

УДК 551.51

# Сезонная и долговременная изменчивость составляющих энергетического баланса климатической системы Земли и их влияние на глобальную температуру

Г.М. Крученицкий<sup>1,2</sup>, К.А. Статников<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Центральная аэрологическая обсерватория

141700, Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Первомайская, 3

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)  
141701, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9

Поступила в редакцию 10.04.2019 г.

Проанализирована сезонная и долговременная изменчивость параметров энергетического баланса климатической системы Земли: альbedo и солнечной облученности. Показано, что параметрический резонанс климатической системы Земли с долгопериодными приливными колебаниями, а также деформации фотосферы Солнца под влиянием планет-гигантов и малые флуктуации солнечной постоянной могли привести к долговременным изменениям глобальной температуры, наблюдаемым с середины XIX в. Исследованы и физически обоснованы периоды медленных колебаний, приводящие к таким изменениям. Показано, что колебательная модель долговременных изменений глобальной температуры существенно эффективней трендовой, а также что случайные колебания, более чем на порядок уступающие наблюдаемым в эксперименте, с большой вероятностью могут сформировать кажущийся (диффузионный) тренд глобальной температуры, не уступающий предполагаемому в рамках антропогенной версии так называемого глобального потепления.

*Ключевые слова:* альbedo, сезонная и долговременная изменчивость, деформация фотосферы, флуктуации солнечной постоянной, тренды, приливные колебания, параметрический резонанс, климат; albedo, seasonal and long-term variability, photosphere deformation, solar constant fluctuations, trends, tidal oscillations, parametric resonance, climate.

## Введение

В настоящее время ряд международных природоохранных соглашений основан на версии о том, что климатические изменения обусловлены изменением концентрации парниковых газов, в первую очередь — углекислого газа. Однако как изменения альbedo Земли, так и вариации солнечной постоянной, обусловленные, например, деформацией диаграммы направленности фотосферы Солнца под влиянием планет-гигантов, потенциально могут оказывать заметное воздействие на климат. Исходя из этого, рассмотрим подробнее сезонную и долговременную изменчивость этих составляющих энергетического баланса климатической системы Земли. Начнем с альbedo, применительно к которому мы располагаем данными измерений и можем напрямую моделировать как сезонную, так и долговременную изменчивость регрессионными методами. Затем перейдем к анализу фотосферных возмущений. Здесь результаты прямых измерений отсутствуют, и мы вынуждены будем идентифицировать их причины

по спектральным составляющим изменчивости глобальной температуры.

## Построение регрессионной модели

Раньше глобальное альbedo рассчитывалось по данным нерегулярных измерений яркости неосвещенной Солнцем части лунного диска. В настоящее время появилась возможность ежесуточных расчетов по данным измерений полей отражаемости спутниковой озонметрической аппаратурой [1], относящимся к периоду с ноября 1978 по декабрь 2013 г. Вычисленные по ним зональные данные об отражаемости приведены на рис. 1 (цв. вкладка). Видно, что локальная отражаемость имеет значительный динамический диапазон изменчивости и что измерения за последние 4–5 лет периода наблюдений в приполярных регионах были явно неадекватны требованиям отражения этого диапазона. Это, по-видимому, и послужило причиной прекращения их публикации на сайте NASA с 2014 г. Широтное осреднение этих данных с весами, пропорциональными косинусам широты, дает возможность найти значения глобального альbedo Земли в оптическом диапазоне.

Сезонный ход альbedo легко получить построением регрессионной модели с базисом в виде гармоник

\* Григорий Михайлович Крученицкий (omd@cao-ghms.ru); Константин Андреевич Статников (Kos1301@mail.ru).

годового хода. Значения амплитуды и фазы, а также значимости<sup>1</sup> гармоник (отобранных на уровне не менее 95% надежности) приведены в табл. 1, а график модели (коэффициент детерминации – 20%, значение статистики Фишера – 125) – на рис. 2.

Таблица 1  
Параметры гармоник сезонного хода альbedo Земли

Параметр	Гармоника		
	I	II	III
Амплитуда, %	2,03	0,85	0,11
Фаза, сут	2	84	78
Надежность, %	100	99,98	97,5



Рис. 2. Сезонный ход альbedo Земли в оптическом диапазоне

Остатки сезонного хода имеют статистически значимый отрицательный тренд –  $(2,1 \pm 0,1)\%$  за 10 лет (декаду). С точки зрения сторонников версии антропогенно обусловленного глобального потепления, его, по-видимому, следует интерпретировать как следствие таяния полярных шапок. Однако для такого рода обусловленности тренд слишком велик, так как ему соответствовало бы увеличение плотности освещенности Земли  $\sim 30 \text{ Вт/м}^2$  за декаду (оценка авторов [2] на порядок меньше за весь период глобального потепления). Для диагностики причин долговременной изменчивости альbedo на основе спектрального анализа остатков сезонного хода была построена колебательная модель названной изменчивости с коэффициентом детерминации 87,8%, спектр которой сосредоточен на пяти частотах со следующими периодами:

- 18,6 года (наибольший из периодов приливных колебаний [3]);
- II и III гармоники, обусловленные немонотонностью приливного процесса;
- вторые унтертона самого сезонного хода и его гармоник, обусловленные параметрическим резонансом между альbedo и приливом.

