

ОЦЕНКА ВЕКОВОГО ХОДА Н-КОМПОНЕНТЫ ГЛАВНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

С.В. Громов, Л.А. Дремухина, А.Е. Левитин, Л.И. Громова

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), г. Москва, г. Троицк, 142090, Россия

Аннотация. Анализируются вековые вариации горизонтальной Н-компоненты главного магнитного поля Земли (ГМПЗ). Для анализа используются данные измерений на 128 наземных магнитных обсерваториях Северного и Южного полушарий Земли за период с 1958 по 2013 годы. Ежегодное изменение (вековой ход) Н-составляющей определяется как разность среднесуточных значений, измеренных для самых спокойных дней января (для Северного полушария) и июля (для Южного полушария) двух последовательных лет. Наш анализ не подтверждает как планетарного уменьшения Н-составляющей ГМПЗ так и резкого возрастания скорости ее спада в рассматриваемый период.

Введение

Самые медленные из известных изменений главного магнитного поля Земли (ГМПЗ) с периодом от десятка до нескольких тысяч лет называют вековыми вариациями, а их изменения от года к году – вековым ходом. Вековой ход элементов земного магнетизма в разных точках земной поверхности не одинаков. Величина его обычно составляет десятки гамм в год и не остается величиной постоянной, а меняется от эпохи к эпохе.

В последние годы ряд исследователей, опираясь на представление об уменьшении на протяжении последних 2500 лет напряженности геомагнитного поля, об ускорении падения напряженности поля в последние десятилетия, о резком ускорении смещения магнитного полюса и особенности распределения магнитных силовых линий (которое становится похожим на картину, соответствующую стадии подготовки инверсии), ведет широкую дискуссию о возможности скорой смены геомагнитных полюсов (инверсии). При этом есть мнение, что процесс инверсии может длиться довольно долго и к нему можно будет подготовиться. Но некоторые исследователи не исключают, что инверсия может произойти при жизни ближайших поколений и окажется катастрофой для человеческой цивилизации. Мы, анализируя данные измерений 102 обсерваторий Северного полушария и 26 обсерваторий Южного полушария Земли за большой период времени с 1958 по 2013 годы, не отмечаем резкого изменения скорости роста главного магнитного поля Земли.

Вековой ход ГМПЗ и скорость его изменения

Для исследования вековых вариаций ГМПЗ применяются разные способы, такие как сравнение ежегодных значений коэффициентов, полученных при сферическом гармоническом анализе (СГА), сравнение данных регулярных повторных измерений на мировой сети магнитных обсерваторий и в пунктах векового хода по всей поверхности Земли, а также, в последние десятилетия, использование данных измерений на низколетящих спутниках, позволяющих строить аналитические модели ГМПЗ [Barracough, 1976; Яновский, 1978; Долгинов и др., 1972]. Сравнение оценок вековой вариации, полученной из спутниковых и обсерваторских данных, свидетельствует о том, что для разработки корректных моделей вековой вариации предпочтительными являются данные магнитных обсерваторий [Barracough, 1985; Lowes, 2000]. Этот факт можно объяснить тем, что измеренные на космических аппаратах магнитные возмущения содержат вклад ионосферных электрических токов, учитываемый как поле внутренних источников.

По наземным данным величину векового хода обычно определяют как разность между среднегодовыми значениями, полученными из регулярных непрерывных измерений геомагнитного поля на мировой сети магнитных обсерваторий в течение многих десятилетий. Полученные значения векового хода позволяют оценить скорости изменения ГМПЗ в разные эпохи. Однако проблема этого способа определения векового хода состоит в том, что в среднегодовые геомагнитные данные всегда дает свой вклад геомагнитная активность, обусловленная внешними источниками наземных магнитных возмущений, не связанных с ГМПЗ. Влияние геомагнитной активности на среднегодовые амплитуды компонент вектора геомагнитного поля в обсерваториях проявляется, в первую очередь, в том, что эти среднегодовые значения подвержены квазипериодическим вариациям с характерными временами (~11 и 22 года) солнечной активности. Такие вариации отмечались, начиная с первой трети 19 века, и с тех пор регулярно обсуждается вопрос исключения из обсерваторских данных эффектов солнечной активности. Поэтому в нашем анализе ежегодное изменение Н-составляющей (вековой ход) определяется как разность среднесуточных значений, рассчитанных для самых спокойных дней январей (для Северного полушария) и июлей (для Южного полушария) двух последовательных лет. Это позволило свести к минимуму вклад внешних источников в

