеровского цикла продолжительностью 154 сут. Данный цикл первоначально был обнаружен при анализе сильных солнечных вспышек. Позднее его существование было подтверждено при исследовании изменений других индексов солнечной активности.

Период гармоник T_{S1} совпадает с синодическим периодом вращения Солнца, она обычно ассоциируется с явлением рекурренции, обусловленным наличием активных областей и корональных дыр, существующих в течение нескольких солнечных оборотов. Гармоники T_{S1} и T_{S2} обнаружены также при исследовании изменений солнечных фотосферных магнитных полей и межпланетного магнитного поля.

Гармоника аномалий температуры с периодом синодического месяца Луны $L0$ является следствием изменения инсоляции при вращении системы Земля–Луна вокруг общего центра масс. Наличие данной гармоник свидетельствует о том, что земная климатическая система (ЗКС) не сглаживает изменения инсоляции с периодом синодического месяца и следовательно, время ее



реакции на внешнее радиационное воздействие не может заметно превышать 29,53 сут. Этот результат согласуется с полученными нами ранее оценками импульсной передаточной [4] и частотной характеристиками ЗКС [5].

Особый интерес представляет подтверждение существования в изменениях приземной температуры воздуха резонанса $2M_f - 3M_m$ частот полумесячной M_f и месячной M_m гармоник приливного потенциала.

Библиографический список

1. Богданов М. Б., Катрущенко А. В. Изменения инсоляции, вызванные влиянием Луны // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2008. Т. 8, вып. 1. С. 3–5.
2. Balling R. C., Jr., Cerverny R. S. Influence of lunar phase on daily global temperatures // Science. 1995. Vol. 267. P. 1481–1483.
3. Anyamba E., Suskind J. Evidence of lunar phase influence on global surface air temperature // Geophysical Research Letters. 2000. Vol. 27. P. 2969–2972.
4. Bogdanov M. B., Efremova T. Yu., Katrushchenko A. V. Estimation of impulse response of Earth's climate system at

short time intervals // J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2012. Vol. 86. P. 51–55.

5. Богданов М. Б. Оценка частотной характеристики реакции земной климатической системы на внешнее радиационное воздействие // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 1. С. 5–10.
6. Богданов М. Б., Катрущенко А. В. Периодические изменения приземной температуры воздуха, вызванные влиянием космических факторов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2008. Т. 8, вып. 2. С. 3–8.
7. Богданов М. Б. Эффекты космических факторов и резонанс приливных гармоник в рядах приземной температуры воздуха // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 1. С. 5–10.
8. Богданов М. Б., Федоренко А. В. Периодические изменения атмосферного давления, вызванные влиянием космических факторов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2009. Т. 9, вып. 1. С. 15–20.
9. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment / A. M. G. Klein Tank, J. B. Wijngaard, G. P. Konnen [et al.] // Int. Journal of Climatology. 2002. Vol. 22. P. 1441–1453.
10. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М. : Мир, 1971. 317 с.

Образец для цитирования:

Богданов М. Б. Эффекты космических факторов в изменениях приземной температуры воздуха // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 131–134. DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-3-131-134.

Cite this article as:

Bogdanov M. B. Effects of Space Factors in Surface Air Temperature Variations. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2017, vol. 17, iss. 3, pp. 131–134 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-3-131-134.