

**О роли естественных причин
в современных изменениях климата**

С.Я. Сергин

E-mail: s.sergin@bk.ru

В последние несколько десятилетий главным объектом исследований климатологии является глобальная климатическая система (ГКС). Для её описания используются математические модели различной сложности. Рассматривается влияние на систему естественных возмущающих факторов, а также антропогенных, возникших главным образом в современную (индустриальную) эпоху. На этой основе проводится анализ причин современного потепления климата Земли и климатических сценариев на текущее столетие [4, 6, 9].

При всём том, не имеется консолидированного представления о природе изменений климата. То же самое касается оценок климатических сценариев – несмотря на внимание к этим вопросам мирового сообщества и существование в рамках ООН Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Многие специалисты не согласны с выводами МГЭИК о том, что современное потепление климата обусловлено главным образом антропогенной эмиссией парниковых газов. По их мнению, потепление в преобладающей мере связано с естественными колебаниями климата [2, 4, 5, 13, 15, 16, 17]. Ниже приведены дополнительные доводы в пользу этого взгляда.

Современная эпоха является частью послеледниковой (исторической) эпохи, на протяжении которой имели место квазициклические колебания климата с периодами 2-5, 20-60, 100-400, 1600-2500 лет [2, 3, 7, 9, 10]. Размах колебаний средней глобальной температуры приземного воздуха в ходе циклов продолжительностью 2-5 и 20-60 лет составлял доли К. В ходе более длительных циклов он мог достигать и немного превышать 1К [9, 10, 18]. Во время климатического оптимума (5-3 тыс. лет до н. э.) климат Земли был теплей современного, а уровень океана - на 3 м выше. В «эпоху викингов» (X-XIV века н.э.) на берегах Гренландии существовали поселения, климатические и ледовые условия Северной Атлантики были благоприятней, чем в настоящее время. Глобальная температура, вероятнее всего, была выше наблюдающейся в текущие годы.

Современное потепление развивалось вслед за «малой ледниковой эпохой», которая имела место в XVI- XIX веках, не плавным нарастанием, а естественным -

колебательным образом. Температура повышалась главным образом в периоды 1919-1945гг. и 1976 г. – начало текущего десятилетия, разделённые похолоданием [4, 9]. В 1920-1930-е годы, по восприятию специалистов того времени, масштабы потепления глобального климата, уменьшения ледовитости Полярного бассейна и смещения биогеографических зон Субарктики были сопоставимы с изменениями в ходе геологических эпох. Темпы этих изменений, надо полагать, были не меньше, чем в период с 1970-х годов, который отличается, по мнению сторонников идеи антропогенного потепления климата, наиболее сильным воздействием парниковых газов. Что касается похолодания климата с минимумом температуры в 1950-1960 годы, то оно противоречит отмеченной идее, ибо в эти послевоенные годы происходило бурное развитие мировой индустрии.

Таким образом, современное колебательное потепление климата – скорее обычное, чем особенное климатическое событие. То же самое касается повышения температуры в последние несколько десятилетий. Их можно считать уникальными только в том смысле, что каждое возобновляющееся событие окружающего мира неповторимо в своих деталях («нельзя дважды войти в одну и ту же реку»). Для объяснения современных климатических изменений необходимо, в первую очередь, выявить причины естественных колебаний климата.

Их причинами могут быть: 1) колебательный характер естественных возмущающих воздействий на ГКС; 2) собственная колебательная динамика системы; 3) сочетание первой и второй причин. В современную эпоху изменения климата в той или иной мере связаны также с антропогенными воздействиями на ГКС (рисунок).

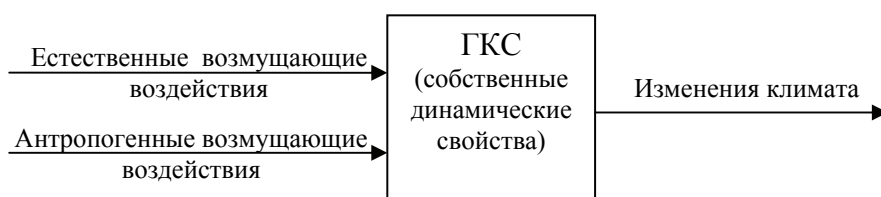


Схема глобальной климатообразующей системы (ГКС), иллюстрирующая причины изменений климата

В историческую эпоху возмущающие воздействия на ГКС вряд ли могли играть существенную роль в формировании колебаний климата.

Солнечная активность, если иметь в виду наиболее известную 11-летнюю её цикличность, не проявляется в спектрах колебаний климата. Вероятней всего, это связано

с незначительной (для колебательного отклика ГКС) изменчивостью светимости Солнца. Согласно данным наблюдений, связанные с солнечной активностью изменения инсоляции не повлияли на современное изменение климата [6].

