

## **Причины, обусловившие особенности эволюции Земли, её климата и жизни**

Обсуждается возможность начала в обозримом будущем на Земле глобальной экологической, климатической, радиационной и генетической катастрофы. Причина катастрофы состоит в том, что геомагнитное поле (ГМП) может изменить свою полярность, т.е. произойдет инверсия или экскурс. Более того, существует вероятность, что инверсия (или экскурс) на Земле уже началась. Во время такого события наша планета на некоторое время «теряет» свою магнитную защиту от жесткого космического излучения, что приводит к увеличению радиационного фона, изменению климата, генетическим мутациям и т.п. Согласно модели горячей Земли, в периоды экскурсов, происходящих во время хрона Брюнес, Земля расширяется. В период времени между экскурсами Земля сжимается. Вероятность начала инверсии, либо экскурса, в настоящее время подтверждается фактом векового уменьшения модуля ГМП, а так же современным ускорением дрейфа северного магнитного полюса,двигающегося, начиная с 1860 г, вдоль трасы дрейфа полюсов в моменты инверсий и экскурсов ГМП в прошлом. В свете этой идеи анализируются известные палеомагнитные, палеоклиматические, археологические и палеонтологические данные. Предлагается модель, непротиворечиво связывающая вековые вариации ГМП, изменения интенсивности потока космических лучей, вулканизм, климат и эволюцию жизни. Модель «проецируется» на наше время.

### **Введение**

Роль космического излучения в формировании современного климата известна: авторы многих работ показывают, что увеличение интенсивности потока галактических космических лучей (ГКЛ), периодически наблюдаемое в наше время, приводит к увеличению облачности, образующейся на высоте 3 – 5 км, что, в свою очередь, вызывает некоторое похолодание поверхности Земли. Это явление хорошо изучено, разработана правдоподобная модель похолодания, как результат воздействия ГКЛ на нижнюю атмосферу. Известны попытки использования этой модели и при интерпретации данных палеоклимата. Суть их базируется на сопоставлении временных вариаций температуры поверхности Земли и интенсивности ГКЛ, связанной с изменениями ГМП.

Изменения ГМП и интенсивность ГКЛ оказывают влияние не только на климат, но и на жизнь на Земле. Жизнь на Земле могла бы быть совершенно иной, если бы отсутствовало геомагнитное поле, т.е. отсутствовало его влияние, экранирующее Землю от радиации космоса. В моменты инверсий и экскурсов, когда напряженность геомагнитного поля близка к нулю, отклоняющее влияние его на космические лучи в течение периода этих вариаций, - существенно меньше. Считается, что увеличение потока космических лучей приводит к росту мутаций, однако, эта идея досконально не изучена.

### **1. Палеоклимат**

В течение последних 400 тыс. лет на Земле произошли четыре глобальных похолодания с периодичностью, примерно, в 100 тыс. лет. Последнее похолодание (ледниковый период) сменилось резким потеплением около 12 тыс. лет тому назад, что привело к быстрому таянию льда и увеличению уровня океана на 50 - 100 м. Это событие, возможно, было отражено в истории как «Библейский Великий Потоп», Оно совпадает по времени с экскурсом Гетеборг. Резкое и сильное потепление, случившееся, примерно 115 – 130 тыс. лет тому назад, так же совпадает по времени с другим экскурсом - Блейк. Двум другим резким потеплениям, произошедшим в течение последних 400 тыс. лет, так же предшествовали экскурсы Ямайка и Бива II (рис. 1, верхняя панель). Общность этих событий такова, что после резкого потепления всегда наступало похолодание. Кроме обсуждаемых нами четырех интенсивных потеплений, можно отметить и другие, не такие резкие и сильные. Но и они, как правило, совпадают по времени с экскурсами геомагнитного поля Лашамп, Моно Лайк, и др.

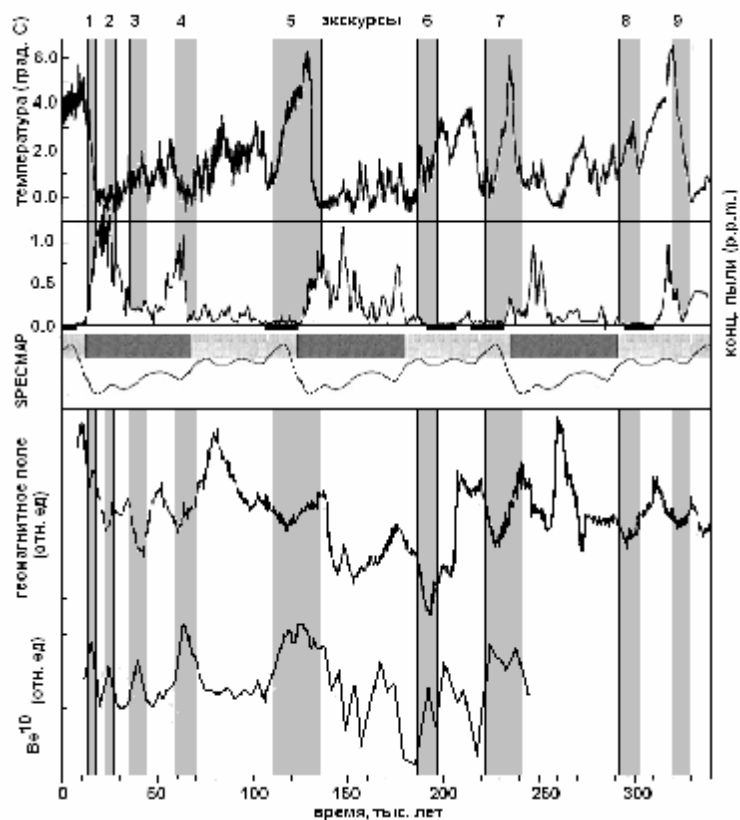


Рис. 1. Изменение температуры поверхности Земли (верхняя панель) и относительной концентрации пыли во льду (вторая панель). Третья панель - СПЕСМАР- океаническая изотопная кислородная кривая. Четвертая панель - интенсивность геомагнитного поля. Пятая панель – концентрация изотопа  $Be^{10}$  в осадках. Вертикальные полосы – понижение геомагнитного поля в периоды экскурсов (слева направо): Gothenburg (1); Mono Lake (2); Laschamp (3); Kargopolovo (Event Gaotai, 4); Blake (5); Biwa – I (6); Jamaica (7); Biwa – II (9). Понижение поля 300 тыс. лет (8) с экскурсом не идентифицировано.

При анализе кернов льда, полученных при бурении ледника Антарктиды в районе станции Восток, было обнаружено, что резкое уменьшение концентрации пылевых частиц во льду совпадало по времени и с потеплениями, и с экскурсами. Некоторые авторы работ считают, что пыль, вмороженная в лед, это осевший стратосферный аэрозоль (СА), образующихся в результате взрывных извержений вулканов. На рис. 1 (вторая панель) черными полосками под кривой временного изменения содержания пыли в слоях льда выделены периоды времени, предшествующие началу появления пыли, что, по-видимому, связано с началом активного вулканизма. Продолжительность выделенных интервалов времени составляет около 10 тыс. лет. Как видно из рисунка 1 (вторая панель), в течение последних, примерно 10 тыс. лет, в стратосфере Земли пыли практически нет, тогда как, в течение предшествующих 60 тыс. лет, концентрация пыли во льду достигала одного и более р.р.м. ( $10^{-6}$ ).

На третьей панели рис. 1, для сравнения, приведена океаническая изотопная кислородная кривая СПЕСМАР. Эта кривая неплохо описывает ход температуры в течение 135 тыс. лет, но совершенно не соответствует третьему и т.д. 100 тыс. летнему циклу. Кривая СПЕСМАР, по смыслу, должна была продемонстрировать справедливость астрономической гипотезы климата Миланковича, хотя, как следует из рис. 1, очевидно её несоответствие данным по температуре поверхности Земли. Теория Миланковича разработана для чистой атмосферы. Возможно, она верна, но она оказывается не действующей в периоды, когда в стратосфере присутствовала пыль. Обратим внимание на характер поведения температуры, приведенной на рис. 1. Понижение температуры

примерно на 10 градусов после её «быстрого» подъема происходит в течение 100 тыс. лет, откуда скорость охлаждения:  $dT/dt = - 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C/год}$ . Увеличение температуры на те же 10 градусов, приуроченное к геомагнитным экскурсам, занимает период времени  $\approx 10$  тыс. лет:  $dT/dt = + 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/год}$ . Скорость современного потепления: 1 градус за 100 лет, для сравнения,  $dT/dt = + 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C/год}$ . На рис. 1 видно, что и похолодание, и следующее за ним потепление сопровождаются быстрыми изменениями (вариациями) температуры. В течение 10 тыс. лет потепления сменяют резкие похолодания не менее 10 раз, при которых температура изменяется примерно на  $\pm$  один – два градуса за каждые 100 – 200 лет. Возможно, именно такой процесс происходит и в наше время и, следуя логике этих данных, на Земле вскоре должно начаться похолодание с примерно такой же скоростью, как происходит современное потепление. Очевидно, что такой прогноз не учитывает роль антропогенного влияния на климат Земли. Однако насколько это влияние сравнимо с естественными природными процессами, ещё не очевидно и далеко не ясно.

