

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ОСИ СИММЕТРИИ КОЛЬЦЕВОГО МАГНИТОСФЕРНОГО ТОКА

Известно, что магнитный полюс Земли движется с ускорением и в настоящее время проходит ≈ 50 км/год (Olsen & Manda, 2007). В тоже время геомагнитный (дипольная часть поля) полюс, являющийся фиктивным (расчётным), не может быть найден экспериментально и почти не изменяет положения. Считается, что внешний кольцевой магнитосферный ток удерживается именно дипольным полем. Его низкочастотные вариации позволяют определять положение оси его симметрии и соответствующий ей полюс, который, как показано экспериментально, прецессирует вокруг геомагнитного полюса.

Ключевые слова: вариации оси кольцевого магнитосферного тока.

Метод определения азимута на полюс, образуемый пересечением оси симметрии внешнего кольцевого тока с поверхностью Земли, использует лишь спектры наблюдаемых ортогональных компонент горизонтального магнитного поля Земли (Семёнов, 1985). Этот метод очень прост, если источником поля является один лишь кольцевой ток, что выполняется на практике для периодов вариаций поля более нескольких суток. Поле кольцевого тока, удерживаемое дипольным магнитным полем считается на Земле постоянным вне сильных магнитных бурь (Maus & Lühr, 2005), а его ось должна была бы вращаться вместе с геомагнитным полюсом. Тангенциальная компонента этого поля линейно поляризована и направлена приблизительно на геомагнитный полюс (Kharin & Semenov, 1986).

Для определения направления тангенциальной компоненты поля используют азимут минимальных величин когерентностей между ортогональными горизонтальными компонентами на их полярной диаграмме. Максимальные величины когерентностей зависят от доли поля кольцевого тока в суммарном магнитном поле в рассматриваемом диапазоне частот. Мощность магнитосферного тока не велика до периодов в несколько дней (рис. 1).

Направлений с минимальными когерентностями два: одно указывает направление (рис. 2) полного горизонтального поля внешнего магнитосферного кольцевого тока (поле внутреннего – мало), а другое (ортогональное) включает лишь некоррелированные шумы и совпадает с

направлением тока индуцированного этим источником поля. Азимут полного горизонтального поля определяется непосредственно из диаграммы, если наблюдения были сделаны в географической системе координат. Для примера, были проанализированы среднечасовые значения нескольких обсерваторий Европы, Сибири и Японии. Положение полюса оценивалось по азимутам двух обсерваторий и расстоянию между ними путём решения сферического треугольника. Результаты показали, что определение положения геомагнитного полюса надёжны лишь для обсерваторий, значительно разнесённых по долготам.

Следует особо отметить два момента методики: (1) важно какая из регистрируемых величин поля принята за суточное значение и (2) насколько отфильтрованы суточные осцилляции поля, возникающие вследствие вращения Земли в неоднородном поле с источником в ионосфере. Так, например, если при анализе часовых значений поля выбрать некий временной интервал отсчитываемый сначала от нулевого, затем от первого, второго и т.д. часа, то полученный результат будет включать суточную вариацию азимута на полюс поля кольцевого магнитосферного тока в диапазоне периодов до суток. А если, удалив все вариации с периодами менее суток, за среднесуточные значения поля принимать по порядку последующие часовые величины записи (UT), то, как показано на Рис. 3, азимут на геомагнитный полюс будет меняться с суточной периодичностью в диапазоне периодов от 6 до 20 дней.

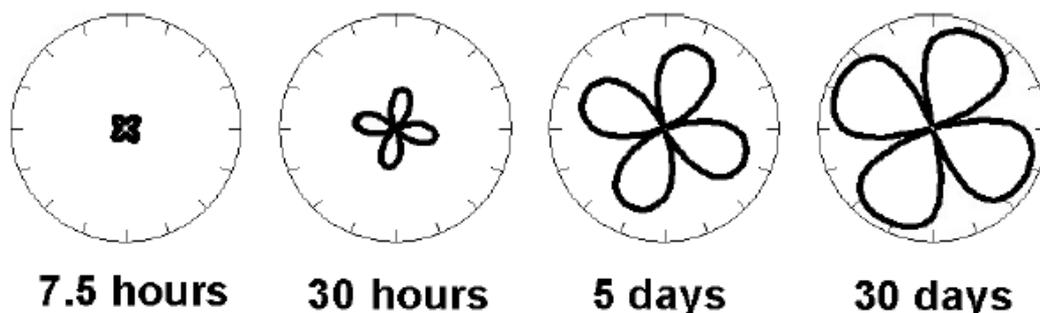


Рис. 1. Полярные диаграммы когерентности между компонентами X и Y для обсерватории KIV на разных периодах (Semenov et al., 2011)

