

# МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ: РОЛЬ ФАКТОРА ОБЛАЧНОСТИ

Н. С. Сидоренков<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Гидрометцентр России

Россия, 123242, г. Москва, Б. Предтеченский пер., д. 11-13, [sidorenkov@mecom.ru](mailto:sidorenkov@mecom.ru)

**Резюме.** Облачность является существенным фактором изменчивости температуры в приповерхностном слое. Количественные данные об облачности, измеренной с помощью продолжительности солнечного сияния, указывают на связи количества облачности с температурой в приповерхностном слое и ее суточным размахом. Факторы изменчивости облачности (внутренние, земные и внешние, неземные) недостаточно изучены, требуют дальнейшего исследования.

**Ключевые слова.** Облачность, приземная температура, факторы изменчивости.

## LONG-TERM OSCILLATIONS IN SURFACE TEMPERATURE: ROLE OF CLOUDINESS FACTOR

N. S. Sidorenkov<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Hydrometeorological Center of Russia

Predtechensky lane, 11-13, 123242 Moscow, [sidorenkov@mecom.ru](mailto:sidorenkov@mecom.ru)

**Summary.** Cloudiness is a significant factor of temperature variability in the surface layer. Quantitative data on cloudiness measured through the sunshine duration show a relationship between the cloud amount and temperature in the surface layer as well as a relationship with its diurnal amplitude. Factors of cloudiness variability (internal, i.e. earth system determined, and extraterrestrial) are insufficiently known and need further investigation.

**Keywords.** Cloudiness, surface temperature, variability factors.

### Введение

Современные наблюдаемые изменения температуры в приповерхностном слое есть результат наложения антропогенных и естественных факторов ее изменчивости. Среди естественных факторов заметную роль играет облачность. Изменения облачности влияют как на долю потока солнечного излучения, достигающего земной поверхности, так и на поглощение и пропускание восходящего потока инфракрасного излучения от земной поверхности и атмосферных слоев. Меняющийся под воздействием колебаний облачности радиационный баланс на земной поверхности приводит к определенным изменениям температурного режима в приповерхностном слое. Эта связь довольно сложна, неоднозначна. Обсуждение ее некоторых особенностей как на концептуальном уровне, так и с опорой на данные метеорологических наблюдений, является целью данной статьи. Кроме того, предполагается обсудить и

возможные причины изменчивости собственно облачности, внешние по отношению к земной системе. На этот предмет пока нет единой точки зрения среди исследователей.

### **Общие представления о влиянии облачности на температурный режим приповерхностного слоя**

Ниже рассматриваются области географического пространства регионального масштаба (тысячи километров), для которых сезонный термический режим в приповерхностном слое определяется в основном за счет радиационных факторов. Для простоты изложения не будет делаться различия между температурой земной поверхности и температурой воздуха в приповерхностном слое атмосферы на высоте метеорологических наблюдений. Поскольку речь везде идет об аномалиях температуры, то такое упрощение приемлемо.

При ясной погоде днем земная поверхность 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 земная поверхность ото дня ко дню усиленно разогревается за счет повышенного (по сравнению с климатической нормой) суточного радиационного баланса. В итоге при таком типе погоды наблюдаются положительные аномалии температуры относительно климатической нормы. Зимой день короткий, ночь продолжительна, полуденная высота Солнца над горизонтом минимальна. Поэтому зимой при ясной погоде земная поверхность ото дня ко дню усиленно выхолаживается из-за пониженного (по сравнению с климатической нормой) суточного радиационного баланса. В итоге при таком типе погоды наблюдаются отрицательные аномалии температуры относительно климатической нормы. Следовательно, при отрицательной аномалии облачности в течение всего года лето в приповерхностном слое должно быть жарким, а зима — холодной.