Рисунок 2 показывает последовательность изменения температуры поверхности Земли и концентрации пыли, приуроченной ко времени экскурса Gothenburg. Из рисунка видно, что максимальная концентрация пыли соответствует самой низкой температуре; предвзяя начало экскурса, концентрация пыли начинает уменьшаться; и, при достижении концентрации пыли некоторой малой величины, начинается рост температуры; температура достигает максимума, концентрация пыли при этом очень мала, экскурс кончился, и после этого температура начинает снова плавно, медленно убывать. Этот сценарий практически повторяется во всех, обсуждаемых нами в этой работе экскурсах. Правда, время начала экскурса запаздывает относительно начала роста температуры немного по-разному, в различных случаях. По-видимому, это запаздывание связано с тем, что образцы горной породы для определения возраста экскурсов и глобальных потеплений были взяты из различных мест, а инверсии, за счет конечности скорости перемещения магнитного полюса по поверхности Земли, могут фиксироваться в различных регионах Земли не совсем одновременно. Это касается и экскурсов. Клемент показал, что длительность инверсии Брюнес-Матуяма заметно отличается для различных регионов и зависит от широты: например, длительность инверсии составляет  $\sim 2$  тыс. лет в широтах, близких к экватору, и возрастает до  $\approx 12$  тыс. лет, по мере увеличения широты отбора проб. (Наблюдается формальная аналогия с терминатором: смена день-ночь на экваторе происходит значительно быстрее, чем на больших широтах).



Рис. 2. Изменение концентрации пыли и температуры, оцененной по концентрации изотопа кислорода ( $\delta^{18}\text{O}$ ), в период 20 – 5 тыс. лет тому назад. Убывание концентрации пыли опережает рост температуры.

Рис. 1 и 2 показывают, что как при потеплении, так и при охлаждении поверхности Земли, её температура изменялась не плавно, а резкими «скачками», амплитуда которых редко превышала 2 – 3 градуса, а время «скачка» - не более 1 тысячи лет. Резкие изменения температуры происходили и в течение последнего оледенения ( $T$  по  $\delta^{18}\text{O}$ , в град.). Длительность периода последнего оледенения (Last Glacial) разделена на четыре этапа: 1) Younger Dryas (11.63 - 12.5 тыс. лет); 2) Bolling - Allerod (12.7 - 14.5); 3) Last Glacial Maximum (16.7 - 20.3) и 4) Cold - Warm (26.0 - 46.0). Вполне возможно, что не все колебания температуры связаны с экскурсами. Скорее всего, как и принято считать, решающую роль в таких колебаниях играет изменение концентрации метана и двуокиси углерода. В течение первого периода - Younger Dryas на фоне общего потепления и увеличения концентрации метана, как в Гренландии, так и в Антарктиде, наблюдается резкое понижение уровня концентрации метана и, соответственно, похолодание (заметное – в Гренландии и слабо заметное – на Антарктиде). После похолодания температура восстанавливается и потепление продолжается. Наблюдается опережение (примерно на 1 тыс. лет) изменения концентрации метана в Антарктиде по сравнению с Гренландией. Сравнение данных по дейтерию ( $\delta\text{D}$ ), полученных на 5 станциях Антарктиды, показало, что температура синхронно повышается в интервале 28 - 12 тыс. лет. При этом на всех станциях наблюдается резкое понижение с последующим восстановлением температуры в диапазоне 12 - 13 тыс. лет. После максимума при 11 - 12 тыс. лет начинается плавный спад температуры ( $\delta\text{D}$ ).

На фоне отмечаемого рядом авторов синхронизма колебаний климата в Гренландии и Антарктиде, при более тщательном анализе данных, обнаружено, что изменения климата в Антарктиде опережают аналогичные изменения климата в Гренландии в период 47 - 23 тыс. лет тому назад примерно на 1-2.5 тыс. лет. Проводилось сравнение изменений температуры поверхности льда восточной Антарктиды, - с ходом температуры на поверхности Земли в течение последних 20 тыс. лет. Температура оценивалась по содержанию изотопов дейтерия и кислорода, в течение трех предыдущих ледниковых периодов (330, 240 и 130 тыс. лет тому назад). Показано, что характер похолодания, наступившего после пика температуры примерно 15 тыс. лет назад, отличается более мягким климатом, чем в течение трех предыдущих ледниковых периодов. Во всех трех предыдущих случаях после потепления наступало более резкое, чем в настоящее время, похолодание поверхности Антарктиды.

Обсуждается проблема роли понижений величины геомагнитного поля в климатических изменениях, произошедших в течение последних 4000 лет в Месопотамии. Авторы этих работ назвали четыре обсуждаемых явления палеомагнитными джерками. Однако, т.к. одно из них, ранее было отнесено к экскурсам (Этруссия, 2.8 тыс. лет назад), мы рассматриваем остальные три события, - как экскурсы. Авторами было показано, что уменьшение интенсивности геомагнитного поля коррелирует с потеплением, а увеличение его, - с похолоданием.

---

Обратим внимание на данные, полученные рядом авторов по изучению временного распределения концентрацией изотопа  $^{10}\text{Be}$  в осадочных породах. Рисунок 1 демонстрирует связь между геомагнитными экскурсами и концентрацией изотопа  $^{10}\text{Be}$ . В ряде работ показано, что этот изотоп является индикатором интенсивности потока галактических космических лучей, достигнувших поверхности Земли и оставивших «следы» в осадках. Использование изотопа  $^{10}\text{Be}$  связано с тем, что его концентрация в породах земной коры очень мала, и она резко возрастает при воздействии на неё космических лучей. Принято считать, что наличие изотопа  $^{10}\text{Be}$  однозначно обязано попаданию космических лучей на поверхность Земли.

## **2. Вулканизм как причина похолодания.**

Роль стратосферных аэрозолей вулканического происхождения (вулканической пыли) в изменении климата, в частности – похолодании известна и хорошо изучена. Это

явление получило название «вулканическая зима». В ряде работ оценена концентрация пыли в стратосфере после сильных эксплозивных извержений современных вулканов, измерена величина понижения температуры поверхности Земли. Одно из самых сильных вулканических извержений, произошедших на Земле, это извержение вулкана Тоба (VEI = 8), которое произошло 74 тыс. лет тому назад (VEI - Volcanic Explosivity Index, индекс взрывного вулканизма, его максимальное значение равно 8). При этом в стратосферу было выброшено, по разным оценкам, от 500 до 5000 млн. тонн аэрозолей (см. рис. 3). Судя по рис 1, концентрация пыли, вмороженной в лед, достигала в этот период времени 1 р.т. После этого извержения наличие пыли в стратосфере отмечалось практически непрерывно в течение 60 тыс. лет, возрастая после очередного сильного извержения и уменьшаясь в промежутках между ними (см. рис. 3).

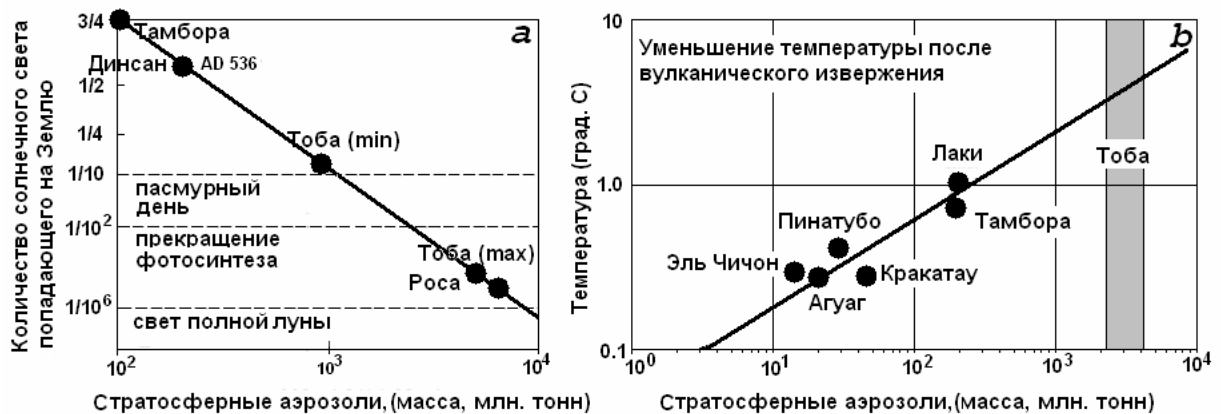


Рис. 3. Связь между интенсивностью вулканизма, концентрацией пыли в стратосфере и понижением температуры.

