

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

---

# БИОФИЗИКА

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

---

© 1994 г. КАРНАУХОВ А.В.

## К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ И ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЗЕМЛИ

В настоящей работе анализируются факторы, влияющие на концентрацию углекислого газа в атмосфере и рассматриваются условия устойчивости теплового баланса Земли. Предполагается, что нарушение устойчивости химического состава и теплового баланса Земли в результате деятельности человека может привести к «парниковой катастрофе», в результате которой повышение температуры поверхности Земли может составить несколько сотен градусов, что сделает невозможным существование жизни на Земле.

Повышение среднепланетарной температуры в результате «парникового эффекта», как известно, вызвано в первую очередь увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере. Принято полагать, что это повышение концентрации  $\text{CO}_2$  обусловлено техногенными причинами и является следствием сжигания углеводородного топлива.

Однако, на наш взгляд, рассмотрение этого вопроса будет не полным, если при этом не принимать во внимание и другие процессы, определяющие содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

### 1. Антропогенные источники $\text{CO}_2$ .

В качестве основного антропогенного источника поступления  $\text{CO}_2$  в атмосферу обычно рассматривается уже упомянутое выше сжигание ископаемого углеводородного топлива. Считается, что повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в результате этого процесса может принести к повышению температуры поверхности Земли на 2–10°C («парниковый эффект») и изменению климата многих регионов, но не поставит под сомнение саму возможность существования биосферы Земли [1–4].

### 2. Геохимические источники $\text{CO}_2$ .

Другой, потенциально более опасной, причиной увеличения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере может явиться разложением карбонатных осадочных пород (известняки, доломиты и т.д.) в результате химической реакции вида:



При этом карбонаты различных металлов имеют различные температуры разложения: Ca – 850°C, Mg – 300°C [5]. Необходимые условия протекания этой реакции существуют лишь на больших глубинах порядка 5–20 км. Тем не менее с реакцией разложения карбонатов связаны выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу при извержении вулканов и ряд тектонических явлений.

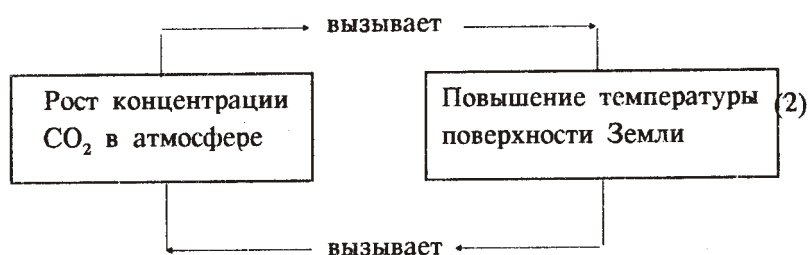
### 3. Возможность «Парниковой катастрофы».

Можно ожидать, что повышение среднепланетарной температуры поверхности Земли за счет «парникового эффекта» приведет к активации реакций разложения карбонатов в недрах Земли и дополнительному выбросу  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

Поскольку температурный градиент в литосфере Земли составляет примерно 1°C на 10–100 м [6], это означает, что повышение среднепланетарной поверх-

ностной температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  вследствие «парникового эффекта», вызванного антропогенными причинами, приведет к подъему из глубин Земли на 10–100 м зоны, в которой становится возможной реакция разложения карбонатов (1), и соответствующему выбросу  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

Предварительные расчеты показывают, что этот дополнительный выброс  $\text{CO}_2$  приведет к увеличению температуры поверхности Земли еще на  $1^{\circ}\text{C}$ , что в свою очередь вызовет подъем зоны разложения карбонатов еще на 10–100 м и так далее. Это означает, что эта реакция является процессом с положительной обратной связью вида:



В случае, если в этой реакции (2) коэффициент связи меньше единицы, состав атмосферы устойчив, если больше единицы, то возможна «парниковая катастрофа», сопровождающаяся радикальным изменением химического состава атмосферы и существенным повышением температуры поверхности Земли. При этом «парниковый эффект», вызванный антропогенным повышением концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере может сыграть роль «спускового крючка» для процесса «парниковой катастрофы».

Весьма существенными вопросами, которые возникают при этом, являются скорость изменения температуры в процессе «парниковой катастрофы» и предельная температура поверхности Земли в результате этого процесса.

