ДИСБАЛАНС ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ЗЕМЛЕЙ И КОСМОСОМ ДИКТУЕТ КЛИМАТ

Абдусаматов Х.И.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

ENERGY IMBALANCE BETWEEN THE EARTH AND SPACE DICTATES THE CLIMATE

Abdussamatov H.I.

Pulkovo observatory of the RAS, St. Petersburg, Russia

Due to variations of the TSI and the action of thermal inertia, the average annual energy balance of the planet is always disturbed, which is the main state of the climate system. A long-term energy imbalance between the Earth and space over a period of the order of 30 years or more leads to corresponding changes in temperature and climate. The physical nature of these minor temperature fluctuations, established by us, is determined by the fact that during the growth phase of the quasi-two-century TSI variation, due to thermal inertia, additional (excess) energy is accumulated in the World Ocean, and during the TSI decrease phase – an increase in energy deficit. A long chain of subsequent secondary causal feedback effects will multiply the resulting insignificant temperature change. The quasi-bicentennial variation in the energy imbalance between the Earth and space, together with significant multiple effects of a long chain of subsequent causal feedback effects, is the main factor governing and controlling the climate system, determining the corresponding alternation of climate change from warming to the Little Ice Age.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-3-6

Чрезвычайно сложная и нелинейная климатическая система зависит от вариации многочисленного комплекса длительных (порядка 30 лет и более) геофизических процессов в системах океан-суша-атмосфера, на которые, в свою очередь, влияют множество различных факторов. Среди них основным и преобладающим фактором является квазидвухвековое изменение мощности солнечного излучения на внешней границе атмосферы – солнечной постоянной (СП), сопровождающейся последующими существенными проявлениями геофизических и климатических процессов. Вследствие вариаций СП с малыми 11-летними (11 ± 3 лет) и большим квазидвухвековым (200 ± 70 лет) циклами [1] и действия термической инерции Мирового океана (далее Океана), среднегодовой энергетический баланс системы на внешней границе атмосферы всегда оказывается нарушенным, что является основным состоянием климатической системы. Энергетический дисбаланс между Землей и космосом E определяется разностью между среднегодовыми удельными мощностями солнечного излучения, поступающими во внешние слои атмосферы, и уходящими обратно в космос её отражённой и рассеянной долями, определяемыми величиной альбедо Бонда Земли, а также собственного теплового излучения [1, 2]:

$$E = 0.25[(S_{\odot} + \Delta S_{\odot}) - (A_{\text{ВЕ}} + \Delta A_{\text{ВЕ}})(S_{\odot} + \Delta S_{\odot})] - \varepsilon \sigma (T_p + \Delta T_p)^4, \quad (1)$$

где $S_{\odot}$ – СП; $\Delta S_{\odot}$ – приращение СП; $A_{\text{ВЕ}}$ – сферическое альbedo (альbedo Бонда) Земли; $\Delta A_{\text{ВЕ}}$ – приращение альbedo Бонда; ε – излучательная способность системы поверхность-атмосфера; σ – постоянная Стефана-Больцмана; T_p – планетарная термодинамическая температура; ΔT_p – приращение термодинамической температуры планеты.

Исследование тренда спада СП с ~1990 г. позволило спрогнозировать начало фазы глубокого минимума маундеровского типа на начало 27-го ± 1 цикла в 2043 ± 11 г., с ожидаемой продолжительностью в ~35–65 лет. В результате Земля имеет, и далее будет иметь отрицательный энергетический баланс. Среднегодовая энергия собственного теплового излучения Земли в космос всегда отстает на 30 ± 10 лет от энергии поглощенного солнечного излучения благодаря термической инерции Океана

$$t = 0.095 (1 + 0.42 \cdot H) \text{ лет}, \quad (2)$$

где t – постоянная термической инерции планеты, H – глубина активного слоя Океана, равная 750 ± 250 м [3]. СП последовательно с ускоряющимися темпами уменьшается от 21-го цикла к 22-му, 23-му и 24-му циклам. Максимальное среднециклическое значение СП, наблюдавшееся в 22-м цикле, приходившемся на максимум квазидвухвекового цикла, составляло 1365.99 ± 0.02 Вт/м². А среднециклическое значение СП в 23-м цикле стало уже на ~0.1 Вт/м² меньше, чем в 22-м цикле (рис. 1). Высота максимального уровня СП в 24-м цикле снизилась на более, чем 0.5 Вт/м² относительно максимального уровня 23-го цикла. При таком снижении ожидаемая величина СП в минимумах между циклами 24 и 25, 25 и 26 может составить в соответствии с реконструированными данными СП [5, 6] ориентировочно 1364.5 ± 1.6 и 1363.0 ± 2.2 Вт/м² соответственно. СП может достичь глубокого минимума в 1362.5 ± 3.0 Вт/м² в минимумах между циклами 26 и 27, 27 и 28. Продолжительность малого 11-летнего цикла вариаций СП в целом зависит от фазы большого квазидвухвекового цикла и последовательно увеличивается от фазы его роста к фазам максимума и спада. В фазе спада квазидвухвекового цикла продолжительность 11-летнего цикла составляет 11.7 ± 1.0 лет [7]. Такая зависимость в целом позволяет прогнозировать продолжительность двух последующих (с 25-го по 26-й) циклов СП, аналогичных двум предыдущим циклам 23 и 24. Поэтому можно ожидать начало наступления 25-го, 26-го и 27-го циклов в 2020.9 ± 1.0 г., 2032.5 ± 1.5 г. и 2043.11 ± 2.0 г. соответственно. Квазидвухвековые циклы с колебаниями СП порядка 4 Вт/м² играют главенствующую роль в управлении и определении закономерностей развития дочерних малых циклов с колебаниями СП до 1 Вт/м² [7]. В результате изучения относительных мощностей всех 24 циклов установлено, что с уменьшением энергетической мощности 11-летнего цикла его продолжительность увеличивается [8].

