

Некоторые аспекты проблемы магнитного геодинamo и геодинамики

А. И. Гвелесани^{*}, Р.А. Цицкишвили^{**}, А.Р. Цицкишвили^{***}

^{*}380193 Грузия, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, Институт геофизики АН Грузии,
e-mail, <anzor_gvelesiani@yahoo.com>

^{**}380143 Грузия, Тбилиси, Университетская ул., 2, им. Ив. Джавахишвили Тбилисский
государственный университет, Механико-математический факультет,

^{***}380193 Грузия, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, Институт математики им. А. Размадзе
АН Грузии

I. Проблема магнитного геодинamo

1. Не останавливаясь на перечислении и анализе существующих гипотез и доказанных теорем, относящихся к проблеме земного гидромагнитного динамо, достаточно хорошо известных для того, чтобы требовать рассмотрения здесь, сразу же отметим одно несомненное обстоятельство, что до сих пор ни одна из многочисленных гипотез не может удовлетворительно объяснить происхождения и механизма действия геомагнитного динамо (ГМД) [1 - 9].

В первом приближении магнитное поле Земли представляется в виде поля, созданного простым диполем, помещённым вблизи центра Земли и наклонённым под углом около 11.5° к оси вращения Земли. Прямая линия, соединяющая два геомагнитных полюса, проходит мимо центра Земли на расстоянии в несколько сот километров от него.

Здесь предлагается астрономическая модель механизма действия ГМД [10].

2. Как известно, электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов, доказанное экспериментально опытами Толмена и Стюарта [6]. Ускоренное движение металлического проводника порождает в нём электрический ток. Твёрдое металлическое ядро Земли находится при высокой температуре, поэтому электроны в нём перемещаются в большем количестве и более свободно, чем при обычных условиях. Металлическое ядро Земли (с радиусом около 1300 км) движется всё время ускоренно по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой находится Солнце. Одновременно Земля вместе с ядром вращается равномерно вокруг своей оси. Причём, Земля от афелия до перигелия движется с положительным ускорением, а от перигелия до афелия - с отрицательным ускорением. При этом, что весьма важно, направление оси вращения Земли остаётся неизменным. Ускоренное движение Земли по орбите Земли порождает упорядоченное движение свободных электронов в её металлическом ядре. Движение свободных электронов в металлическом ядре происходит против направления движения часовой стрелки (и дополнительно в жидком ядре, её движением под напором твёрдой коры), если смотреть на Землю с северного полюса. Таким образом, в ядре Земли должен появиться электрический ток, порождающий магнитное поле Земли.

Отметим ещё один момент: из-за лунного притяжения твёрдое ядро давит на жидкую оболочку ядра в виде катящегося шара-катка в процессе вращения Земли, что

может привести к вращательному движению жидкой оболочки, образованию вихрей, волн сжатия и медленных волн Россби.

3. Магнитные поля распространены во вселенной. Из предложенной астрономической модели может быть объяснена изменчивость геомагнитного поля, её колебания и ряд процессов, происходящих внутри Земли и на её поверхности.

Несколько слов о прецессионных взаимодействиях с ядром Земли. Ядро Земли обладает меньшей эллиптичностью, чем мантия Земли. Поэтому при прецессии Земли Луна и Солнце воздействуют на мантию Земли с большими крутящими моментами, чем на ядро Земли. Чтобы мантия и ядро Земли прецессировали вместе, мантия должна действовать на ядро с некоторым крутящим моментом. Учётом крутящего момента, ввиду его слабости, вряд ли можно объяснить порождение магнитного поля Земли. Но прецессия, как результат взаимодействия Луны и Солнца с Землёй, вызывает изменение направления оси вращения Земли. Ось вращения Земли прецессирует таким образом, что полюс мира описывает вокруг полюса эклиптики малый круг радиуса $23,5^{\circ}$ с периодом около 26 000 лет. В настоящее время орбита Земли растянута незначительно (~ 0.01). Согласно расчётам Леверье за последние сто тысяч лет значение эксцентриситета (отношения расстояния между полюсами к длине большой полуоси) орбиты Земли колебалось в пределах от 0.01 до 0.06. Д. Кроль установил циклический характер изменения эксцентриситета, а именно, что интервалы времени большой растянутости орбиты Земли (~ 0.06) составляли несколько десятков тысяч лет, чередуясь с такой же длительности интервалами времени орбиты Земли с эксцентриситетом ~ 0.01 . При этом Кроль опирался на прецессионные циклы и циклы изменения формы орбиты Земли. М. Миланкович получил внушительные результаты, пользуясь тремя астрономическими факторами: изменение эксцентриситета земной орбиты, прецессионные циклы и наклон оси вращения Земли ($23.5^{\circ} \pm 1.5^{\circ}$), [10].

