

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК БССР

АВТОРСКИЙ ОТТИСК

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ



26-Й ГОД ИЗДАНИЯ
Том XXVI, № 10

1982

УДК 550.7:551.5

В. Б. КАДАЦКИЙ, Л. М. КАГАН

О МЕХАНИЗМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ КЛИМАТА БИОСФЕРЫ*(Представлено академиком АН БССР К. И. Лукашевым)*

Выяснение степени влияния результатов антропогенной деятельности на погодные условия отдельных регионов и на предполагаемые глобальные климатические перестройки чрезвычайно актуально. Вместе с тем решение этой проблемы невозможно без понимания, каким образом на Земле вот уже на протяжении по меньшей мере около миллиарда лет сохраняются климатические условия, колеблющиеся в довольно узких пределах. Доказательством последнего являются сохранение на поверхности планеты свободной воды в течение геологической истории и непрерывная восходящая эволюция живых организмов.

В свое время на Земле сложились благоприятные условия для возникновения жизни. Однако трудно представить, что впоследствии достаточно «хрупкая» экологическая обстановка, необходимая живому веществу, сохранялась более-менее неизменной столь длительное время лишь случайно.

Основываясь на имеющихся данных, приходится заключить, что в пределах биосферы чрезвычайно долго и бесперебойно функционирует механизм, сохраняющий стабильные климатические условия, благоприятствующие процветанию организмов. С неизбежностью возникает вопрос о существовании этого механизма.

В настоящее время общеизвестно, что Земля по сравнению с другими планетами Солнечной системы обладает совокупностью уникальных параметров. При этом особого внимания заслуживает тот факт, что существенные качественные особенности основных абиотических природных компонентов в значительной степени определяются наличием живого вещества. Высказанные на этот счет положения о геохимическом своеобразии составов земной коры, Мирового океана и атмосферы (1) длительное время не укладывались в общегеологические каноны и не получили дальнейших разработок. В последние годы в связи с развитием глобальных геологических концепций эти положения оказались актуальными и подтверждены рядом исследований. Считается общепринятым, что практический весь кислород в атмосфере имеет органическое происхождение (2); данные об изотопном составе серы фанерозойских эвапоритов и докембрийских сульфатов первичного осадочного генезиса свидетельствуют в пользу формирования кислородной атмосферы Земли и постоянной солености океана уже на ранних этапах развития планеты (3); результаты изучения первично-осадочных карбонатов ряда докембрийских щитов указывают на химическое и изотопное равновесие наружных сфер Земли, наступившее более 3,5 млрд. лет назад и обязанное существованию жизни (4).

И в настоящее время еще многие специалисты придерживаются точки зрения о постепенной эволюции газового состава атмосферы и достижении современной концентрации кислорода в ней только во второй

половине фанерозоя. Но даже и в этом случае нельзя не отметить определяющего влияния живого вещества на геохимию атмо-, гидро- и верхней части литосферы. В свою очередь эти компоненты оказывают существенное влияние на климатическую составляющую биосферы, хотя ведущая роль в формировании климата принадлежит солнечной энергии. Однако следует учитывать, что геохимическое своеобразие параметров абиотических компонентов наилучшим образом способствует использованию лучистой энергии в пределах биосферы. Так, нижние слои атмосферы оказывают существенное влияние на величину отражаемой, а следовательно, и поступающей на земную поверхность солнечной энергии⁽⁵⁾ и одновременно задерживают подавляющую часть инфракрасного излучения планеты. Атмосфера и Мировой океан, играя роль глобальных «демиферов», осуществляют равномерное распределение тепла в биосфере. (Попутно отметим, что наличие большого объема свободной воды на Земле остается загадкой. Гипотеза о том, что ее синтез обязан живому веществу⁽⁶⁾, не менее аргументирована, чем все известное о ее генезисе.) И наконец, окончательная климатическая «настройка» происходит на уровне ландшафта, который, как система, организован также живым веществом. Причем способность живых организмов к экологическим модификациям среды⁽⁷⁾ имеет локальное, провинциальное и региональное проявления. Все изложенное выше с учетом известного о климатических параметрах планет земного типа позволяет высказать предположение об определяющем влиянии живого вещества на относительную стабилизацию климатических параметров, варьирующих в узких пределах, и, кроме того, дает основание для построения принципиальной модели этого влияния.