<sup>1</sup> Под значимостью (надежностью) параметров гармоник понимается величина, равная 100% минус вероятность получить значение параметра случайно, находящаяся из статистики Стьюдента.

Значения амплитуды и фазы вышеперечисленных частот долговременной изменчивости, значимых на уровне, отличающемся от 100% не более чем на  $10^{-5}\%$ , приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Амплитуды и фазы долговременной изменчивости альbedo

Параметр	T, годы				
	37,2	27,9	18,6	9,3	6,2
Амплитуда, %	7,18	8,26	2,54	0,61	0,61
Фаза, годы	11,00	17,53	14,73	1,53	1,56

Попытки уточнения значений периодов и амплитуд, приведенных в табл. 2, методом последовательных приближений по сравнению с начальными значениями, приведенными выше, результатов не дали, что свидетельствует о физической осмысленности полученных результатов и несомненном вкладе параметрического резонанса с низкочастотной составляющей приливных явлений в формирование альbedo Земли, а следовательно, и в энергетический баланс ее климатической системы. Попытки уточнения значений периодов и амплитуд выполнялись с помощью встроенной функции рабочего листа электронных таблиц Excel – Solver (в русском интерфейсе – поиск решения) по критерию максимума коэффициента детерминации модели при выборе различных начальных значений основного периода.

Результаты моделирования (с коэффициентом детерминации 87,8% для модели долговременной изменчивости и 90,4% для модели полной изменчивости) и их сравнение с исходными отсчетами приведены на рис. 3.

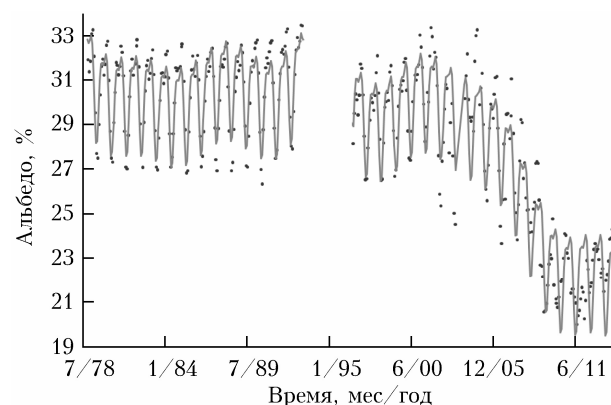


Рис. 3. Моделирование альbedo Земли в оптическом диапазоне (точки – отсчеты; линия – модель)

Остатки полной модели обладают следующими свойствами:

- значимый тренд полностью отсутствует (точнее, тренд составляет  $(0,06 \pm 5,4)\%$  за 10 лет при надежности 9,7% и статистике Фишера 0,015);
- их интегрированная периодограмма (рис. 4) моделируется прямой, проходящей через начало координат, с коэффициентом детерминации 99,7% (для белого шума [4] – 100%).

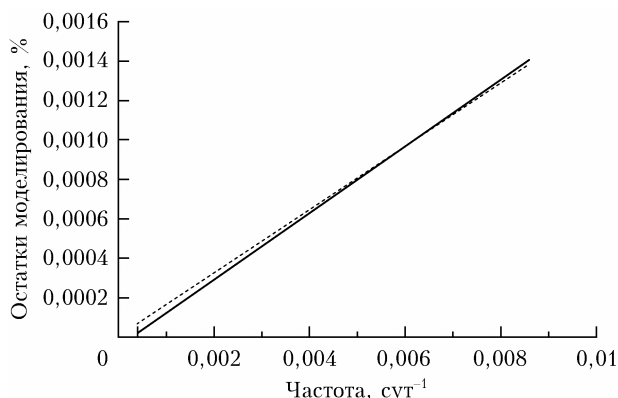


Рис. 4. Сходство интегрированной периодограммы остатков моделирования (сплошная линия) с белым шумом (пунктирная линия)

Сходство остатков моделирования с белым шумом показывает, что модель отражает практически всю информацию, содержащуюся в исходных данных, и, следовательно, изменчивость альbedo Земли сводится к колебанию, спектр которого сосредоточен на первых двух гармониках годового хода, самой низкой из частот в спектре приливных колебаний ее II и III гармоник (ангармонизм), а также их вторых унтертонах (параметрический резонанс). Важно отметить, что вклад долговременной изменчивости альbedo в полную изменчивость почти в 4,5 раза превышает вклад сезонной изменчивости. Физические механизмы влияния приливов на альbedo связаны с тем, что приливно обусловленные вертикальные движения в атмосфере и океане влияют:

- на площадь испарения с океанической поверхности;

- концентрацию водяного пара над океанической поверхностью;

- вертикальное распределение температуры и концентрации воды (в различных фазовых состояниях) в атмосфере.

