

Костюкова Нина Ивановна, Михайленко Борис Григорьевич

**МАГНИТНОЕ ПОЛЕ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2011/12/11.html](http://www.gramota.net/materials/1/2011/12/11.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2011. № 12 (55). С. 32-36. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2011/12/](http://www.gramota.net/materials/1/2011/12/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

УДК 519.6

Нина Ивановна Костюкова, Борис Григорьевич Михайленко  
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ<sup>©</sup>**Введение**

Авторы не видят необходимости считать, что в ядре *Земли* должна происходить *упорядоченная конвекция* его вещества. В таком случае наиболее разработанная в настоящее время модель *магнитного поля (МПЗ)*, основанная на использовании *механизма магнитогидродинамического динамо*, не может быть нами принята и тогда следует найти причину появления *МПЗ* непосредственно в нашей модели ядра *Земли*.

**Общее представление и оценки**

Рассмотрим процессы, происходящие (согласно нашей модели) в слое *F* - пограничном слое между «твердым» внутренним ядром и наружным - «жидким».

По уравнению Клапейрона-Клаузиуса, распределение температуры как функция давления:

$$\frac{dT}{dp} = \frac{V_n - V_{ж}}{V} * T,$$

где  $V_n, V_{ж}$  - удельные объемы пара и жидкости,  $V$  - теплота фазового перехода. Обычно  $V_n > V_{ж}, V > 0, \frac{dT}{dp} > 0$ , однако в том случае, когда идет процесс разуплотнения пересжатого вещества и конденсация его в вещество с обычной плотностью, должно быть:  $V_n < V_{ж}, \frac{dT}{dp} < 0$  (*инверсия температуры*). Из-

вестно также, что в области  $T \cong T_{kp,V} \rightarrow 0$ , а это означает возможность сколь угодно больших величин  $\frac{dT}{dp}$ .

Температура вещества порядка  $T \cong (I-5) * 10^4$  К должна приводить к его термической *ионизации*. Оценим степень *ионизации по формуле Саха* для константы ионизационного равновесия  $K_p$ :

$$K_p = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} p = \left(\frac{2\pi m}{h^2}\right)^{3/2} (kT)^{5/2} \exp\left(\frac{e\phi}{kT}\right),$$

где  $p$  - давление «газа», равно давлению в центре *Земли* ( $3,5 * 10^6$ ) атм.,  $\alpha$  степень *ионизации* ( $\alpha \ll 1$ ),  $\phi$  - *потенциал изоляции* ( $\cong 12$  эВ). *Степень ионизации*, рассчитанная по этой формуле, оказывается: для *G*-ядра ( $kT \cong 5$  эВ),  $\alpha \cong 1\%$ , для *F*-слоя ( $kT \cong 1$  эВ),  $\alpha \cong 0,01\%$ . Плотности электрических зарядов соответственно,  $n_e \cong 10^{20}$  I см<sup>3</sup> (для *G*-ядра и  $10^{18}$  для *F* слоя).

В *F*-слое за счет *температурного градиента* и различной подвижности зарядов возможно их разделение, то есть образование двойного электрического слоя.

Из *уравнения Гиббса-Гельмгольца* для *изобарно-изотермического процесса*, ЭДС образовавшегося слоя равна

$$\varepsilon = e_p + T \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T}\right)_p$$

где  $\varepsilon$  - ЭДС,  $e_p$  - тепловой эффект, отнесенный к единице перенесенного заряда. Производная  $\frac{dT}{dp}$  в зависимости от условий конденсации может менять знак, его может менять и  $\varepsilon$ .

Возможный механизм, приводящий к разделению зарядов при их движении по *F*-слою, - термодиффузия. При *термодиффузии* тяжелые частицы (в нашем случае положительные ионы) должны двигаться по потоку тепла, легкие (электроны, либо отрицательные ионы) - против. Оценим эффект *термодиффузионного* разделения зарядов на примере:  $O^-$  и  $S_i^+$ . *Термодиффузионная постоянная*  $\alpha_i \cong 0,2$ . По определению,

$$\alpha_T = \frac{K_T}{n_{10} * n_{20}}, \text{ где } K_T - \text{термодиффузионное отношение, } n_{10} = \frac{n_1}{n_{10} + n_{20}} - \text{относительные концентра-$$

*ции компонент системы*. Положим (для простоты) двухкомпонентную смесь  $n_{10} = n_{20} = 0,5$ , тогда  $K_T = 0,05$ .

