

ПРИБЛИЖЕННЫЙ РАСЧЕТ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ

Запропонована наближена формула для розрахункового визначення магнітного моменту Землі, що базується на новій моделі внутрішнього електричного джерела постійного геомагнітного поля. Дане електричне джерело на сучасному геофізичному етапі розвитку Землі засноване на природних кругових коаксіальних надмірних електронних (негативних) струмах, що обертається спільно з твердою корою зовнішньої сферичної частини напіввідкої електропровідної мантії Землі. Результати чисельної оцінки по запропонованій формулі магнітного моменту Землі і їх порівняння з наявними експериментальними даними свідчать про їх добру кореляцію.

Предложена приближенная формула для расчетного определения магнитного момента Земли, базирующаяся на новой модели внутреннего электрического источника постоянного геомагнитного поля. Данный электрический источник на современном геофизическом этапе развития Земли основан на естественных круговых коаксиальных избыточных электронных (отрицательных) токах вращающейся совместно с твердой корой наружной сферической части полужидкой электропроводящей мантши Земли. Результаты численной оценки по предложенной формуле магнитного момента Земли и их сравнение с имеющимися экспериментальными данными свидетельствуют о их хорошей корреляции.

ВВЕДЕНИЕ

Важной характеристикой любого микро – или макрообъекта, обладающего собственным электрическим током и магнитным полем, является его магнитный момент P_0 , носящий векторный характер и указывающий на внутреннюю электромагнитную природу образования его магнитного поля. К числу таких макрообъектов относится планета Земля, характеризующаяся слабым биполярным практически постоянным магнитным полем (ПМП) и обладающая на нынешнем этапе своего геофизического состояния южным магнитным полюсом S_m в области северного географического полюса Земли и северным магнитным полюсом N_m в области ее южного географического полюса [1]. Это обстоятельство имеет важное и определяющее влияние на биологическую и техническую сферы среды жизнеобитания человечества, на растительный и животный мир нашей планеты [2]. Из-за того, что до сих пор в области физики Земли отсутствует классическая теория внутреннего электрического или иного типа источника ее биполярного ПМП (при наличии ряда научных гипотез происхождения такого поля, например, теории гидромагнитного геодинamo в жидкой металлической субстанции ядра Земли [3,4] или теории гравитационных электрических зарядов массы Земли [5]) на сегодня нет ясных физических и соответственно четких математических подходов и по расчетному определению величины магнитного момента P_M для Земли. Автором в [6, 7] были предложены новый физический механизм генерирования внутренним электрическим источником и новая гипотеза инверсии биполярного ПМП вращающейся против часовой стрелки (с запада на восток) Земли, основанные на обусловленном действием электродинамической силы Лоренца радиальном постоянном токе свободных электронов и естественных для нее круговых коаксиальных постоянных электронных (отрицательных) или ионных (положительных) токов, протекающих во вращающейся совместно с твердой корой наружной сферической части ее вязкой (полужидкой) электропроводящей мантши. Представленные в [6, 7] новые гео- и электрофизические данные позволяют получить простые математические соотношения для приближенного расчетного определения величины магнитного момента P_M Земли.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАСЧЕТА МАГНИТНОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ

Рассмотрим в сферической системе координат вращающуюся против часовой стрелки (с запада на восток) с круговой частотой $\omega_3 = 2\pi T_3^{-1} = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ и периодом суточного обращения $T_3 = 86,4 \cdot 10^3 \text{ с}$ Землю (рис. 1), содержащую тонкую слабо электропроводящую твердую кору толщиной h_k порядка 10^5 м , упрощенную однослойную полужидкую электропроводящую мантши наружным радиусом $R_p = 6,3 \cdot 10^6 \text{ м}$ и температурой не менее $2 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$, примыкающую внутри к центральному сплошному жидкому металлическому ядру радиусом $R_j = 3,5 \cdot 10^6 \text{ м}$ с температурой не менее $5 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$ [1-4].

