

Инверсии и экскурсы геомагнитного поля, как причины изменения климата

КУЗНЕЦОВ В. В.¹, КУЗНЕЦОВА Н. Д.

¹Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
с. Паратунка, Камчатский край
e-mail: vvkuz38@mail.ru

Обсуждается причина резких изменений климата, вызванных инверсиями и экскурсами геомагнитного поля (ГМП). Как известно, экскурсы сопровождаются значительными понижениями интенсивности ГМП, в результате чего усиливается проникающий поток космических лучей (КЛ).

Введение

Сопоставление экскурсов Gothenburg, Laschamp и Blake с трендом уровня мирового океана показывает, что прохождение этих экскурсов сопровождалось потеплением, в это время уровень океана возрастал, а экскурсы Mono Lake и Norwegian-Greenland Sea сопровождалась похолоданиями и падением уровня мирового океана.

Можно предположить, что характер изменения климата во время экскурса определяется оптическими свойствами атмосферы, т.е. ее прозрачностью в период, предшествующий экскурсу. КЛ действуют как ионизирующий агент на атомы атмосферы. Увеличение плотности потока КЛ, по нашим оценкам, может достигать нескольких порядков, что в случае запыленной атмосферы вызывает очищение атмосферы за счет коагуляции аэрозольных частиц и их осаждения. Атмосфера становится прозрачной, пропускает солнечную радиацию, что приводит к потеплению климата. В качестве причины запыленности атмосферы здесь рассматриваются интенсивные взрывные извержения вулканов, выбрасывающих в атмосферу большие массы мелкодисперсного пепла.

Если экскурс начинается в условиях прозрачной атмосферы, которая наблюдается в настоящее время, то возросший поток КЛ генерирует ядра конденсации с образованием аэрозолей, которые отражают солнечное излучение, и развивается похолодание. Наши оценки получили подтверждение результатами экспериментов в области Бразильской Мировой Аномалии, где общая интенсивность ГМП в два раза ниже, чем в соседствующих регионах.

Итак, изменение климата, сопровождающее инверсию или экскурс ГМП, является установленным фактом, но выводы о его характере различны.

Модель изменений климата

Как известно, экскурсы и инверсии сопровождаются значительными понижениями интенсивности ГМП, в результате чего усиливается проникающий поток КЛ. Есть данные о почти двукратном возрастании потока КЛ при 10%-ном уменьшении интенсивности геомагнитного поля (1). Следует отметить, что хотя экскурсы ассоциируются с минимальной интенсивностью ГМП, на их датировку, и даже на их наличие влияют технические трудности регистрации экскурсов (2), поэтому существует разброс в данных разных авторов, даже названия одного и того же экскурса отличаются (3). На таблице 1 представлены датировки и названия экскурсов хрона Брюнес по последним данным (2).

В работах (1, 4) доказывается, что в результате усиления ионизирующего воздействия КЛ во время экскурсов должно развиваться похолодание за счет интенсивного образования облаков, имеющих высокое альbedo. Согласно этой гипотезе, периоды потеплений должны совпадать с минимальными потоками КЛ, и наоборот, похолодания развиваются в периоды увеличения потоков КЛ, что и характеризует некоторые экскурсы хрона Брюнес (5). Однако зафиксированы и потепления, приуроченные к экскурсам Laschamp и Gothenburg (4, 6). Изучение содержания космогенного нуклида ¹⁰Be в океанских осадках

(7) во временном интервале до 3.5 млн. лет назад позволило его авторам сделать вывод, что увеличения содержания ^{10}Be совпадают по времени как с инверсиями и экскурсами ГМП, так и с периодами межледниковий.

Таблица 1. Экскурсы хрона Брюнес (тыс. лет BP).

Название экс-кур-са	Go-then-burg	Mono Lake	Las-champ	Norwe-gian-Green-land Sea	Blake	Ice-land Basin	Pringle Falls	Calsb-rian Ridge	Big Lost	West Eifel 2	Stage 17	West Eifel 1
Дата	12	33	41	70	120	188	211	260	560	626	670	722
№	1	2	3	4	5	6	7	8				

В работе Поспеловой (8) сопоставлением палеомагнитных и палеоклиматических данных обсуждается различный характер климатических изменений во время экскурсов, и, по мнению автора, невозможно объяснить его изменениями прозрачности атмосферы в результате воздействия КЛ. Сопоставив тренд уровня мирового океана (9) (Рис. 1) со временем прохождения экскурсов, мы обнаружили, что экскурсам Gothenburg (6), Laschamp и Blake (2) сопутствовало потепление, поскольку в это время уровень океана возростал, а экскурсы Mono Lake и Norwegian-Greenland Sea (2) сопровождалось похолоданиями и падением уровня мирового океана.