Все эти эффекты сказываются на процессах образования облачного покрова – основного фактора, формирующего альbedo Земли в ее внеполярных регионах. Поэтому необходимо адекватно оценить характер вклада альbedo в долговременную изменчивость глобальной температуры. Как справедливо отметил рецензент настоящей статьи: «это в принципе сложно, поскольку альbedo и глобальная температура **взаимно** влияют друг на друга». Однако антропогенная версия долговременной изменчивости глобальной температуры предполагает ее однонаправленный характер (т.е. имеющий линейный тренд). Следовательно, взаимообусловленные изменения альbedo также должны иметь характер тренда.

Альтернативная диагностика причин наблюдаемых долговременных изменений – это построение регрессионной модели глобальной температуры и сравнение спектра ее изменчивости со спектром изменчивости альbedo. Разумеется, остатки этой модели в случае естественной обусловленности упомянутых изменений не должны иметь статистически значимых положительных трендов. Результаты представлены на рис. 5.

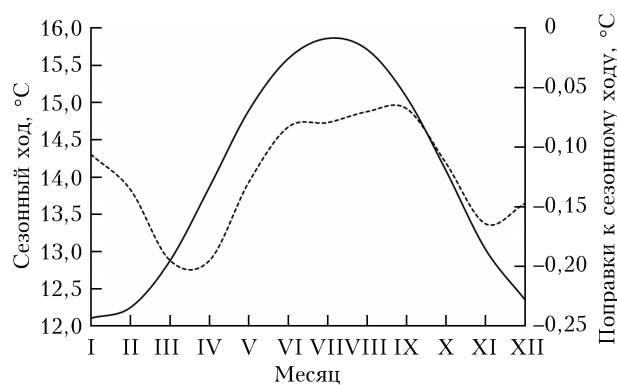


Рис. 5. Климатическая норма 1960–2000 гг. по данным [5] (сплошная линия) и поправки к ней, вычисленные нами (пунктирная линия)

Исходные данные (положенные в основу доклада [2] и последующих) отклонений глобальной температуры [5] от климатической нормы, определенной по наблюдениям за 1960–2000 гг., несколько изменены нами за счет уточнения этой нормы. Поправки обусловлены тем, что при построении регрессии использованных в [2] отклонений на первые три гармоники годового хода обнаруживаются статистически значимые на уровне 95% амплитуды.

Поправки к годовому ходу иллюстрирует рис. 5, а данные об их спектральном составе приведены в табл. 3.

Таблица 3  
Спектральный состав поправок к годовому ходу глобальной температуры

Параметр	Гармоника		
	I	II	III
Амплитуда, К	0,045	0,03	0,27
Фаза, сут	220	8	12
Надежность, %	99,9	99,5	98,6

Остатки сезонного хода имеют статистически значимый положительный тренд ( $0,53 \pm \pm 0,01$ ) К за 100 лет в полном согласии с экспертной оценкой [2]: ( $0,6 \pm 0,2$ ) К за 140 лет.

После уточнения сезонного хода и отклонений от него был смоделирован вклад в долговременную изменчивость глобальной температуры самого медленного из приливных колебаний, его гармоник и унтертонов. Он показан на рис. 6, а данные о спектральном составе приведены в табл. 4.

Из рис. 6 видно, что вклад приливных колебаний не может не повлиять на величину тренда, но при построении регрессионной модели долговременной изменчивости глобальной температуры следует учесть еще один важный фактор (также отраженный на рис. 6). Известно [6], что смещения барического центра Солнечной системы (БСС) относительно центра Солнца (иногда превышающие диаметр) – квазипериодический процесс с периодом 178,8 года. Это полученное из астрономических наблюдений («парады» планет-гигантов в начале 1810 и конце 1988 гг.) значение несложно обосновать аналитически

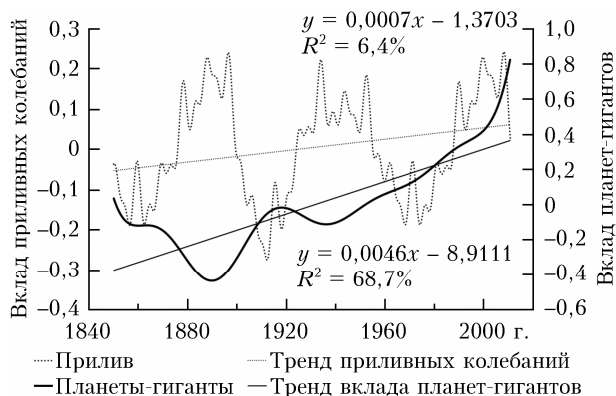


Рис. 6. Вклад факторов долговременной изменчивости в глобальную температуру, К

Таблица 4

Спектральный состав вклада приливных колебаний в долговременную изменчивость глобальной температуры