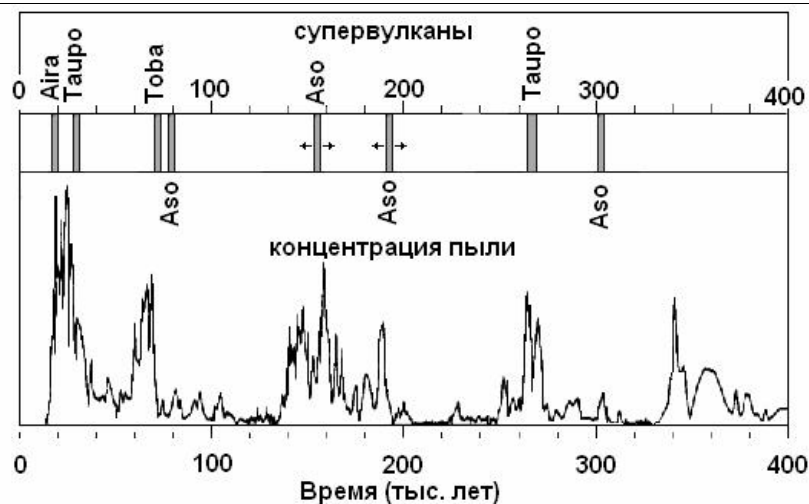


Рис. 4. Супервулканы и концентрация пыли.

### 3. Существует ли связь между вулканизмом и экскурсами ГМП?

Известно, что интенсивность вулканизма на Земле неравномерна во времени. На рис. 5 (верхняя панель) показаны периоды усиления вулканической деятельности Земли за последние 500 тыс. лет (серые полосы), ниже, черные полосы соответствуют экскурсам ГМП. На нижней панели – интенсивность вулканизма для трех регионов и шкала экскурсов.

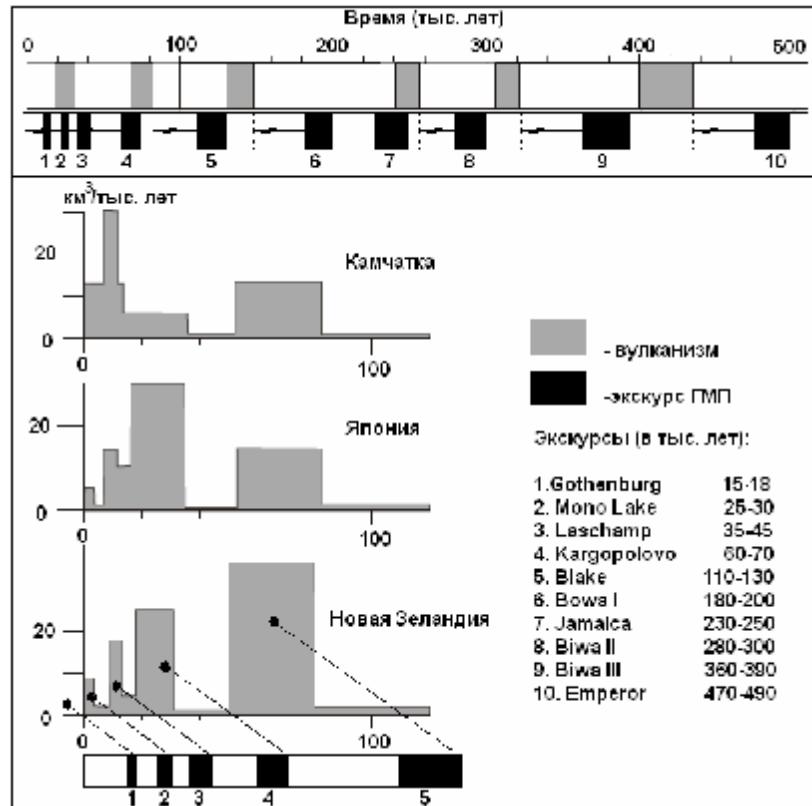


Рис. 5. Связь между интенсивностью вулканизма и экскурсами ГМП.

Рис. 5 показывает, что интенсивность вулканизма «отстает» по времени от экскурса примерно на 30 тыс. лет. Оценим характерное время вязкоупругой релаксации вещества мантии на воздействие геодинамического импульса вызванного кратковременным циклом расширения Земли:  $t = \mu/G$ , где  $\mu$  – «вязкость» среды, а  $G$  – модуль упругости. По различным оценкам,  $\mu$  варьирует в диапазоне  $10^{21} - 10^{22}$  Па с, модуль упругости изменяется в интервале:  $G \approx 10^9 - 10^{10}$  Па. Отсюда характерное время:  $t \approx 10^{11} - 10^{12}$  с = 3 000 - 30 000 лет, что неплохо совпадает с характерной задержкой начала усиления вулканизма после экскурса, или, как следует из модели горячей Земли, - импульса её расширения и последующего сжатия.

#### 4. Затемнение атмосферы стратосферным аэрозолем

Множитель ослабления (дБ/км) определялся при помощи закона Бугера:

$$\alpha \sim \int r^2 N f(r) K(x, \varepsilon) dr$$

$N$  – концентрация аэрозолей ( $\text{см}^{-3}$ );  $r$ - радиус капель (мкм);  $f(r)$ - закон распределения капель по размерам;  $K(x, \varepsilon)$ - коэффициент рассеяния электромагнитных волн на частицах аэрозоля, определяемый по уравнениям Ми.

Результаты расчетов коэффициента прозрачности  $W$  для отражающего слоя толщиной 1 км с концентрацией аэрозольных частиц  $100 \text{ см}^{-3}$  (кривая 2) и  $1000 \text{ см}^{-3}$  (кривая 3) выполненные авторами (Гончаренко и Киввы) представлены на рис.6. На этом же рисунке приведены аналогичные кривые для большей концентрации частиц в зависимости от их размера (номер кривой показывает порядок числа  $N$ ,  $\text{см}^{-3}$ ). Из рис. 6 следует, что для аэрозоля размером 0.1 мкм,  $W = 90\%$  соответствует  $N = 10^4 \text{ см}^{-3}$ ,  $N = 10^5 \text{ см}^{-3} \sim W \approx 50\%$ ;  $N = 10^6 \text{ см}^{-3} \sim W \approx 20\%$ , полное поглощение света  $W = 0$  происходит при  $N = 10^7 \text{ см}^{-3}$ .

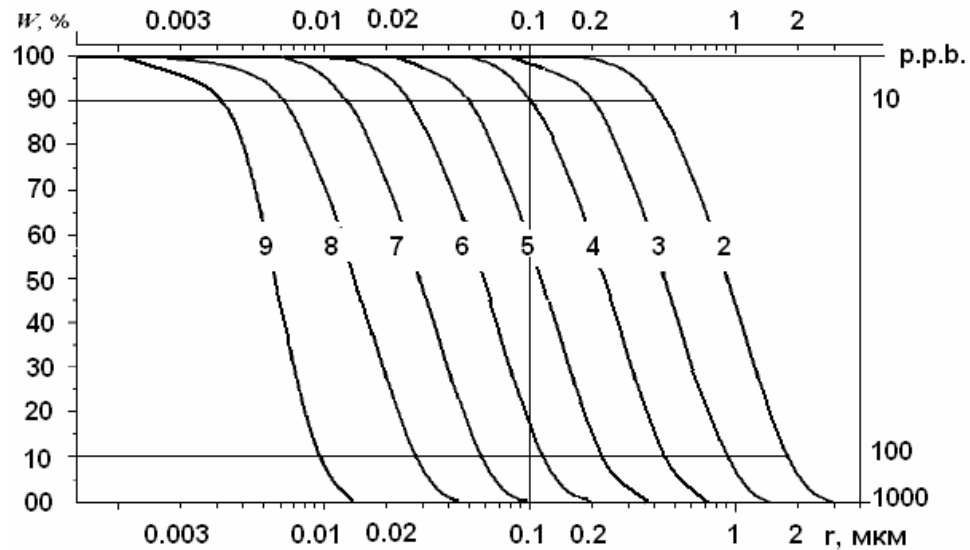


Рис. 6. Результаты расчетов коэффициента прозрачности  $W$  для отражающего слоя толщиной 1 км с концентрацией аэрозольных частиц  $100 \text{ см}^{-3}$  (кривая 2) и  $1000 \text{ см}^{-3}$  (кривая 3) и т.д.