4. Для обоснования предлагаемой астрономической модели геомагнитного динамо необходимо использовать эти факторы – периодические циклы изменения эксцентриситета, прецессию и наклон оси вращения Земли. Далее следует установить связи между фактами, перечисленными ниже, согласно [7]. Величина поля магнитного диполя изменяется около среднего значения, близкого к современному. Известно, что только один период такого колебания магнитного диполя составляет $\sim 8\,000$ лет. Минимальное значение дипольного поля примерно в два раза меньше наибольшего значения. Продолжительность одной полярности диполя в среднем составляет около $2 \cdot 10^5$ лет. Более ранние периоды были 10^6 , 10^7 лет. Геомагнитные изменения представляют собой сложную автоколебательную систему, которая характеризуется определённым спектром колебаний. Теория и эксперимент доказывают, что в спектре этих колебаний содержатся частоты трёх значительно различающихся величин: 1) основная частота с периодом около $7.5 \cdot 10^3$ лет; 2) ряд колебаний средних частот с периодом $\sim 10^3$ лет (период западного дрейфа); 3) колебания высоких частот с периодами $\sim 10^3$ лет и менее. Даже среднее геомагнитное поле (осевой диполь) не является стационарным, а колеблется с периодом $\sim 7.5 \cdot 10^3$ лет.

Обоснованными являются средние периоды колебаний геомагнитного поля, имеющие значения $\sim 10^3$ лет, и, в частности, периоды, равные 550, 700, 1200, 1800 и 7000 лет и др. Эти цифры приводятся для увязки их с периодами прецессии, с периодами изменения эксцентриситета орбиты Земли, с периодами наклона оси вращения Земли. Наконец, принимая во внимание вышесказанное и результаты работы [9], нужно учесть все факторы изменения параметров геомагнитного динамо.

II. Проблема геодинамики

1. Выше обсуждался новый возможный механизм генерации геомагнитного поля на основе эффекта Стюарта-Толмена, обусловленного неравномерным вращением Земли вокруг Солнца и вращательным по часовой стрелке движением в жидкой коре Земли под действием и напором металлического ядра, как катка [10].

Естественно, что для получения значимых результатов необходим учёт сложной картины полей температурных напряжений в многослойной, различной толщины, сферической среде с усложнёнными граничными условиями на поверхностях геодных оболочек. Математикам, работающим в области теории упругости, хорошо известны математические трудности, возникающие при решении подобных задач. Поэтому они вынуждены прибегать к различным упрощённым моделям. Вместе с тем следует учесть собственные и вынужденные колебания отдельных оболочек. Эти вопросы в настоящей работе не рассматриваются.

Ниже в геодинамическом аспекте будет рассматриваться вопрос о взаимодействии между небесными телами, причём, в отличие от [7, 9, 11 - 13], рассматриваются силы и эффекты, дополняющие геодинамическую картину возможных последствий их действия; учитываются неравномерность вращения Земли вокруг Солнца и её гравитационное взаимодействие с Луной и Солнцем. Силы притяжения Луны и Солнца действуют на Землю и образуют приливные выступы на поверхностях океанов и морей и заставляют их двигаться по направлению движения часовой стрелки [14].