Величина *термодиффузионного разделения*:  $n_{10} = K_T (l_n T'/T)$ , где  $\frac{T'' - T}{\Delta R}$  - градиент температуры. Для разделения зарядов (*атомов, молекул*) порядка  $10^{-3}$  (0,1%),  $l_n (T'/T) = 0,02$ , или  $T'/T = 1,02$ , требуется

изменение температуры примерно на 2%. Положим, что на ширине слоя  $F$  (100 км) температура изменяется на  $(3-5) \cdot 10^3$  К, тогда получим отношение  $\frac{\Delta T}{\Delta R} = (3-5) \cdot 10^{-4}$  К/см. Отсюда следует, что при начальной плотности зарядов в  $F$  - слое  $n_e \cong 10^{18} 1/\text{см}^3$ , разделение зарядов с концентрацией  $n_e \cong 10^{15} 1/\text{см}^3$  концентрацией, возможно на значительно больших длинах (100 км,  $n_e \cong 10^{14} 1/\text{см}^3$ ).

Предположим, что в настоящее время в результате процессов разуплотнения - конденсации температура слоя  $E$  (на границе со слоем  $F$  оказалась выше, чем  $T_G$ ). Поток тепла при этом будет направлен в противоположную массопереносу сторону. Такое состояние должно сопровождаться постепенным уменьшением скорости конденсации, уменьшением скорости разуплотнения. Образованный в результате разделения двойной электрический слой будет иметь отрицательный заряд на внешнем радиусе, положительный - на внутреннем. При суточном вращении *Земли* это должно вести к образованию «замкнутых электрических токов», которые в свою очередь, являются причиной появления *МПЗ*.

Подобная идея была впервые высказана в начале двадцатого века *Сезерлендом*. Признания она, однако, не получила, поскольку им не было разработано сколько-нибудь убедительной гипотезы разделения зарядов, а также потому, что эта идея казалась противоречащей принципу относительности, ибо наблюдатель на поверхности *Земли*, вращаясь вместе с зарядами, остается неподвижным относительно них.

Оценим параметры двойного электрического слоя, который, вращаясь, обеспечивал бы наблюдаемую величину *дипольной компоненты МПЗ*. Примем *величину дипольной компоненты МПЗ*  $H \cong 0,5 \cong 40 \frac{A}{M} = 4 \cdot 10^3 A/\text{см}$ , частоту вращения *Земли*  $\omega \cong 10^{-4} \text{с}^{-1}$ . По нашей модели, *МПЗ* генерируется на радиусе  $R_G = 0,2R_3$ , причем, поскольку *дипольная компонента* уменьшается примерно как  $\frac{1}{r^3}$ , исходная величина поля, образуемая вращением двойного слоя, должна быть примерно в 125 раз больше ( $H_0 = 125, H = 5 \cdot 10^5 A/\text{см}$ ).

*Магнитное поле* вращающегося двойного слоя можно представить как разность двух полей; одного, образуемого «током»  $I_F$  с радиусом, и другого -  $R_F$

$$I_G \text{ с радиусом } R_G : H_0 = \frac{I_F}{R_F} - \frac{I_G}{R_G}, \text{ где } I_F = j_F \cdot S_F, j_F - \text{плотность «тока»}, S_F - \text{его сечение. Подставляя их}$$

значения:  $j_F = en_e w R_{f,S_F} \cong \pi R_F \cdot \Delta R$  и аналогичные для  $j_G, S_G$  получаем:  $H_0 \cong \pi \cdot e \cdot n_e \cdot w \Delta R^2$  ( $\Delta R = R_F - R_G$ ), полагая, что  $n_e$  - концентрация разделенных электрических зарядов, примерно равномерна по  $\Delta R$ .

Подставляя  $\Delta R \cong 100 \text{ км} = 10^7 \text{ см}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К}$ ,  $w = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$  и полученное нами значение  $H_0 = 5 \cdot 10^5 A/\text{см}$ , определим требуемую величину  $n_e$ . Она оказывается порядка  $n_e \cong 10^{14} 1/\text{см}^3$ , что, как мы показали выше, легко порождается действием механизма *механического термодиффузионного разделения зарядов*.

