



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему Анализ связи вариации климата, электрического и магнитного полей Земли

Исполнитель Птах Андрей Александрович

Руководитель д.г.н., профессор Сергин Сергей Яковлевич

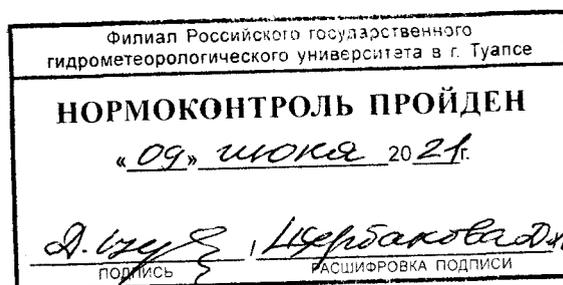
«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«11» июня 2021г.



Туапсе
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Общая характеристика электрического поля атмосферы и геомагнитного поля Земли.....	5
1.1 Характеристика электрического поля атмосферы.....	5
1.2 Характеристика магнетизма Земли	12
2 Факторы возникновения электрического поля атмосферы и магнетизма Земли	18
2.1 Электрическое поле системы «земная поверхность-атмосфера»	18
2.2 Основное магнитное поле Земли и его глобальные аномалии	27
3 Рабочая гипотеза роли метеорологических процессов в атмосфере для возникновения электромагнетизма Земли	35
3.1 Метеорологические процессы в системе «атмосфера-литосфера»	35
3.2 Система «земная поверхность-атмосфера» как планетарный электрический конденсатор	42
Заключение	52
Список использованной литературы.....	53

Введение

Резкое повышение глобальной температуры на поверхности Земли с конца девятнадцатого столетия стимулировало увеличение интереса к пониманию механизмов изменения климата, связанных с множеством естественных явлений, в том числе земного электромагнетизма. Однако, отдельные естественные факторы, влияющие на климат, не обеспечивают преодоления трудностей в объяснении наблюдаемой картины. До сих пор магнетизм в целом редко включается в доказательство его связи с климатом. До недавнего времени основное внимание к влиянию геомагнитного поля Земли на климат было сосредоточено на вариациях дипольного момента Земли в связи с климатом в прошлом.

Магнитное поле Земли оказывает довольно глубокое воздействие на геофизические, биофизические и экологические процессы на Земле. Геомагнитное поле сыграло выдающуюся роль в эволюции нашей планеты, в происхождении и защите жизни на Земле. Это поле пронизывает все три оболочки Земли: литосферу, гидросферу и атмосферу, воздействует на живую и неживую природу, растительный и животный мир и, конечно на человека. По имеющимся представлениям магнитное поле Земли может существенно влиять на климат и погоду.

Изменение его интенсивности может привести к значительным колебаниям температуры, атмосферного давления, в частоте выпадения осадков, к бурям, ураганам и другим стихийным бедствиям. Однако, несмотря на многолетние и многочисленные усилия исследования ученых многих стран, природа магнитного поля Земли остается загадкой. Эта проблема считается проблемой номер 1 в физике Земли. Некоторые авторы работ по геомагнетизму утверждают, что Альберт Эйнштейн считал решение задачи генерации магнитного поля к одной из пяти главных проблем физики. Ясное понимание природы земного магнетизма автоматически решило бы многие вопросы. Например, такие как: внутреннее устройство Земли, причины движения

материков и плит, инверсии, экскурсы, джерки, вековой дрейф магнитных полюсов и фокусов, генезис электрического поля атмосферы.

Актуальность исследования взаимосвязи климата и электромагнитных полей Земли несомненна и её сложно переоценить. Вопрос до сих пор остается открытым. Однозначного ответа на наличие корреляции между полями и климатом на сегодняшний день не наблюдается. Этот вопрос заслуживает внимания на различных уровнях: от студенческих УИРС до многолетних НИР институтов Академии наук России.