2. Благодаря действию силы притяжения Луны на Землю, с двух диаметрально противоположных сторон на поверхности Земли возникает плавное поднятие уровня океана на несколько десятков сантиметров. Это правило часто нарушается, так как Земля покрыта не только океанами и морями, а также сушей со сложной формой очертаний континентов и островов. Между местами поднятия происходит соответственно опускание уровня океана. Благодаря вращению Земли эти места поднятия и опускания перемещаются по поверхности Земли. Плавно поднятый горб – это трёхмерное тело. Если через точку максимальной толщины провести меридианную плоскость, в сечении получим луночку. При движении Земли вокруг своей оси Луна притягивает горб луночки. Так как Земля вращается вокруг своей оси быстрее, чем Луна обращается вокруг Земли (28 раз), силы притяжения, действующие на луночку-горб, вынуждают её двигаться по направлению движения часовой стрелки. Земля вращается против направления движения часовой стрелки. Это весьма существенное обстоятельство. Если считать, что большой горб находится в северном полушарии, тогда маленький горб будет находиться в нижнем полушарии, или, наоборот, маленький горб может находиться в северном полушарии, а большой горб в нижнем полушарии. Здесь заметим, что когда маленький горб находится в южном полушарии, то он тоже движется по часовой стрелке, если смотреть на Землю со стороны южного полюса. Луночки на теле Земли появляются приблизительно в пределах широт (-75° , 75°). Когда большая луночка перемещается в северном полушарии, тогда маленькая луночка перемещается в южном полушарии. Такой вариант допускается, когда Луна находится в северном полушарии. А когда маленькая луночка находится в северном полушарии эклиптики, тогда большая луночка находится в южном полушарии. Такой вариант допускается, когда Луна находится в южном полушарии эклиптики.

Следует учитывать и солнечные приливные луночки-горбы, хотя их амплитуды в три раза меньше лунных. Мы учитываем также совместное вращение Луны и Земли вокруг Солнца. Когда большой горб находится в южном полушарии, тогда маленький горб окажется в верхней полусфере Земли. Лунные и солнечные горбы инегда суммируются. Это может случиться тогда, когда Солнце, Луна и Земля находятся на одной линии.

3. Можно думать, что основные поверхностные течения Мирового океана создаются постоянно действующими лунно-солнечными силами в виде лунных горбов, которые вращаются постоянно по часовой стрелке на теле Земли. Весьма любопытно, что следуя траектории Луны в указанном выше интервале широт, можно заметить, что приливные горбы следуют по траекториям известных течений в Мировом океане и, по-видимому, накладываются на них.

Следуя лунной траектории, можно заметить, что приливные горбы описывают траектории хорошо известных поверхностных течений Мирового океана как в северном, так и в южном полушариях, и они накладываются друг на друга.

Когда большая луночка перемещается вдоль экватора, тогда образуется экваториальное движение и возникает соответственно противотечение, вызванное маленькой луночкой. Если большая луночка перемещается в северной части, тогда образуются Северное Пассатное и Канарское течения, Гольфстрим, Северо-Атлантическое и Норвежское течения. В эту схему не входит течение Ирмингера, Восточно-Гренландское и пр. течения, так как они косвенно порождены движениями луночек, но и другими причинами, которые связаны с очертаниями или границами множеств островов и проливов и др. причинами. Почти симметричное движение возникает ниже экватора, только движение осуществляется в противоположном направлении. Здесь имеем Бразильское течение, течение Западных Ветров, Южное Пассатное течение, течение Мыса Игольского, экваториальное противотечение, Северное Пассатное течение, Куроисио, Северо-Тихоокеанское Калифорнийское течения, Южное Пассатное, Восточно-Австралийское, Перуанское и течение Западных Ветров и т.д. Совершенно аналогичное поверхностное движение имеем в Тихом океане как в его северной, так и соответственно в южной частях (Рис. 1).

Вблизи северного и южного полюсов направления течений поверхностных вод совпадают с направлением вращения Земли против часовой стрелки, если соответственно смотреть со стороны полюсов.