При положительной аномалии облачности, напротив, значительно уменьшается поступление солнечной радиации днем, но зато ночью существенно сокращаются потери тепла с потоком инфракрасного излучения. Поэтому при облачной погоде следует ожидать обратный эффект: летом преобладают отрицательные аномалии температуры, а зимой — положительные. Таким образом, при положительной аномалии облачности в течение всего года лето должно быть скорее прохладным, а зима — теплой.

Реальность изложенного выше механизма влияния облачности на температуру проверялась в работах (Сидоренков и др., 2012б, 2013).

### **Результаты наблюдений**

#### ***Облачность***

С помощью сотрудников Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных Росгидромета (ВНИИГМИ — МЦД) А. И. Неушкина и Б. Г. Шерстюкова и

сотрудников метеорологической обсерватории Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (МГУ) А. А. Исаева и Е. В. Горбаренко мы получили ряды срочных наблюдений количества общей облачности в баллах по следующим метеостанциям: имени С. И. Небольсина, Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА), Всероссийского выставочного центра (ВВЦ) и МГУ. С 1936 по 1965 г. наблюдения проводились четыре раза в сутки через каждые 6 часов. С 1966 по 2010 г. наблюдения велись через каждые 3 часа 8 раз в сутки. Обобщив эти данные, мы построили непрерывный ряд срочных наблюдений количества общей облачности в баллах в Москве с 1936 по 2010 г. Далее, усреднением срочных величин был получен непрерывный ряд среднесуточных значений количества общей облачности за каждые сутки с 1936 г. по 2010 г. (Сидоренков и др., 2012б).

Количество облачности в заданной местности имеет ярко выраженный годовой ход, обусловленный изменением притока солнечной радиации из-за обращения Земли вокруг Солнца. Мы сосредоточимся на низкочастотных колебаниях и поэтому приведем только график скользящих средних за пять лет величин среднесуточного балла облачности (рис. 1). На рис. 1 видно, что в общей облачности до 1963 г. и с 1980 по 1993 г. наблюдались положительные отклонения от долговременного линейного тренда, а в периоды с 1963 по 1979 г. и с 1994 по 1999 г. отрицательные отклонения. Природа этих циклических отклонений нуждается в дальнейшем изучении.

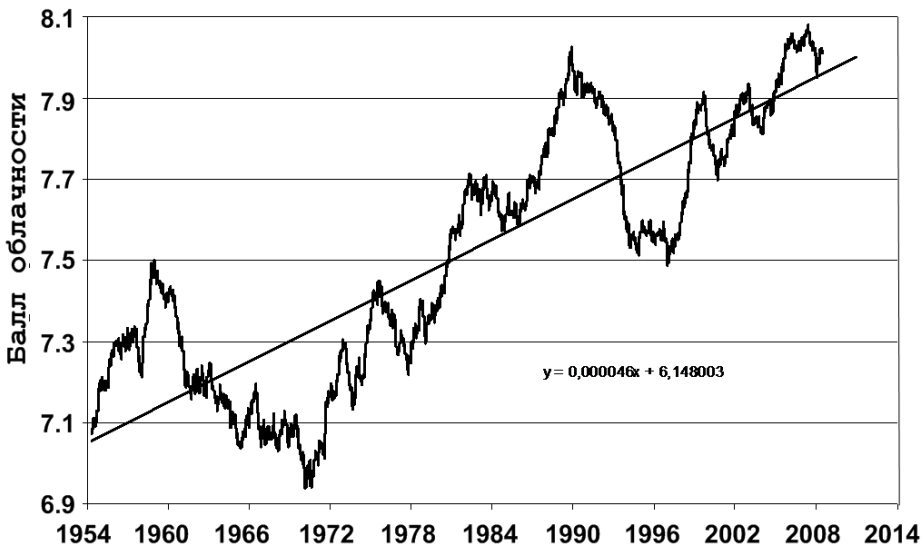


Рисунок 1 — Скользящие пятилетние средние величины среднесуточного количества общей облачности в баллах в Москве и линейный тренд.