Продолжительность периодов изменений эксцентриситета земной орбиты, наклона оси вращения Земли к эклиптике и времени наступления равноденствий составляет соответственно около 100, 40 и 20 тыс. лет. Их возмущающее воздействие на ГКС проявилось с такими же периодами [8] и не могло вызвать климатические циклы, наблюдавшиеся в историческую эпоху.

В научных публикациях нет указаний на то, что какие-либо космические факторы (например, облака космической пыли) влияют на ГКС и создают климатические циклы исторической эпохи. Аналогичным образом, нет указаний на ритмичность выбросов в атмосферу вулканической пыли. Оценки спорадического воздействия вулканической пыли на климат Земли, вероятней всего, завышаются [14, 20].

Глобальные антропогенные воздействия на ГКС не ограничивались эмиссией парниковых газов и аэрозолей, которые могли вызвать разнонаправленные климатические эффекты. Имели место также обезлесение, остепнение и опустынивание земель на континентах [11]. Эти изменения подстилающей поверхности происходили главным образом в индустриальную эпоху. Они сопровождались увеличением планетарного альбедо и являлись фактором похолодания климата [15, 16]. Результирующее антропогенное воздействие на климат ещё не изучено в должной мере. Но главное в том, что оно не носило колебательного характера и не участвовало в формировании климатических циклов современной эпохи.

По-видимому, на протяжении исторической эпохи основной причиной колебаний климата могла быть только автоколебательность ГКС. В отношении 2-5 и 20-60 - летних циклов этот вывод особенно очевиден: современные метеонаблюдения не выявляют возмущающих воздействий на ГКС с подобными периодами.

Автоколебательность характерна для диссипативных систем любой природы, функционирующих за счёт энергии обменного процесса [12]. В них возникают периодические и квазипериодические колебания с несколькими или даже многими частотами (вплоть до стохастических колебаний). ГКС - сложная диссипативная система, ввиду чего автоколебательность – ожидаемое динамическое её свойство.

Климатические циклы каждого частотного диапазона обуславливаются, надо полагать, своим регионально-глобальным автоколебательным механизмом, входящим в ГКС. Выявлению этих механизмов посвящено большое количество исследований [1, 2, 5, 13, 17, 19]. Тем самым вопрос о собственной колебательной динамике ГКС в

историческую эпоху существует и решается, хотя достаточно строгих выводов пока не имеется.

Таким образом, задача изучения причин современных изменений климата конкретизируется: необходимо построить модель ГКС, адекватно отображающую автоколебательные свойства (собственную изменчивость) этой системы на протяжении исторической эпохи. Ключевую роль приобретает исследование механизмов колебаний климата с периодами от нескольких лет до нескольких тысяч лет и их объединение в рамках общей модели ГКС. В сущности, необходимо совершенствовать имеющиеся модели климата, основанные на описании термодинамических процессов, протекающих в ГКС.

Эти модели воспроизводят быстрое потепление в период с 1970-х годов только при учёте наблюдаемого роста парниковых газов в атмосфере [6]. Интенсивность радиационного воздействия последних на глобальный климат, за вычетом ослабления притока солнечной радиации антропогенным аэрозолем, оценивается в $1,6 \text{ Вт/м}^2$. Однако, модели не отображают собственную изменчивость климатической системы и способны описывать только вынужденное изменение (в данном случае, повышение температуры под влиянием дополнительного притока энергии). Реакция реалистичной модели, описывающей собственную изменчивость ГКС, выразилась бы в воспроизведении естественных колебаний климата (с некоторым изменением их параметров). Ввиду этого отмеченный модельный результат носит абстрактный характер и не является свидетельством антропогенной природы потепления.

Здесь возникает вопрос: достаточна ли мощность естественных процессов, протекающих в ГКС, для быстрого потепления климата в масштабе десятилетий?

Мощность (), необходимая для генерации климатического цикла определённой частоты, можно определить как отношение затрат энергии в ходе цикла () к его периоду (). Величина равна удвоенному изменению теплосодержания ГКС в течение цикла () - от минимального значения к максимальному и обратно. В соответствии с этим

$$N = E/\tau = \quad (1)$$

В историческую эпоху было связано главным образом с изменениями температуры в некотором слое океанских вод и континентальной земной коры (поскольку масса льдов почти не изменялась, а вариациями теплосодержания атмосферы можно

пренебречь). Пусть на протяжении климатического цикла эта температура колеблется со средней амплитудой (и размахом $2A_0$). Если в отмеченном слое выделить вертикальную колонну с единичной площадью поперечного сечения и высотой H , то её объём численно равен H . Тогда

$$N = 4C_v, \quad (2)$$

где C_v – средняя объёмная теплоёмкость вод и горных пород, вовлечённых в теплообмен.