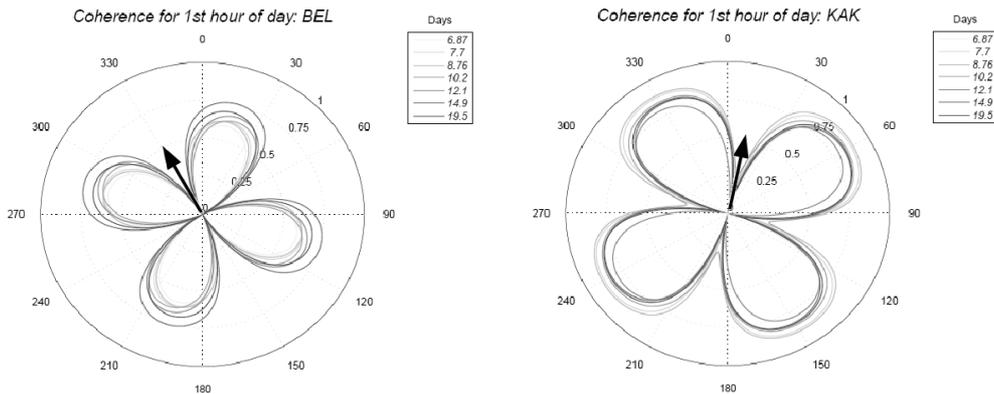


Рис. 2. Полярные диаграммы когерентности между ортогональными горизонтальными компонентами поля для Европейской обсерватории BEL (слева) и Японской (КАК) (справа) и направления на полюс поля кольцевого магнитосферного тока (стрелки)

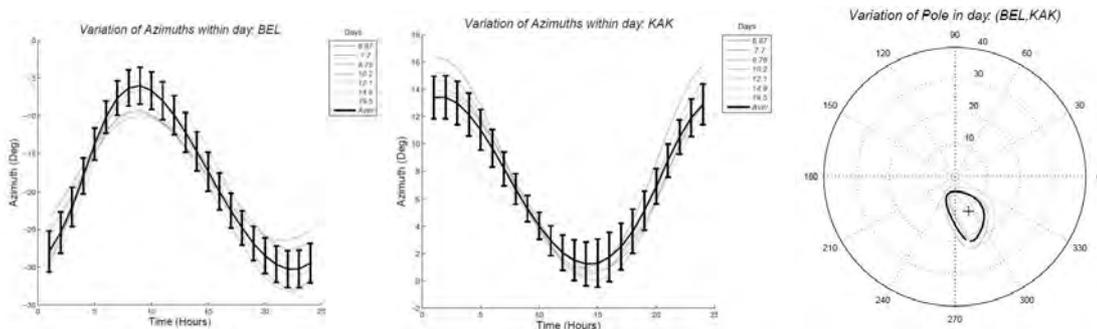


Рис. 3. Суточные изменения азимутов на полюс поля магнитосферного тока в обсерваториях BEL (слева), КАК (в центре) и рассчитанные прецессии этого полюса в течение суток (слева) вокруг геомагнитного полюса (крест).