Объект исследований — колебания климата и электромагнетизма Земли

Предмет — механизмы взаимосвязи изменений климата с электромагнитными полями Земли

Цель: анализ влияния характеристик и вариаций климата Земли на возникновение и динамику электрического и магнитного полей.

Для реализации поставленной в работе цели были поставлены следующие задачи исследования:

- накопить базу данных по решаемым задачам;

охарактеризовать понятия о природе вариаций климата, электрического и магнитного полей Земли.

изложить сведения об условиях формирования электрического поля в атмосфере и его влиянии на геомагнетизм

- рассмотреть существующие гипотезы по перечисленным задачам.

1 Общая характеристика электрического поля атмосферы и геомагнитного поля Земли

1.1 Характеристика электрического поля атмосферы

В древние времена грозы наводили ужас на людей, так как для них было это явление не понятное, поэтому первобытным объяснением тогда считался гнев богов, что посылали его в виде вспышек молнии, причиняя ущерб.

Но, несмотря на то, что молнии часто приносили разрушения, все же в один момент в исторической вехе таким способом человечество получило огонь, который навсегда изменил дальнейшее развитие цивилизации.

Более научное представление об атмосферном электричестве стало появляться лишь в начале восемнадцатого века. Но лишь в 1782 Вольт выдвинул теорию об электризации атмосферы, где заряды образуются во время процесса превращения воды в пар, которая в последствии подтвердилась и является актуальной до сих пор.

В атмосфере на высоте приземного слоя в среднем около 100 в/м по Земному шару. В промышленных районах больше из-за загрязненности воздуха. с высотой напряженность поля уменьшается: Уже на высоте, начиная от 10 километров она равна 5 в/м. А после 20 километров напряженность становится гораздо меньше. Проводимость воздуха на таких высотах выравнивает разность потенциалов.

Напряженность электрического поля атмосферы не постоянна – в суточном и годовом ходе наблюдаются колебания, а также волнения. Они вызывают облака, в особенности кучево-дождевые, (которые еще называют грозовыми). Перенос электричества должен происходить от положительно заряженной атмосферы к земной поверхности с отрицательным зарядом. Заряд земной поверхности не убывает, несмотря на то, что положительный заряд атмосферы пытается уравновесить его. Этот феномен связан с влиянием гроз. Ведь в грозовых облаках происходит сильная электризация облаков, и в результате разделения положительных отрицательных зарядов проводит

вспышку. Из-за разделения возникает большая разность потенциалов, при которых напряженность поля доходит до десятков тысяч вольт на метр. Кроме положительных в атмосфере имеют место быть отрицательные заряды, индуцирующие положительный заряд на земной поверхности. Поля между облаком и землей способны изменить свое направление и получить направление вверх. В связи со столь колоссальными разностями потенциалов в атмосфере возникают разряды молний, как в облаках, так и между ними. Напряженность поля имеет направление. Если она направлена вверх, тогда большое количество отрицательных зарядов ударяет в землю, компенсируя потерю отрицательного знака [1, с. 11].

Если рассматривать атмосферу с точки зрения электрического поля, то в статическом состоянии это совокупность положительных и отрицательных зарядов, которые ясно наблюдаются в тропосферном и приземном слое.

Прямые измерения и подсчеты показывают, что относительная диэлектрическая проницаемость тропосферы близка к единице, относительная магнитная проницаемость близка к тому же значению, удельная электропроводность равна нулю, полная плотность токов считается по смещению и поляризации.

Если рассматривать тропосферу как изотопную среду, которая состоит в основном из воздуха и водяных испарений, то мы увидим явную диэлектрическую среду, где электрическая восприимчивость среды складывается из двух этих элементов. Первое слагаемое характеризует токи смещения, а второе – токи поляризаций. Соответственно вся напряженность сконцентрирована в нижних слоях атмосферы, но с высотой напряженность падает. Основная особенность заключается в том, что земная поверхность обладает отрицательным зарядом, так как атмосферная оболочка заряжена положительно. Градиент электрического поля атмосферы варьируется в зависимости от времени года.