Параметр	T, годы						
	55,8	37,2	27,9	18,6	9,3	6,2	4,65
Амплитуда, К	0,029	0,023	0,048	0,21	0,028	0,048	0,016
Фаза, годы	45,27	20,02	11,9	2,75	4,3	2,76	2,55

в первом приближении (без учета некомпланарности орбит). Ясно, что квазипериод такого повторения будет равен величине  $T$ , минимизирующей функцию

$$f(T) = \sum_{i=5}^8 \frac{m_i r_i}{T_i} \sin^2 \frac{T}{T_i} \pi,$$

где  $i$  – номер планеты при счете от Солнца;  $T_i$ ,  $m_i$ ,  $r_i$  – ее период обращения, масса и среднее расстояние до Солнца, нормированные на соответствующие параметры Земли. Наименьшее значение функция  $f(T)$  принимает при  $T \approx 178$  лет. Данные, обосновывающие указанное значение, приведены в табл. 5 и на рис. 7. Отметим, что речь идет именно о квазипериоде, а не о периоде, так как периоды обращения планет несоизмеримы.

Таблица 5

Параметры крупнейших небесных тел Солнечной системы, нормированные на соответствующие параметры Земли

Планета	$m_i$	$r_i$	$T_i$	$m_i r_i$
Меркурий	0,055	0,38	0,241	0,021
Венера	0,815	0,72	0,615	0,587
Земля	1	1	1	1
Марс	0,107	1,52	1,88	0,163
Церера	0,00015	2,76	4,6	4E-04
Юпитер	318	5,2	11,86	<b>1654</b>
Сатурн	95	9,54	29,46	<b>906,3</b>
Уран	14,6	19,22	84,01	<b>280,6</b>
Нептун	17,2	30,06	164,8	<b>517</b>
Плутон	0,0022	39,2	248,1	0,086

Отметим, что отклонение положения БСС от центра Солнца возмущают глобальную темпера-

туру поверхности Земли как воздействием на расстояние от Земли до Солнца [7], так и деформацией фотосферы Солнца [6], т.е. изменением диаграммы направленности ее излучения.

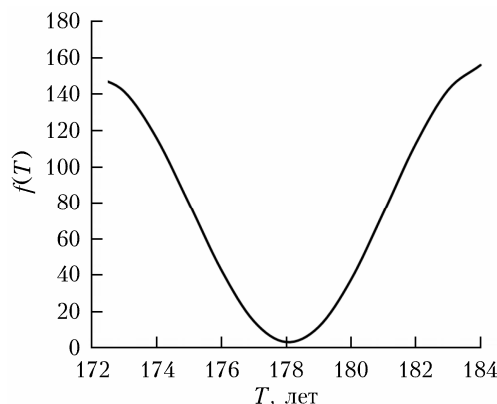


Рис. 7. Вид функции  $f(T)$  в окрестности основного минимума

Данные спектрального состава гармоник и статистически значимого унтертона колебания глобальной температуры приведены в табл. 6 (надежность отличается от 100% не более чем на  $10^{-5}\%$ ).

Таблица 6

Спектральный состав долговременных колебаний глобальной температуры

Параметр	T, годы					
	267	178	89	59,33	44,5	$\infty$
Амплитуда, К	6,88	4,28	0,5	0,22	0,11	2,9
Фаза, годы	42,47	28,33	14,16	9,44	7,08	

## Результаты моделирования

Итоги статистического моделирования приведены на рис. 8 (цв. вкладка). Эффективность колебательной модели долговременной изменчивости глобальной температуры составляет 63,5% (а линейного тренда – 42,5%), значения статистики Фишера – 3359 и 1426 соответственно. Остатки колебательной модели представляют собой белый шум, так как эффективность регрессии их интегрированной периодограммы на прямую, проходящую через начало координат, равна 99,8% (рис. 9), т.е. никакой информации в остатках колебательной модели нет.

Кроме существенно более низкого коэффициента детерминации, интегрированная периодограмма остатков трендовой модели долговременной изменчивости глобальной температуры демонстрирует наличие информации в диапазоне низких частот (т.е. там, где сосредоточена энергия приливных колебаний, колебаний, обусловленных влиянием планет-гигантов и частот параметрического резонанса с этими колебаниями).