### ***Наблюдения за продолжительностью солнечного сияния***

Балл облачности определяется наблюдателем визуально, и поэтому этот показатель носит субъективный характер. Более объективную характеристику

количества облачности дает продолжительность солнечного сияния (ПСС), измеряемая по записям специальных приборов — гелиографов. С помощью сотрудников метеорологической обсерватории МГУ и ВНИИГМИ МЦД, путем обобщения рядов наблюдений метеостанций ТСХА, ВДНХ, ВВЦ и МГУ, мы построили непрерывный ряд ПСС за каждые сутки в Москве с 1955 по 2011 г.

Ю. П. Переведенцев подготовил ряд ПСС для Казани (метеостанция с координатами 55°47' с. ш. и 49°08' в. д., расположенная на высоте 96,47 м над уровнем моря) с 1966 по 2010 г. с суточным разрешением (Сидоренков и др., 2013).

Продолжительность солнечного сияния, как и балл облачности, имеет ярко выраженный годовой ход. Чтобы отфильтровать его мы вычислили скользящие среднегодовые значения суточной ПСС (с суточной дискретностью) для Москвы и Казани. Результаты представлены на рис. 2.

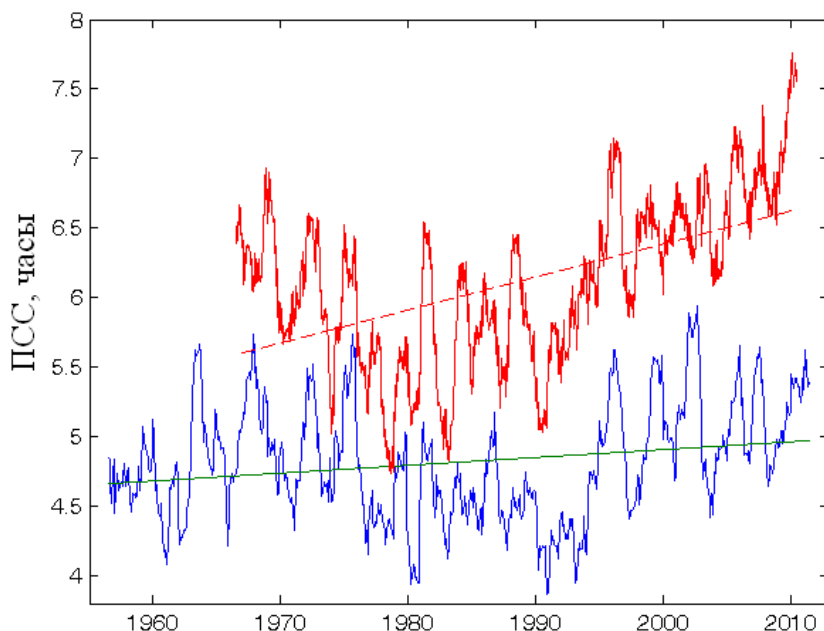


Рисунок 2 — Скользящие среднегодовые значения суточной продолжительности солнечного сияния в Москве (синяя линия) и в Казани (красная линия) и линейные тренды. Во избежание наложений кривых все значения ПСС для Казани увеличены на 1 час.

### **Сопоставление показателей температуры и продолжительности солнечного сияния**

На рис. 2 видно, что положительные аномалии солнечного сияния преобладали с 1963 г. по 1975 г. и с 1995 г. по 2011 г., а отрицательные аномалии наблюдались с 1976 г. по 1994 г. В Москве максимальная за день ПСС (5,9 час.) отмечалась в 2002 г., а минимальная около 3,9 часа — в 1990–1993 г. В 1963–1975 годы и 1995–2011 годы с жаркими летними сезонами и холодными зимами средняя за день ПСС была примерно на 1,5 часа (31%) больше, чем в 1976–1994 годы с прохладными летними сезонами и теплыми зимами. В

еще большей степени это выражено в Казани — от 3,7 часа до 6,8 часа (Сидоренков и др., 2013).