В результате электрическое поле атмосферы можно назвать электростатическим, в каждой точке которого содержится определенный

потенциал. Это значит, что электрический заряд, помещенный в любой точке атмосферы, будет испытывать силу, действующую на него в направлении, нормальном к поверхности равного потенциала, проходящей через эту точку. Но напряженность электрического поля атмосферы не возникла просто так, определенные физические процессы способствовали его образованию.

Секрет возникновения электрической сетки и распределение зарядов кроется в ионах. Ионом считается то тело, которое получило заряд в результате столкновения с другим заряженным телом.

Заряженные частицы образуются не только с помощью ионов, также часть заряженных тел получается в процессе трения при движении воздушных масс или при столкновении с земной поверхностью. Получаемый заряд незаряженных тел зависит от диэлектрических постоянных. Частицы с большим значением приобретают положительный заряд, а с меньшим – отрицательный.

Благодаря присутствию ионов атмосфера не является идеальным изолятором, а потому обладает способностью проводить электричество. Ионы в атмосфере образуются в результате процесса ионизации газов, входящих в состав воздуха. Суммарное количество пар ионов в атмосфере, которые образовались над поверхностью океанов и дальних берегов близки к нулевому значению. Но у суши количество ионов имеет большое количество пар и количество этих пар сконцентрировано в разных местах. В районах с повышенной радиоактивностью процесс ионизации веществ будет усиленным.

Величина приобретаемого заряда варьируется от маленьких до весьма значительных величин. Таким образом, формируются заряженные частицы твердых тел (это может быть пыль, поднимаемая ветром с земли, песок во время песчаных бурь или ими могут ледяные капли и снежинки во время метелей). Но особенно важное значение имеют процессы образования зарядов на частицах облаков и осадков.

Свободные электроны не существуют долго, если не являются частью молекулы вещества. Таким образом, возникающему заряду нужна ячейка, а ей

может стать кристаллы льда, пар, пылинки – маленькие частицы. Однако ионом принято считать не одну молекулу вещества, а совокупность. Например, ученый Райт считал, что масса одного легкого иона равна 10-12 молекулам воды, а Торресон, что его размер равен четырем молекулам кислорода [1, с. 78]. Скорее всего такая неопределенность связана с различными способностями к поляризации с различными молекулами вещества. Соответственно, ионы водяных капель будут иметь большую напряженность.

Интенсивность действия какого-либо ионизатора в атмосфере оценивается числом пар ионов, образующихся в 1 сек. в 1 см³ воздуха при стандартных условиях давления и температуры.

Кроме рассмотренных главных ионизаторов атмосферы существуют процессы, которые приводят к образованию в атмосфере ионов и заряженных частиц, пускай их значение второстепенное и довольно ограниченное. К ним относятся грозовые заряды, заряды с остриев, фотоэлектронная эмиссия с поверхности, а также термическая ионизация при процессах горения вблизи вулканов и явления, возникающие при дроблении твердых тел и распылении воды и другие.

Помимо размера и потенциала напряженности ионы классифицируются по своей тяжести. Тяжесть, как ни странно, никак не связана с массой, когда речь заходит об ионах. Класс иона зависит от его подвижности в среде.

Ионы бывают трех типов:

- 1) Легкие
- 2) Тяжелые
- 3) Средние

Отличительные черты легких ионов не только связаны с самой высокой подвижностью, которая равна от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-4}$, но и в не синхронизированном пробеге вещества и его иона, так как он способен вызывать поляризацию соседних молекул притягивая их и сталкивая.

Подвижность тяжелых ионов составляет от $3 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-3}$. В среднем подвижность тяжелых ионов в 500 раз меньше подвижности легких. Как

правило, тяжелыми ионами являются солевые растворы и испарения промышленного дыма. Поэтому скопление тяжелых ионов часто сконцентрировано на урбанизированных территориях и у морских побережий.

