



УДК 550.38+551.51

© 2011

В. Г. Бахмутов, В. Ф. Мартазинова, Е. К. Иванова, Г. В. Мельник

Изменения главного магнитного поля и климата в XX веке

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

Представлено попередні результати порівняння просторово-часової структури баричного та геомагнітного полів у XX віці. Показано збіг розташування Канадського і Сибірського центрів дії атмосфери та Канадської і Східносибірської світових магнітних аномалій. З областю мінімальних значень геомагнітного поля ($\lambda \approx 0^\circ$) збігається розташування зимового Північно-Атлантичного гребеня та Європейської улоговини, місцезнаходження яких змінилося протягом минулого століття. Отримані результати, на нашу думку, свідчать про існування безпосереднього зв'язку між геомагнітним та баричним полями. Вказано на можливі механізми такого зв'язку.

Поиски и исследование связей между различными элементами системы Солнце — Земля являются важной научной задачей, решению которой посвящено множество публикаций. Свое место в них занимает вопрос о связи вариаций геомагнитного поля и изменений климата. Такая связь рассматривается как в масштабах тысяч и миллионов лет с привлечением палеоданных, так и за период прямых инструментальных наблюдений климатических изменений, солнечной и геомагнитной активности. Есть много данных, свидетельствующих в пользу доказательств ее и опровержения, что вызывает бурные дискуссии [1–4]. Основными проблемами, вытекающими из сказанного, являются установление достоверных корреляционных связей и вопрос о механизме такого влияния. Наиболее достоверными нам представляются гипотезы, связанные с космическими агентами (галактические и солнечные космические лучи соответственно ГКЛ и СКЛ), поскольку последние способны проникать в глубокие слои атмосферы (несмотря на их сравнительно ничтожно малый вклад по отношению к волновому излучению Солнца). Изменение интенсивности их потока влечет за собой изменение ряда атмосферных характеристик, включая количества осадков и выделения латентного тепла [5], оптических характеристик атмосферы [6], на чем и базируются гипотезы о механизмах связи климатических и погодных изменений с солнечной и геомагнитной активностью [5–7]. Характерным для таких механизмов является присутствие электромагнитной компоненты либо прямое указание на роль магнитных полей разного происхождения (разных источников).

Например, согласно публикации [7], роль геомагнитного поля состоит в модуляции потоков космических лучей: интенсивность высыпания космических частиц в районах глобальных магнитных аномалий заметно превышает среднюю по планете. В ряде работ [8, 9] показано, что местоположение геомагнитного полюса как центра аврорального овала оказывает влияние на характер атмосферной циркуляции и, следовательно, связано с динамикой климатических изменений.

В колебаниях климата в масштабе нескольких сотен — первых тысяч лет была прослежена связь с вековыми вариациями земного магнитного поля [9]. Однако, согласно этим данным, оснований для утверждения, что колебания климата обусловлены вековыми геомагнитными вариациями, не было. Скорее всего, и те, и другие флуктуации являются следствием какого-либо другого фактора. В рамках продолжения приведенных работ нами были обработаны архивы данных инструментальных наблюдений, в результате обработки которых была получена пространственно-временная структура барического поля и главного геомагнитного поля в XX веке. Именно крупномасштабная атмосферная циркуляция, связанная с центрами действия атмосферы (ЦДА), определяет изменение земной температуры. На протяжении прошлого столетия выделяют три периода изменения глобальной температуры: *первое глобальное потепление* (1911–1943 гг.); *период стабилизации* (до середины 70-х гг.); *второе глобальное потепление* (с 1976 г. до нашего времени) (http://www.eoearth.org/article/global_warming). Для анализа полей давления использовали архивные данные на уровне моря ВНИГМИ-МЦД (Обнинск), данные ре-анализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF the 40 Years Re-Analysis, ERA-40, http://data.ecmwf.int/data/d/era40_daily/), а также данные архива приземного давления отдела климатических исследований и долгосрочного прогноза УкрНИГМИ. Было выполнено меридиональное осреднение январского поля давления воздуха для каждого десятилетия и получена его интегральная характеристика для Северного полушария [10]. Это позволило провести анализ крупномасштабной циркуляции атмосферы, формировавшей погодные условия в каждом десятилетии, и проследить их изменения от десятилетия к десятилетию. Рассмотрена территория Северного полушария от 40° до 70° с. ш., в пределах которой расположены основные ЦДА, формирующие погодные условия в средних широтах.