Вес одной капли радиусом  $r = 0.1 \text{ мкм}$  равен примерно  $10^{-15} \text{ г}$ . При  $N = 10^5 \text{ см}^{-3}$ , вес одного  $\text{см}^3$  в котором водный аэрозоль будет составлять  $10^{-10} \text{ г}$ . Плотность воздуха на высоте стратосферы равна примерно  $10^{-4} \text{ г/см}^3$ , или, иначе, концентрация аэрозолей составляет  $\approx 1 \text{ р.р.м}$ . При этом слой аэрозолей толщиной 1 км будет экранировать примерно половину солнечного излучения. Для концентрации  $\approx 10 \text{ р.р.м}$ . слой аэрозоля  $r = 0.1 \text{ мкм}$  будет экранировать уже 90 % солнечной энергии. При этом, как следует из рис.3, на Земле происходит прекращение фотосинтеза.

Например, при концентрации стратосферного аэрозоля  $N_{CA} = 10^4 \text{ см}^{-3}$  и объемной концентрации  $r = 160 \text{ мкм}^3/\text{см}^3$  для солнечного излучения в интервале длин волн от 0.2 до 2 мкм, величина  $a = 100 \%$  [Rahmstorf, 2003]. Размер пылинки  $a$  ( $a \sim V^{-3}$ ,  $V = r/N_{CA} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ мкм}^3$ ):  $a \approx 0.25 \text{ мкм}$ . Если концентрация пыли (CA) будет порядка (или больше)  $N_{CA} = 10^4 \text{ см}^{-3}$ , а размер пылинок не менее 0.25 мкм, то поверхность Земли будет экранирована от солнечного тепла практически полностью.

### 5. «Просветление» пылевой атмосферы при воздействии на неё ГКЛ.

Оценим возможность очищения атмосферы от пыли за счет укрупнения микрочастиц пыли при коагуляции микрокапель воды и их гравитационного падения на поверхность Земли. Необходимым условием реализации этого механизма очищения является наличие довольно большого количества микрокапель воды – водяных кластеров, способных адсорбироваться на частичке пыли. Для реализации этого требуется ввести в атмосферу требуемое число ядер конденсации – ионов, которые будут образовываться при появлении в атмосфере дополнительного потока солнечных и галактических космических лучей.

Условие падения капель на Землю, при выполнении которого они могут принять участие в разделении зарядов, можно получить из формулы Стокса для скорости падения капли:

$$v = (mg - \epsilon_0 qE) / 6\pi\eta r,$$

где  $m$  – масса капли, а  $q = \epsilon_0 \zeta r$  – её заряд. В облаке принято считать:  $mg \gg qE$ . В нашем случае, для оценки минимального размера капли, можно остановиться на условии:  $mg \geq qE$ . Отсюда получаем минимальный радиус капли из условия:  $(4\pi/3) r^2 \rho g \geq \epsilon_0 \zeta E$ , или  $r \geq$

0.1 мкм. Наша оценка соответствует очевидному условию «невидимости» капли:  $r < 0.5$  мкм, или:  $0.5 \text{ мкм} > r \geq 0.1 \text{ мкм}$ . Масса капли такого размера  $m \approx 10^{-14}$  г. Оценим величину стоксовой скорости капли радиусом 0.1 мкм, для чего воспользуемся формулой (4):  $v \approx mg/6\pi\eta r = 10^{-4}$  м/с. Сравним полученную оценку с известными экспериментальными данными. Принято считать, что средняя скорость оседания стратосферного аэрозоля радиусом 0.1 мкм примерно 40 м за сутки, или  $\approx 5 \cdot 10^{-4}$  м/с, что близко к стоксовой скорости.

Скорость «падения» аэрозольных слоев, измеренная с помощью лидара на полигоне Томского института оптики атмосферы СО РАН, составляет около 5 км/сутки  $\approx 5 \cdot 10^{-2}$  м/с (Маричев и др. 2004). Размер аэрозоля, по оценкам авторов, порядка 1 мкм. Так как стоксова скорость  $v \sim r^2$ , то для капель такого размера, эта скорость, оцененная по формуле (4):  $v \approx 10^{-2}$  м/с, что примерно соответствует измерениям в Томске. Эти оценки показывают применимость формулы (4). Положим, что аэрозоль падает до поверхности земли, проходя при этом путь  $L = 20\text{-}30$  км, со стоксовой скоростью  $v$ . Время падения  $t$  будет определяться  $t = L/v$ . Или, после подстановки значения вязкости воздуха  $t \approx 10^6/r^2$  ( $r$ , мкм;  $t$ , сек).

Оценим время формирования капли. Воспользуемся феноменологической моделью коагуляции, т.е. роста капли при «падении» на неё частичек водяного пара. Обозначим характерное время столкновения частицы газа с ядром конденсации, через  $t$ . Время  $t = (S n v)^{-1}$ , где  $S = \pi r^2$  - сечение «капли»,  $n = r/m$  - концентрация частиц в атмосфере на соответствующей высоте,  $m$  - масса частицы,  $v$  - её скорость,  $r = (V_k)^{1/3}$  - радиус капли,  $V_k = V_q g$  - объем капли,  $V_q$  - объем частицы,  $g$  - число частиц в капле.

Время роста капли:

$$t = \int dg/S n v,$$

т.к.  $S = \pi(V_q g)^{2/3}$ , то  $t = g^{1/3} / (V_q^{2/3} n v)$ , или

$$t \gg r/(V_q n v). \quad (5)$$

Обозначим время роста капли как  $t_1$ . Как отмечалось, время падения капли с высоты  $h$  на Землю со стоксовой скоростью:  $t_2 = 6\pi\eta r h/mg = 6\pi\eta h/mgr^2$ . Время образования капли радиусом  $r$  ( $t_1 \sim r$ ) обычно больше времени его падения ( $t_2 \sim 1/r^2$ ). Полагая:  $r = 1$  мкм,  $h = 10^6$  см.,  $t_2 = 10^6$  с. Характерное время очищения атмосферы, при заданном размере капли  $r$  определяется размером и концентрацией частиц водяного пара  $V_q n$  и скоростью частиц  $v$ . В пределе скорость  $v$  не может быть больше скорости звука  $c$ , тогда параметр:  $V_q n = r/ct$ . Концентрация частиц водяного пара при предположении, что  $V_q = 10^{-20}$  см<sup>3</sup>,  $c = 10^4$  см/с,  $r = 1$  мкм,  $t = 10^6$  с,  $n = 10^6$  см<sup>-3</sup>. Очевидно, что концентрация ядер конденсации должна быть не меньше полученной нами оценки  $n$ . Уменьшение  $n$  приводит к возрастанию времени очищения атмосферы от пыли  $t$ . Как следует из (Yu, 2002), концентрация ядер конденсации размером 3 нм на стратосферных высотах порядка  $10^3$  см<sup>-3</sup>. Ядра конденсации образуются за счет взаимодействия стационарного потока ГКЛ с атмосферой. Для коагуляции капли размером 1 мкм, с учетом того, что начальная пылинка имеет конечный ненулевой размер, необходимо примерно  $10^6 - 10^7$  частиц. Это означает, что требуется время очищения атмосферы  $\sim 10^9$  с или 300 лет.

#### **4. Климат как фрактальная, открытая и самоорганизующаяся структура.**

Принято считать, что глобальные изменения климата на Земле являются откликом на вариации в её орбите. Причина вариаций климата, как следует из теории Миланковича, происходящих с основными периодами 19, 23 и 41 тыс. лет, связана с возмущениями орбиты Земли за счет её эксцентриситета (периоды: 95, 136 и 413 тыс. лет), прецессии (19 и 23 тыс. лет) и наклона плоскости эклиптики. Однако теория климатических изменений Миланковича, если она и верна, построена в приближении прозрачной атмосферы. Действительно, прозрачная атмосфера существует на Земле в течение последних 12 тыс.



лет, но раньше она не всегда была такой прозрачной, хотя такие моменты в истории атмосферы Земли наблюдались и ранее. В последние годы при анализе кернов антарктического льда и льда Гренландии обнаружено, что в более ранние периоды эволюции Земли в её атмосфере присутствовало довольно большое количество пыли [Petit, et al., 1999; Vimeux, et al., 2002], наличие которой экранировало солнечное тепло, что приводило к охлаждению поверхности Земли. Эта информация дает основание предполагать, что климатические изменения определялись не только, и не столько астрономическими причинами, как это следует из теории Миланковича, но и внутренними, - земными. В пользу такого предположения говорит, например, такой факт, что изменения климата коррелируют с вариациями геомагнитного поля (ГМП). Некоторые из авторов полагают, что вариации ГМП могут быть связаны с изменением скорости вращения Земли и так же имеют астрономическую причину [Rampino, 1979]. Однако, основной аргумент против теории Миланковича, подмеченный рядом авторов [Brook, 1996; Steig, et al., 1998; Blunier, et al., 1998; Dallenbach, et al., 2000], состоит в том, что изменения климата в Гренландии и Антарктиде происходили практически одновременно. Очевидно, что астрономическая гипотеза объяснить этот факт и многие другие - не в состоянии.