измеренных значениях магнитных вариаций. Данные для анализа были взяты с сайта www.wdc.bgs.ac.uk. В данной работе анализируется только Н-составляющая ГМПЗ, так как было отмечено, что именно в горизонтальной составляющей наиболее отчетливо проявляются квазипериодические изменения скорости векового хода [Ладынин и Попова, 2008].

Примеры вековой вариации Н-составляющей ГМПЗ за период 1958-2003 гг. на 25 обсерваториях в разных широтных поясах Северного полушария представлены на рис. 1. Обсерватории распределены максимально равномерно по дипольным долготам внутри 7 широтных поясов. Слева указаны дипольные широты поясов, справа на каждом графике указано сокращенное название обсерватории. Анализ показал, что в рассматриваемый период наблюдался как рост, так и уменьшение вековой вариации Н-компоненты ГМПЗ на всей поверхности планеты. При этом в 1977 г. на более чем половине обсерваторий произошло волнообразное изменение знака вековой вариации с положительного на отрицательный.

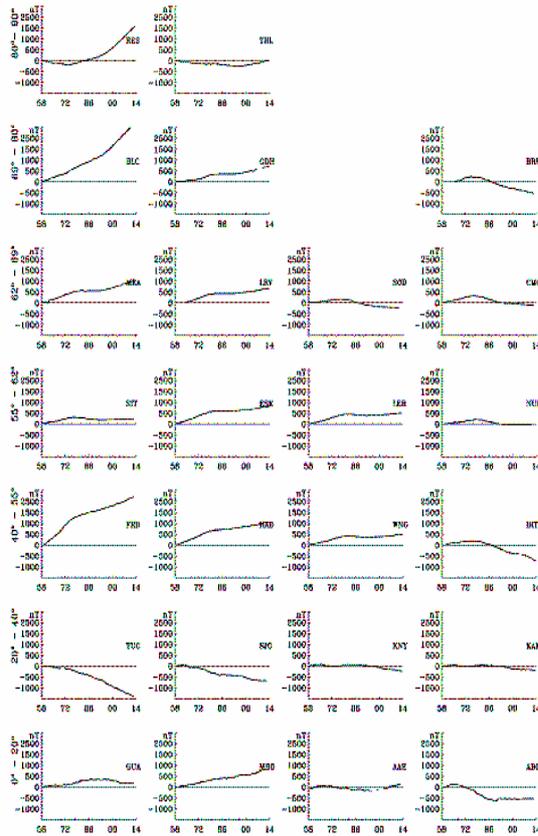


Рисунок 1. Вековая вариация в Н-компоненте ГМПЗ на 25 обсерваториях Северного полушария Земли для 1958-2013 гг.