В результате меридионального осреднения значений поля в узлах регулярной сетки (10° по долготе $\times 5^\circ$ по широте) была определена интегральная характеристика поля давления \bar{P}_j для каждого десятилетия в виде вектора-строки.

Наибольшие и наименьшие значения интегральных характеристик \bar{P}_j определяют место положения ЦДА в умеренных широтах Северного полушария (рис. 1, *a*). Как видно с графика *a* — это трехвихревая система, имеющая три максимума, наибольшие значения которых соответствуют основным центрам действия атмосферы — Канадскому и Сибирскому антициклонам и Северо-Атлантическому гребню: в зимнее время он наблюдается в виде гребня, а в летнее — объединяется и усиливается Азорским максимумом. Минимальные значения на кривой \bar{P}_j показывают положение климатических центров низкого давления: два постоянно действующих центра имеют наименьшие значения — Исландский и Алеутская депрессия, и третий, расположенный над Европой, — Европейская ложбина. Представленные кривые \bar{P}_j от десятилетия к десятилетию отличаются друг от друга, и эти отличия формируют свои погодные условия. Состояние ЦДА определяет климат каждого десятилетия, его температурный и влажностный режим как в целом над территорией Северного полушария, так и в его отдельных регионах.

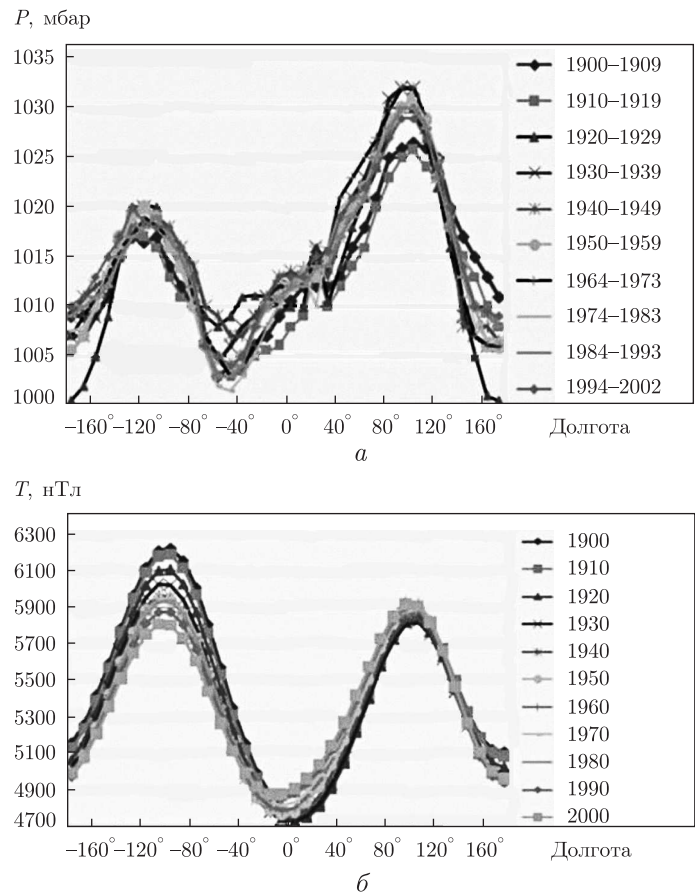


Рис. 1. Изменение величины осредненного атмосферного давления для января (а) и модуля полного вектора геомагнитного поля (б) в диапазоне широт от 40° до 70° с. ш. для каждого десятилетия XX века

Более наглядное представление об изменении характера кривых дает временная диаграмма векторов — строк \bar{P}_j последовательно с 1 по 10 десятилетие XX века (рис. 2, а). Она позволяет оценить активность центров действия атмосферы в зависимости от времени и их изменения от десятилетия к десятилетию. Из диаграммы следует, что состояние ЦДА в XX веке изменялось под влиянием глобального потепления, но на протяжении столетия основные климатические циклоны и антициклоны сохраняли географическое положение центра своего образования, что не относится к Северо-Атлантическому гребню и Европейской ложбине.