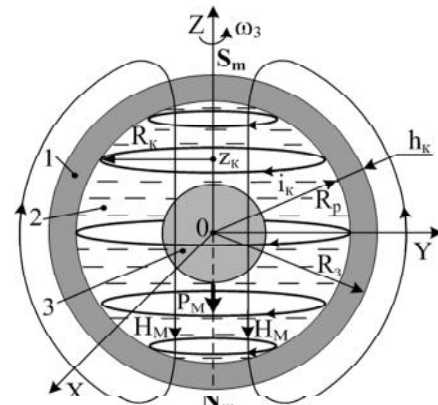


Рис. 1. Расчетная схема модели внутреннего электрического источника Земли для приближенного определения ее магнитного момента P_M (1 – твердая кора; 2 – полужидкая мантша; 3 – жидкое ядро)

Так как для Земли, практически равномерно движущейся в космическом пространстве в плоскости эклиптики со скоростью $v_{3c} = 29 \cdot 10^3 \text{ м/с}$, выполняется соотношение вида $v_{3c} \ll v_c$, где $v_c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света в вакууме [8], то рассматриваемые ниже физико-механические и электрофизические процессы будут не зависеть от выбора точки привязки указанной выше инерциальной системы отсчета. Считаем, что для нынешнего типа биполярного ПМП Земли характерно протекание в наружном сферическом слое полужидкого расплава мантши (возможно в слое с

зоны Мохоровичича, находящемся непосредственно под ее твердой корой [9]), вращающемся с угловой частотой ω_3 совместно с твердой корой против часовой стрелки (с запада на восток), круговых коаксиальных постоянных избыточных электронных (отрицательных) токов i_k .

Принимаем, что в наружном вращающемся слое расплава мантии с токами i_k усредненная объемная плотность (концентрация) свободных электронов, обладающих модулем элементарного электрического заряда $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл [9], составляет величину, равную n_{e0} . Так как в электротехнике за положительное направление электрического тока принимается направление движения положительно заряженных частиц [10], то в дальнейших электромагнитных расчетах круговые постоянные токи i_k будут согласно прилагаемому рис. направлены нами по часовой стрелке (с востока на запад). Сверхтонкие витки данных токов i_k будут характеризоваться переменным вдоль оси вращения OZ (по высоте верхнего и нижнего полушарий Земли) радиусом $R_k = (R_p^2 - z_k^2)^{1/2}$, где z_k – расстояние между параллельными плоскостями вращающегося кольцевого k -го по высоте северной и южной земных полусфер токового слоя мантии и экватора Земли. Максимальное число витков K_p этих круговых токов i_k с переменным радиусом R_k вдоль наружного сферического слоя мантии в обоих полушариях Земли по их параллелям будет составлять значение, равное примерно $K_p = \pi R_p / a_p$, где $a_p = n_{e0}^{-1/3}$ – взаимное расстояния между соседними свободными электронами расплава мантии [8]. Расчетную оценку магнитного момента P_M Земли осуществим в приближении того, что ось ее кругового вращения OZ совпадает с осью биполярного геомагнитного поля (в действительности данные оси для нашей планеты разнесены друг от друга на угол, составляющий около $11,5^\circ$ [1, 11]). Тогда с учетом принятой модели круговых постоянных электронных токов в мантии векторы напряженности H_M ПМП Земли и ее магнитного момента P_M в центральных внутренних частях ядра и полужидкого расплава мантии будут направлены вдоль оси вращения OZ от южного магнитного полюса S_m Земли к ее северному магнитному полюсу N_m (см. рис. 1).

2. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ

Используя известное положение классической физики о том, что магнитное действие замкнутых электрических токов i_k характеризуется их магнитным моментом P_k [12], с учетом применения принципа суперпозиции (наложения) к величинам P_k для суммарного магнитного момента P_M круговых коаксиальных постоянных избыточных электронных (отрицательных) токов i_k вращающегося против часовой стрелки (с запада на восток) наружного сферического слоя полужидкой мантии Земли в скалярной форме записи получаем следующее обобщенное аналитическое выражение:

$$P_M = \pi \sum_{k=1}^{K_p} i_k R_k^2, \quad (1)$$

где $i_k = 2\pi e_0 R_k / (a_p T_3)$ – круговой избыточный постоянный электронный ток k -го слоя радиусом R_k в наружной сферической вращающейся части мантии Земли [6, 7]; $R_k = (R_p^2 - z_k^2)^{1/2}$.