И наконец, чтобы закончить с вопросом о влиянии на глобальную температуру параметрического резонанса с частотой, соответствующей основному

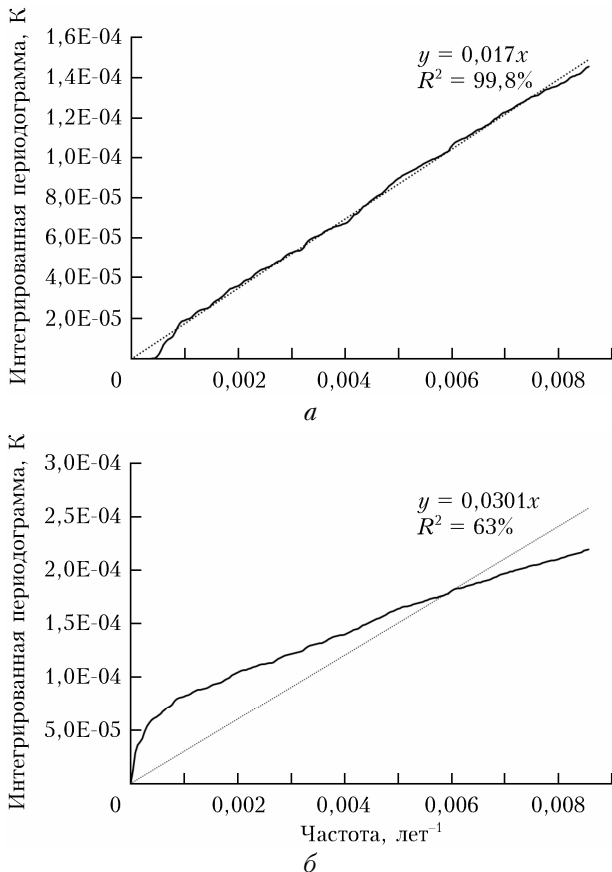


Рис. 9. Интегрированные периодограммы остатков модели долговременной изменчивости глобальной температуры: а – колебательная; б – трендовая модели

временному интервалу 178 лет, объясним, почему удалось обнаружить наряду с его гармониками только один унтертон, являющийся вторым по отношению к III гармонике основного колебания (и третьим по отношению ко II гармонике). Дело в том, что периоды унтертонов основного временного интервала гораздо больше времени инструментальных наблюдений за глобальной температурой, второй унтертон II гармонике имеет период основного колебания, второй унтертон IV гармонике имеет период II гармонике, а ее третий унтертон не обнаруживается, по-видимому, ввиду малости амплитуды самой гармонике и малой своей устойчивости, отмеченной, в частности, в [8]. В связи с этим подчеркнем, что один из периодов (четвертый по длительности в табл. 6) хорошо известен климатологам [9].

Колебательная модель подтверждается и наблюдениями вне инструментального периода. Роман Пушкина [10], монография Борисенкова и Пасецкого [11] однозначно указывают на аномальные потепления в 1824–1827, 1649 и 1471 гг. Разумеется, следует помнить, что 178 лет – это не период, а квазипериод колебаний глобальной температуры. Его вариации, как отмечено выше, обусловлены как несоизмеримостью периодов обращения планет-гигантов вокруг Солнца и некомпланарностью их орбит, так и возмущающим влиянием унтертонов низкочастотных приливных колебаний.

Важно отметить следующее обстоятельство. В авторитетном обзоре [12] констатируются следующие факты:

1) значение солнечной постоянной на среднем расстоянии от Земли до Солнца составляет  $(1360 \pm \pm 20)$  Ватт  $\cdot$  м<sup>-2</sup>, и долговременных изменений его не зафиксировано;

2) имеют место кратковременные вариации приведенного значения на уровне десятых долей процента с периодами дни-недели.

Следовательно, может иметь место не обнаружимый на уровне точности современных измерений так называемый диффузионный тренд [13], обусловленный вышеназванными кратковременными вариациями. Если предположить, что они составляют 0,01% в неделю, их годовая величина составит  $\sim 0,07\%$ , а за столетие – 0,7%, т.е. 9,5 Ватт  $\cdot$  м<sup>-2</sup>. Это вдвое меньше абсолютной погрешности сегодняшних измерений, не говоря уже об измерениях столетней давности. Значит, эти изменения солнечной постоянной экспериментально не обнаруживаются, но могут иметь заметные последствия. Таким вариациям солнечной постоянной будет соответствовать тренд глобальной температуры  $287 \cdot [(1,007)^{0,25} - 1] \approx 0,5$  К за 100 лет, что по порядку величины совпадает с трендом, диагностируемым в [2] как антропогенный (правда, диффузионный тренд, в отличие от антропогенного, с равной вероятностью может иметь любой знак, но и с объяснением, имеющим вероятность  $\sim 50\%$ , следует считаться). Для уточнения статистических характеристик возможного диффузионного тренда был проведен численный эксперимент на основе энергобалансового уравнения для глобальной температуры, предложенного и протестированного в [7]:

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \left[ \frac{1 - A(t)}{4r^2(t)} C_{\text{Sun}} - \sigma_B T^4 \exp\left(-\frac{T}{T_G(t)}\right) \right], \quad (1)$$