#### **Магнитные аномалии Земли и положение магнитных полюсов**

Предлагая тот или иной механизм образования *МПЗ*, следует найти объяснение по меньшей мере четырем его особенностям. К ним относятся:

- 1) связь *вековых вариаций МПЗ* с суточным вращением *Земли*;
- 2) *инверсия МПЗ*;
- 3) уменьшение его дипольной составляющей;
- 4) западный дрейф *недипольной составляющей*.

Первая особенность *МПЗ* объясняется просто:  $H_0 \approx w$ . Объяснение в нашей модели второй вытекает из наших представлений о процессах конденсации вещества в  $G$  - ядре и связанных с ним механизмов тепло - и *массопереноса* в  $F$  - слое. Отсюда следует, что полярность двойного электрического слоя (а значит и *инверсии МПЗ*) может (и даже обязана) периодически изменяться. Третья особенность также объясняется из предлагаемой модели *МПЗ*: его инверсия сопровождается постепенным уменьшением величины  $n_e$ , что приводит к уменьшению *дипольной компоненты*. Остается найти объяснение четвертой особенности *МПЗ* - *западного дрейфа недипольной составляющей*. Однако прежде остановимся на возможной причине появления *недипольной составляющей МПЗ* и как следствие этого - несовпадение *географических и магнитных полюсов*.

*Магнитные полюсы Земли* - точки на *Земной* поверхности, где магнитная стрелка располагается по вертикали, а горизонтальная составляющая магнитного поля *Земли* равна нулю. Координаты полюсов на 1975 г.:  $75^{\circ} 53 \text{ с.ш.}$ ,  $100^{\circ} 23 \text{ з.д.}$  и  $66^{\circ} 06 \text{ ю.ш.}$ ,  $139^{\circ} 36$ , *Северный магнитный полюс (СМП)* перемещается с течением времени по прямой, соединяющей две зоны с аномально высоким значением *МПЗ*. Одна зона находится в *Восточной Сибири*, другая - в *Канаде*. *Южный магнитный полюс (ЮМП)* расположен на побережье Антарктиды в вершине воображаемого треугольника, двумя другими вершинами которого являются два магнитных «фокуса» - *Южноафриканский и Южноамериканский*. Примерно в центре этого треугольника находится географический южный полюс.

Насколько нам известно, наиболее популярная и признанная в настоящее время модель **МПЗ**, основанная на использовании механизма магнитного динамо, не объясняет отмеченных особенностей расположения магнитных полюсов.

Вращение двойного электрического слоя обеспечивает образование **дипольной компоненты МПЗ**. При этом очевидно, что магнитные полюса должны совпадать с географическими. Нарушение этого совпадения, согласно нашей модели, вызвано магнитными аномалиями, возникающими в некоторых точках на поверхности  $G$  - ядра. Аномалии возникают в процессе неравномерной конденсации вещества  $G$  - ядра. В тех местах на поверхности  $G$  - ядра, в которых в течение эволюции **Земли** наиболее интенсивно происходило выделение вещества (за счет конденсации и разуплотнения), возможно образование «**впадин**». Там, где эти процессы ранее происходили менее интенсивно, возможно образование «**выступов**».

На поверхности **Земли**, в районах, соответствующих «**впадинам**» на внутреннем  $G$  - ядре, должны оставаться древние поднятия. Эти районы в настоящее время **тектонически** неактивны. В тех же районах на поверхности **Земли**, которые соответствуют «**выступам**», должны наблюдаться интенсивные **тектонические** процессы.

Изменение сферической конфигурации поверхности внутреннего  $G$  - ядра **Земли**, вызванное проявлением процессов конденсации вещества, будет приводить к пространственному перераспределению положения двойного электрического слоя, что, в свою очередь, вызовет появление **недипольной компоненты МПЗ**. Вектор магнитного поля, соответствующий аномалии типа «**впадина**», направлен к оси вращения **Земли**, что приведет для **Северного полушария** к увеличению амплитуды **МПЗ**. При этом окажется, что в той точке на поверхности **Земли**, где горизонтальная компонента **дипольной** составляющей **МПЗ** должна быть равна нулю, она будет неравна ему из-за влияния вектора магнитного поля аномалии. Эта компонента уравнивается с горизонтальной компонентой противоположного знака уже в другой точке поверхности **Земли**, где и будет наблюдаться только вертикальная компонента **МПЗ**. Эта точка и есть местоположение магнитного полюса **Земли**.