Землю принято считать открытой самоорганизующейся системой. В качестве доказательства этой идеи обычно приводятся такие факты как фрактальность рельефа и береговой линии, фрактальность землетрясений и облаков, фрактальность инверсий ГМП и т.п. По всей видимости, у нас нет оснований делать исключение для климата, полагая, что и изменения климата, иначе, общеземные глобальные вариации температуры – фрактальны. Рассмотрим подробнее, имеются ли убедительные свидетельства, доказывающие правомерность такого подхода к климатическим изменениям. Совершенно очевидно, что температура Земли определяется инсоляцией, а причина всех колебаний температуры, без учета астрономических причин, состоит в изменении прозрачности атмосферы (изменении величины альбедо), которая зависит как от концентрации вулканической пыли в стратосфере, так и от наличия в ней аэрозолей различной природы. В настоящей работе мы рассмотрим лишь влияние пыли (пепла) вулканического происхождения ( $D$ , рис. 7) на эволюцию температуры Земли ( $T$ ).

Уравнение эволюции температуры поверхности Земли реализуется на фоне двух процессов, один из которых приводит к похолоданию – за счет увеличения альбедо Земли  $\alpha$  и уменьшения солнечного тепла, попадающего на Землю, и второй, приводящий к увеличению прозрачности атмосферы, увеличению потока тепла и нагрева земной поверхности можно записать следующим образом:

$$\partial T/\partial t = dT_s/dt + \partial/\partial h [D \partial T/\partial h - KT],$$

где  $dT_s/dt$  – вариация температуры Земли за счет изменения потока Солнечного излучения. Сюда могут входить как астрономические причины, так и вековые изменения светимости Солнца,  $h$  – высота атмосферы,  $D$  – коэффициент диффузии солнечного излучения ( $D \approx \lambda c$ ,  $\lambda$  – длина пробега фотона в «мутной» среде,  $c$  – скорость света),  $K$  – параметр дрейфа, который в нашем случае имеет смысл скорости переноса аэрозоля (пыли) в стратосфере Земли. Если рассматривать механизм убывания концентрации пыли только за счет гравитационного опускания пылинки на поверхность Земли, то параметр  $K$  будет соответствовать формуле Стокса для скорости падения капли:  $K = v$ . Легко показать, что если размер пылинки  $r < 0.1$  мкм, то пыль в стратосфере будет находиться тысячи лет. Фактически параметр дрейфа значительно сложнее. Сюда входит нерегулярный источник пыли, механизм переноса пыли по стратосфере, взаимодействие пыли с космическим излучением, водным аэрозолем и т.п.

Записанное выше уравнение по смыслу и форме, это уравнение Фоккера-Планка (ФП), т.е. уравнение, описывающее процесс самоорганизации системы или среды. В нашем случае оно описывает функционирование климатической системы, включающей источник пыли, механизм доставки её в стратосферу и распространения в этом слое, а также механизм, приводящий к очищению стратосферы от пыли как за счет гравитационных сил, так и разрушения пылинок жестким излучением и вымывания пыли из стратосферы водным аэрозолем.

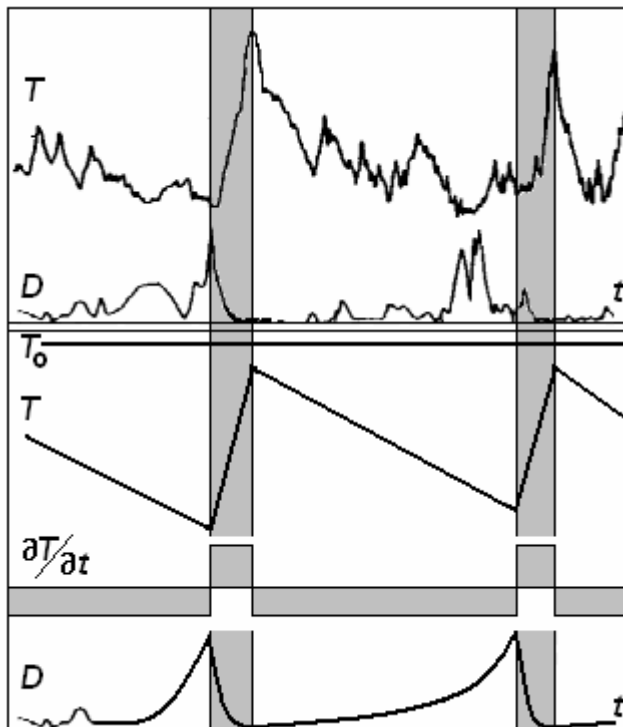


Рис. 7. Вариации температуры  $T$  и концентрации пыли  $D$  - реальные и упрощенные для построения модели.

Покажем, что вековые вариации температуры (рис. 1 и 7), по крайней мере, в течение последних 400 тыс. лет имели фрактальный характер. Для этого, во-первых, следует доказать, что температура  $T$  зависит от концентрации пыли  $D$  - не случайным образом. Во-вторых, необходимо убедиться в том, что наблюдаемая зависимость  $\partial T/\partial t$  может быть близка к решению уравнения ФП. Как известно, решением линеаризованного уравнения ФП является экспонента, показатель степени которой – есть фрактальная размерность – нецелое число, показывающее степень самоорганизации системы. Фрактальная размерность, это некий “силовой” параметр, характеризующий потенциал, энергию и т.п. Физический смысл решения уравнения ФП можно представить как зависимость вероятности появления функции с определенным потенциалом от величины этого потенциала. Чем выше потенциал (энергия и т.п.), тем меньше вероятность появления этого решения. По-видимому, эта особенность является фундаментальным свойством природы. В рассматриваемой ситуации, подтверждением фрактального характера климата было бы наличие линейной зависимости (в логарифмическом масштабе) между величиной температурного «пика» и частотой повторяемости такого пика на шкале временной зависимости температуры Земли.

Итак, приступая к решению первого вопроса, изобразим на рис.1 (верхняя панель) третий и четвертый (слева, направо) эпизоды вариации температуры  $T$  от времени, - верхняя панель рис. 7. В отличие от рис. 7, на рис. 1 время возрастает слева направо, что

более привычно. Воспользовавшись известными данными по вариации концентрации пыли, ниже, на рис. 1 приведем данные по концентрации пыли  $D$ .

Будем полагать, что температура  $T_0$  в исследуемом нами интервале времени – не изменяется. Ниже, в целях упрощения модели, изобразим оба графика этих зависимостей  $T$  и  $D$ , между которыми показано как изменяется со временем  $\partial T/\partial t$ .

Нам не известна точная формула, описывающая зависимость температуры поверхности Земли от концентрации пыли в стратосфере  $D$ , поэтому предположим, что  $T$  подчиняется самой простой и очевидной зависимости:  $T \sim 1/D$ . График этой зависимости (3 на рис. 8) отображен на боковой поверхности прямоугольной фигуры – плоскости  $TOD$ . На плоскости  $T0t$  (1 на рис. 8) показано пилообразное изменение  $T$  от  $t$  ( $T \sim t$ ), а на плоскости  $D0t$  - показана зависимость концентрации пыли от времени –  $D0t$  ( $D \sim 1/t$ ). Белые точки показывают соответствие величин  $T$  и  $D$  - при заданном времени  $t$  и заданной функции ( $T \sim 1/D$ ).

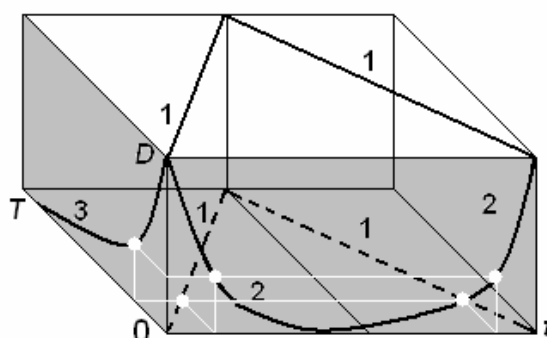


Рис. 8. Пространственная модель, связывающая температуру  $T$ , с плотностью пыли в стратосфере  $D$  и временем эволюции климатической системы  $t$ . Белые точки соответствуют величинам  $T$  и  $D$ .

Сравним характер кривых 1 и 2, изображенных на рис. 8, с реальными кривыми, полученными при анализе ледяных кернов Антарктиды и Гренландии (3 и 5 панели рис. 1). Видно, что эти рисунки очень похожи, а это дает основание считать предложенную модель, связывающую температуру с концентрацией пыли, - вполне правдоподобной. Обратимся к четвертой панели рисунка 1, где показана зависимость  $\partial T/\partial t$  и сравним её с формулой. Сравнение показывает, что увеличение  $T$  связано с «просветлением» атмосферы, описываемой параметром  $D$   $\partial T/\partial h$ , а перенос пыли в атмосфере с параметром  $KT$ . Заметим, что эта формула дает только качественное описание сложных процессов, происходящих в атмосфере даже в том, упрощенном виде, когда рассматривается только заполнение стратосферы вулканической пылью и последующее очищение стратосферы.