В соответствии с известным решением уравнения теплопроводности Фурье, если температура земной поверхности испытывает гармонические колебания с амплитудой A_0 , то (при схематизации процесса теплообмена) колебания экспоненциально затухают с глубиной:

$$A(z) = A_0 e^{-z/\lambda}, \quad (3)$$

где z – глубина и λ – коэффициент температуропроводности в рассматриваемом слое.

Осредняя $A(z)$, находим A_c :

$$A_c = (1/H) \int_0^H A_0 e^{-z/\lambda} dz = (1/H) (A_0 \lambda) \quad (4)$$

Подставляя A_c получаем

$$N = 4C_v A_0 \lambda, \quad (5)$$

в соответствии с чем мощность механизма, возбуждающего климатические циклы, пропорциональна амплитуде колебаний температуры земной поверхности и обратно пропорциональна корню квадратному от их периода.

Сравним мощность N и N_1 двух соседних (в спектре колебаний) климатических циклов, скажем, межгодовых (2-5 лет) и многолетних (20-60 лет). В этом сравнении значения A_0 и λ можно принять одинаковыми для обоих циклов. Тогда

$$N_1/N_2 = (A_1/A_2)(\sqrt{\tau} \quad (6)$$

Характерная амплитуда обоих циклов – десятые доли К. Будем полагать, не рискуя существенно ошибиться, что A_1/A_2 . Среди 2-5-летних циклов чаще всего повторяются 2-3-летние. Среднюю их продолжительность примем равной трём годам. Внутривековые циклы будем считать 30-летними. В таком случае $\sqrt{\tau_2}/\sqrt{\tau_1}$. С

помощью (6) находим, что $N_1 =$. Подобным образом, циклы продолжительностью 100-400 и 1600-2500 лет характеризуются дальнейшим снижением мощности колебательного процесса. Выявленная закономерность понятна: затраты энергии (в единицу времени) на сравнительно быстрые (резкие) температурные колебания больше, чем на относительно медленные (плавные).

Отчётливое проявление в настоящее время наиболее энергоёмких (2-5-летних) климатических циклов означает, что ГКС обладает достаточной мощностью для генерации всех более продолжительных колебаний.

Расчёты по формуле (5) показывают, что в ходе 2-5-летних циклов значения не превышают 3 Вт/м² при любых разумных значениях входящих в неё величин. Суммарная мощность, необходимая для генерации всех климатических циклов исторической эпохи, немногим больше. Она составляет малую долю от поглощаемой в ГКС солнечной радиации (240 Вт/м²), обеспечивающей формирование климата и собственные колебания в ГКС. Однако, этой мощности достаточно для возникновения любых климатических событий рассматриваемой эпохи, в том числе потепления с 1970-х годов (для которого потребовалась энергия с интенсивностью около 1,6 Вт/м²).

Автоколебательные механизмы ГКС включают обратную связь: изменение температуры земной поверхности и океанских вод - изменение содержания в атмосфере CO₂ и его тепличного эффекта – дальнейшее изменение температуры. Вследствие этого при потеплениях климата происходит естественное повышение содержания CO₂ в атмосфере [7, 14]. В настоящее время оно фиксируется наблюдениями вместе с антропогенной добавкой этого газа. Климатическую роль последней можно будет оценить, задавая её влияние на вход реалистичной (автоколебательной) модели ГКС. Воздействие будет весьма слабым, поскольку динамика ГКС связана с большим источником энергии (поглощаемой солнечной радиацией).

Одновременное действие в ГКС нескольких регионально-глобальных автоколебательных механизмов придаёт этой системе свойства многочастотного осциллятора. При суперпозиции климатических циклов формируется сложная пространственно-временная динамика глобального климата. Наложение 20-60 – летних циклов на фазу повышения температуры в ходе 100-400 – летнего цикла вызывает вековое колебательное потепление. При подобном сочетании циклов с периодами 2-5 и 20-60 лет неизбежны быстрые потепления в масштабе десятилетия. Учитывая это, современное потепление климата и эпизод быстрого повышения температуры с 1970-х годов не нуждаются в особом объяснении. Тем не менее, вопрос о достаточно точном знании глобальной климатической роли человеческой деятельности не снимается.

С учётом высказанных позиций, начавшаяся практическая борьба (под эгидой ООН) с предполагаемым антропогенным потеплением климата опередила имеющуюся научную проблему – твёрдо установить причины современных изменений климата.