О скорости сейчас трудно сказать что-либо кроме того, что процессы с положительной обратной связью могут иметь лавинообразный характер.

Трудно было бы так же рассчитать сейчас на основе имеющихся данных и конечную температуру поверхности Земли вследствие «парниковой катастрофы». Однако для оценки возможной величины можно воспользоваться сравнительным анализом ситуации на Земле и Венере.

Основным фактором, определяющим температуру поверхности планеты, является интенсивность падающего на нее потока солнечной энергии. Венера расположена примерно в 1,5 раза ближе к Солнцу, чем Земля. ( $R_3 = 1,5 R_B$ ). Интенсивность потока лучистой энергии  $E$ , падающего на единицу поверхности на Венере в 2 раза больше, чем на Земле ( $E = E_0/R^2$ ). В соответствии с уравнением энергетического баланса

$$T^4 = \frac{(1 - A)}{4\sigma R^2} E_0. \quad (3)$$

среднепланетарная температура поверхности Венеры  $T$  должна была бы быть всего на  $60^{\circ}\text{C}$  выше, чем на Земле [7], в предположении равенства альбедо ( $A$ ) и излучательной способности поверхности [8].

На самом деле, согласно прямым измерениям, проведенным спускаемыми аппаратами, температура поверхности Венеры составляет более  $400^{\circ}\text{C}$  [9]. Поэтому можно полагать, что «парниковый эффект», обязанный тому, что атмосфера Венеры на 98% состоит из  $\text{CO}_2$ , приводит к дополнительному повышению

температуры поверхности Венеры примерно на 300°С. Это и есть та температура поверхности Земли, которая может установиться в случае «парниковой катастрофы» и это означает, что жизнь на Земле в результате «парниковой катастрофы» может практически полностью исчезнуть.

#### 4. Факторы, препятствующие «парниковой катастрофе».

Механизмы, препятствующие «парниковой катастрофе», связаны с деятельностью природных экосистем, удаляющих CO<sub>2</sub> из атмосферы. При этом две экосистемы играют ведущую роль:

##### а) Экосистема болот.

Главным механизмом изъятия CO<sub>2</sub> из атмосферы является, как известно, фотосинтез, благодаря которому CO<sub>2</sub> включается в состав сложных органических соединений, составляющих биомассу фотоавтотрофных организмов.



Однако экосистемы степей или сухих лесов не оказывают существенного влияния на концентрацию CO<sub>2</sub> в атмосфере, так как связанный в их биомассу в процессе фотосинтеза CO<sub>2</sub> достаточно быстро возвращается в атмосферу либо после смерти растительных организмов, благодаря деятельности гетеротрофных живых существ, либо в результате лесных и степных пожаров.

В противоположность этому в экосистеме болот созданная в результате фотосинтеза биомасса органических соединений из-за отсутствия в стоячей воде болот необходимого количества кислорода разлагается не полностью. Именно таким образом появились крупные запасы торфа, угля и других углеводородов, связавшие значительные количества CO<sub>2</sub> из атмосферы.

Поскольку повышение среднепланетарной температуры поверхности Земли приведет к увеличению количества осадков, а, следовательно, и площади болот, можно ожидать увеличения скорости связывания CO<sub>2</sub> в результате реакции типа (4), т.е. процесс протекает с отрицательной обратной связью.

б) *Морские экосистемы.* Вторым важным механизмом изъятия CO<sub>2</sub> из атмосферы является использование его морскими организмами для построения своих скелетов, раковин и чехлов из карбонатов различных металлов:



Именно благодаря деятельности морских организмов и прежде всего в теплых морях, образовались гигантские пласты таких осадочных пород как известняки, доломиты, магнезиты и т.п., достигающие многокилометровой толщины.

Повышение среднепланетарной температуры Земли приведет к увеличению площади тропических и теплых морей и, следовательно, к увеличению скорости связывания атмосферного CO<sub>2</sub> в результате реакций типа (5). Этот процесс также протекает с отрицательной обратной связью.

#### 5. Тепловой баланс Земли.

Уравнение теплового баланса Земли может быть записано в виде:

$$\frac{d\Delta T}{dt} = K_1 - (K_2 + K_3 + K_4 + K_5)\Delta T \quad (6)$$

где ΔT – отклонение среднепланетарной температуры поверхности Земли от равновесного значения.