Аналогично была получена интегральная характеристика для компонент и модуля полного вектора геомагнитного поля T по коэффициентам IGRF для каждого десятилетия XX века для 40° – 70° с. ш. (см. рис. 1, б). Наиболее широко используемая глобальная модель магнитного поля Земли IGRF (International Geomagnetic Reference Field) позволяет вычислять значения компонент вектора геомагнитного поля в любой точке пространства от ядра Земли до космоса. IGRF — это серия математических моделей главного магнитного поля и его вековых вариаций. Она рассчитывается каждые пять лет группой исследователей Международной Ассоциации Геомагнетизма и Аэронауки (IAGA), а последняя генерация IGRF позволяет проводить расчеты во временном интервале с 1900 по 2020 гг. (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/index.html>).

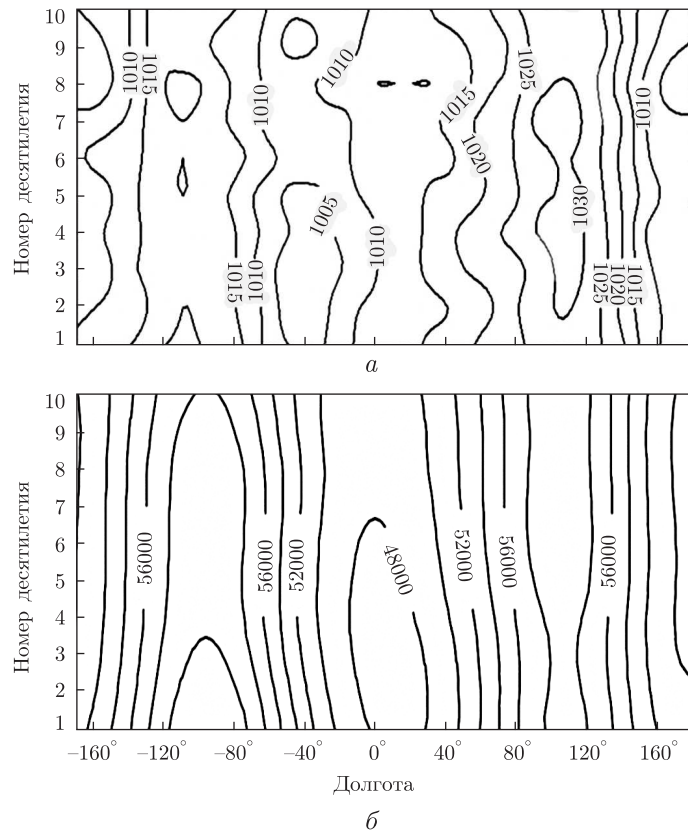


Рис. 2. Временные диаграммы изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции в январе (изобары проведены через 5 мбар) (а) и модуля полного вектора напряженности геомагнитного поля (изолинии проведены через 2000 нТл) (б) от десятилетия к десятилетию в XX веке

На графике (см. рис. 1, б) выделяются два максимума, соответствующие Канадской ($\lambda \approx -110^\circ$) и Восточносибирской ($\lambda \approx 110^\circ$) мировым магнитным аномалиям. На временной диаграмме (рис. 2, б) проявляется уменьшение интенсивности Канадской аномалии почти на 4000 нТл и возрастание интенсивности Восточносибирской аномалии к концу XX века.

Сопоставление графиков интегральных характеристик модуля полного вектора магнитного поля T и полей давления \bar{P}_j показывает достаточно хорошее их совпадение (см. рис. 1, а, б). На временных диаграммах барического поля и вариаций модуля T на протяжении XX века также прослеживается совпадение местоположения Канадского и Сибирского ЦДА и Канадской и Восточносибирской мировых магнитных аномалий (см. рис. 2, а, б). С областью минимальных значений геомагнитного поля ($\lambda \approx 0^\circ$) совпадает положение зимнего Северо-Атлантического гребня и Европейской ложбины, местоположение которых изменяется в течение прошлого столетия.