Из приведённой прецессии (Рис. 3) следует, что среднее расхождение геомагнитного полюса и полюса магнитосферного источника поля (ПМИ) составляет $\approx \pm 8^\circ$ по широте для периодов 5 – 20 суток. Этот факт важен для магнитовариационного зондирования Земли на этом источнике поля. Действительно, в координатах связанных с ПМИ положение обсерватории будет варьировать, хотя ранее оно считалось постоянным и совпадающим с геомагнитными координатами (Banks, 1969). Например, на однородной, непроводящей сфере магнитосферный источник (ток $\approx 10^6$ А) индуцирует поле $B \approx 24$ гаммы, компоненты которого зависят от ко-широты θ в координатах связанных с ПМИ: $Z = B \cos \theta$ и $H = B \sin \theta$. Здесь Z – вертикальная, а H – полная горизонтальная компоненты вариаций поля. Тогда координаты обсерватории, находящейся на 45° геомагнитной ко-широты будут меняться от 37° до 53° в системе координат связанных с ПМИ. Соответственно, горизонтальная и вертикальная компоненты поля будут изменяться на ≈ 5 гамм/сутки. В связи с одновременными изменениями долготы ПМИ эти суточные вариации не ожидаются строго синусоидальными. Таким образом, показано экспериментально, что внешний магнитосферный

ток контролируется дипольным магнитным полем Земли, но его ось симметрии прецессирует вокруг геомагнитного полюса с периодом одни сутки.

Литература

Семёнов В.Ю. Обработка данных магнито-теллурического зондирования //1985. "Nedra". Moscow. 133 p.
 Banks R.J. Geomagnetic variations and the electrical conductivity of the upper mantle // Geophys. J. R. Astron. Soc. — 1969. — **17**. — P. 457–487.
 Kharin E.P., Semenov V.Yu. The curve of deep magnetovariation sounding in Pacific Ocean obtained by continuum spectrum method // France, Annales Geophysical. B. — 1986. — 4. — P. 329-334.
 Maus, S., H. Lühr. Signature of the quiet-time magnetospheric magnetic field and its electromagnetic induction in the rotating Earth // 2005. *Geophys. J. Int.* — **162**, — P. 755–763.
 Olsen N., Manda M. Will the magnetic north pole move to Siberia? // Eos, AGU. — 2007. — **88**, № 29. — P. 294-295.
 Semenov V.Yu., Ladaniivskyy B.T., Nowozynski K. New induction sounding tested in Central Europe // Acta Geophysica. – 2011. – 59. – № 5. – P. 815-832.

**МІНЛИВІСТЬ РОЗТАШУВАННЯ ОСІ СИМЕТРІЇ КІЛЬЦЕВОГО
МАГНІТОСФЕРНОГО СТРУМУ**

В.Ю. Семенов, Я. Возар, Ю.П. Сумарук, Б.Т. Ладанівський

Відомо, що магнітний полюс Землі рухається з прискоренням і в даний час проходить ≈ 50 км / рік (Olsen & Manda, 2007). У цей же час геомагнітний (дипольна частина поля) полюс, який є фіктивним (розрахунковим), не може бути знайдений експериментально і майже не змінює положення. Вважається, що зовнішній кільцевий магнітосферний струм утримується саме дипольним полем. Його низькочастотні варіації дозволяють визначати положення осі його симетрії і відповідний їй полюс, який, як показано експериментально, прецесує навколо геомагнітного полюса.

Ключові слова: варіації осі кільцевого магнітосферного струму.

VARIABILITY OF THE SYMMETRY AXIS OF THE MAGNETOSPHERIC RING CURRENT

V.Yu. Semenov¹, J. Vozar^{2,3}, Yu.P. Sumaruk⁴, B.T. Ladanivskyi⁵

It is known that magnetic poles of the Earth is accelerated and is now being ≈ 50 km/year (Olsen & Manda, 2007) while the geomagnetic pole (the dipole part), which is computed (fictitious) value, has much less velocity. It is believed that the magnetospheric outer ring currents are held by the dipole part of the Earth's magnetic field. The low frequency magnetic variations of that source allow determine the current position of the source axis and its corresponding pole which as shown experimentally precesses around the geomagnetic pole.

Key words: Variations of the ring current axis.

¹*Институт Геофизики Польской Академии Наук, Варшава.*

²*Институт Геофизики Словацкой Академии Наук, Братислава.*

³*Институт передовых исследований, Дублин.*

⁴*Институт Геофизики Национальной Академии Наук Украины, Киев.*

⁵*Карпатское отделение Института Геофизики Национальной Академии Наук Украины, Львов*