Средние ионы – логическим образом представляют собой нечто среднее между легкими и тяжелыми. Но вопрос об их подвижности остается открытым. Одни считают, что диапазон подвижностей проявляется лишь в фиксированных значениях, другие считают, что количество их вариаций в данном отрезке бесконечное множество. Так или иначе, средние ионы существуют в атмосфере [16, с. 538].

Теоретическое рассмотрение вопроса о величине их заряда приводит к выводу, что они могут иметь больше одного элементарного заряда только в случае, если их радиус больше $10\gamma^*\text{см}$, но, как показывают наблюдения, число таких ионов ничтожно.

Ионы, которые находятся в атмосфере можно рассматривать в качестве примеси, что отличается от обычных частиц наличием зарядов. Поэтому помимо обычных сил, действующие в атмосфере, на ионы оказывают воздействие и иные электрические силы. Под их действием ионы, что находятся во внешнем электрическом поле, перемещаются вдоль силовых полярных линий, скорость которых равна пропорциональной напряженности поля в зависимости от характеристик иона.

Важной характеристикой для атмосферного электричества является проводимость. Ее колебания влияют на напряженность атмосферного поля. Одним из параметров влияющих на проводимость, является время суток. Пик проводимости наблюдается ранним утром и начинает падать после восхода солнца. На проводимость также влияет влажность – чем выше влажность, тем хуже проводимость. Так же проводимость зависит от широты – наименьшая в экваториальных широтах. Еще она падает в туманах и облаках.

Кроме суточного имеется годовой ход тока. Нижний экстремум наблюдается в летнее время года, а верхний — в зимнее. Из этого следует, что времена года напрямую влияют на градиент потенциала.

В атмосфере существует такое понятие как объемный заряд. По сути это несбалансированный заряд, который впоследствии будет уравновешен. Бывают объемные заряды первичные и вторичные. Первичные заряды имеют точки своего появления, а затем перемещаются по не электрической природе (например, с помощью ветров). Вторичные заряды возникают благодаря токам проводимости. Ветер способен превратить вторичный заряд в первичный.

Объемный заряд атмосферы с большим перевесом располагает положительными ионами. Величина объемного заряда возрастает в зависимости от силы дождя, и заряды всегда являются отрицательными. На уровне облаков также является отрицательным.

Атмосфера является проводником, ток которого стремится нейтрализовать отрицательный заряд земной поверхности. Но поглощенный заряд возникает в грозовых облаках и в итоге возвращается на землю, тем самым восстанавливая баланс. Проводимость атмосферы напрямую зависит от высоты. На высоте от 40 до 60 километров область называют электросферой. Суммарный заряд, расположенный на внутренней поверхности электросферы, равен нулю. На поверхности выше всех грозовых облаков, даже если иногда бывают заряды между облаками и электросферой, свободный заряд быстро исчезает. Поэтому сумма положительных и отрицательных зарядов в глобальной планетарной системе должна равняться нулю.

Поскольку грозы контактируют с земной поверхностью, и в этот промежуток времени переносится отрицательный заряд, это значит, что потенциал электросферы будет пропорционален числу происходящих гроз.

Наиболее сильные грозы наблюдаются в тропиках во второй половине дня, поэтому именно в этих широтах на землю поступает больший заряд, и хотя в летнее время года количество гроз минимально, итоговый концентрат поступающих зарядов является максимальным.

Отрицательный заряд земли сохраняется практически не меняя постоянного значения. При измерении тока, было выяснено, что годовое поступление заряда на квадратный километр почти вдвое больше над океанами

чем на суше.

Суммарное действие грозových разрядов зависит от их числа и средней величины переносимого заряда.