где  $T$  – среднеглобальная поверхностная температура;  $t$  – время;  $A$  – альбедо;  $r$  – расстояние до Солнца, отнесенное к своему среднему значению;  $C_{\text{Sun}}$  – плотность мощности потока солнечной энергии на среднем расстоянии планеты от Солнца;  $\sigma_B$  – постоянная Стефана–Больцмана;  $T_G(t)$  – функция, описывающая зависимость коэффициента серости от температуры в различное время года ( $T_G(t) = T_{G0} + T_{G1} \cos[\omega(t - t_{\text{max}})]$ );  $\alpha$  – константа, которая описывает тепловую инерционность атмосферы. Анализируя сезонный ход глобальной температуры, авторы установили значения параметров модели:  $T_{G0} = 624,00$  К;  $T_{G1} = 178,26$  К;  $t_{\text{max}} = 301,39$  юлианского дня ( $\sim 10$  часов 27 октября);  $\alpha = 1,188 \times 10^{-8}$  К  $\cdot$  м<sup>2</sup>  $\cdot$  Дж<sup>-1</sup>.

Кратко поясним физический смысл уравнения (1). Если положить левую часть равной нулю и опустить множитель  $\exp\left(-\frac{T}{T_G(t)}\right)$  во втором члене правой части, мы получим хорошо известное [14] уравнение для радиояркой температуры. Экспоненциальный множитель описывает изменение

коэффициента серости, образующегося за счет поглощения теплового излучения Земли парниковыми газами атмосферы. Оптическая толща такого поглощения пропорциональна температуре за счет роста испарения, т.е. содержания водяного пара в атмосфере, а также за счет уменьшения растворимости  $\text{CO}_2$  в океане, т.е. роста его содержания в атмосфере.

С учетом сказанного ясно, что уравнение (1) основано на простом предположении, что скорость изменения среднглобальной температуры планеты пропорциональна разности между средними плотностями потоков приходящего и уходящего излучения.

В ходе эксперимента предполагалось, что каждые 10 дней величина солнечной постоянной случайным образом уменьшается или увеличивается на 0,01%. Было разыграно 100 сценариев смены увеличений и уменьшений, на основе каждого из которых методом Рунге–Кутты IV порядка решалось уравнение (1) на интервале 194 года с 1850 г. В 96 случаях был обнаружен значимый (с надежностью не хуже 95%) тренд. В 14 случаях модуль тренда укладывался в интервал  $(0,6 \pm 0,2)$  К за 140 лет, в 33 случаях он превышал среднее значение (0,6 К за 140 лет), а в 44 случаях – минимальное (0,4 К за 140 лет). Гистограмма значений эффективности трендов, полученных в ходе эксперимента, приведена на рис. 10, а пример реализации долговременной изменчивости глобальной температуры – на рис. 11 (тренд для этой реализации составляет  $(0,6 \pm 0,03)$  К за 140 лет).

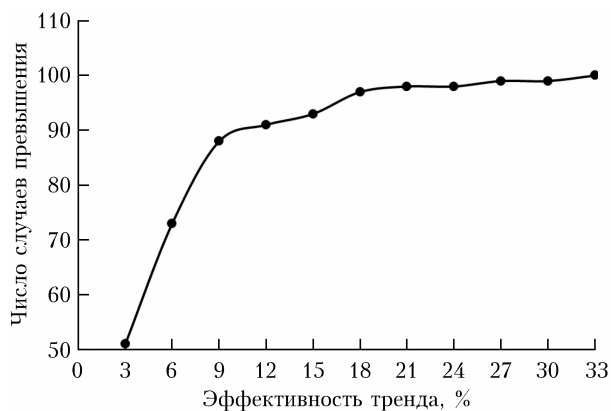


Рис. 10. Гистограмма значений коэффициента детерминации трендов, полученных в результате численного эксперимента

Однако приведенные в настоящем разделе расчеты показывают, что наблюдаемый кажущийся тренд глобальной температуры может быть полностью объяснен не диффузионными, как предполагалось в [15], а колебательными процессами, тесно связанными с приливными колебаниями и колебаниями облученности Земли, обусловленными влиянием планет-гигантов, а также параметрическим резонансом с теми и другими колебаниями.

Таким образом было установлено, что только диффузионный механизм формирования тренда (даже при случайных флуктуациях солнечной постоянной, на порядок меньших, чем реально наблюдаемые, и отсутствии долговременных вариаций альbedo

и солнечной постоянной, рассмотренных выше) вполне мог бы объяснить наблюдаемую долговременную изменчивость глобальной температуры.