Интересно отметить, что в заполярном Баренцбурге (78° N, 14° E), где среднегодовой радиационный баланс отрицателен, ситуация не столь ясная — отклонения от долговременных трендов ПСС и температуры часто бывают противоположны по знаку (рис. 3).

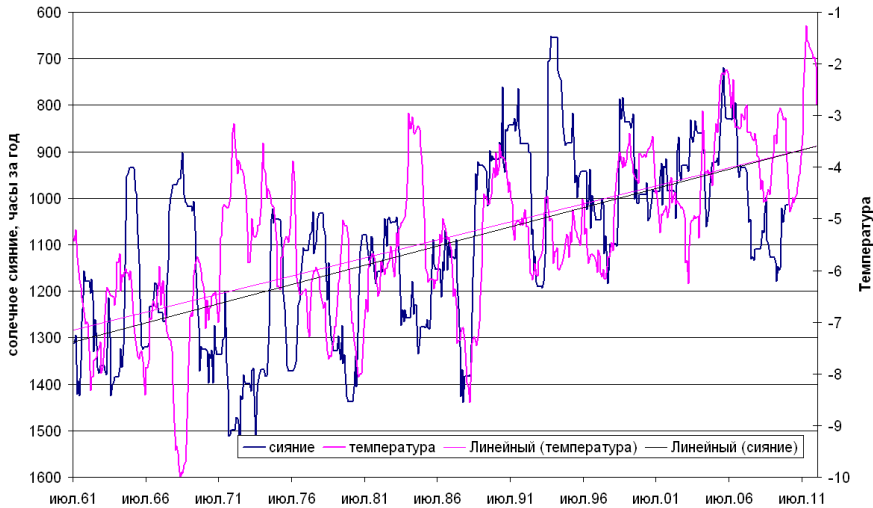


Рисунок 3 — Скользящие годовые суммы ПСС (черная линия) и скользящие среднегодовые значения приземной температуры (розовая линия) в Баренцбурге с 1961 г. по 2011 г.; представлены также линейные тренды.

Мы считаем (хотя это, несомненно, требует специального исследования), что это объясняется выраженным отрицательным радиационным балансом на земной поверхности в Заполярье, доминирующей ролью адвекции тепла.

Связь амплитуды колебаний температуры с продолжительностью солнечного сияния выявляется и в суточном масштабе времени при анализе данных наблюдений по Москве и Казани (Сидоренков и др., 2013). Для каждого пункта мы подготовили временные ряды разностей суточной максимальной и минимальной температуры (размах или удвоенная амплитуда) за 1966–2011 гг. Затем для каждого из рядов были вычислены скользящие среднегодовые значения с суточной дискретностью. Эта же операция была проведена для временных рядов продолжительности солнечного сияния за сутки. Далее, долговременный линейный тренд исключен из хода обеих величин. Результаты для Москвы — отклонения от линейного тренда — приведены на рис. 4.

На рис. 4 видно, что между рассматриваемыми двумя рядами есть довольно высокая корреляция — коэффициент корреляции  $r = 0,65$ . Приращению ПСС на 1 час примерно соответствует увеличение размаха  $T$  на  $1^\circ$ .

Заметим, что размахи температуры и ПСС в Казани и Москве хорошо коррелируют друг с другом (коэффициенты корреляции равны соответственно 0,66 и 0,70) (Сидоренков и др., 2013).