Выясним главный вопрос, можно ли считать климат фрактальным и, соответственно, структуру, образующую климат на Земле, - открытой самоорганизующейся структурой? Основания к положительному ответу на этот вопрос, конечно, есть. Начнем с того, что пилообразный характер вариации температуры говорит о том, что такая возможность имеет место. Приведем пример, где зависимость, полученная при наблюдении за высотой падения оползня в течение 20 тыс. лет наблюдений [Hergarten, Neugebauer, 1998], внешне очень похожа на график, приведенный на верхней панели рис. 9. В этой работе авторы утверждают, что для объяснения характера движения оползней с проскальзыванием можно эффективно использовать идею самоорганизованной критичности, впервые высказанную в работе [Bak et al, 1987].

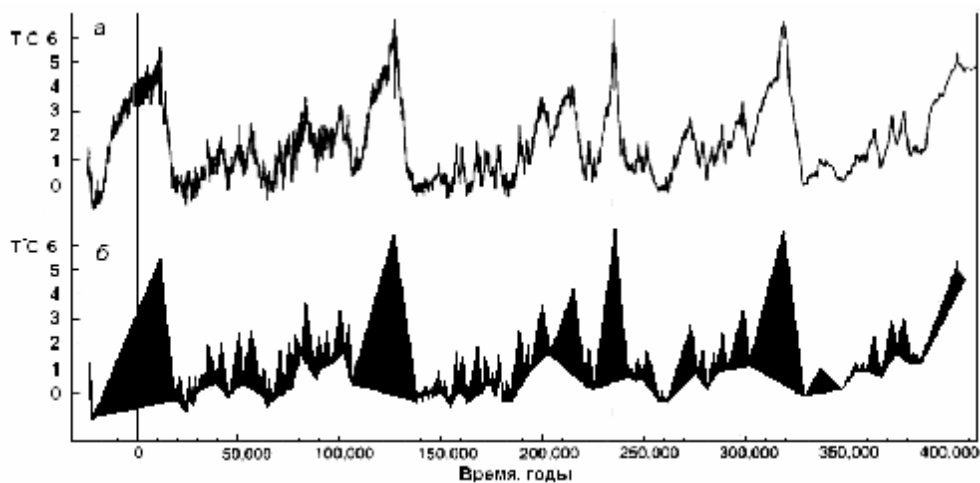


Рис. 9. Вариация температуры в течение 400 тыс. лет. Верхняя панель – по данным [1, 2], нижняя – эта же кривая после преобразования.

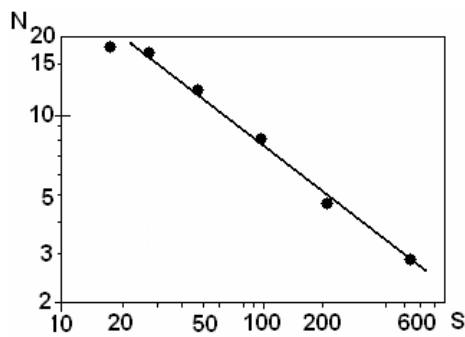


Рис. 10. График  $\lg N - \lg S$ , где  $S$  – «пик» повышения температуры (в отн. ед.),  $N$  – число пиков в интервале величин  $S$ . В течение 400 тыс. лет выделено 45 «пиков».

На нижней панели рис. 9 приведен график  $T(t)$ , преобразованный таким образом, чтобы пик температуры можно было бы выразить как площадь затемненного треугольника  $S$ . Подсчитав количество пиков данной площади  $N$ , построим график:  $\lg N - \lg S$ . Как и предполагалось, этот график можно аппроксимировать линией, наклон которой к горизонту определяет фрактальную размерность климата (рис. 10). Наличие подобной зависимости, как принято считать, характеризует систему, способную к самоорганизации.

Отсюда следует фундаментальный вывод о том, что климат может быть фрактальным, по крайней мере, в течение последних 400 тыс. лет.

### 5. Началась ли инверсия (экскурс) геомагнитного поля?

На рис. 11 (слева) показано изменение наклонения и склонения магнитного полюса, измеренное в Лондоне, где измерения были начаты в 1540, и Бостоне. Этот рисунок показывает, как дрейфовал северный магнитный полюс (СМП) и дважды изменял направление дрейфа: в 1580 и 1860 г. В эти годы скорость дрейфа была, естественно, нулевой. Максимальной скорости дрейфа СМП достигал в 1700 и 2000 г. После 2000 г, казалось бы, скорость дрейфа должна была бы начать уменьшаться, если следовать логике рисунка, таким образом, чтобы замкнуть цикл в 2140 году. Однако скорость дрейфа СМП не стала уменьшаться, а, наоборот, ещё больше выросла. Этот факт может означать, что цикл не замкнется, а СМП устремится в направлении, указанном стрелкой на правом рисунке. Это может означать, что на Земле началась инверсия ГМП, или, возможно, экскурс. Темные полосы на правом рисунке показывают направления дрейфа магнитных

полюсов в моменты инверсий. Т.о. в настоящее время нет четкого представления о характере дрейфа СМП в ближайшем будущем и не исключено, что начнется (или уже началась в 1860) инверсия-экскурс со всеми вытекающими последствиями: возрастанием радиационного фона, похолоданием и пр.

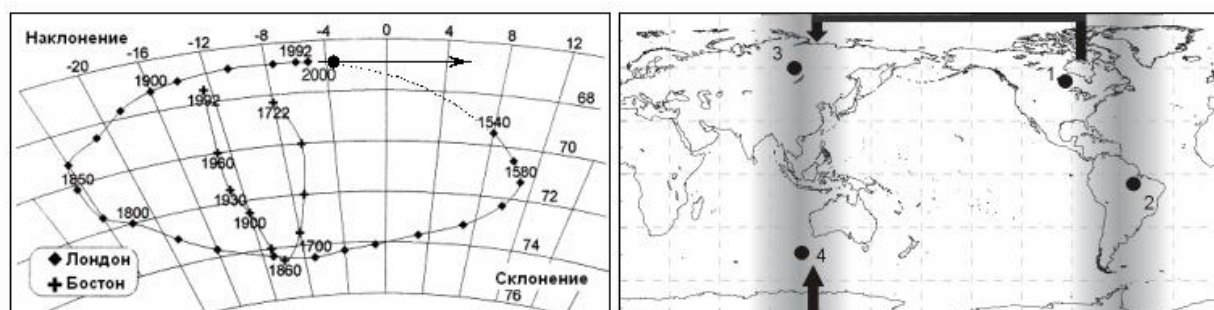


Рис. 11. Слева - склонение и наклонение, измеренное в обсерваториях Лондона и Бостона. Справа – траектории дрейфа магнитных полюсов (МП) в периоды инверсий. 1 – 4 глобальные магнитные аномалии. Стрелки – прогноз современного дрейфа МП.

### 6. Начнется ли похолодание?

И, наконец, что же происходит в настоящее время на Земле: нагревается она или остывает? По данным американских спутников “Tropical Rainfall Measuring Mission” и “Earth Observing System Terra” предназначенных для изучения баланса поглощаемой и излучаемой Землей энергии, показано, что за период 1985-2000 гг. тепловое излучение Земли возросло более чем на  $5 \text{ Вт/м}^2$ , в то время как количество отраженной энергии солнечной радиации упало на  $2 \text{ Вт/м}^2$ . (Поток солнечной энергии, падающий на Землю составляет  $1360 \text{ Вт/м}^2$ ). Эти данные показывают, что Земля скорее охлаждается, чем нагревается. Авторы полагают, что причина дисбаланса потоков тепла состоит в усилении циркуляции в тропической атмосфере, и приходят к выводу о том, что с полной уверенностью обозначить механизм климатических перемен ещё невозможно.