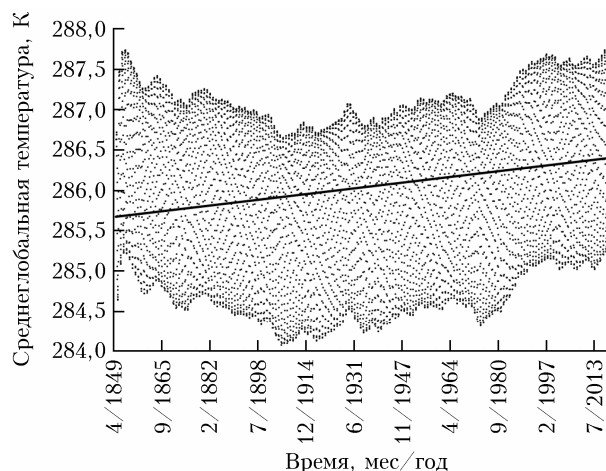


Рис. 11. Пример долговременной изменчивости глобальной температуры, полученный в результате численного эксперимента (точки – реализация глобальной температуры; линия – тренд)

В заключение необходимо внести ясность в вопрос о природе роста содержания углекислого газа в атмосфере. По данным [5], его общее содержание в атмосфере составляет  $2 \cdot 10^{12}$  т, а ежегодный антропогенный выброс –  $2 \cdot 10^{10}$  т/год. Поскольку известно, что с повышением температуры на  $1^\circ$  растворимость  $\text{CO}_2$  в воде падает на 41 л/т, среднегодовая реакция океана на повышение температуры на  $0,6^\circ$  К за 140 лет – выброс  $2,5 \cdot 10^{10}$  т/год. Это свидетельствует о существенной недооценке авторами [2] положительных обратных связей в энергетическом балансе климатической системы Земли, на что более подробно указано в [15]. Об этом же свидетельствует факт, что наблюдаемый тренд глобальной температуры может быть полностью объяснен как чисто стохастическими (диффузионный тренд), так и динамическими причинами (колебательная модель, основанная на долговременной изменчивости глобального альbedo и солнечной постоянной).

## Заключение

Таким образом, полученные результаты несколько проясняют ситуацию, констатированную в авторитетном обзоре [12]: «...создаются ли ухудшения глобального климата естественными процессами или же они являются результатами прямого воздействия человеческой деятельности? Мы еще не имеем сколько-нибудь надежных ответов на такие вопросы» и заявлении президента России В.В. Путина на полях «Российской энергетической недели» от 3.10.2018 г. о неизвестности причин наблюдаемого потепления; также они отчасти подтверждают и количественно обосновывают точку зрения Совета-семинара при Президиуме РАН о не беспорности научных оснований антропогенной

версии причин долговременной изменчивости глобальной температуры [16]. Означенная версия нуждается, на наш взгляд, в заметном повышении своей научной значимости, прежде чем выступать в качестве основания для заключения весьма обязывающих в экономическом отношении международных соглашений природоохранной направленности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-05-00901а).

1. URL: <http://www.mmmt.net/db/0/0/toms.gsfc.nasa.gov/pub/omi/data/Level3e/reflectivity> (last access: 14.03.2019).
2. *Third Assessment Report – Climate Change 2001* [Electronic resource]. URL: <http://www.ipcc.ch/> (last access: 14.03.2019).
3. *Марчук Г.И., Каган Б.А.* Динамика океанских приливов. Л.: Гидрометеониздат, 1982. 359 с.
4. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1991. 274 с.
5. URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/> (last access: 14.03.2019).
6. *Пономарева О.В.* Роль планет и планетных групп в активности Солнца. ДВО РАН Камчатский научный центр [Electronic resource]. URL: <http://www.emsd.ru/confID71112/pdl/t2/str212.pdf> (last access: 14.03.2019).
7. *Дворецкая И.В., Крученицкий Г.М., Матвиенко Г.Г., Станевич И.И.* Астрономические факторы в долговременной эволюции климата Земли // *Оптика атмосф. и океана*. 2014. Т. 27, № 2. С. 139–152.
8. *Мандельштам Л.И.* Лекции по теории колебаний. М.: Наука, 1972. С. 172–181.
9. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Ожидаемые и наблюдаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012. 194 с.
10. *Пушкин А.С.* Евгений Онегин. ПСС в 10 т. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 5. С. 99.
11. *Борисенков Е.П., Пасецкий В.М.* Тысячелетняя летопись необыкновенных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 442 с.
12. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* Климат как проблема физики // *Успехи физ. наук*. 2000. Т. 170, № 4. С. 419–445.
13. *Крученицкий Г.М.* Глобальная температура: потенциальная точность измерения, стохастические возмущения и долговременные изменения // *Оптика атмосф. и океана*. 2007. Т. 20, № 12. С. 1064–1070.
14. *Бялко А.В.* Наша планета – Земля. М.: Наука, 1989. 220 с.
15. *Феллер В.* Введение в теорию вероятности и ее приложения. М.: Мир, 1964. Т. 1. С. 81–104.
16. *Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий.* Материалы совета-семинара при Президенте РАН. М.: Наука, 2006. 257 с.