Всё вышеизложенное может быть полностью распространено на движение солнечных приливных горбов. Перечисленные поверхностные течения Мирового океана, вызванные приливными силами Луны и Солнца, должны рассматриваться с учётом очертаний суши, температурных полей и др.

4. Аналогичные силы действуют и на твердую кору Земли, вызывая, естественно, слабее выраженные вздутия и углубления на ней. Благодаря вращению Земли, эти места поднятия и опускания уровня суши должны будут испытывать действие горизонтально направленных сил инерции. Что касается плит твёрдой коры различных размеров, то они, в зависимости от их массы, испытывают подобное действие Луны, видимо, наиболее эффективное для плит оптимальной массы (равных и несколько меньших по массе в сравнении с массой Луны), движение которых неизбежно приводит к землетрясениям.

5. Периодически повторяющиеся на орбите Земли процессы её торможения (от перигелия к афелию) и ускорения (от афелия к перигелию); приливные колебания твёрдой оболочки Земли; перманентное уменьшение угловой скорости вращения Земли; действие центробежных сил при винтовом движении вращающейся пары Земля-Луна вокруг их общего центра масс (направление оси вращения оставаться неизменным); неравномерность распределения масс; асимметрия рассматриваемых движений, деформации и формы Земли; несовместимость сферической и эллипсоидальной поверхностей с плоской поверхностью, не подверженных деформации, и т. д. – всё это в совокупности должно приводить, согласно теории устойчивости и сопротивления материалов, к неизбежной усталости и разрушению материала - твёрдой коры Земли, т.е. к землетрясению.

III. Приливные эффекты

1. О роли лунного и солнечного притяжений в главном течении вод с востока на запад в океанах, геодинамических процессах и компенсационных перемещениях, вызванных действием инерционных сил, мы коснулись выше. Здесь же остановимся на их роли в движениях и взаимодействии литосферных плит Земли, что, как известно, в свою очередь вызывает землетрясения вблизи границ последних.

В связи с вопросом об асимметричности поверхности земной суши относительно экваториального сечения Земли заметим, что, по-видимому, она связана с наклоном её оси вращения к эклиптике и движением вокруг Солнца.

2. Вышеприведённые рассуждения нам должны помочь для определения дополнительных сил, действующих на тектонические плиты. Как известно, непосредственно под литосферными плитами, в самой верхней части мантии находится тонкий слой горячего, местами расплавленного вязкого вещества (астеносфера), по которому и скользят плиты. В отдельных местах, скажем, в Срединно-Атлантическом хребте расплавленный материал выдавливается из астеносферы вверх в литосферу, где остывает и образует новую кору. Например, этот процесс отодвигает Южно-Американскую плиту от Африканской, а Северо-Американскую – от Евразийской. Описанный процесс называется разрастанием океанского дна. Эти силы, главные, которые вызывают перемещение и столкновение тектонических плит. Но кроме этих сил существуют силы притяжения Луны и Солнца, действующие на тектонические силы. Бесконечно малое замедление или ускорение вращательного движения Земли из-за асимметричности суши относительно экватора, могут появиться дополнительные напряжения и крутящие моменты вблизи экваториальной плоскости. Эти силы будут накладываться на давление, вызванные морскими течениями с востока на запад. Эти течения, вызванные контурами континентов и островов.

