

ПРОЕКТ

ДРЕЙФ МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ: НАЧАЛАСЬ ЛИ ИНВЕРСИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ?

Кузнецов В.В.

Величины склонения и наклонения измерялись обсерваторией в Лондоне, начиная с 1540 года. Было отмечено, что в течение всего времени наблюдений эти параметры непрерывно изменялись (рис. 1-а).

На рис. 1-а представлены сглаженные результаты наблюдений за изменениями I и D , опубликованные впервые Бауэром для Лондона [Bauer, 1895], и в последствии повторенные во многих монографиях по геомагнетизму. Зная величины I и D , можно определить положение виртуальных магнитных полюсов (ВМП) и сравнить изменение их положения с реальным дрейфом СМП. Рисунок показывает, что виртуальный северный магнитный полюс (ВСМП) в течение 450 лет дважды изменял направление своего дрейфа: в 1580 и 1860 годах.

Анализируя результаты наблюдений склонения и наклонения в Лондоне можно получить информацию о том, как в действительности перемещался СМП в течение последних 450 лет. Сравнение скоростей дрейфа ВСМП и СМП за последние 100 лет, показывает, что их скорости дрейфа оказываются очень близкими по величине и направлению, особенно в самые последние годы. Это обстоятельство позволяет предположить, что ВСМП повторяет дрейф СМП не только в 20 веке, т.е. в годы инструментальных измерений, но и за все предыдущие 450 лет. Если бы СМП реально двигался так, как это следует из рис. 1-а, то определение местоположения СМП, сделанное Дж. Россом, оказывается ошибочным (рис. 1-б), и в действительности СМП в 1831 году находился восточнее примерно на 100 км. Обратим внимание на то, что СМП, начиная с 1580 г. и по 1860 г., дрейфовал в направлении, обратном современному, - т.е. к югу. В пользу такого предположения говорит тот факт, что в данных Лондонской обсерватории нет подтверждения наличию резкого изменения скорости дрейфа СМП в промежутке времени между измерениями Росса и Амундсена. В 1860 году какая-то причина вынудила СМП изменить направление своего дрейфа, развернуться и начать свой путь к северу. Рис. -а дает возможность предположить, что СМП может «замкнуть» цикл длительностью в 560 лет примерно в 2140 году и вернуться в точку, в которой находился в 1580 г. Произойдет это, или нет, - покажут будущие наблюдения.

Анализируя этот рисунок, видно, что в 2000 г скорость дрейфа СМП должна быть самой большой, а в дальнейшем, - она должна уменьшаться, причем, таким образом, чтобы СМП остановился, развернулся в 2140 г и стал дрейфовать в обратном направлении. Таким образом, в течение последних 450 лет наблюдается определенная логика в характере дрейфа ВСМП. Так как скорость дрейфа СМП не стала уменьшаться после 2000, а, наоборот, продолжает расти, можно предположить, что характер его движения изменился и, похоже, СМП не будет разворачиваться в обратную сторону в 2140. Имеется ли такая же логика дрейфа СМП в пространстве?

Представим скорость дрейфа магнитного полюса как: $V = dL/dt = (dH/dt) / (dH/dL)$, где dH/dt изменение величины горизонтальной компоненты геомагнитного поля в районе магнитного полюса. Для полюсов СМП и ЮМП эта величина составляет ≈ 40 нТл/год. Пространственные градиенты H -компоненты геомагнитного поля (dH/dL) в районах дрейфа полюсов значительно различаются: dH/dL в районе СМП ≈ 1 нТл/км; в районе ЮМП ≈ 10 нТл/км. Подстановка в формулу пространственных и временных градиентов поля H -компоненты показывает их совпадение с измеренными скоростями дрейфа магнитных

полюсов. Полагая, что градиент поля dH/dL значительно не меняется в течение времени наблюдений за дрейфом полюса, для определения его местоположения - необходимо контролировать изменение dH/dt .