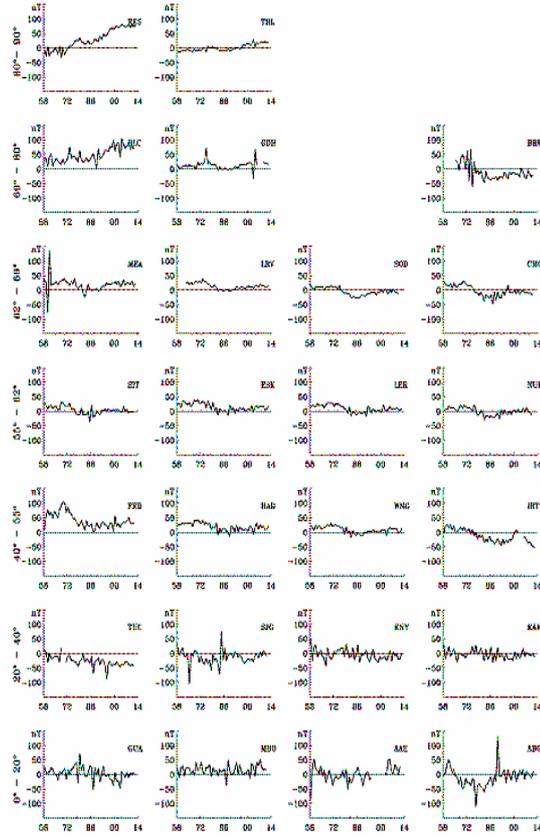


Рисунок 2. Вековой ход Н-компоненты для тех же обсерваторий, что и на рис. 1.

На рис. 2 показан вековой ход ГМПЗ на тех же обсерваториях, что и на рис. 1, рассчитанный как разность между среднесуточными значениями Н-составляющей геомагнитного поля в самый спокойный день января двух последовательных лет (для Южного полушария выбирались самые спокойные дни июля). В рассматриваемом периоде можно выделить интервалы лет, в которых не происходило изменения знака вековой вариации ни на одной из 128 обсерваторий, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Интервалы лет, в которые не происходило смены знака вековой вариации на всех 128 обсерваториях

1958-1966	1977-1980	1994-1994
1967-1971	1981-1986	1995-1998
1972-1974	1987-1990	1999-1999
1975-1975	1991-1992	2000-2001
1976-1976	1993-1993	2002-2013

Ниже на рис. 3 приведены карты распределения знака (направления) векового хода Н-составляющей ГМПЗ по поверхности Земли для 12 из приведенных в табл. 1 интервалов постоянства знака векового хода. Следует отметить, что с 1958 по 1976 гг. картина распределения векового хода практически неизменна.

В 1977 г. произошла резкая смена знака на примерно половине обсерваторий с положительного на отрицательный. Это хорошо видно на нижней панели рис.

За. Далее, до 2001 г. происходили одиночные смены знака векового хода (рис. 3б и 3в), а, начиная с 2002 г. по 2013 г. картина распределения знака вековой вариации не изменялась (нижняя панель рис. 3г). На основании вышесказанного можно сделать вывод, что за последние 46 лет не появилось преимущественного направления векового хода (в сторону уменьшения или увеличения его величины), а также резкого роста скорости изменения Н-компоненты ГМПЗ. Статистика изменений приведена в табл. 2.

Таблица 2. Статистические характеристики наблюдаемых изменений векового хода Н-компоненты ГМПЗ

Расположение	Число обсерваторий	Уменьшение Н-компоненты в 2000-2013 гг.		
		Всего (число / %)	Число обсерваторий с длинным рядом измерений	Рост скорости падения Н в 2000-2013 гг. по сравнению с 1977-1999 гг. (число / %)
Северное полушарие	102	50 (49%)	28	10 (36%)
Южное полушарие	26	16 (62%)	8	5 (63%)
Оба полушария	128	66 (52%)	36	15 (42%)

Из табл. 2 видно, что в интервале 200-2013 гг. из 102 обсерваторий Северного полушария только на 50 (49%) наблюдалось уменьшение Н-составляющей. Из 28 обсерваторий с длинным рядом наблюдений только на 10 наблюдается ускорение спада Н-составляющей в 2000-2013 гг. по сравнению с интервалом 1977-2000 гг. В 1977 г. произошла смена знака векового хода на большинстве обсерваторий Северного полушария. В Южном полушарии за этот же интервал 2000-2013 гг. из 26 обсерваторий только в 16 (62%) наблюдалось уменьшение Н-составляющей, при этом из 8 из них с длинным рядом наблюдений только на 5 обсерваториях фиксируется ускорение спада Н-составляющей.