K<sub>1</sub> – описывает влияние антропогенного выброса CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Коэффициенты K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>, K<sub>4</sub> и K<sub>5</sub> описывают воздействие на среднепланетарную температуру Земли различных факторов, в свою очередь зависящих от температуры.

$K_2 < 0$  – ускорение разогрева Земли в результате разложения карбонатов (1).

$K_3 > 0$  – замедление разогрева Земли в результате увлажнения климата, увеличения площади болот и ускорения фотосинтеза (4).

$K_4 > 0$  – замедление разогрева Земли в результате увеличения площади теплых морей (5).

$K_5 = \text{Const}$  – описывает ряд факторов, не зависящих или слабо зависящих от деятельности человека.

6. Условия устойчивости теплового баланса Земли.

Нарушение теплового баланса Земли может произойти если сумма коэффициентов  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$  и  $K_5$  в уравнении (6) окажется меньше нуля:

$$K_2 + K_3 + K_4 + K_5 < 0 \quad (7)$$

Это может произойти в результате осушения болот (уменьшение  $K_3$ ) и загрязнения морей и океанов химическими и радиоактивными отходами (уменьшение  $K_4$ ). В этом случае процесс повышения среднепланетарной температуры поверхности Земли будет иметь характер экспоненциального роста (взрыва).

В отличие от «парникового эффекта» – незначительного увеличения среднепланетарной температуры поверхности Земли на 2–10°C, вызванного антропогенным выбросом  $\text{CO}_2$  в атмосферу, нарушение теплового баланса Земли может привести к катастрофическому изменению климата – «парниковой катастрофе». Повышение температуры поверхности Земли в этом случае может составить несколько сотен градусов, что делает невозможным существование жизни на Земле. При этом антропогенный «парниковый эффект» может выполнить роль «спускового крючка» для развития процесса «парниковой катастрофы».

### Заключение

В заключение еще раз сформулируем основные выводы:

1. Увеличение температуры поверхности Земли в результате «парникового эффекта» может составить не 2–10°C, как это принимается в настоящее время, а 200–300°C.

2. Основными источниками опасности резкого изменения химического состава атмосферы и нарушения теплового баланса Земли является не только сжигание ископаемого топлива, но и нарушение сложившихся к настоящему времени геобиоценозов, в частности, осушение болот и загрязнение океана.

3. Опасность «парниковой катастрофы» в настоящее время еще недостаточно осознана, что и проявляется в отсутствии широких международных и национальных программ геобиофизических исследований устойчивости жизни на Земле и соответствующих программ мониторинга определяющих процессов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука. 1965. С.1.
2. Одум Ю. Экология. М., мир. 1986. Т.1. С.1.
3. Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика. М.: Мол.гвар., 1988. С.1.
4. Бялко А.В. Климат: проблемы изучения и прогнозирования. Природа, 1993. № 8. С.94.
5. Цветкова А.И., Вальяшихина Е.П., Пилоян Г.О. Дифференциальный термический анализ карбонатных минералов. М.: Наука, 1978.
6. Любимова Е.А. Тектоносфера Земли. М.: Наука. 1978.
7. Кондратьев Л.Я. Лучистый теплообмен в атмосфере. Л., 1956.

8. Мороз В.И., Мухин Л.М. О ранних этапах эволюции атмосферы и климата планет земной группы. «Космич. исслед.», 1977. Т.15. С.901.  
9. Ксанофомалити Л.В. Планета Венера. М.: Наука. 1985.

Институт биофизики клетки РАН, Пущино  
(Московская область)

Поступила в редакцию  
26.01.1993

ABOUT THE STEADINESS OF THE ATMOSPHERE CHEMICAL COMPOSITION AND  
THERMAL BALANCE OF THE EARTH

KARNAUKHOV A.V.

*Institute of Cell Biophysics Russian Academy of Sci. Puschino (Moscow Region) 142292.*

In this paper the factors which determine the carbon dioxide concentration in the atmosphere are analyzed and the conditions of the Earth thermal balance steadiness are discussed.

It is suggested that the disturbance of the steadiness of the atmosphere chemical composition and of the thermal balance of the Earth, as a result of antropogenic actions, can lead to «hot bed disaster» which is characterized by increasing of the Earth surface temperature up to 300°C and elimination of Life on the Earth.