Суть модели прогноза положения магнитного полюса состоит именно в том, чтобы, используя особенность его дрейфа, контролировать dH/dt на ближайших к полюсу магнитных обсерваториях. Как известно СМП движется практически по прямой линии, соединяющей две обсерватории Резольют Бей (в Канаде) и Мыс Челюскин (в России), что демонстрирует рис. -b. Можно ли предсказать, в какой точке окажется магнитный полюс в будущем? По-видимому, можно, если в магнитном поле Земли, по крайней мере, в районе полюса, не наблюдается резких неоднородностей: как пространственных, так и временных. Анализ дрейфа СМП как пространственный, так и временной показывает стабильность дрейфа СМП: он не меняет направления, а скорость его дрейфа, в течение времени наблюдения, – возрастает.

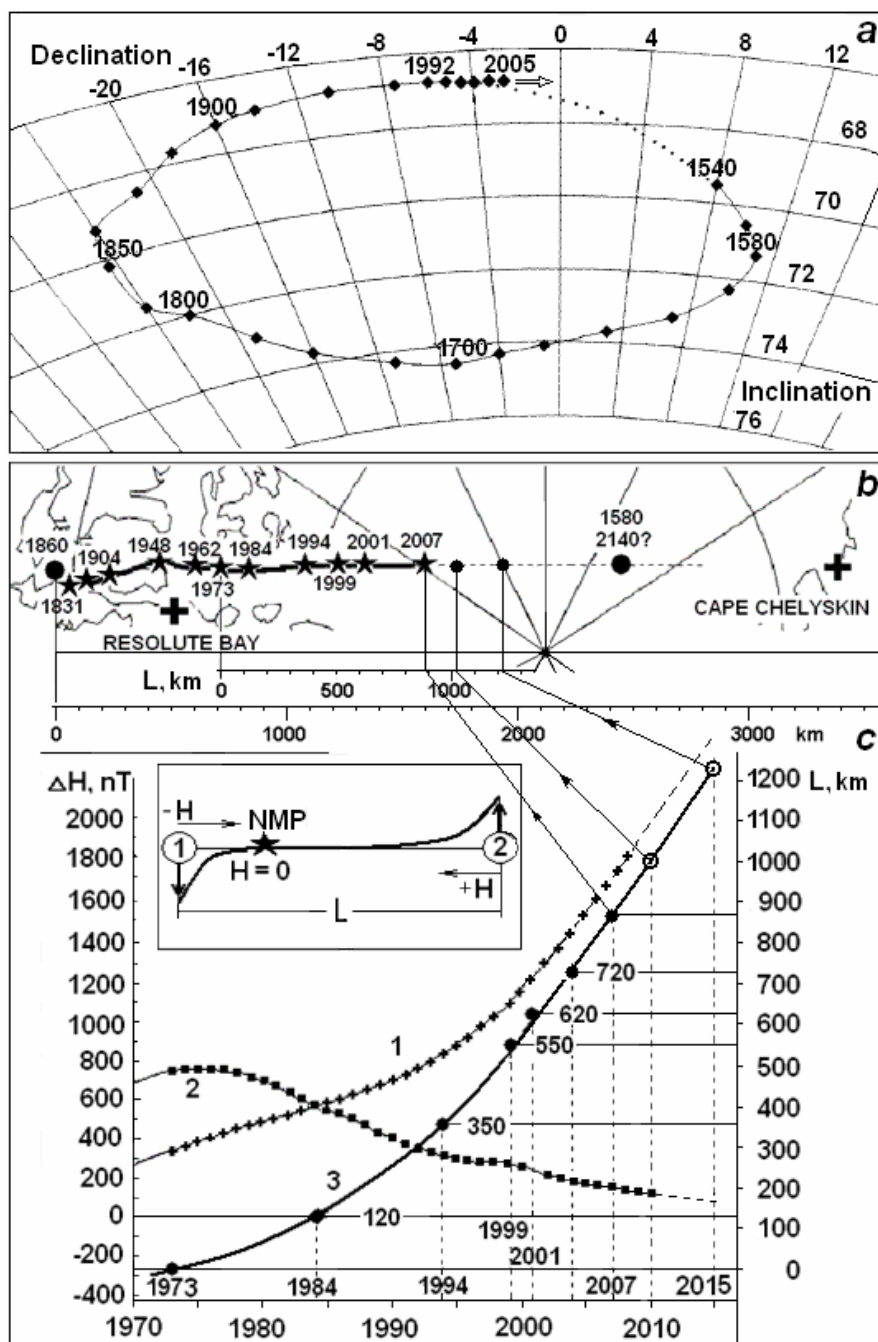


Рис. 1-а Изменение склонения (D) и наклонения (I) в Лондоне [Bauer L.A. Beitrage zur Kenntnis des Wesens der Sakular-variation des Erdmagnetismus. Dissert. Univ. Berlin. 1895].