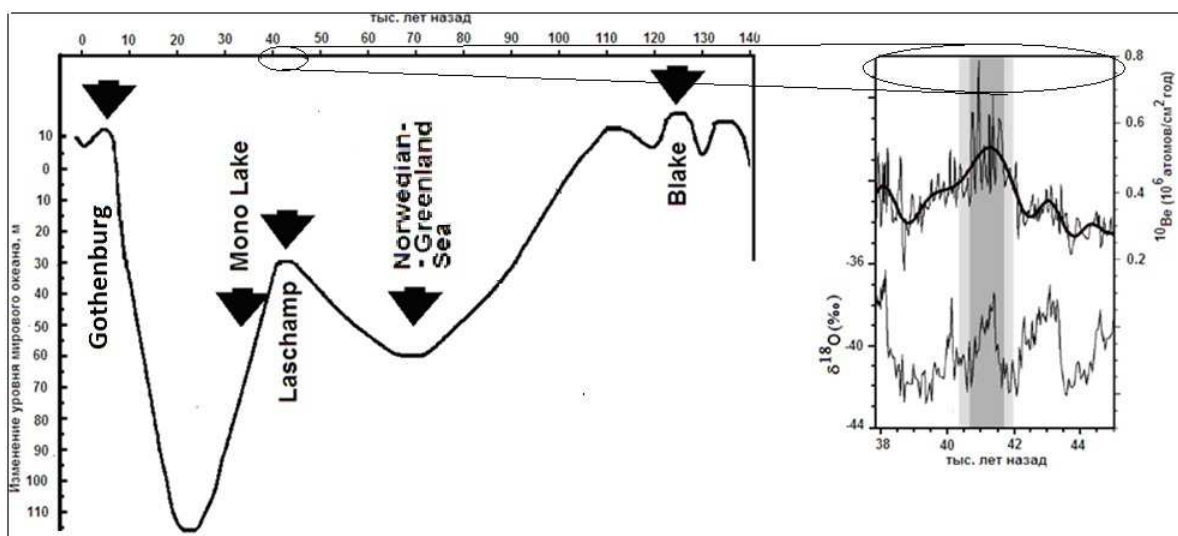


Рис. 1. Изменение уровня мирового океана за последние 140 тыс. лет (9), черные стрелки указывают на время прохождения экскурсов Gothenburg, Mono Lake, Laschamp, Norwegian-Greenland Sea и Blake. Врезка: верхняя кривая - изменение содержания ^{10}Be в ядрах льда, нижняя - изменение ^{18}O (ширина серой вертикальной полосы показывает продолжительность экскурса Laschamp (10))

Рассмотрим характеристики экскурсов. На врезке Рис. 1 представлены кривые относительного содержания изотопа ^{18}O и концентрации радионуклида ^{10}Be в ядрах гренландского льда в период экскурса Laschamp (10). Отсюда видно (Рис. 1, врезка), что экскурс Laschamp характеризуется пиками обеих кривых, и минимум интенсивности ГМП (т.е. максимум содержания ^{10}Be в результате увеличения проникающего потока КЛ) соответствует максимуму температуры (высокие значения δ для изотопа кислорода ^{18}O соответствуют более теплым климатическим условиям) на поверхности Земли, т.е. потепле-

нию. Важным моментом является продолжительность периода пониженной интенсивности ГМП во время экскурса или инверсии. Как видно из кривых, представленных на Рис. 2, период изменения векторных характеристик ГМП значительно короче, чем вариация интенсивности поля от начала ее падения до восстановления исходного уровня. Так, для экскурса Laschamp (Рис. 2) эти характеристики различаются, примерно, в три раза (11), а для экскурса Blake (12, 13) - почти в десять раз.