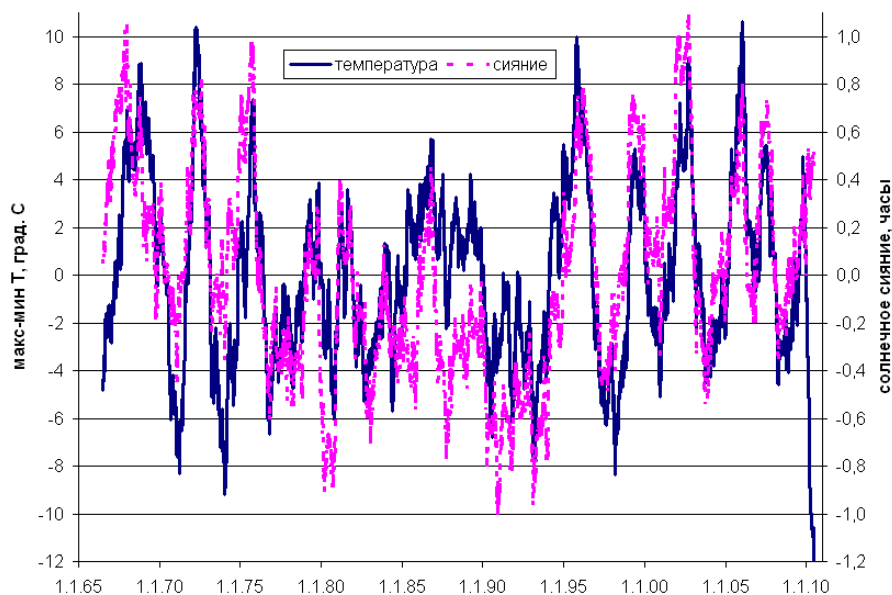


Рисунок 4 — Отклонения от линейного тренда скользящих среднегодовых значений суточной продолжительности солнечного сияния (розовый пунктир) и суточного размаха температуры воздуха  $T$  (сплошная линия) в Москве с 1966 г. по 2011 г.

## Дискуссия

Среди «земных», внутренних естественных факторов затруднительно, а может быть, и нельзя выделить ведущий или ведущие. Ведь климат — продукт деятельности климатической системы, где существуют множество прямых и обратных связей. Однако мы полагаем, что среди внешних, «внеземных» факторов есть все же такие, что оказывают заметное влияние на земной климат, в частности, на облачность. Есть основания полагать, что такие воздействия могут быть связаны с гравитационными взаимодействиями планет (Земли, Луны и Солнца), модулирующими температурные условия на Земле на временном масштабе от недели до нескольких лет и десятилетий (Сидоренков, Сумерова, 2012а; Sidorenkov, 2009).

На это косвенно указывает близкое соответствие между спектральными характеристиками лунно-солнечных приливов и вариаций метеорологических характеристик. Например, проведенный нами спектральный анализ ряда аномалий температуры воздуха в Москве за 1960–2003 гг. обнаружил хорошо выраженные составляющие с периодами приливного года 355 сут, лунного периода 206 сут, четверти лунного года 87 сут и лунного сидерического месяца 27 сут (рис. 5) (Sidorenkov, 2009).

Сингулярный спектральный анализ (разложение по эмпирическим ортогональным функциям времени) рядов скорости вращения Земли, глобальных аномалий температуры воздуха и уровня моря указывает на присутствие в них периодов близких к лунным периодам 18,6 года и 8,85 года (Zotov et al., 2014).

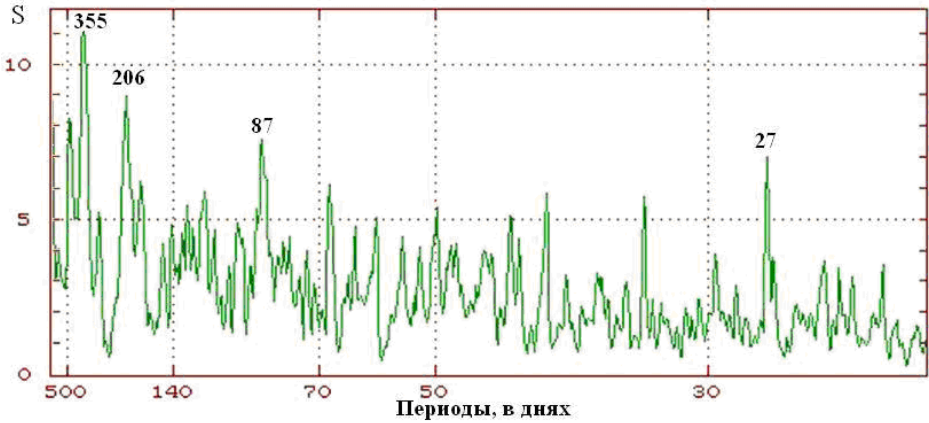


Рисунок 5 — Периодограмма аномалий температуры воздуха в г. Москве.