Таким образом, учитывая абсолютно разные источники исходного материала, трудно предположить, что такое совпадение является случайным. Если причинно-следственная связь есть, то очевидно, что геомагнитное поле каким-то образом может влиять на барическое поле, но не наоборот. На возможность такой связи (и вероятные механизмы) указывалось в [7] — магнитное поле Земли способно не только модулировать заряженные частицы, приходящие из космоса, но и упорядочивать стоки этих частиц из магнитосферы в атмосферу Земли, и закреплять их в пространстве в районе мировых магнитных анома-

лий. С учетом существующих гипотез о механизмах влияния потоков ГКЛ и СКЛ, которые способны проникать в глубокие слои атмосферы и влиять на состояние облачности, а также на присутствие в них электромагнитной (магнитной) составляющей, связь климата с геомагнитным полем нам представляется вполне реальной. Не исключается роль третьего, вероятнее всего, космического фактора, воздействия которого приводят как к изменению барических полей, так и к вариациям главного магнитного поля.

1. *Мартазинова В. Ф., Бахмутов В. Г.* К вопросу о связи геомагнитной активности и атмосферной циркуляции // Геофиз. журн. – 2006. – **28**, № 4. – С. 135–139.
2. *Courtillot V., Gallet Y., Le Mouél J.-L. et al.* Are there connections between the Earth's magnetic field and climate? // Earth Planet Sci. Lett. – 2007. – **253**. – P. 328–339.
3. *Bard E., Delaygue G.* Comment on “Are there connections between the Earth's magnetic field and climate?” // Ibid. – 2008. – **265**. – P. 302–307.
4. *Courtillot V., Gallet Y., Le Mouél J.-L. et al.* Response to Comment on “Are there connections between the Earth's magnetic field and climate?” // Ibid. – 2008. – **265**. – P. 308–311.
5. *Tinsley B. A., Hoeksema J. T., Baker D. N.* Stratospheric volcanic aerosols and changes in air-earth current density at solar wind magnetic sector boundaries as conditions for the Wilcox tropospheric vorticity effect // J. Geophys. Res. – 1994. – **99**, D8. – P. 16805–16813.
6. *Пудовкин М. И., Распопов О. М.* Механизм воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы и метеопараметры // Геомагнетизм и аэрономия. – 1992. – **32**, № 5. – С. 1–9.
7. *Витинский Ю. И., Оль А. И., Сазонов Б. И.* Солнце и атмосфера Земли. – Ленинград: Гидрометеорологиздат, 1976. – 351 с.
8. *Буца В.* Связь между корпускулярной радиацией и изменениями атмосферной циркуляции // Докл. АН СССР. – 1981. – **258**, № 2. – С. 790–793.
9. *Бахмутов В. Г.* Палеовековые геомагнитные вариации. – Киев: Наук. думка, 2006. – 298 с.
10. *Мартазинова В. Ф., Бахмутов В. Г., Чайка Д. Ю.* Влияние глобального потепления на изменение крупномасштабной атмосферной циркуляции и формирование аномальных погодных условий в Украине // Доп. НАН України. – 2006. – № 2. – С. 105–110.

*Институт геофизики им. С. И. Субботина
НАН Украины, Киев
Украинский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт
НАН Украины и МЧС Украины, Киев*

Поступило в редакцию 19.11.2010

V. G. Bakhmutov, V. F. Martazinova, E. K. Ivanova, G. V. Melnyk

Changes of the main magnetic field and the climate in the XX-th century

Preliminary results of the comparison of space-time structures of the pressure and geomagnetic fields in the XX-th century are presented. Coincidence of positions of the Canadian and Siberian atmospheric centers of action and those of the Canadian and East Siberian world magnetic anomalies is shown. The location of the winter North Atlantic crest and the European dish, which changes during the XX-th century, coincides with the geomagnetic field minimum region ($\lambda \approx 0^\circ$). The obtained results testify, in our opinion, to the direct connection between the geomagnetic and pressure fields. Possible mechanisms of such relationship are indicated.