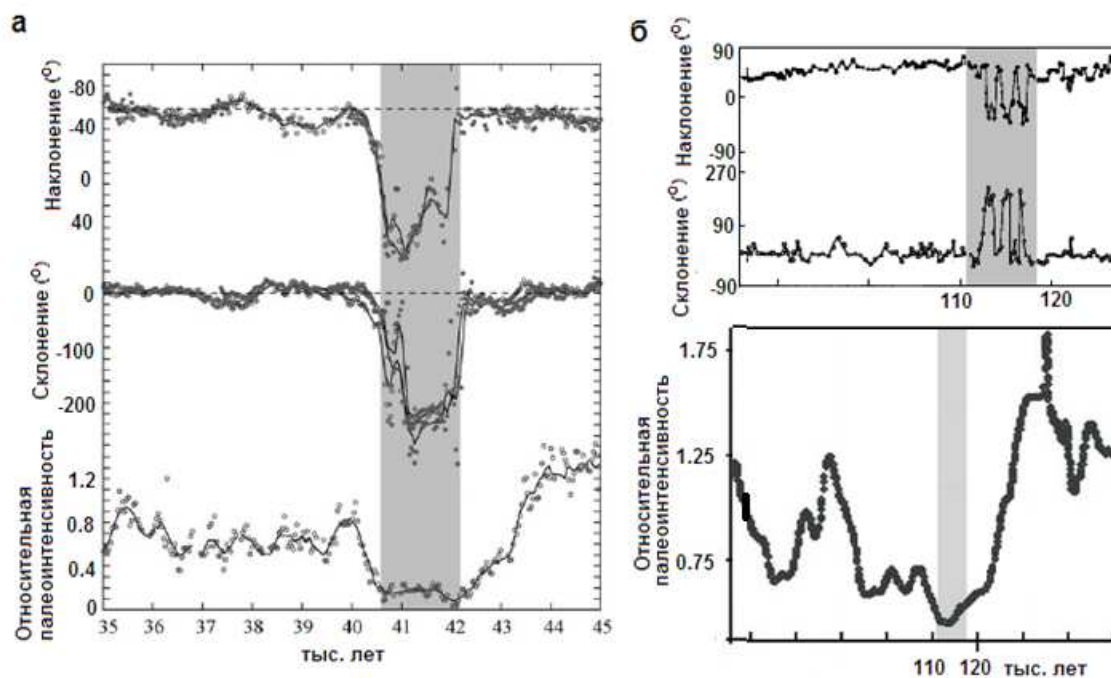


Рис. 2. Характеристика экскурсов Laschamp (а) (11) и Blake (б) (12, 13). Серыми вертикальными полосами отмечены временные интервалы изменения векторных характеристик ГМП

КЛ действуют как ионизирующий агент на атомы атмосферы. Можно оценить, как меняется поток КЛ в зависимости от степени уменьшения интенсивности геомагнитного поля. При уменьшении модуля ГМП в десять раз, что характерно, например, для экскурса Laschamp (14), увеличение потока КЛ (галактических, солнечных, частиц из разрушенных радиационных поясов Земли) (15, С. 186) вызовет увеличение плотности потока частиц КЛ на несколько порядков. Объяснить механизм различного характера изменения климата, сопровождающего экскурс или инверсию, можно за счет различной степени запыленности атмосферы в периоды, предшествующие экскурсу.

На рис. 3 в его левой части сопоставлены температурный ход с изменением содержания пыли в ядрах льда Антарктиды (16) и интенсивности ГМП (5) в указанном интервале времени, тыс. лет назад. Из левой части рисунка видно, что одни экскурсы предшествуют потеплениям, другие – похолоданиям

В правой части рис. 3 показана зависимость изменения температуры после экскурса от содержания пыли в ядрах льда в период, предшествующий экскурсу. Отсюда следует, что чем больше содержание пыли, тем значительнее изменение температуры в положительную сторону, и, наоборот, при минимальных ее количествах в результате экскурса происходит похолодание.

Выводы

1. Во время экскурсов и инверсий интенсивность ГМП падает, в результате чего увеличивается проникающий поток КЛ, воздействующий на оптические свойства атмосферы.