Большая часть молний распространяется в самих облаках и лишь часть из них попадает на землю. Это важно учитывать при влиянии грозových зарядов на земную поверхность. Также на коэффициент суммарного переноса заряда зависит от мест измерений, поскольку годовой переносимый заряд не равномерен на всех территориях.

В облаках существуют горизонтальные токи, которые переносят положительный заряд между грозами и направляют его вертикально вниз.

Также особенности переноса грозového заряда имеются во время снегопада.

Одной из немаловажных характеристик электрического поля атмосферы является полярность облаков. Хотя трудно определить точную величину этих зарядов и их точное расположение, но принято считать, что они биполярны и содержат заряды различных знаков. Существует три типа полярных облаков:

Облако отрицательной полярности

Облако положительной полярности

Облако положительной полярности с положительным зарядом в основании.

У облаков отрицательной полярности доминирует отрицательный знак, и располагаются они в верхней части облака, положительный заряд более тонким слоем находится в нижней части облака.

У облаков положительной полярности диаметрально противоположная ситуация: положительный заряд в верней части облака и преобладающий.

Третий тип облаков довольно необычен. В нем преобладают положительные заряды, но в отличие от второго типа, положительный заряд располагается не только в верхней части, но и в нижней, а отрицательный заряд находится посередине [19, с. 460].

Таким образом, мы имеем краткую характеристику электрического поля атмосферы. Процессы в ней сложны, и многие явления в атмосфере до сих пор остаются загадкой.

1.2 Характеристика магнетизма Земли

О существовании магнитного поля Земли в древности даже не задумывались, поскольку магнитное поле не оказывало прямое влияние на человека, однако еще до нашей эры греки знали о существовании природных магнитов, а в первом веке нашей эры уже использовалась первая технология – компас, хотя в этом есть сомнения, так как он упоминается в литературу только начиная с девятого века.

Одним из свойств Земли считается его магнитное поле, которое называют геомагнитным. Это поле не является постоянным, его показатели обретают различного рода изменений с течением времени. А геомагнетизм – это научная дисциплина, которая изучает закономерности всех происходящих изменений в магнитном поле. Предметом науки является объяснение структуры и возможного поведения этого поля и связей с различными геофизическими явлениями. Для выявления наличия полезных ископаемых связь вариаций между электрическими и магнитными полями.

Принято считать, что Земля состоит из жидкого металлического ядра, мантии и земной коры (литосферы), непроводящей атмосферой и окружающей ее плазмой, называемой магнитосферой. Все области, за исключением атмосферы, способны оказывать на него влияние. Также многие магнитные породы сохраняют заряд в течение многих лет. Поэтому исследования дают информацию об изменениях экосистемы на планете в какой-либо временной период существования планеты [11, с. 98].

В более поздних исследованиях допускают гипотезу о движении жидкого ядра на основе существования самого поля.

Главное дипольное магнитное поле Земли легко бы объяснялась, будь она

однородно намагничена. Однако намагниченность пород на поверхности вызывают затруднения. Лабораторные эксперименты показывают, что точка Кюри понижается с увеличением давления. А с глубиной, как известно, давление только растет, из-за чего неизвестно каким образом внутренний магнит Земли генерирует магнитное поле, учитывая, что в центральных глубинах вещества имеют предельную температуру, поэтому вряд ли эти вещества могут удерживать свои первоначальные магнитные свойства. А лабораторные эксперименты не полностью соответствуют температуре и давлению в земных недрах.

В попытке объяснить происхождение геомагнитного поля, учеными было выдвинуто много гипотез. Многие из них не выдерживали критики и разбивались при получении эмпирических данных. Но в последнее время обсуждаются две самых устойчивых гипотезы: ферромагнитная и динамо ядра.

Ферромагнитная гипотеза полагает, что происхождение земного магнетизма объясняется намагниченностью литосферного слоя. Земля в этом случае имеет твердое ядро, которое состоит из железа (потенциальные природные магниты). Поэтому предпринимались попытки построить теорию, полагая, что земной магнетизм обусловлен намагниченностью горных пород, сосредоточенных в верхних слоях континентальной земной коры.