Введем обозначения: M — параметр, характеризующий количество активного живого вещества (например, биомасса), при этом активность понимается в смысле оказания наиболее существенного прямого и (или) опосредованного воздействия на климатическую составляющую; T — параметр, характеризующий совокупность климатических условий, таких, как температура, влажность и т. п., вклад каждой составляющей в T здесь не конкретизируется; T_0 — параметр, соответствующий оптимальным биологическим климатическим условиям; M_0 — значение M , которое имеет место при оптимальных условиях T_0 . Удобно также ввести относительные величины $K = M/M_0$, $P = T/T_0$.

Рассмотрим изменение количества активного живого вещества ΔM , которое происходит под воздействием изменения климатических условий ΔT . Логично считать, что ΔM пропорционально изменению условий ΔT , имеющемуся веществу M , а также тому, насколько далеко климатические условия удаляются от оптимума $T_0 - T$. Последнее не столь очевидно, однако, например, ясно, что изменения температуры на величину $\pm 5^\circ\text{C}$ в разной мере скажутся на живом веществе при 20 и 0°C . Таким образом, можно записать $\Delta M = \alpha(T_0 - T)M\Delta T$, где α — некоторая константа.

Переходя к дифференциалам и интегрируя с учетом введенной величины M_0 , имеем $M = M_0 \exp[-\alpha(T - T_0)^2]$.

После перехода к параметрам K , P и переобозначения постоянной получаем

$$K = \exp[-\alpha_0(P - 1)^2]. \quad (1)$$

Как ясно из этого выражения, α_0 должна быть положительной, в противном случае при отклонении от оптимума $P = 1$ наблюдалось бы возрастание количества активного живого вещества M и соответственно K . Зависимость, соответствующая выражению (1), приведена на рис. 1. Из последнего видно, что выражение (1) хорошо описывает известную ситуацию резкого уменьшения активного живого вещества при отклонении климатических условий от оптимальных (в обе стороны).

В первом приближении влияние активной составляющей живого вещества M на климатические условия T можно выразить в виде линейной

зависимости. При этом следует учитывать запаздывание во времени, поскольку указанное влияние осуществляется опосредованно. Обозначим это запаздывание τ . Тогда можно записать

$$P(t) = a + bK(t - \tau), \quad (2)$$

т. е. состояние климата в момент времени t определяется состоянием активного живого вещества в момент времени $t - \tau$. Однако аналогичное

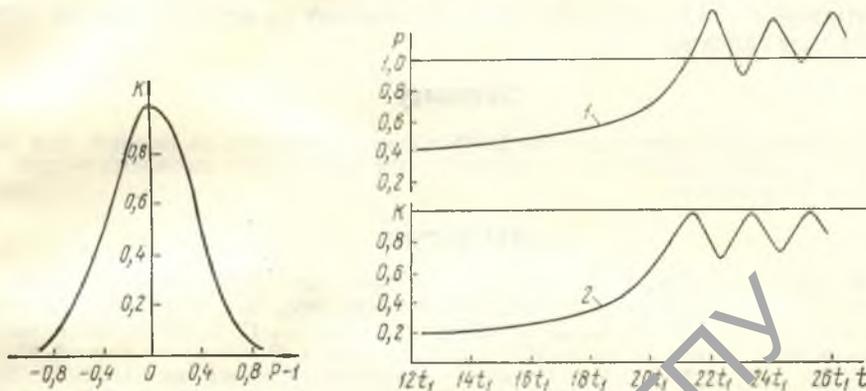


Рис. 1. Зависимость количества живого вещества K от совокупности климатических условий P