Аналогично предыдущему вектор магнитного поля, соответствующий аномалии типа «**выступ**» для **Северного полушария** приведет к ослаблению **дипольной компоненты МПЗ**. А для **Южного полушария** - к ее усилению. И в том, и в другом случае наличие магнитных аномалий, связанных с перераспределением электрических зарядов на поверхности  $G$  - ядра, приводит к изменению местоположения магнитных полюсов **Земли**. Этот эффект должен проявляться тем больше, чем ближе расположена аномалия к **географическому полюсу Земли**. В течение **эволюции Земли** возможно изменение интенсивности аномалий и их местоположения, что, в свою очередь, должно приводить к изменению местоположения **магнитных полюсов Земли**.

Обратим внимание на известный лабораторный эксперимент **А. А. Эйхенвальда**, который обнаружил появление магнитного поля, направленного вдоль по радиусу вращающегося **диэлектрического диска**, на котором были **индуцированы электрические заряды**. Величина магнитного поля в этих опытах была пропорциональна скорости вращения диска, его радиусу и концентрации **индуцированных зарядов**. Этот эксперимент может служить доказательством факта образования **магнитного поля** при вращении электрических зарядов.

Оценим, насколько реальна предложенная модель. Как отмечалось выше, **Северный магнитный полюс** находится на прямой, соединяющей две зоны с аномально высоким значением амплитуды **МПЗ**. Их координаты:  $67^{\circ}$  с.ш.,  $115^{\circ}$  в.д. в **Сибири** и  $58^{\circ}$  с.ш.,  $97^{\circ}$  з.д. в **Канаде**.

Будем считать, что на поверхности  $G$  - ядра имеются две аномалии типа «**впадин**». Подтверждением этому может служить тот факт, что на поверхности **Земли** в соответствующих районах имеются очень древние, **докембрийские поднятия**. Причина их образования, согласно нашей модели, состоит в том, что именно в этих местах происходила интенсивная «отработка» (конденсация и разуплотнение) вещества  $G$  - ядра, что и привело к образованию «**впадин**» на его поверхности.

Обозначим амплитуду горизонтальной составляющей вектора **МПЗ** в районе Сибирской аномалии через «**a**» ( $a \approx 0,1 \text{ Э}$ ), таким же образом, амплитуду в **Канаде** через  $b$  ( $b \approx 0,008 \text{ Э}$ ). Угол между вектором «**a**» и горизонталью обозначим  $\alpha$  ( $\alpha = 90^{\circ} - 67^{\circ}$  с.ш. =  $23^{\circ}$ ). Аналогично, угол между вектором  $b$  и горизонталью  $\beta$  ( $\beta = 90^{\circ} - 58^{\circ}$  с.ш. =  $32^{\circ}$ ). Определим угол  $\gamma$ , на который повернут относительно вертикальной оси (оси вращения **Земли**) вектор **МПЗ**:

$$\gamma = 90^{\circ} - \alpha - \text{arctg} \left[ \frac{b \sin(\alpha + \beta)}{a - b \cos(\alpha + \beta)} \right] \approx 15^{\circ},$$

что соответствует реальной величине этого угла. Это обстоятельство в какой-то мере может служить подтверждением реальности предлагаемой модели.