3. Океанскими течениями переносится огромная масса воды на многие тысячи километров. Сколько воды занято в этом огромном круговороте? Один только Гольфстрим переносит её приблизительно в 20 раз больше, чем все реки Земли. Ясно, с какими силами мы имеем дело. Между движущимися океанскими водами и тектоническими плитами возникают напряжения. Для примера возьмём северо- и южно-американский континенты. Вокруг этих континентов движутся поверхностные воды океанов. Движущиеся воды Атлантического океана с востока на запад вследствие притяжения Луны и Солнца взаимодействуют с континентом Северной Америки и стремятся повернуть Северо-Американский континент против направления движения часовой стрелки, а воды поверхностных океанских течений стремятся повернуть континент Южной Америки по направлению движения часовой стрелки. Указанные движения океанских вод создают вокруг обоих континентов Америки крутящие моменты сил. До определённого момента времени крутящие моменты сил будут увеличиваться, а затем в конце-концов произойдёт срыв, что вызовет землетрясение. Аналогично можно рассмотреть другие литосферные плиты. Например, движущиеся воды Атлантического океана стараются повернуть Северную Америку против часовой стрелки, аналогично тихоокеанское течение стремится повернуть против часовой стрелки свой американский континент. Силы течения океанских вод стараются повернуть континент Южной Америки в сторону движения часовой стрелки. В сумме эти силы стараются отделить Северную Америку от Южной Америки. Вследствие этого к этим силам добавляется действие силы притяжения Луны: если Луна находится в северном полушарии, тогда сила притяжения, направленная на запад, будет действовать на континент Северной Америки с большей силой, чем на континент Южной Америки. Силы кручения накапливаются на глубине континента Северной Америки будут действовать компенсационные силы, которые будут стараться вернуть континент в прежнее положение. Здесь будет происходить срыв или скольжение Северо-американской плиты. Подобные силы стремятся замедлить

движение Земли вокруг своей оси. В этом случае плиты по инерции будут продолжать движение с запада на восток. Гигантский материк Евразии по инерции будет стремиться подмять под себя Японскую плиту и её соседей.

4. Следует принять во внимание следующий вариант: в Восточно-тихоокеанском поднятии образование новой коры приводит к раздвиганию плит Тихоокеанской и Наска. В результате процесса раздвигания медленно движущиеся плиты сталкиваются друг с другом в других местах. В зонах столкновения поднимаются горные системы, возникают вулканы и другие явления. А если вести рассуждения наоборот, например Южный континент Америки стремится повернуться по направлению движения часовой стрелки. Тогда он будет сталкиваться с плитой Наска, вследствие чего Южно-Американская плита будет стремиться надвинуться на плиту Наска, а потом можно провести известные рассуждения о поднятии гор Анд, о глубоких землетрясениях и т.д. А в прилегающей зоне с севера (Северо-Американская плита) и с юга (Южно-Американская плита) закручивают Центрально-Американский жёлоб с одной стороны и вытесняют Карибскую плиту – с другой. Кроме вышеуказанных сил нужно учесть силы притяжения Луны и Солнца, действующие непосредственно на северный и южный континенты, на Центрально-Американский жёлоб и Плиту Кокос. А если окажется, что эти силы достаточны для сдвига с места вышеуказанных плит, то налицо нарушение равновесия, - и произойдёт землетрясение в указанном регионе. Аналогичные рассуждения можно провести применительно к другим тектоническим плитам и жёлобам (напр., Зондский, Филиппинский, Японский и др.).

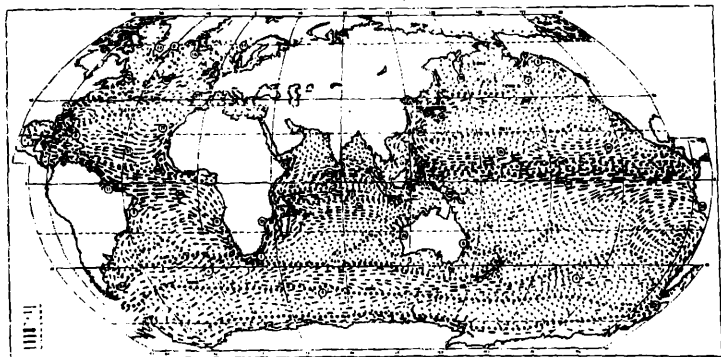


Рис. 1. Схема средних многолетних течений Мирового океана для зимы северного полушария (Schott, 1943), [11].