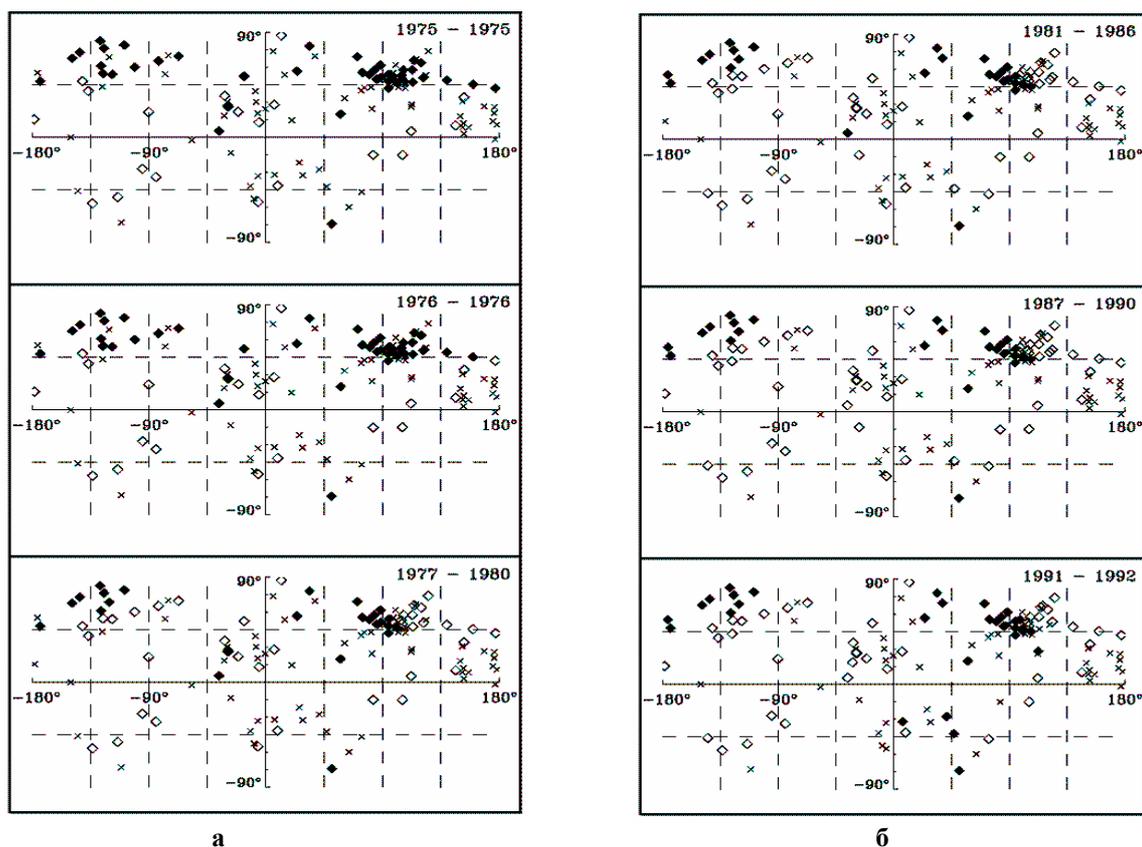


Рисунок 3. Карты направления вековых изменений Н-составляющей ГМПЗ для 12 различных интервалов времени, в которые сохранялась картина векового хода на всех обсерваториях. Закрашенные ромбы – обсерватории, где измерен рост вековой вариации, пустые ромбы - обсерватории, на которых фиксировалось уменьшение вековой вариации, черными крестиками обозначено расположение обсерваторий, данные которых в рассматриваемый интервал лет отсутствовали. Используются дипольные геомагнитные координаты, которые указаны на осях.