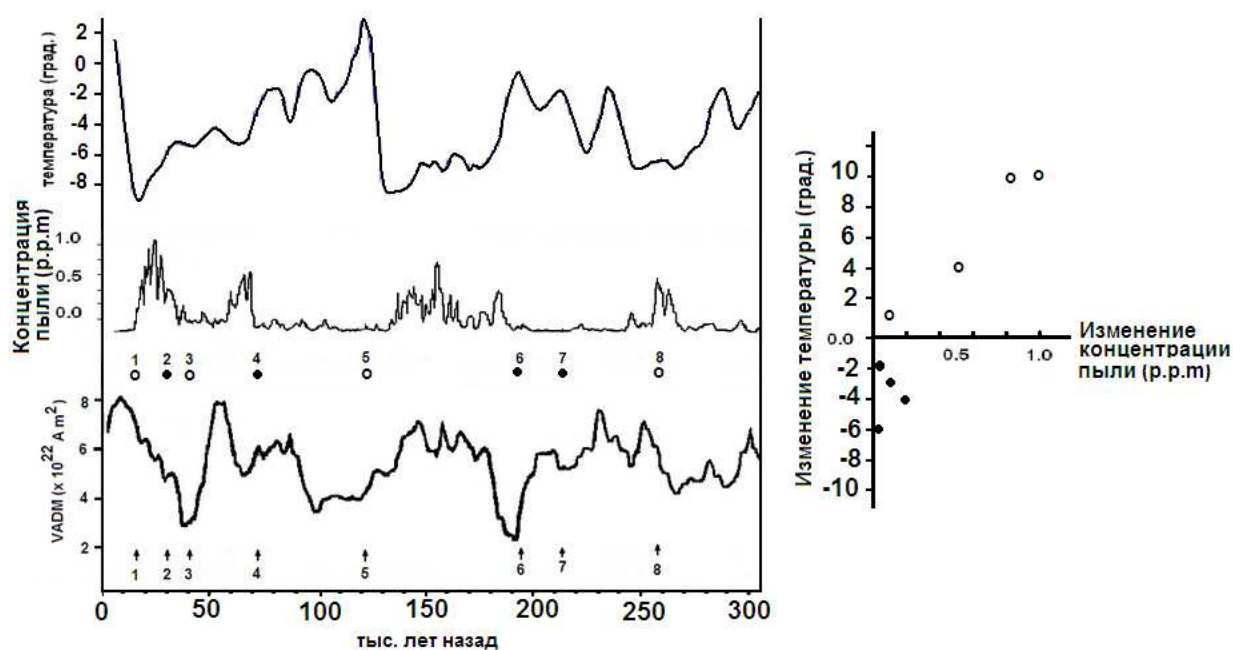


Рис. 3. Корреляция температуры и содержания пыли в кернах льда с ходом временных вариаций модуля ГМП и развитием экскурсов. Климатические эффекты экскурсов: черные кружки – приводят к потеплению, незаполненные – к похолоданию. Стрелки показывают время прохождения экскурсов с номерами, которые соответствуют названиям в таблице 1. Правая часть – связь изменения температуры с концентрацией пыли в керне льда в период, предшествующий экскурсу.

2. Увеличение плотности потока КЛ на 4-6 порядков в случае запыленной атмосферы вызывает ее очищение за счет коагуляции аэрозольных частиц и последующего их осаждения. Прозрачная атмосфера пропускает солнечную радиацию, что приводит к потеплению климата. Если экскурс начинается в условиях прозрачной атмосферы, которая наблюдается в настоящее время, тогда возросший поток КЛ действует, как ионизирующий агент, генерируя ядра конденсации с образованием аэрозолей, которые отражают солнечное излучение, приводя к похолоданию.

Литература

1. Christl M., et al. Evidence for a link between the flux of galactic cosmic rays and Earth's climate during the past 200,000 years// J. Atmosph. Sol-Terr. Phys. – 2004. – V. 66. – P. 313-322.
2. Roberts A. Geomagnetic excursions: Knowns and unknowns// Geoph. Res. Lett. – 2008. – V. 35. – L17307.
3. Laj, C., Channell J. E. T. Geomagnetic excursions, in Treatise on Geophysics, V. 5, Geomagnetism, edited by M. Kono. Amsterdam: Elsevier, 2007. pp. 373–416.
4. Svensmark H. Cosmoclimatology: a new theory emerges.// Astronomy & Geophysics. – 2007. – V. 48. No 1. – P. 1.18-1.24
5. Worm H-U. A link between geomagnetic reversals and events and glaciations// Earth Plan. Sci. Lett. – 1997. – V. 147. – P. 55-67.
6. Guskova, E. G., et al. Manifestation of the Gothenburg geomagnetic field excursion in the Barents Sea bottom sediments// Geom. Aeron. – 2007. – V. 47, No 6. – P. 781-786.
7. Aldahan A., Possnert G. The ^{10}Be marine record of the last 3.5 Ma// Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. – 2000. – V. 172. – P. 513-517.

8. Поспелова Г.А. Геомагнитные экскурсы хрона Брюнес и глобальные климатические осцилляции// Физика Земли. – 2000. – № 8 . – С. 3-14.
9. Нигматулин Р.И. Во власти океана // Наука в России. – 2010. – .No 4. – С. 54-62.
10. Svesson A. et al. The Greenland ice core chronology 2005, 15-42 ka. Part 2: comparison to other records// Quaternary Science Reviews. – 2006. – V. 25. No 23-24. – P. 3258-3267.
11. Lund S. et al. A summary of Brunhes paleomagnetic field variability recorded in Ocean Drilling Program cores// Phys. Earth Planet. Inter. – 2006. – V. 156. – P. 194–204.
12. Ménabréaz L., et al. Paleomagnetic record of the late Pleistocene reef sequence of Tahiti (French Polynesia): A contribution to the chronology of the deposits// Earth Planet. Sci. Lett. – 2010. – V. 294. – P. 58-68.
13. Zhu R.X., et al., The Blake geomagnetic polarity episode recorded in Chinese loess// Geoph. Res. Lett. – 1994. – V. 21. – No 8. – P. 697-700.
14. Ferk A., Leonhardt R. The Laschamp geomagnetic field excursion recorded in Icelandic lavas// Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 2009. – V. 177. – P. 19-30.
15. Панасюк М.И. Странники Вселенной или эхо Большого взрыва. – Фрязино: Век 2, 2005.
16. Petit J. R., et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica// Nature. –1999. – V. 399. – P. 429-436.