**Южный магнитный полюс**, так же как и **Северный**, смещен в сторону от географического. Возможная причина этого заключается в том, что на поверхности  $G$  - ядра также имеются две аномалии. Их проявление - магнитные аномалии («**фокусы**») **Южноамериканская** ( $60^{\circ}$  ю.ш.,  $100^{\circ}$  з.д.) и **Южноафриканская** ( $40^{\circ}$  ю.ш.,  $30^{\circ}$  в.д.). Угол: аномалия - географический полюс - аномалия, соответствует  $130^{\circ}$ , амплитуда горизонтальной составляющей для **Южноафриканской** -  $b = 0,15$ . Результирующий вектор горизонтальной компоненты ( $c \approx 0,17$ ) направлен примерно под углом  $30^{\circ}$  з.д. и соответствует линии нулевого магнитного склонения. Вектор горизонтальной компоненты **МПЗ** с амплитудой  $0,17$  на  $\alpha = 150^{\circ}$  в.д. находится примерно

на  $45^\circ$  ю.ш. Отсюда следует, что горизонтальная компонента *МПЗ* в районе *Южного полюса* равна нулю примерно на  $67^\circ 30'$  ю.ш., что так же, как и в отношении *Северного магнитного полюса*, неплохо соответствует реальному положению *Южного магнитного полюса*.

Известно, что амплитуда постоянного *МПЗ* медленно меняется со временем (так называемый вековой ход *МПЗ*), причем в некоторых районах *Земли* она увеличивается, в других - уменьшается. В районе *Восточно-Сибирской аномалии* амплитуда *МПЗ* возрастала со скоростью порядка  $+50 \gamma / \text{год}$ , в районе *Канадской аномалии* уменьшалась со скоростью около  $10 \gamma / \text{год}$ . Для горизонтальных компонент *МПЗ* направление его векового хода совпадает, поэтому суммарная скорость изменения относительно этих двух точек  $\cong 60 \gamma / \text{год}$ . Угол: *Сибирская аномалия* - центр *Земли* - *Канадская аномалия* составляет  $23^\circ + 32^\circ = 55^\circ$ . Этому углу соответствует суммарная амплитуда горизонтальных компонент *МПЗ*:  $0,1 + 0,08 = 0,18 = 1,8 \cdot 10^4 \gamma$ . Если пересчитать величину векового хода ( $60 \gamma / \text{год}$ ) в градусах:  $\frac{60 \cdot 55}{1,8 \cdot 10^4} = 0,18^\circ \gamma / \text{год}$ , то получим фиксируемую величину западного дрейфа *СМП*.

Для *ЮМП* различная скорость увеличения амплитуды *МПЗ* (вертикальной компоненты) *Южноафриканской* ( $+130 \gamma / \text{год}$ ) и *Южноамериканской* ( $+160 \gamma / \text{год}$ ) аномалий также (аналогично предыдущему) должна приводить к его западному дрейфу - при условии, что горизонтальные компоненты в этих точках изменяются (увеличиваются) соответственно увеличению вертикальных компонент.

#### Корреляция магнитных аномалий с тепловыми и гравитационными

Оценим амплитуду аномалии *МПЗ*. Она, как следует из предыдущих расчетов, должна быть примерно равна амплитуде самого *МПЗ*. *Дипольная компонента МПЗ* определяется (по нашей модели) суточным вращением *Земли* (с частотой  $\omega$ ) разделенных на расстояние  $\Delta R$  электрических зарядов плотностью  $n_e$ :  $H = \pi \cdot e \cdot n_e \cdot \omega \cdot \Delta R^2$  ( $e$  - заряд электрона,  $\Delta R = R_F - R_G$ ). Оценивая аналогичным образом величину поля аномалии  $\Delta H$ , получаем зависимость  $\Delta H \approx h^2$ . Отсюда следует, что  $\frac{\Delta H}{H} \approx \left(\frac{h}{\Delta R}\right)^2$ , где  $h$  - характерный размер аномалии для  $h = 10 - 100$  км, что составляет примерно  $(0,1 - 1) \Delta R$ ,  $\frac{\Delta H}{H} = (10^{-2} - 1)$ .

Согласно нашей модели ядра *Земли* и его *МПЗ*, плотность ( $G$  - гравитационная постоянная,  $M_3$  - масса *Земли*,  $R_3$  - ее радиус). Гравитационная аномалия  $\Delta g$ , вызванная наличием в  $G$  - ядре выступа, может быть оценена следующим образом:  $\Delta g = \frac{GM_A}{(R_3 - R_G)^2}$ .

Отсюда следует, что  $\frac{\Delta g}{g} \approx \frac{M_A}{M_3}$

Причем, так как  $M_A \approx \rho_2 \cdot M_3 \propto \rho_3$  (плотность *Земли*),  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\rho_2}{\rho_3} \cdot \left(\frac{h}{R_3}\right)^3$ . Для  $h = 10 - 100$  км,  $\Delta g = 0,1 - 100$  мГал.