После элементарных преобразований в (1) выражение для P_M в рассматриваемом приближении можно записать в более конкретизированном и приемлемом для численного расчета виде:

$$P_M = \frac{2\pi^2 e_0}{a_p T_3} \sum_{k=1}^{\pi R_p / a_p} (R_p^2 - z_k^2)^{3/2}. \quad (2)$$

Количественная оценка числа членов в ряде (2) и соответственно числа K_p круговых коаксиальных постоянных избыточных электронных токов i_k вращающейся вместе с твердой корой наружной части полужидкой земной мантии, которые требуется учитывать при расчете P_M , показывает, что при $n_{e0} = 1,5 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$ ($a_p = 0,873 \cdot 10^{-9} \text{ м}$) и $R_p = 6,3 \cdot 10^6 \text{ м}$ они могут численно составлять порядка $2 \cdot 10^{16}$. Для обеспечения с помощью (2) при таком огромном числе K_p тонких кольцевых контуров (витков) природного сфероподобного постоянного электромагнита с электронными токами i_k практической реализуемости расчетных оценок величины P_M , сравнительно малых затрат машинного времени и упрощения рассматриваемых численных расчетов на ПЭВМ с наперед заданной точностью вычисления ϵ_p требуемых величин автором в [6, 7] применительно к численной оценке значений напряженности ПМП Земли был предложен оригинальный физико-математический прием. Используя этот прием, базирующийся на заданном расхождении $\lambda = (1 - \epsilon_p)$ в смежных по высоте z_k токовых слоях ($k+1$) и k толщиной $R_p = (1 - \lambda^2)^{1/2}$ значений напряженности H_M ПМП на оси вращения OZ Земли, на основе (2) для величины P_M в окончательном виде получаем следующее приближенное расчетное соотношение:

$$P_M = \frac{4\pi^2 e_0 R_p (1 - \lambda^2)^{1/2} (1 - \lambda^2)^{1/2}}{a_p^2 T_3} \sum_{k=1}^{(1 - \lambda^2)^{1/2}} (R_p^2 - z_k^2)^{3/2}, \quad (3)$$

где $z_k = k R_p (1 - \lambda^2)^{1/2}$; $k = 1, 2, 3, \dots, (1 - \lambda^2)^{1/2}$.

Из (3) следует, что при используемой модели внутреннего электрического источника ПМП Земли, основанного, прежде всего, на естественных круговых коаксиальных избыточных электронных (отрицательных) токах вращающейся совместно с твердой корой против часовой стрелки (с запада на восток) наружной сферической части полужидкой мантии, величина магнитного момента P_M Земли определяется, главным образом, такими характеристиками ее мантии как a_p и R_p . Пространственная ориентация вектора магнитного момента P_M внутри Земли зависит от вида естественно протекающего электрического тока в наружном неизменно вращающемся с твердой корой против часовой стрелки (с запада на восток) сферическом слое полужидкой мантии – то ли как на современном этапе состояния ее ПМП избыточного электронного (отрицательного) тока или как возможного в будущем (после инверсии ПМП Земли и смены его магнитных полюсов) избыточного ионного (положительного) тока. Проведенный с помощью (3) численный эксперимент показал, что при ранее указанных численных значениях

ях основных исходных параметров ϵ_0 , T_3 , R_p и a_p результаты расчета величины P_M при $\lambda = 0,999$ (для максимального значения k , равного $k_m = 22$, при точности вычисления $\epsilon_p = 0,001$, то есть до третьей значащей цифры после запятой) и $\lambda = 0,99999$ (для $k_m = 223$ при $\epsilon_p = 10^{-5}$ и точности вычисления до пятого знака после запятой) отличаются друг от друга не более чем на 3%. Поэтому при практическом решении задач прикладной геофизики с применением расчетного соотношения для величины P_M в выражении (3) можно ограничиться значением параметра λ , равным 0,999.

3. ПРИМЕР ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА МАГНИТНОГО МОМЕНТА ЗЕМЛИ