Соотношение относительных вкладов приращений СП и альbedo Бонда в энергетический баланс и в приращение температуры определяется как [1, 2]

$$\frac{\Delta S_{\odot}}{S_{\odot}} = \frac{\Delta A_{BE}}{1 - A_{BE} - \Delta A_{BE}}. \quad (3)$$

Альбе́до Бонда Земли, будучи своеобразным усилителем вариации теплового режима, существенно увеличивает амплитуду квазидвухвековых изменений температуры. Согласно данным по ледяному керну, пробуренному с глубины 3769 м вблизи станции Восток в Антарктиде, во время ледникового/межледникового циклов температура начинает снижаться после достижения максимальных значений несмотря на то, что концентрация ПГ продолжает расти. Пики концентрации CO_2 никогда не предшествовали потеплению, а наоборот, всегда имели место через 800 ± 400 лет после него, являясь его следствием. Согласно закону Генри величины природных потоков CO_2 из Океана и с суши в атмосферу и из атмосферы в Океан и на сушу при повышении температуры многократно превышают выбросы этих веществ в атмосферу в результате деятельности человека [9]. Оставшийся в атмосфере избыток потоков CO_2 превышает рост его выбросов в атмосферу в результате деятельности человека.

Рис. 1. Вариации СП [4] и наш прогноз ее вариаций до 2045 г. в соответствии с данными реконструкции СП [5, 6].

В XX веке в фазе роста квазидвухвекового цикла СП 11-летние циклы имели меньшую продолжительность, а их высота максимума и абсолютная энергетическая мощность последовательно увеличивалась [8]. В результате на протяжении шести 11-летних циклов Земля получала

больше солнечной энергии, а благодаря термической инерции Океана излучала в космос меньше энергии (рис. 2) [10]. В результате среднегодовой энергетический баланс планеты долговременно оставался положительным ($E > 0$) и планета постепенно нагревалась. Длинная цепочка последующих вторичных причинно-следственных эффектов обратной связи многократно усиливало наступившее потепление.

Отрицательный энергетический дисбаланс в фазе спада квазидвухвекового цикла (без учета других вкладов и при неизменности альбе́до Бонда) обеспечит незначительное похолодание, которое важно в качестве триггерного механизма для последующего многократного воздействия цепочки вторичных причинно-следственных эффектов обратной связи, усиливающих снижение температуры посредством:

1. Существенного увеличения площади снежно-ледяных покровов, а также изменения физических свойств земной поверхности и атмосферы и, как следствие, значительного увеличения потерянной Землей дополнительной доли поступившей солнечной энергии;

2. Снижения концентрации основного ПГ – водяного пара и других ПГ в атмосфере (соотношение Клапейрона-Клаузиуса и закон Генри);

3. Усиления (расширения) атмосферного пропускания теплового излучения земной поверхности через окно прозрачности;

4. Уменьшения «темной» поверхности Океана, вызванного снижением уровня воды вследствие наращивания массы ледников и сжатия воды при охлаждении.

Рис. 2. Вариация СП [4-6] и прогноз ее вариаций (пунктирные линии); вариации энергетического баланса Земли и климата.

Итак, квазидвухвековое изменение СП совместно со значительными многократными воздействиями длинной цепочки последующих причинно-следственных эффектов обратной связи является главным фактором, управляющим и контролирующим климатическую систему.

Литература

1. *Abdussamatov H.I.* The new Little Ice Age has started. Evidence-Based Climate Science. Easterbrook D. J. (ed) Oxford: Elsevier, 2016, pp. 307-328.
2. *Abdussamatov H.I.* Current long-term negative average annual energy balance of the Earth leads to the new Little Ice Age // *Thermal Sci.* 2015, Vol. 19, pp. S279-S288.
3. *Abdussamatov H.I. Bogoyavlenskii A.I., Khankov S.I., Lapovok E.V.* Modeling of the Earth's planetary heat balance with electrical circuit analogy // *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications.* 2010, Vol. 2, pp. 133-138.
4. *Fröhlich C.* 2016. Solar Constant
www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant.
5. *Shapiro A.I. et al.* A new approach to the long-term reconstruction of the solar irradiance leads to large historical solar forcing // *Astron. Astrophys.* 2011, Vol. 529, pp. A67.
6. *Egorova T. et al.* Revised historical solar irradiance forcing // *Astron. Astrophys.* 2018, Vol. 615, A85.
7. *Abdussamatov H.I.* The time of the end of the current solar cycle and the relationship between duration of 11-year cycles and secular cycle phase // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.* 2006, Vol. 22, pp. 141-143.
8. *Abdussamatov H.I.* Power of the Energy of 11-Year Solar Cycle and Its Dependence on Solar Cycle Length // *Kinematics and Phys. Celest. Bodies.* 2015, Vol. 31, pp. 54-60.
9. *Нугматулин Р.И.* Океан: климат, ресурсы, природные катастрофы // *Вестник РАН.* 2010. Том. 80. С. 675-687.
10. *Abdussamatov H.I.* Energy imbalance between the Earth and space controls the climate // *Earth Sciences.* 2020. Vol. 9, No. 4, pp. 117-125.