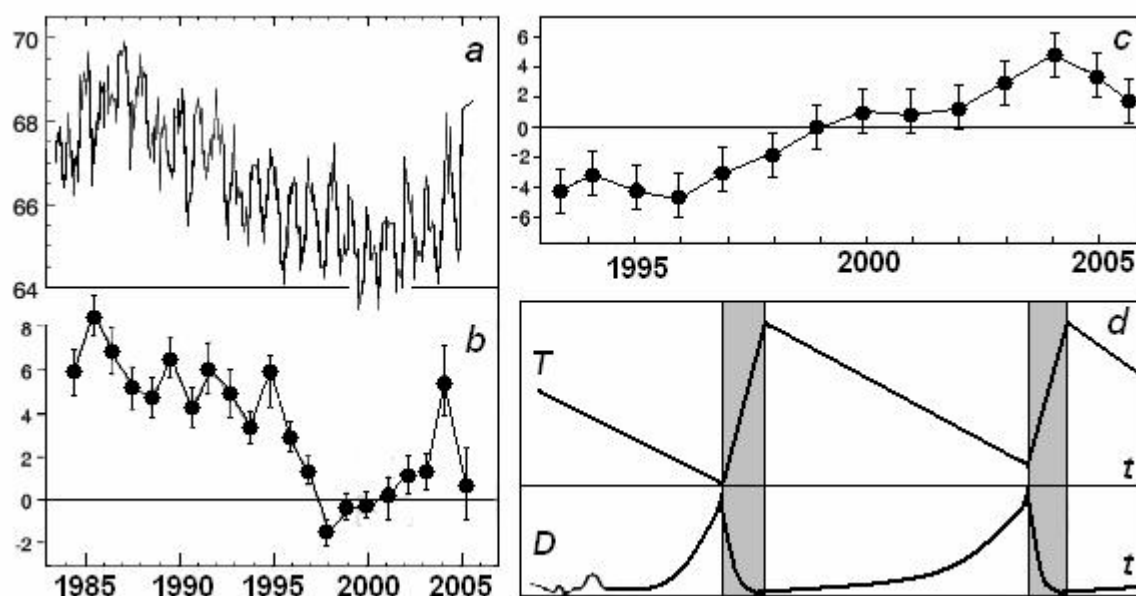


Рис. 12. Вариации концентрации стратосферного аэрозоля (а), альbedo Земли (b), аномалии теплосодержания океана (с) и модель «температура-пыль» - (d).

Этот результат был подкреплён исследованиями, проведенными в течение последних пяти лет (рис. 12-а, -б). Выяснилось, что Земля все интенсивнее отражает солнечные лучи. Каким образом происходит непрерывное потепление, если количество солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, сокращается? Обратимся к рисунку 12-d, где видно, что концентрация пыли  $D$  уже достигла минимума и стала увеличиваться (альбедо возрастает), а температура  $T$  продолжала расти. Не происходит ли подобная ситуация в настоящее время? Если это так, то **Землю ожидает начало резкого похолодания.**

### 7. Связь этапов эволюции человека с экскурсами и инверсиями ГМП.

Среди биологов, геологов и физиков существует крайне противоречивый взгляд на идею о радиационном «контроле» генетических изменений. Приведенная ниже таблица показывает хорошее совпадение по времени между событиями в эволюции жизни и периодами смены полярности ГМП, когда на Земле резко возрастал радиационный фон.

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА		ПАЛЕОМАГНИТНАЯ ШКАЛА	
Дата, млн. л.	Событие	Дата, млн. лет	Инверсии и экскурсы
0.030	Исчезновение Неандертальцев	0.025-0.030	Моно Лэйк (экс.)
0.050	Мутация гена FOXP2	0.035-0.045	Лашамп (экс.)
0.06	Разделение предковой популяции человека на три группы, давшие начало трем расам: африканской, монголоидной и европеоидной	0.06-0.07	Каргаполово (экс.)
0.1	Возникновение современного человека по данным У-хромосомы	0.11-0.13	Блэйк (экс.)
0.23	Возникновение современного человека по данным мтДНК	0.23 - 0.25	Ямайка (экс.)
0.5	Разделение линий Неандертальца ведущей к современному человеку	0.47 - 0.55	Имперор (экс.) Биг Лост(экс.)
0.78	Возникновение гена бета-глобина	0.8	Матуйама-Брюнес инверсия
2.1-2.2	Появление первого представителя линии Номо, <i>Homo erectus</i>	2.11- 2.27	Рейнион (экс.)
2.4 -2.8	Мутации, обеспечившие появление вида Номо	2.5	Гаусс-Матуйама инверсия
3.5	Разделение линии гоминид на грацильную и массивную	3.5	Гильберт-Гаусс инверсия
~ 5	Разделение линий шимпанзе и ведущей к человеку	5.3	Эпоха 5-Гильберт инверсия
7.2	Разделение линий гориллы и ведущей к человеку	7.3	инверсия

### 8. Доза радиации в момент экскурса и инверсии.

Построим зависимость: «радиационная доза – модуль геомагнитного поля». Будем считать, что при уменьшении модуля геомагнитного поля в 100 раз, радиационная доза возрастает, по крайней мере, не менее чем в 100 раз. В действительности, увеличение дозы может быть даже больше, т.к. энергия частиц, отклоняемых геомагнитным полем  $E$  примерно пропорциональна величине геомагнитного поля  $B$ :  $E \sim B$ . На заряженную частицу, попадающую в магнитное поле, как известно, действует сила Лоренца  $F = Z evB$ , равная центробежной силе  $mv^2/R$ , иначе:  $mv = Z evR$ . Переходя к более удобным единицам, получаем:  $E = 300 ZBR$ , где:  $E$  – энергия частицы в МэВ,  $Z$  – заряд частицы,  $B$  – индукция магнитного поля в Тл,  $R$  – радиус кривизны траектории частицы в м,  $e$  – заряд электрона,  $v$  – скорость частицы,  $m$  – её масса.

Принято считать поток космических лучей (КЛ) величиной фрактальной. Это означает, что число частиц потока КЛ  $N$ , обладающих энергией  $E$ :  $N_{(E)} \sim E^{-d}$ , где  $1 < d < 2$ ,  $d$  – фрактальная размерность. Учет этого обстоятельства позволяет ориентировочно оценить, как будет возрастать радиационная доза, при уменьшении модуля геомагнитного поля. Например, если модуль поля уменьшится в период инверсии в 100 раз, то доза может увеличиться даже больше чем в 100 раз, в пределе, в 10 000 раз. Докажем возможность такой оценки. Как было показано, чем меньше величина магнитной индукции, тем частицы меньшей энергии способны преодолевать защитную магнитную оболочку Земли:  $E \sim B$ . Это соответствует тому, что плотность потока КЛ, попадающего на Землю, возрастает. Доза ионизирующего излучения на поверхности Земли  $D$  определяется плотностью потока частиц  $P$ , коэффициентом передачи энергии  $L$  и временем действия ионизирующего излучения  $t$ :  $D = PLt$ . Очевидно, что если параметры  $Lt$  – не меняются, то плотность потока  $P \sim N_{(E)}$ , следовательно, и  $D \sim N_{(E)}$ . Учитывая принятое нами ранее  $N_{(E)} \sim E^{-d}$ , где  $1 < d < 2$ , то и доза  $D \sim B^{-d}$ . Т.о. мы получили зависимость, показывающую, что уменьшение величины геомагнитного поля приводит к росту дозы ионизирующего излучения. Речь идет пока только об эффекте уменьшения отклонения заряженных частиц при уменьшении величины магнитной индукции Земли. Если учесть, что при этом будут разрушаться радиационные пояса, то поток заряженных частиц на Землю возрастет ещё больше, что приведет к ещё большему возрастанию дозы ионизирующего излучения.

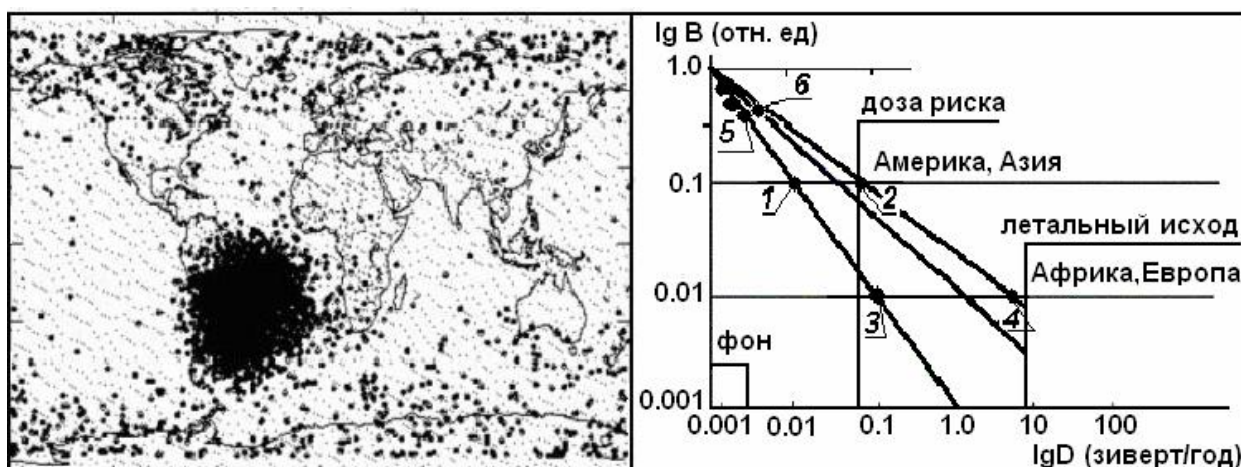


Рис. 13. Распределение интенсивности космических лучей, полученное с помощью космического аппарата UoSAT (слева). Зависимость радиационной дозы ( $D$ ) от величины модуля геомагнитного поля ( $B$ ) (справа).