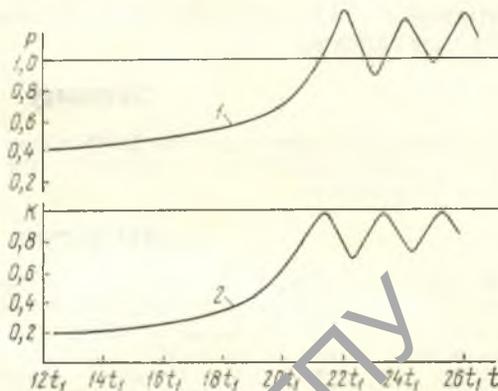


Рис. 2. Изменение совокупности климатических условий P и количества живого вещества K во времени t

запаздывание, по-видимому, менее продолжительное, существует и при воздействии климата на живое вещество. Обозначив его τ_1 , из (1) имеем

$$K(t) = \exp \{ -\alpha_0 [P(t - \tau_1) - 1]^2 \}. \quad (3)$$

Выражения (2) и (3) позволяют описать взаимное влияние климата и живого вещества. Следует отметить некоторые ограничения на константы a и b (см. (2)). Поскольку при очень малом количестве живого вещества (или его отсутствии — данные о планетах земного типа) климатические условия далеки от биологического оптимума, величина a должна достаточно существенно отличаться от 1. С другой стороны, при большом значении K климатические условия хотя и не оптимальны, однако, как уже упоминалось, не угрожают существованию живого, поэтому $a + b$ не должно значительно отличаться от 1. Исходя из этих соображений, для иллюстрации полученных зависимостей были выбраны следующие величины: $a = 0,2$, $b = 1,1$, $\alpha_0 = 4,6$ (рис. 1 получен при этом же значении α_0).

На рис. 2 представлены зависимости, соответствующие выражениям (2) и (3). Точки наносились через интервал времени $t_1 = \tau + \tau_1$. Видно, что по мере увеличения количества живого вещества (кривая 2) происходит улучшение климатических условий (кривая 1 приближается к уровню, равному единице). Однако при значительном его количестве условия опять ухудшаются (кривая 1 переходит единицу), что вызывает уменьшение живого вещества, которое сопровождается ухудшением климатических условий и т. д. Следует подчеркнуть, что в связи с упомянутым запаздыванием экстремумы на кривых 1 и 2 имеют место одновременно. Отметим, что поскольку температура приземных слоев атмосферы к моменту возникновения жизни была относительно высокой и происходило ее постепенное понижение, то она должна входить в совокупность климатических условий в виде обратной величины, так что указанное понижение температуры вызывает возрастание величины P (кривая 1) до оптимума $P = 1$. Дальнейшее понижение температуры

вызывает переход кривой I в область $P > 1$. Поэтому максимумы кривой I можно трактовать как периоды похолодания климата.

Таким образом, приведенная модель позволяет принципиально объяснить: во-первых, формирование климатической составляющей биосферы опосредованным влиянием эволюционирующего живого вещества, во-вторых, способность совокупного живого вещества посредством организации абиотических компонентов биосферы регулировать климатические параметры в режиме, способствующем его процветанию.

Выражаем благодарность В. А. Кузнецову за ценные советы при обсуждении работы.

Summary

The present knowledge about the Earth allows a conclusion to be made that biosphere has a special mechanism for monitoring the climate. This mechanism is controlled by the living matter.

Литература

- ¹ Вернадский В. И. Изб. соч.—М.: Изд-во АН СССР, 1951, т. 1.—696 с.
² Беркнер Л., Маршалл Л. Земля и Вселенная, 1966, № 4, с. 32—39. ³ Виноградов В. И., Реймер Т. О., Лейтес А. М., Смелов С. Б. Литология и полезные ископаемые, 1976, т. 4, с. 12—27. ⁴ Сидоренко А. В., Боршевский Ю. И. ДАН СССР, 1977, т. 234, № 4, с. 892—895. ⁵ Брукс К. Климаты прошлого.—М.: ИЛ, 1952.—357 с. ⁶ Глотов В. Е. Химия и Жизнь, 1961, № 12, с. 77—79. ⁷ Одум Ю. Основы экологии.—М.: Мир, 1975.—740 с.

Институт геохимии и геофизики
АН БССР

Поступило 11.03.82

РЕПОЗИТОРИЙ БГУ