Но при расчетах с данной точки зрения магнитная индукция не соответствует сегодняшним данным о магнитном поле. Тогда, вероятно, что количество ферромагнетиков фокусируется в центральной части ядра. Но истинная природа центра Земли остается пока не познанной.

Более популярная гипотеза связана с теорией гидромагнитного динамо. Первым выдвинул эту идею Джозеф Ламор. Он предположил, что большая масса железного проводника, в которой происходит внутреннее движение, является источником магнитного поля. Логично, движение замкнутых проводников в магнитных полях генерируют токи за счет электродвижущей силы. Но достаточно ли того объяснения, чтобы судить о достаточном электрическом токе? Теория ученого так и не получила дальнейшего

распространения, и задача по сей день остается не разрешенной. Поэтому конкретных механизмов работы гидромагнитного динамо Земли не предлагалось. Затем английский ученый Э. Буллард предположил, что движение вещества в жидком ядре происходит неравномерно, а еще позже было выдвинуто предположение, что потоки в жидком ядре могут играть роль двигателя. Таким образом, в соответствии с теорией гидромагнитного динамо, причиной возникновения магнитного поля Земли являются конвекционные перемещения вещества в ядре [6, с. 64].

Главной целью исследований при этом, как отмечает У. Паркинсон [11, с. 163], является поиск необходимой конфигурации потоков во внешнем ядре. Однако, «... никто еще не предложил решения, которое могло бы претендовать на отражение действительной ситуации в земном ядре». До сих пор не удалось построить точных моделей, способных хотя бы примерно воспроизвести параметры главного магнитного поля.

В.В.Белоусов, рассматривая гипотезу геомагнитного поля в соотношении с плитотектоникой, отмечает: «Достаточно предположить, что в прошлые геологические периоды геомагнитное поле было не дипольным, а более сложным, чтобы данная гипотеза стала недостоверной и палеомагнитные определения можно было бы интерпретировать, не прибегая к перемещениям континентов» [2, с. 367].

Согласно представлению происхождения электромагнетизма Земли, геомагнитное поле имеет сложную конфигурацию. Возможно, что гидромагнитного динамо вовсе не существует, тогда какой источник является образующим электромагнетизм?

Учитывая сомнения в принципиальной возможности существования гидромагнитного динамо в земном ядре, попытаемся разобраться, какая наиболее вероятная область генерации геомагнитного поля. Для этого следует рассмотреть характеристики планет солнечной системы.

Прежде всего, сопоставим имеющиеся данные о магнитном поле шести планет солнечной системы и спутника планеты Земля (Луны). Для этого

рассмотрим основные параметры.

Таблица 1 — Магнитное поле шести планет солнечной системы и спутника планеты Земля (Луны), (Э)

Параметр	Меркурий	Венера	Земля	Луна	Марс	Юпитер	Сатурн
Среднее расстояние от Солнца, а.е.	0,387	0,723	1,000	1,000	1,524	5,20	9,54
Относительная масса *	0,055	0,816	1,000	0,012	0,107	318	95,1
Экваториальный радиус, км	2439	6051	6378	1738	3393	71400	60400
Средняя плотность, г/см ³	5,4	5,2	5,5	3,3	3,9	1,3	0,7
Период вращения, сут.	58,8	243	0,997	27,32	1,026	0,41	0,44
Температура поверхности, К	100-750	735	288	100-400	147-300	н.д.	н.д.
Атмосферное давление на поверхности, атм.	0,000	90	1,0	0,000	0,006	н.д.	н.д.
Среднее магнитное поле на экваторе, 10 ⁻⁹ Тл	100	20	31000	~1	64	420000	21000
Наклон магнитной оси к оси вращения, град.	10-20 **	–	11,5	–	~ 15	9,5	< 1
Полушарие северного магнитного полюса	С	–	Ю	–	Ю	С	С