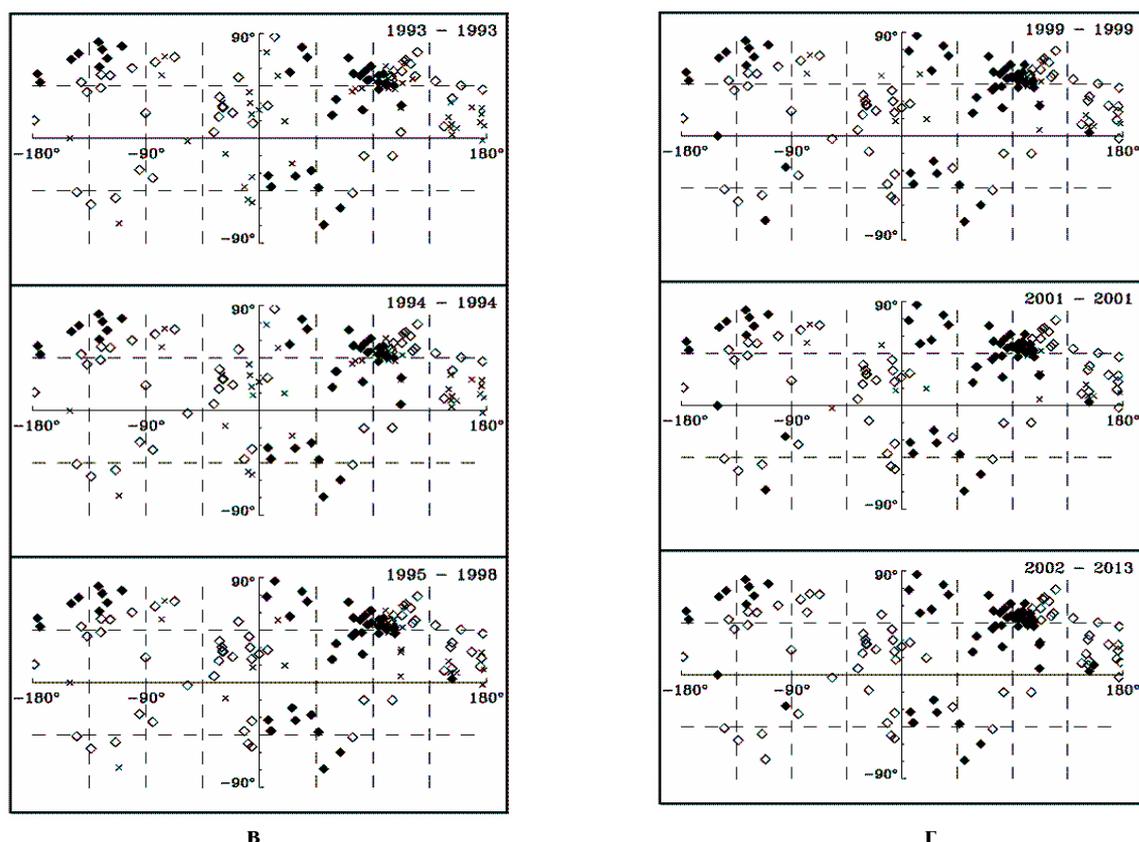


Рисунок 3. продолжение. То же, что на рис. 3 для интервалов 1993-1998 гг. и 1999-2013 гг.

Заключение

Выполненный анализ вековых изменений H -составляющей ГМПЗ показал, что в настоящее время нельзя определенно сказать о текущем катастрофическом уменьшении магнитного поля Земли, а также о резком возрастании скорости его уменьшения.

Для более определенных выводов необходим анализ вековых изменений вертикальной составляющей ГМПЗ, что является предметом наших дальнейших исследований.

Список литературы

- Долгинов Ш.Ш., Ивченко М.П., Орлов В.П., Пушков А.Н., Тюрмина Л.О., Червко Т.Н. Вековая вариация геомагнитного поля эпохи 1965-1970 гг. по данным обсерваторий и спутников, *Геомагнетизм и аэрономия*, 12, № 3, 503-512, 1972.
- Ладынин А.В., Попова А.А. Квазипериодические флуктуации скорости векового хода геомагнитного поля по данным мировой сети обсерваторий за 1985-2005 гг., *Геология и геофизика*, 49, № 12, 1262-1273, 2008.
- Яновский Б.М. Земной магнетизм, Л. ЛГУ, 592 с., 1978.
- Barracough D.R. Spherical harmonic analysis of the geomagnetic secular variation. A review of methods. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 12, 365-387, 1976.
- Barracough D.R. A comparison of satellite and observatory estimates of geomagnetic secular variation. *J. Geophys. Res.*, 90, 2523-2526, 1985.
- Lowes F.J. An estimate of the errors of the IGRF/DGRF fields 1945-2000. *Earth Planets Space*, 52, N 12, 1207-1211, 2000.