Величина теплового потока на поверхности *Земли*:  $Q \approx \frac{M_G \cdot V}{S_3}$ , где  $M_G$  - масса  $G$  - ядра,  $S_3$  - площадь поверхности *Земли*,  $V$  - теплота фазового перехода при конденсации вещества  $G$  - ядра. Величина аномалии теплового потока, вызванная наличием дополнительной массы  $M_A$ , рассчитывается аналогичным предыдущему  $\Delta Q \approx \frac{M_A \cdot V}{S_A}$ . Отсюда  $\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{h}{R_G}$ . Или для  $h = 10 - 100$  км,  $\frac{\Delta Q}{Q} = (10^{-2} - 10^{-1})$ .

Заметим, что величины  $\Delta H, \Delta g, \Delta Q$ , полученные для аномалии типа «выступ» и имеющие положительное значение по амплитуде относительно некоторого среднего, могут быть использованы и для оценок аномалий типа «впадина».

Источник аномалий находится на большой глубине ( $\approx 5000$ ) км). В связи с этим на поверхности *Земли* подобные аномалии должны иметь линейный размер порядка  $\approx 2h \frac{R_3}{R_G}$  и при  $h = 10 - 100$  км это дает величины 100-1000 км.

Предлагаемая модель *МПЗ*, образования и природы аномалий, их влияния на *МПЗ* и положение магнитных полюсов. Корреляции аномалий *МПЗ*, теплового потока и гравитационных носит качественный характер, однако она позволяет интерпретировать известные экспериментальные факты, не находящие объяснения ранее. В качестве подтверждения реальности рассмотренных моделей, приведем результаты некоторых исследований аномалий: *магнитных, гравитационных, тепловых*. Показано, что положительные *гравитационные аномалии* образуют две зоны. Одна из них практически совпадает с *тихоокеанским подвижным поясом, включая и юг Южноамериканского континента*. Вторая - захватывает *Северо-Восточную Атлантику, Западную Европу, Юг Африки и простирается в Восточную Антарктиду*.

Отрицательные гравитационные аномалии захватывают: одна - северо-восток Северной Америки, другая - районы Западно-Сибирской низменности.

Отмечена четкая, однозначная корреляция между возрастанием величины теплового потока и амплитудой положительных гравитационных аномалий для системы тихоокеанских островных дуг.

Отмечается связь между «рельефом» *Северной Америки и величиной МПЗ: Восточно-Сибирская и Бразильская* магнитные аномалии находятся во «*впадинах*» геоида, то есть в районах, *тектонически неактивных*, установленна корреляция между повышением геоида, связанным с зонами современного вулканизма, и величиной МПЗ.

Приведенные примеры свидетельствуют в пользу предлагаемой модели ядра *Земли* и его магнитного поля.

#### Магнитное поле планет

Оценим величину магнитного поля планет земной группы. Напомним, что в нашей модели она определяется скоростью вращения планеты, концентрацией частиц двойного электрического слоя и его размером  $\Delta R$ . На *Луне* и *Марсе*, где процессы конденсации прекратились, нет двойного электрического слоя, нет и магнитного поля. Однако оно должно было быть на этих планетах в более ранние периоды их эволюции, а следы его должны сохраниться в магнитных породах до настоящего времени. На *Меркурии* и *Венере* процессы конденсации и образования двойного слоя происходят и в наше время, следовательно, у этих планет должно быть и магнитное поле. Для простоты положим, что на этих планетах величины  $n_e, \Delta R$  равны земным, тогда их магнитное поле будет связано с величиной МПЗ  $H_{\oplus}$  только через частоту вращения планеты  $\omega$  (конечно речь идет о порядке величин). При этих условиях магнитное поле *Венеры* ( $\omega_{\odot} \approx 4 \cdot 10^{-3} \omega_{\oplus}$ )  $H_{\odot} \approx 4 \cdot 10^{-3} H_{\oplus}$ , а *Меркурия* ( $\omega_{\odot} \approx 1,7 \cdot 10^{-2} \omega_{\oplus}$ ),  $H_{\odot} \approx 1,7 \cdot 10^{-2} H_{\oplus}$ .