*Г.М. Kruchenitsky, К.А. Statnikov. Seasonal and long-term variability of the energy balance components of the Earth's climate system and their impact on global temperature.*

Seasonal and long-term variability of energy balance parameters of the Earth's climate system: albedo and solar irradiance is analyzed. It is shown that the parametric resonance of the Earth's climate system with long-period tidal oscillations, as well as the deformation of the solar photosphere under the influence of giant planets and, in addition, small fluctuations of the solar constant can lead to long-term changes in global temperature observed from the middle of the century before last. The periods of slow oscillations leading to such changes are investigated and physically justified. It is shown that the oscillatory model of long-term changes in global temperature is significantly more effective than the trend one. In addition, it is shown that random fluctuations, more than an order of magnitude inferior to those observed in the experiment with high probability can form a seeming (diffusion) trend of global temperature, not inferior to the assumed in the framework of the anthropogenic version of the so-called "global warming".

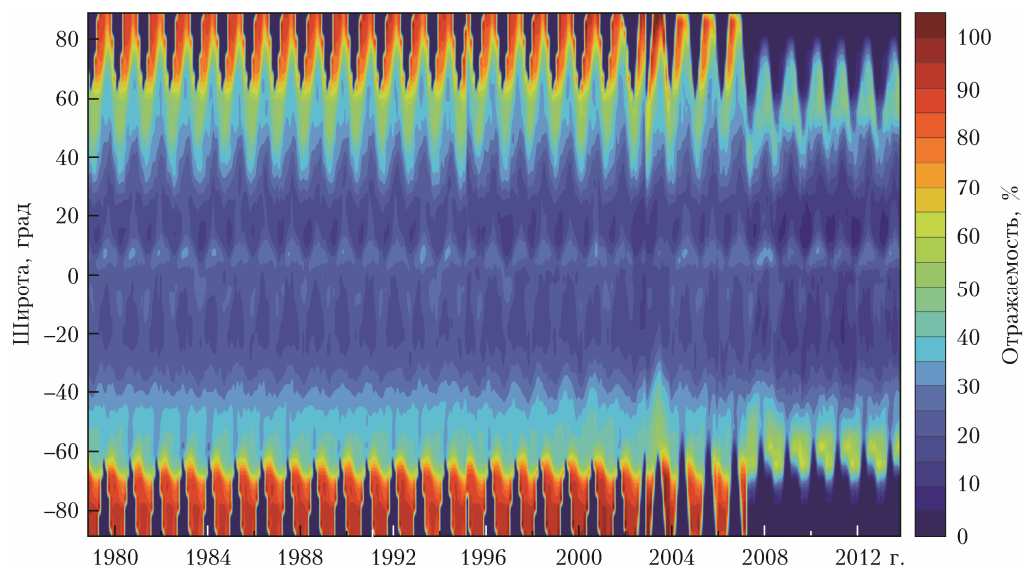


Рис. 1. Широтно-временной разрез данных об изменениях отражаемости в оптическом диапазоне

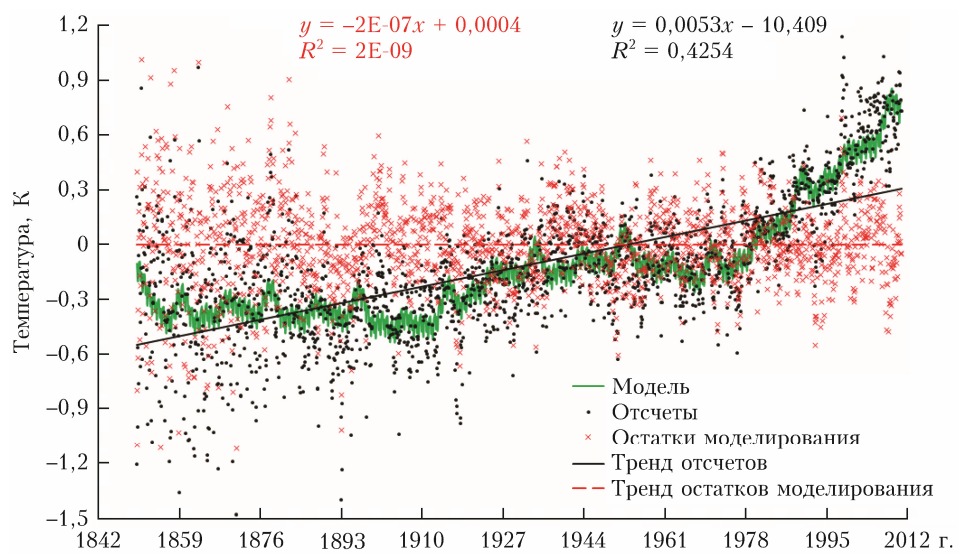


Рис. 8. Моделирование долговременной изменчивости глобальной температуры