### 9. Почему Африка?

Один из принципиальных вопросов из области проблем эволюции человека заключается в том, почему местом рождения современного человека является Африка? Почему все попытки найти следы возникновения (но не миграции) гомо сапиенс на других континентах оканчивались безрезультатно? Почему первобытные люди стали расселяться из Африки? Почему именно в Африке находят следы генетических мутаций многих других биологических видов?

Ответом на эти вопросы было бы доказательство того, что именно в Африке радиационный фон в период инверсий и экскурсов был наибольшим, значительно превышающим фон на других континентах. Обратимся к опубликованным данным по поведению геомагнитного поля в периоды одних и тех же инверсий и экскурсов, записанных в осадках или вулканических извержениях, произошедших в различных регионах Земли.



Показано, что уменьшение модуля поля в момент инверсии Брюнес-Матуяма и предшествующего инверсии экскурса Хурамильо, было различным для различных регионов. Пробы брались в районах расположения базальтов, излившихся на дно океанов вблизи Индонезии (0°, 160°E) и западного берега Африки (0°, 20°W). В первом случае уменьшение модуля поля не превышало 1/10 от его нормальной величины, во втором, - понижение модуля было большим, не менее 1/30 от нормального значения. Эти данные подтверждаются другими аналогичными наблюдениями. Показано, что в момент этой инверсии в базальтах, излившихся в районе острова Барнео (7° N, 122°E), модуль поля уменьшился примерно в 5–7 раз от его нормальной величины. Аналогичное по величине уменьшение было зафиксировано вблизи побережья Калифорнии. Значительное понижение модуля было зарегистрировано вблизи западного побережья Африки. Авторы зарегистрировали уменьшение модуля геомагнитного поля в периоды инверсии Брюнес-Матуяма и экскурса Хурамильо, не менее чем в сто раз.

Приведенные данные по поведению модуля поля в моменты инверсий можно считать подтверждением теории дрейфа магнитных полюсов в моменты инверсий и экскурсов. Согласно этой теории дрейф полюсов происходит по вполне определенным траекториям, на которых располагаются глобальные магнитные аномалии. В момент времени инверсии (экскурса), когда поле дипольного источника становится близким к нулю, собственное поле глобальных магнитных аномалий ещё сохраняет свое прежнее значение. Поле дипольного источника возрастает от нулевого значения со знаком, обратным предыдущему. Это приводит к аннигиляции поля дипольного источника и поля аномалии. Так происходит смена полярности поля на выделенных трассах. В тех районах, где влияние аномалий не сказывается, например, в Африке, модуль поля во время инверсий и экскурсов становится практически равным нулю. Таким образом, палеомагнитные данные однозначно показывают, что в момент инверсии, - модуль геомагнитного поля в Африке уменьшается значительно больше (в 100 и более раз), по сравнению с другими регионами (Азией, Австралией, Америкой), в которых модуль поля уменьшается не более чем в 10 раз (рис. 14).

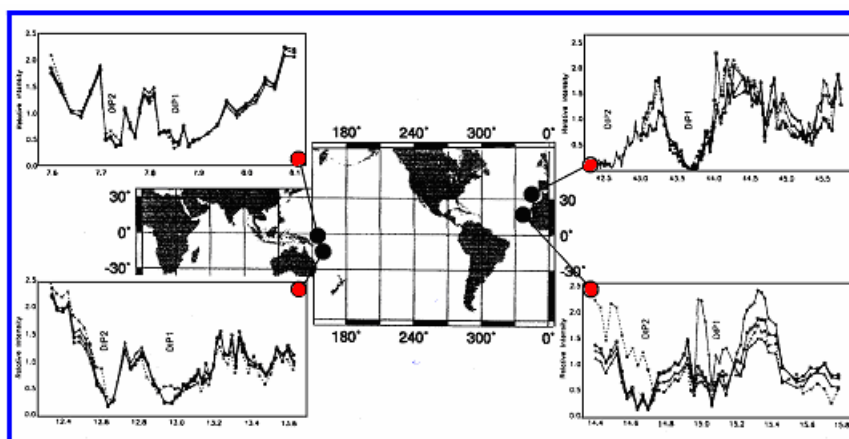


Рис. 14. Уменьшение интенсивности геомагнитного поля в период инверсии Брюнес-Матуяма (DIP 2) и предшествующего инверсии экскурса Хурамильо (DIP 1) (Hartl, Tauxe, 1996). Черными точками и линиями показаны места взятия проб.

## 10. Существует ли связь между эволюцией Земли и биологической эволюцией?

Предлагается решение двух - ключевых парадоксов в эволюции Земли. Суть первого состоит в том, что ещё 100 - 200 млн. лет тому назад на Земле росли громадные деревья, размеры которых были намного больше современных, обитали динозавры, максимальные размеры которых значительно (в 6 – 8 раз) превышали максимальные размеры современных животных. Однако, в тоже время, геологам известно, что 100 - 200



млн. лет тому назад на Земле не было высоких гор. Казалось бы, имеет место явное противоречие, т.к. и горы, и растения, и животный мир должны быть связаны с силой гравитации, причем, чем она сильнее, тем меньше размер объекта. Второй парадокс состоит в том, что на Земле в течение примерно 90 % времени её эволюции жизнь развивалась очень медленными темпами до тех пор, пока не наступил период (фанерозой) очень бурного развития жизни («кембрийский взрыв»). Оба явления можно объяснить, в рамках модели горячей земли вариацией силы гравитации. Как следует из модели, величина гравитационного поля на Земле уменьшалась. Этот факт объясняет почему на Земле в ранние периоды не было гор, а так же то, что горы (вулканы) на Марсе значительно выше земных.

Известно, что живое от неживого отличается наличием у последних - т.н. метаболизма: Под метаболизмом (от греч. *metabole* – превращение, обмен веществ) имеется в виду превращение определенных веществ (белков, глюкозы и т.п.) внутри клеток с момента поступления веществ до образования конечного продукта. Интенсивность метаболизма связана с силой тяжести: чем меньше сила тяжести, тем ниже интенсивность метаболизма. Отсюда следует, что:

- 1) Интенсивность метаболизма древних растений, организмов и животных, была выше, чем у - современных. Она понижается по мере уменьшения на Земле величины силы тяжести.
- 2) Жизнь на Земле может возникнуть только при наличии силы тяжести, следовательно, она не могла быть привнесена на Землю из Космоса.
- 3) Причина глобальных исчезновений видов живых организмов, происходивших ранее на Земле, возможно, связана с резкими изменениями силы тяжести, которые, в свою очередь, могли происходить в моменты изменения величины земного радиуса. Вымирание динозавров и исчезновение больших деревьев, возможно, связаны с резким уменьшением силы тяжести 160 млн. лет тому назад, когда начался процесс быстрого расширения Земли роста её радиуса, образования современных океанов и раздвижения материков.

Как известно, Вернадский считал, что биомасса Земли:  $B \sim NP$  остается постоянной и пропорциональной массе Земли, которая так же постоянна. Здесь  $N$  - численность биологической популяции,  $P$  –интенсивность метаболизма. Отсюда следует, что  $N \sim 1/P \sim 1/g \sim R^2$ , тогда, получаем интересную зависимость:  $N \sim t$  - на начальном этапе эволюции Земли (в докембрии), и  $N \sim t^4$  - на заключительном этапе эволюции (характеризуемой – кембрийским взрывом). Заметим, что полученная нами оценка временной зависимости численности биологической популяции соответствует наблюдаемому характеру эволюции биосферы Земли.

#### **Выводы:**

- Выявлена связь похолоданий с концентрацией пыли и вулканизмом – как источником пыли. Определена роль супервулканов.
- Показано, что существует ли связь между вулканизмом и экскурсами ГМП.
- Показано, что климат можно считать фрактальной, открытой и самоорганизующейся структурой.
- Обсуждается проблема, началась ли на Земле очередная инверсия или экскурс.
- Обосновано предположение о возможном похолодании.
- Выявлена связь между инверсиями и экскурсами ГМП и этапами эволюции жизни и, в частности, человека.
- Показано, что в период инверсий возрастает радиационный фон на Земле.
- Обосновано особое положение Африки, как «колыбели» генетических мутаций.
- Найдено объяснение «кембрийскому взрыву» и известному парадоксу, касающемуся высоты гор и размерам животных – в прошлом.