Выполним численную оценку по (3) величины модуля магнитного момента P_M Земли при следующих исходных геофизических параметрах: $R_3 = 6,4 \cdot 10^6$ м; $R_p = 6,3 \cdot 10^6$ м; $T_3 = 86,4 \cdot 10^3$ с; $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл; $n_{e0} = 1,5 \cdot 10^{27}$ м⁻³; $a_p = 0,873 \cdot 10^{-9}$ м; $\lambda = 0,999$; $k_m = 22$. После подстановки этих данных в (3) и выполнения в нем на ПЭВМ с помощью стандартной программы MathCAD 13 операции суммирования для величины P_M получаем численное значение, равное примерно $85,69 \cdot 10^{21}$ А·м². Для сравнения этого приближенного расчетного значения P_M с известными в области геофизики данными применительно к магнитному моменту планеты Земля отметим, что экспериментально определенный магнитный момент Земли по состоянию на 1995 год составлял $P_M = -78,12 \cdot 10^{21}$ А·м² [5, 9]. Знак минус в последнем выражении указывает на то, что магнитный момент P_M Земли направлен в сторону, противоположную её механическому моменту, а ее северный магнитный полюс N_m совпадает с южным географическим полюсом Земли. Из представленных выше количественных данных для магнитного момента Земли видно, что найденное предложенным здесь приближенным расчетным путем значение P_M отличается от его опытной величины примерно на 9%. Такое расхождение в указанных значениях P_M может свидетельствовать о вероятной работоспособности предложенной в [6, 7] приближенной модели внутреннего электрического источника биполярного ПМП Земли, согласно которой вектор P_M будет ориентирован вдоль оси вращения OZ Земли и его направление будет определяться полярностью избыточных электрических зарядов в огромном числе K_p сверхтонких витков с естественными круговыми коаксиальными постоянными электронными (ионными) токами вращающейся наружной сферической части полужидкой электропроводящей земной мантии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе ранее предложенной автором приближенной модели естественным образом возникающих во вращающейся вместе с твердой корой наружной сферической части полужидкой электропроводящей мантии Земли круговых коаксиальных постоянных избыточных электронных (отрицательных) токов получена простая расчетная формула (3) для определения модуля магнитного момента P_M Земли. Численная оценка величины P_M по предложенной формуле показала, что при принятых исходных геофизических данных для нашей планеты и ее внутрискрустных

частей результаты приближенного расчета магнитного момента Земли хорошо согласуются с его экспериментальными данными.

2. Принципиально важным является то, что магнитный момент P_M Земли в соответствии с используемой здесь новой моделью внутреннего электрического источника ее биполярного ПМП, описанной автором в [6, 7], может формироваться за пределами ее огромного с наружным радиусом R_A центрального жидкого высокотемпературного металлического ядра в области наружной вращающейся совместно с твердой корой против часовой стрелки (с запада на восток) сферической части полужидкой электропроводящей мантии Земли с внешним радиусом R_p .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яновский Б.М. Земной магнетизм. – М.-Л.: Главсевморпути, 1941. – 283 с.
2. Манин А.С. История Земли. – М.: Наука, 1980. – 224 с.
3. Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. Гидромагнитное динамо как источник планетарного, солнечного и галактического магнетизма // Успехи физических наук (Москва). – Том 152. – Вып. 6. – 1987. – С. 263-284.
4. <http://2012new.org/?p=972>
5. <http://n-t.ru/tp/mr/pmpz.htm>
6. Баранов М.И. Постоянное магнитное поле планеты Земля. Новая гипотеза происхождения и его приближенный расчет // Электротехника і електромеханіка. – 2010. – № 5. – С. 66-70.
7. Баранов М.И. Приближенная модель радиального распределения свободных электронов в мантии Земли и инверсия геомагнитного поля // Электротехника і електромеханіка. – 2010. – № 6. – С. 65-68.
8. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1990. – 624 с.
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
10. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. Том 1. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 536 с.
11. Белов К.П., Бочкарев Н.Г. Магнетизм на Земле и в космосе. – М.: Наука, 1983. – 192 с.
12. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики / Отв. ред. В.К. Тартаковский. – Киев: Наукова думка, 1989. – 864 с.

Поступила 27.07.2010

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., с.н.с.
НИПКИ "Молния" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" 61013, Украина, Харьков, ул. Шевченко, 47
тел. (057) 707-68-41, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

M.I. Baranov

Approximate calculation of magnetic moment of the Earth.

An approximate formula for calculating magnetic moment of the Earth is introduced, the formula based on a new model of internal electric source of the permanent geomagnetic field. This electric source, at the present geophysical stage of the Earth development, is based on natural circular coaxial excess electron (negative) currents of the semifluid electroconducting Earth mantle that is rotating with the crust of the outer spherical part. Results of numeral estimation of the magnetic moment of the Earth with the formula presented and their comparison with available experimental information testify their good correlation.

Key words – semifluid mantle and liquid core of the Earth, circular electron currents of the Earth mantle, permanent magnetic field and magnetic moment of the Earth.