Из-за взаимодействия солнечно обусловленных годовых колебаний гидрометеорологических элементов с лунными циклами возникают биения. Анализ сложения двух гармонических колебаний показывает, что при сложении солнечного 365 суточного колебания с лунным 355 суточным колебанием (13 тропических месяцев) возникают биения амплитуд метеорологических элементов с периодом 35,2 лет. Этот цикл называют брикнеровским циклом.

Качественное сопоставление биений солнечного и лунного цикла (около 35 лет) указывает на целый ряд совпадений экстремальных фаз биений с крупномасштабными аномальными погодными условиями. Мы проанализировали столетние ряды наблюдений температуры воздуха на метеостанциях Европейской части России с суточной дискретностью (по данным ВНИИГМИ МЦД (<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>) и нашли, что холодные зимы и жаркие летние сезоны наблюдались в центре этой области пространства в годы близкие к 2002/2010 г., 1972 г., 1936/1938 г. и 1901 г. Найденная последовательность аномально жарких летних сезонов и холодных зим, соответствует представлению о существовании квази-35-летних биений температуры воздуха (Сидоренков, Сумерова, 2012а).

Следует отметить, что существуют и иные представления о причинах изменчивости климата на Земле. Так, в 1990–2000х годах Х. Свенсмарк (Svensmark, 2007), Н. Шавив (Shaviv, 2005) и ряд других исследователей высказали и развили идею о космических причинах изменчивости облачности на Земле — о влиянии галактических космических лучей. Это направление мысли связано с термином «космоклиматология». В отношении облачности, эти представления кратко сводятся к следующей последовательности положений см. <http://www.sciencebits.com/HUdebate>:

- увеличение солнечной активности →
- уменьшение потока космических лучей →
- уменьшение ионизации атмосферы →
- уменьшение количества ядер конденсации →

уменьшение облачности →

увеличение приземного потока солнечного излучения →

увеличение температуры земной поверхности.

Однако в этой последовательности положений только первый элемент причина→следствие установлен достаточно надежно. Остальные — лишь гипотезы.

Следует отметить, что причинно-следственная связь между облачностью и температурой в приповерхностном слое еще недостаточно исследована. Так, например, в работе (Wagner et al, 2007) на основе данных метеорологических измерений температуры и спутниковых данных об облачности показано, что в тропиках на обширных пространствах наблюдается положительная корреляция между температурой и облачностью, в то время как в других работах эта корреляция оценивается как отрицательная.

Кроме того, роль фактора облачности в изменении температуры в приповерхностном слое (которая несомненно реальна) не следует считать доминирующей. Например, в работе (Norris et al, 2009) приводятся данные о том, что примерно с 2000 г., в условиях продолжающегося глобального потепления, облачность в глобальном масштабе уменьшается. Эта тенденция хорошо видна на графике, приведенном на рис. 6.