Литература

- [1] Паркер Е. Н. Космические магнитные поля, тт. 1, 2. М.: Мир, 1982, 608с., 479 с.
- [2] Моффат Г. Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. М.: Мир, 1980, 340 с.
- [3] Паркинсон В. Д. Введение в геомагнетизм. М.: Мир, 1986, 528 с.
- [4] Каулинг Т. Магнитная гидродинамика. М.: ИЛ, 1975, 132 с.
- [5] Яновский Б. М. Земной магнетизм. Л.: ЛГУ, 1959, 482 с.
- [6] Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982, 620 с.

- [7] Жарков В. Н. Внутренняя структура земли и планет. М.: Наука, 1983, 415 с.
- [8] Буссе Ф. Г. Магнитная гидродинамика геодинamo. Механика. N 33, Вихри и волны. М.: Мир, 1984, сс. 199 – 223.
- [9] Долгинов М. М. О движущей силе планетных динамо. Доклады РАН, 1994, т. 335, сс. 784 – 788.
- [10] Gvelesiani A., Tsitskishvili R, Tsitskishvili A. On the mechanism of the Earth's hydromagnetic dynamo. J. Georgian Geophys. Soc., 2003, v. 8B, pp. 146 - 148.
- [11] Океанология. Физика океана, т. 1 под ред. В. М. Каменковича и А. С. Моница. М.: Наука, 1978, 455 с.
- [12] Океанология. Геофизика океана, т. 2 под ред. О. Г. Сорохтина. М.: Наука, 1979, 416 с.
- [13] Гир Дж., Шах Х. Зыбкая твердь. М.: Мир, 1988, с. 125.
- [14] Gvelesiani A., Tsitskishvili R, Tsitskishvili A. Some aspects of the Earth's dynamics in light of the tidal forces. J. Georgian Geophys. Soc., 2003, v. 8A, pp. 117 – 119.

(Поступила в редакцию 20 декабря 2003 г)

მაგნიტური გეოდინამოს და გეოდინამიკის პრობლემების ზოგიერთი ასპექტი

ა. გველესიანი, რ. ციციქიშვილი, ა. ციციქიშვილი

რეზიუმე

1. შემოთავაზებულია ვეგომაგნიტური ველის გენერირების, დედამიწის საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის და ელიპსურ ორბიტაზე მზის გარშემო მოძრაობისას, ახალი შესაძლო პერმანენტულად მოქმედი მექანიზმი, დაკავშირებული სტიუარტ-ტოლმანის ელექტრომაგნიტურ ეფექტთან დედამიწის აჩქარებული და შენელებული მოძრაობის დროს.

2. შემოთავაზებულია მიწისძვრების სტიმულირების შესაძლო მექანიზმი, განპირობებული დედამიწის ფორმის და მასათა განაწილების ასიმეტრიით, განხილული მოძრაობების, დეფორმაციების, სხვადასხვა სახის გეოდინამიკური, მიმოქცევითი და ტალღური მოძრაობების ოკეანეებსა, დედამიწის მყარ ქერქსა და თხევად ბირთვში, ასიმეტრიით და ბრტყელ ზედაპირთან სუერული და ელიპსოიდალური ზედაპირების შეუთავსებლობით, როდესაც დეფორმაციებს არა აქვს ადგილი.

Some aspects of the magnetic geodynamo and geodynamics problems

A. Gvelesiani, R. Tsitskishvili, A. Tsitskishvili

Abstract

1. It is suggested a new permanently acting mechanism of the magnetic field generation during both the Earth's rotation about its axis and circulation around the Sun, connected with the electromagnetic Stuart-Tolman effect both during the accelerated and

slowed down motions of the Earth. It is interesting to consider the problem with well-known various variations of the geomagnetic field.

2. It is suggested a possible mechanism of stimulation of the earthquakes, determined by asymmetry of the Earth's form and the mass distribution, both by asymmetry and periodicity of considered motions, deformations, various kind of the geodynamical, tidal and wave motions in the oceans, solid crust, and liquid core, incompatibility of the spherical or ellipsoidal surface with plane surface when deformations don't take place.