

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ДИСБАЛАНС МЕЖДУ ЗЕМЛЕЙ И КОСМОСОМ ОПРЕДЕЛЯЕТ КЛИМАТ

Абдусаматов Х.И.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург
abduss@gaoran.ru

Квазидвухвековая вариация интегрального энергетического дисбаланса между Землей и космосом (ЭДЗ) совместно со значительными многократными воздействиями длинной цепочки последующих причинно-следственных эффектов обратной связи является главным фактором, управляющим и контролирующим климатическую систему, определяя соответствующее чередование изменения климата от потепления до Малого ледникового периода.

Фундаментальным показателем, определяющим состояние глобальной энергетики климатической системы и термического состояния всей планеты в целом, является долговременное изменение абсолютного значения ЭДЗ. 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 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 и действия термической инерции Мирового океана, среднегодовой энергетический баланс системы на внешней границе атмосферы всегда оказывается нарушенным, что является основным состоянием климатической системы. ЭДЗ E определяется разностью между среднегодовыми удельными мощностями солнечного излучения, поступающими во внешние слои атмосферы, и уходящими обратно в космос её отражённой и рассеянной долями (альbedo Бонда Земли), а также собственного теплового излучения

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

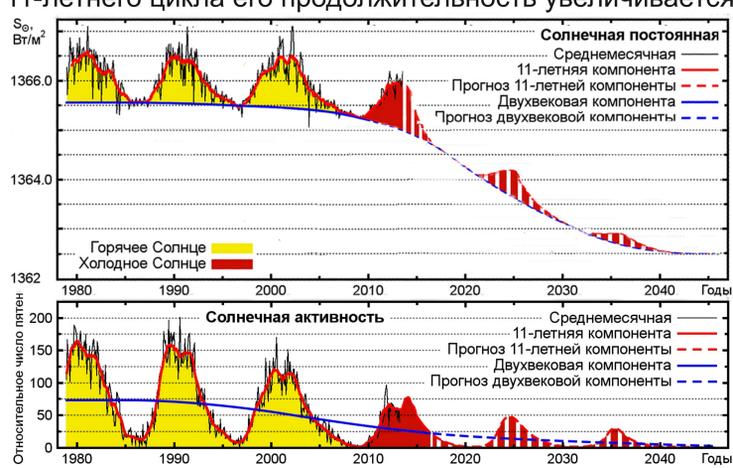
где S_{\odot} – СП, ΔS_{\odot} – приращение СП, A_{BE} – альbedo Бонда планеты, ΔA_{BE} – его приращение, ε – излучательная способность (степень черноты) системы подстилающая поверхность-атмосфера, σ – постоянная Стефана-Больцмана, T_p – термодинамическая планетарная температура, ΔT_p – её приращение.

Исследование тренда спада мощности солнечного излучения квазидвухвекового цикла с ~1990 г. в течение последних четырёх последовательных 11-летних циклов 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. Земля имеет, и далее будет иметь долговременный отрицательный энергетический баланс. Среднегодовая энергия собственного теплового излучения Земли в космос, благодаря термической инерции Океана, всегда отстает на 30 ± 10 лет от энергии поглощенного солнечного излучения, поскольку постоянная термической инерции планеты

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

где H – глубина активного слоя Океана, равная 750 ± 250 м. Как малая, так и большая квазидвухвековая составляющая вариации СП последовательно с ускоряющимися темпами уменьшаются от 21-го к 22-му, 23-му и 24-му 11-летним циклам. Максимальное среднециклическое значение СП (в максимуме 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. Высота максимального уровня СП в 24-м цикле снизилась на более, чем 0.5 Вт/м² относительно максимального уровня 23-го цикла. Продолжительность малого 11-летнего цикла вариаций СП в целом зависит от фазы большого квазидвухвекового цикла и последовательно увеличивается от фазы роста к фазам максимума и спада квазидвухвекового цикла. В фазе спада квазидвухвекового цикла продолжительность 11-летнего цикла составляет 11.7 ± 1.0 лет. Большие квазидвухвековые циклы с колебаниями СП порядка 4 Вт/м² играют главенствующую роль в управлении и определении закономерностей развития дочерних малых 11-летних циклов с колебаниями СП до 1 Вт/м². В результате изучения относительных мощностей всех 24 циклов и их продолжительности установлено, что с уменьшением энергетической мощности 11-летнего цикла его продолжительность увеличивается.

Вариации СА и СП (с учетом реконструкции СП: Shapiro et al. A new approach to the long-term reconstruction of the solar irradiance leads to large historical solar forcing // 2011. Astron. Astrophys. 529, A67; Egorova et al. Revised historical solar irradiance forcing // 2018. Astron. Astrophys. 615, A85) и наш прогноз их вариаций до 2050 г.



Соотношение относительных вкладов приращений СП и альbedo Бонда Земли в энергетический баланс и в приращение планетарной температуры определяется как

$$\frac{\Delta S_{\odot}}{S_{\odot}} = \frac{\Delta A_{BE}}{1 - A_{BE} - \Delta A_{BE}}.$$

Альbedo Бонда Земли, будучи своеобразным усилителем вариации теплового режима, существенно увеличивает амплитуду квазидвухвековых изменений температуры. Последовательная длинная серия циклов вторичных причинно-следственных эффектов обратной связи в фазе спада квазидвухвекового цикла СП приводит к дополнительному многократному самоусилению похолодания вплоть до наступления нового Малого ледникового периода. 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 CO₂ никогда не предшествовали потеплению, а наоборот, всегда имели место через 800 ± 400 лет после него, являясь его следствием. Согласно закону Генри теплая вода, поглощает меньше газа и, следовательно, в атмосфере остается больше CO₂. Величины природных потоков CO₂ 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 (Нигматулин Р.И. Океан: климат, ресурсы, природные катастрофы // Вестник РАН. 2010. Том. 80. С. 675-687). Оставшийся в атмосфере избыток потоков CO₂ превышает рост его выбросов в атмосферу в результате деятельности человека.

В XX веке в фазе роста большого квазидвухвекового цикла СП малые 11-летние циклы имели меньшую продолжительность, а их высота максимума и среднециклическая абсолютная энергетическая мощность последовательно увеличивалась. В результате на протяжении шести 11-летних циклов Земля получала больше солнечной энергии, а благодаря термической инерции Океана излучала в космос меньше энергии (см. рис. ниже). Вследствие этого в фазе роста СП квазидвухвекового цикла среднегодовой энергетический баланс планеты долговременно оставался положительным ($E > 0$). В результате планета постепенно нагревалась. Длинная цепочка последующих вторичных причинно-следственных эффектов обратной связи многократно усиливало наступившее потепление. Долговременный отрицательный энергетический дисбаланс в фазе спада квазидвухвекового цикла (без учета других вкладов и при неизменности альbedo Бонда) обеспечит незначительное устойчивое похолодание, которое чрезвычайно важно в качестве триггерного механизма для последующего многократного воздействия цепочки вторичных причинно-следственных эффектов обратной связи. Они многократно усилят снижение температуры, вызванное прямым воздействием длительного дефицита СП, 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 в соответствии с соотношением Клапейрона-Клаузиуса и законом 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.

Таким образом, квазидвухвековое изменение СП совместно со значительными многократными воздействиями длинной цепочки последующих причинно-следственных эффектов обратной связи является главным фактором, управляющим и контролирующим климатическую систему, определяя соответствующее чередование изменения климата от потепления до Малого ледникового периода.

Квазидвухвековая вариация СП и наш прогноз ее последующих изменений до конца XXI века (пунктирные линии), и вариаций энергетического баланса Земли и климата.