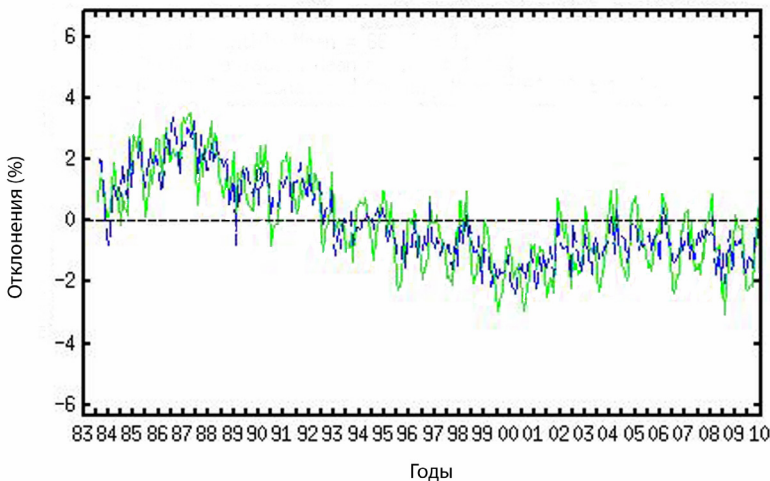


Рисунок 6 — Отклонение среднемесячной глобальной доли облачного покрытия (%) от среднего за 1983–2012 гг. (зеленая кривая) и то же с удаленным годовым ходом (синий пунктир) (<http://isccp.giss.nasa.gov/zD2BASICS/B8glbp.anomdevs.jpg>).

## Заключение

В настоящее время при исследовании изменений глобального климата в мировой научной литературе в основном уделяется внимание антропогенным воздействиям на климатическую систему — обогащению атмосферы парниковыми газами, изменению альбедо земной поверхности и атмосферы (Второй оценочный доклад Росгидромета....., 2014). При этом естественные факторы



изменчивости климата в масштабе десятилетий исследованы еще не в полной мере. Это служит определенным препятствием для прогнозов климата. Ведь тот будущий климат, который реализуется в ближайшие века, зависит не только от антропогенной деятельности, но и от действия естественных факторов.

В данной работе обсуждается один из таких естественных факторов – количество облачности. Он непосредственно влияет на радиационный баланс земной поверхности, который в очень большой степени определяет климат приповерхностного слоя, где обитает человечество. Показано, что фактор облачности, количественно измеряемый через продолжительности солнечного сияния, в значительной мере связан с изменением температурного режима в приповерхностном слое.

### Благодарности

*Автор выражает благодарность А. И. Неушкину, Б. Г. Шерстюкову и Ю. П. Переведенцеву за помощь в сборе данных о продолжительности солнечного сияния и температуре на ряде метеостанций.*

### Список литературы

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Москва, Ниц «ПЛАНЕТА», 2014, 58 с.

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

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

Сидоренков Н.С., Переведенцев Ю.П., Шарипова М.М., Гимранова А.Б., Петров В.Н. 2013. О квазичетырехлетних и квазитридцатипятилетних биениях амплитуды суточных колебаний температуры. Учёные записки Казанского университета. Серия: Естественные науки, том 155, книга 1, 2013, С. 171–179.

Norris J. R., Slingo A. Trends in Observed Cloudiness and Earth's Radiation Budget. From the Strüngmann Forum Report, Clouds in the Perturbed Climate System: Their Relationship to Energy Balance, Atmospheric Dynamics, and Precipitation Edited by Jost Heintzenberg and Robert J. Charlson. MIT Press, 2009, p. 17–36. ISBN 978-0-262-01287-4

Shaviv N. J. On climate response to changes in the cosmic ray flux and radiative budget, J. Geophys. Res., 110, A08105, 2005.

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

Svensmark, H., Cosmoclimatology: A New Theory Emerges, *Astron. Geophys.*, 58, 1.19-1.24., 2007.

Wagner T., Beirle S., Deutschmann T., Grzegorski M., Platt U. Estimating climate feedback through water vapor and cloud cover from GOME satellite observations. A contribution to the ACCENT subproject TROPOSAT-2. Proceedings of the second ACCENT symposium, Urbino, Italy, July 23–26, 2007.

Zotov L.V., Bizouard Christian, and Sidorenkov N.S.. 2014. Common oscillations in Global Earth Temperature, Sea Level, and Earth rotation Poster at EGU General Assembly 2014. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 16, EGU2014-5683, 2014