Посмотрим, каковы же магнитные поля планет в действительности. Относительно магнитного поля *Луны*: вызывает удивление, что породы на поверхности *Луны* обнаруживают сильную реликтовую намагниченность, показывая, что они затвердели в присутствии статического (неколебательного) поля напряженностью порядка 1 Гс. Это явление до сих пор не поддается объяснению.

Магнитное поле *Марса* было обнаружено при полете космических аппаратов «*Марс-2*» и «*Марс-3*» в 1972 г. и «*Марс-5*» в 1974 г. По предварительным оценкам величина поля на экваторе составляет около  $0,6 \cdot 10^{-3}$  Гс. С другой стороны, *Рассел* пересмотрел данные станций «*Марс-3*» и «*Марс-5*» и пришел к выводу, что наблюдаемые поля - это не более чем межпланетное поле, сжатое при обтекании планеты. Поэтому вопрос о существовании собственного поля *Марса* остается в настоящее время открытым.

Современные представления о природе магнитного поля заставляют предполагать, что в недрах *Меркурия* вряд ли действует динамо. Немалое удивление вызвало поэтому обнаружение магнитного поля «*Маринер-10*», который прошел вблизи планеты в 1974 г. и еще раз в 1975 г. Снятие магнитометром аппарата кривые объясняют лучше всего, если значение магнитного момента равно  $5,2 \cdot 10^{22}$  Гс/см<sup>3</sup>. Полярность такая же, как у *Земли*, дипольный момент направлен на юг. Ось диполя наклонена к оси вращения примерно на  $12^{\circ}$ . Поле на экваторе планеты равно  $4 \cdot 10^{-3}$  Гс. Таким образом, измеренное поле *Меркурия* составляет примерно:  $H_{\odot} \approx 10^{-2}$ .

Космические аппараты «*Маринер-2*» в 1962 г., «*Венера-4*» и «*Маринер-5*» в 1967, «*Маринер-10*» в 1974 г. и «*Венера-9*», «*Венера-10*» в 1975 и 1976 гг. не зарегистрировали следов собственного магнитного поля *Венеры*. Однако эти аппараты обнаружили в солнечном ветре вблизи *Венеры* ударную волну, форма которой может быть объяснена столкновением солнечного ветра с ионосферой *Венеры*. Этот факт *Рассел* объясняет наличием у *Венеры* дипольного магнитного поля с магнитным моментом около  $1,4 \cdot 10^{23}$  Гс/см<sup>3</sup> так что на экваторе планеты поле равно  $6 \cdot 10^{-4}$  Гс и вполне достаточно, чтобы оттолкнуть солнечный ветер от верхних слоев атмосферы. Магнитное поле *Венеры* не превышает  $2 \cdot 10^{-3} H_{\oplus}$ .

Полученные благодаря серии запусков космических аппаратов экспериментальные результаты по многим полям планет земной группы соответствуют (порядком величины) нашим оценкам. Этот факт также может служить подтверждением реальности предлагаемой модели МПЗ. В заключение отметим основные моменты, связанные с предлагаемой моделью МПЗ.

Образование магнитного поля на планете должно объясняться общей моделью ее строения. Оно должно иметь непосредственную связь с внутренним источником энергии, связь с механизмами, гравитационными и тепловыми аномалиями, дрейф полюсов, инверсия поля, магнитное поле других планет и так далее.

Если рассмотреть с этих позиций принятую в настоящее время модель МПЗ, основанную на механизме магнитного динамо, легко убедиться в том, что она не дает объяснения большинству из этих особенностей.

#### Список литературы

1. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненков В. В., Чолод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. С. 336.
2. Грю К. Э., Иббс Т. Л. Термическая диффузия в газах. М.: ГИТТЛ, 1956.
3. Дюк В., Сомойленко А. Data Mining. СПб.: Питер, 2001. С. 366.
4. Костюкова Н. И. Графы и их применение. Комбинаторные алгоритмы для программистов. М.: Интернет-университет информационных технологий, 2007. С. 312.
5. Яновский Б. М. Земной магнетизм. М.: ГИТТЛ, 1953.
6. www.kdnuggets.com