Для решения этой проблемы (и прогнозирования изменений климата) необходимо, в соответствии с обычной процедурой системного анализа, поставить следующие задачи:

- 1) сформировать математическую модель, описывающую собственные динамические свойства ГКС в её структурном и функциональном состоянии, характерном для исторической эпохи;
- 2) выявить, в зависимости от географического места и времени, естественные и антропогенные возмущающие воздействия на ГКС в ходе этой эпохи;
- 3) проверить корректность модели ГКС и знаний о возмущающих воздействиях (прежде всего, по возможности воспроизведения спектра климатических циклов);
- 4) провести на модели ГКС расчёты современных изменений климата, с их региональными особенностями, и получить численные климатические ряды А;
- 5) выполнить такие же расчёты при задании только естественных возмущающих факторов (после отключения от входов модели ГКС антропогенных воздействий) и получить ряды Б;
- 6) вычитая из рядов А ряды Б, определить вклад в современное изменение климата антропогенных воздействий на ГКС;
- 7) продлевая расчёты изменений климата на будущее (ряды А), сформировать климатические прогнозы, соответствующие предсказуемости климата и вариантам деятельности человека.

Решение этих задач даст возможность ответить на вопросы: какими причинами вызваны колебания климата в историческую эпоху?; какова роль антропогенных факторов

в современном потеплении?; насколько предсказуемы изменения климата и как прогнозировать их?

В предварительном плане можно полагать, что современные изменения климата обусловлены главным образом автоколебаниями в ГКС. В дальнейшем следует ожидать продолжения колебаний климата с характеристиками, близкими к естественным. В случае подтверждения этих позиций отпадёт необходимость в мерах по стабилизации климата и зависящих от него условий в мировой природно-хозяйственной системе.

Автор выражает благодарность Е.С. Высочиной, заведующей кабинета информатики Филиала РГГМУ, за техническую помощь в подготовке статьи.

Литература

1. Баталин А.М., Даричева Л.В., Чупрынин В.И. О моделировании автоколебаний в атмосферно - океанических круговоротах. – Морские гидрофизические исследования, Севастополь, 1974, № 3, с. 117-127.
2. Гудкович З.М., Карклин В.П., Фролов И.В. Внутривековые изменения климата, площади ледяного покрова Евразийских арктических морей и их возможные причины. – Метеорология и гидрология, 2005, № 6, с. 5-14.
3. Кондратьев, К. Я. Глобальный климат. – СПб., Наука, 1992, 356 с.
4. Кондратьев К. Я. Неопределенности данных наблюдений и численного моделирования климата. Метеорология и гидрология, 2004, № 4, с. 93-119.
5. Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области мирового океана. - Л., Гидрометеиздат, 1990, 336 с.
6. Мелешко В.П., Катцев В.М., Мирвис В.М. и др. Климат России в XXI веке. Часть 1. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчёта. - Метеорология и гидрология, 2008, №6, с. 5-19.
7. Монин А.С., Берестов А.А. Новое о климате. - Вестник РАН, 2005, т. 75, № 2, с. 126-131.
8. Монин А.С. Введение в теорию климата. – Л., Гидрометеиздат, 1982, 247 с.
9. Переведенцев Ю.П. Теория климата. – Казань, Изд-во КГУ, 2004, 320 с.
10. Полтараус Б.В., Кислов А.В. Климатология. – М., Изд-во МГУ, 1986, 145 с.
11. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М., «Мысль», 1990, 637 с.
12. Руденко А.П. Теория и методология систем с циклической формой внутренних процессов с учетом проблем развития материи. – Матер. междунар. конфер. «Циклы природы и общества». Ч.2. Ставрополь, 1996, с.11 – 20.
13. Сарафанов А.А. Связь термохалинных аномалий глубинных вод океана с аномалиями состояния атмосферы в Северной Атлантике. - Доклады РАН, 2009, т.427, с.833-836.
14. Сергин В. Я., Сергин С. Я. Системный анализ проблемы больших колебаний климата и оледенения Земли. - Л., Гидрометеиздат, 1978, 279 с.
15. Сергин С.Я., Яйли Е.А., Цай С.Н., Потехина И.А. Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья. - СПб., изд. РГГМУ, 2001, 188 с.
16. Сергин С.Я. Методологическая несостоятельность представлений об антропогенной природе современного потепления климата. - Матер.

Международ. научн. конфер. «Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления». Туапсе, 2008, с.48 - 57.

17. Сидоренков Н.С., Орлов И.А. Атмосферные циркуляционные эпохи и изменения климата. – Метеорология и гидрология, 2008, № 9, с. 22-29.
18. Clague J.J. Importance of Quaternary research to society. Episodes, 2008, vol. 31, pp. 203-206.
19. Grossmann I., Klotzbach Ph. J. F review of North Atlantic modes of natural variability und their driving mechanisms. J. Geophys. Res., 114, D24107, doi: 10.1029/2009JD012728.
20. Robock A. The Mount St. Helens volcanic eruption of 18 May 1980: minimal climatic effect. Science, Vol. 212, 1981, pp. 1383-1384.