Рис. 1-б Дрейф СМП: звездочки и годы, Крестики – местоположения обсерваторий.

Вставка на 1-с - Схема дрейфа СМП. 1 и 2 квазиисточники горизонтальной компоненты геомагнитного поля.

Рис. 1-с: Вариации Н-компонент, определенных в обсерваториях Резольют Бей – 1 (крестики) и Мыс Челюскин – 2 (квадраты). Штрихи – экстраполяция. Кривая 3 – разность величин ΔH между кривыми 1 и 2 (нТл). Точки на кривой – положения СМП на шкале расстояний, в которой за нуль принято положение СМП-1973.

Для определения координат положения СМП будем использовать эту особенность его дрейфа. Для оценки положения полюса необходимо определить расстояние ΔL , на которое он может сместиться за время Δt . В течение этого времени горизонтальная компонента поля в районе СМП может измениться на величину ΔH . Очевидно, что если в двух точках, расположенных на пути дрейфа СМП, по обе стороны от него, Н-компоненты магнитного поля Земли направлены навстречу друг к другу, то полюс находится в той точке, где $H = 0$ (см. вставку на рис. 1-б). На рисунке -с приведены графики (1 и 2), показывающие вариации ΔH в двух обсерваториях. Вычитая из вариации ΔH , определенной по данным обсерватории Резольют Бей, аналогичную вариацию, полученную на обсерватории Мыс Челюскин, - получаем кривую 3, связанную, по нашей модели, с dL/dt . Для упрощения модели принимаем, что в 1984 разность между величинами ΔH равна нулю: $H_1 - H_2 = 0$, и в дальнейшем будем рассматривать только переменную часть этих величин. К примеру, значения Н-компонент на обсерваториях: Резольют-Бей (1989) $H_1 = 1041$ нТл; Мыс Челюскин (1990) $H_2 = 3160$ нТл и т.д.

Ранее отмечалось, что путь, который проходит СМП $L(t)$, линейно связан с $\Delta H(t)$: $L(t) \sim \Delta H(t)$, примем: $L = 0$, для СМП-1973. Принятые предположения позволяют получить зависимость: $L(t)$ (км) – кривая 3, правая вертикальная шкала на рисунке 1. Выбираем масштаб таким образом, чтобы отложенные на кривой 3 точки, соответствовали положениям СМП в соответствующие годы и показывали расстояние от СМП-1973, измеренное по карте, изображенной на верхней панели рисунка. Как видно, эти точки практически все попадают на кривую 3. Определим расстояние, которое должен пройти СМП к 2007, оно оказывается примерно равным 900 км. Откладываем это расстояние на карте дрейфа (верхняя панель) и определяем ориентировочные координаты СМП. Оказывается, что такой прогноз, в пределах точности, доступной для этого метода, практически совпадает с измерениями положения полюса.

Методика, используемая при предварительном прогнозе положения магнитных полюсов как северного, так и южного, проста и наглядна, но, по-видимому, недостаточно точна. Методика базируется на развиваемых автором представлениях о роли глобальных магнитных аномалий в дрейфе магнитных полюсов в периоды смены полярности геомагнитного поля [Kuznetsov, 1999]. Эта методика обсуждалась в [Кузнецов, 2006] где, основываясь на данных по изменению Н-компонент, полученных до 2004 года, было высказано предположение, что возможны два варианта дальнейшего дрейфа СМП: либо – замедление скорости дрейфа до нулевой и повторение цикла (a), либо начало инверсии или экскурса ГМП. Появление новой информации на сайтах обсерваторий Резольют Бей и Мыс Челюскин позволяют склониться ко второму варианту, что может означать начало смены полярности геомагнитного поля.

Как известно, ЮМП в последнее время практически остановился. Это прямо следует из модели дрейфа магнитных полюсов во время инверсии [Kuznetsov, 1999]. Остановка полюса, (согласно модели) происходит в точке расположения глобальной

магнитной аномалии (ГМА). Рисунок 2 показывает, что так это и происходит в действительности.

Анализ данных по дрейфу СМП показывает, что он продолжает двигаться с ускорением и в 2018 г переместится в Восточное полушарие. Через некоторое время он начнет замедляться. Замедление будет нарастать по мере приближения СМП к Восточно-Сибирской глобальной магнитной аномалии (ГМА). Здесь СМП, аналогично ЮМП, - остановится. Экскурсе или инверсия начнутся в тот момент, когда модуль геомагнитного поля окажется сравнимым с модулем поля ГМА. Увеличение радиационного фона на Земле начнется несколько раньше, чем начнется смена векторных характеристик геомагнитного поля.

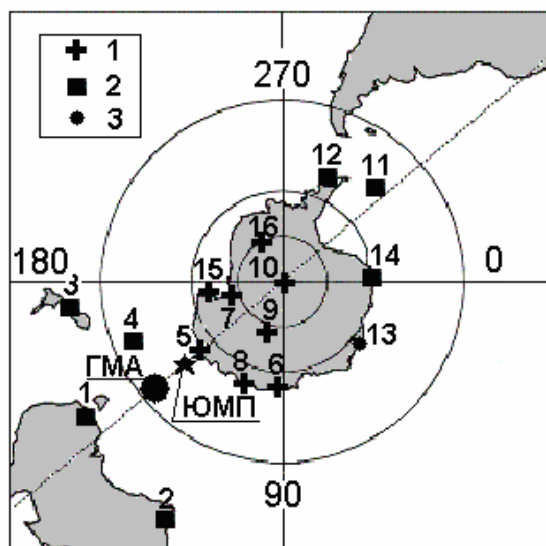


Рис. 2. Расположение магнитных обсерваторий в районе ЮМП, 1 – в которых Н-компонента поля возрастает со временем, 2 – убывает, 3 – не меняется. Линия – 140° Е меридиан.

Выполнение проекта позволит однозначно ответить на поставленный в заголовке вопрос.

Литература

- Кузнецов В.В., Павлова И.В., Семаков Н.Н. Оценка положения виртуальных магнитных полюсов (По результатам советско-канадских измерений в Центральной Арктике). Геология и геофизика. 1990. Т. 31. № 2. С. 115-116.
- Кузнецов В.В. Фокусы векового хода как гидродинамические вихри Россби // ДАН. 1995. Т. 340. № 5. С. 685-687.
- Кузнецов В.В. Положение северного магнитного полюса в 1994 г. ДАН. 1996. Т. 348, N.3. С. 397- 399.
- Кузнецов В.В., Павлова И.В., Семаков Н.Н. Л.Р.Ньюитт. Виртуальные магнитные полюсы, магнитные аномалии и положение северного магнитного полюса. Геология и геофиз. 1997. Т. 38. № 7.
- Кузнецов В.В. Прогноз положения южного магнитного полюса на 1999 г. // ДАН. 1998. Т. 361. № 2. С. 348-251.
- Kuznetsov V.V. A model of virtual geomagnetic pole motion during reversals, (1999), *Phys. Earth Planet. Inter.*, 115, 173-179.
- Кузнецов В.В., Л.Р.Ньюитт. По следам магнитных полюсов. Земля и Вселенная. 2001. № 5. С. 55-63.

Кузнецов В.В. Причина ускорения дрейфа северного магнитного полюса: джерк или инверсия? //Геомagnetизм и аэрономия. 2006. Т. 46. № 2. С. 280-288.
V. Kuznetsov «North magnetic pole motion: jerk or reversal?» 2005-A-00190. IIGG, Перуджа, Италия 2007.