Из таблицы 1 видно, что отчетливо выраженное поле имеется только у Земли [8], Юпитера и Сатурна. Именно эти планеты обладают атмосферой и значительной скоростью вращения. Венера также имеет атмосферу, но скорость вращения планеты слишком мала, чтобы в атмосфере могла возникнуть упорядоченная зональная циркуляция [17]. Кроме того, на Венере исключается существование значительного количества намагниченных горных пород, поскольку даже на ее поверхности температура близка к точке Кюри, а для большинства природных ферромагнетиков переход за границы этой точки ведет к полной потере магнитных свойств. Что касается Меркурия, Луны и Марса, то они, по существу, не обладают ни атмосферой, ни магнитным полем.

Но хотелось бы провести сравнение не со всеми планетами солнечной системы, а лишь с Меркурием и Венерой. Планеты выбраны не случайно. Сравнение между ними будет максимально показательным. Во-первых, в литосферных плитах этих планет содержится большое количество железа (таблица 2), что с точки зрения ферромагнитной гипотезы говорит о способности иметь высокую напряженность магнитного поля.

Таблица 2 — Состав химических элементов литосферы сравниваемых планет [17, с. 198]

Планета	Среднее расстояние от Солнца, млн.км	Масса относит. Земли	Доля массы ядра планеты. %	Главные элементы (в порядке убывания)
Меркурий	57,91	0,054	91	Fe, Ni
Венера	108,21	0,915	35	Fe, O, Si, Mg, Al
Земля	149,60	1,0	32,5	O, Fe, Si, Mg, Al

Но тем самым, именно у этих планет самые контрастные различия. А именно: Меркурий имеет крайне слабую плотность атмосферы, но обладает динамо жидкого ядра и его атмосфера имеет крайне низкую плотность [9]. Но почему-то эта планета имеет магнитное поле в 100 меньше Земного. Тогда возникает закономерный вопрос: почему же, если по логике гипотезы «динамо жидкого ядра», генератором магнитного поля является именно оно? Неужели отсутствие атмосферных процессов сказывается на его напряженности?

На Венере же обратная ситуация: при большой плотности газов внутреннее ядро не является расплавленным [13]. Однако ее магнитное поле, не смотря на более интенсивные вихревые потоки, чем у Земли, остается таким же слабым, как и у Меркурия.

На самом деле маленькая напряженность магнитного поля Венеры объясняется очень высокой температурой тропосферы. Из-за обилия углекислого газа возникает парниковый эффект вследствие которого литосфера нагревается до очень высоких температур. Вместе с породой нагреваются и ферромагнетики, а те, в свою очередь, как известно, теряют свои магнитные свойства при достижении точки Кюри [3, с. 501].

Поскольку на Венере температура ферромагнетиков близка к этой отметке, предел напряженности гораздо меньше, нежели чем у нормальной температуры вещества.

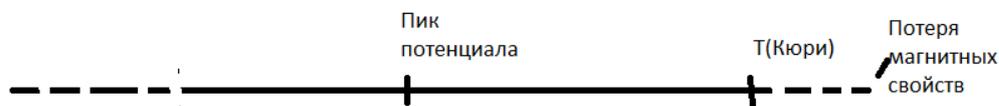


Рисунок 1 — пик потенциала относительно точки Кюри

Напряженность магнитного поля Меркурия не соответствует гипотезе жидкого динамо, а ферромагнитной гипотезой объясняется его слабость. Жидкое ядро препятствует его формированию, а из-за слабой атмосферы половина планеты находится под прямым солнечным излучением, но поскольку темная сторона быстро остывает, магнитное поле, все же, существует.

Есть некий диапазон температур, при котором магнитное поле может существовать, но максимальный потенциал находится в узком диапазоне температур.

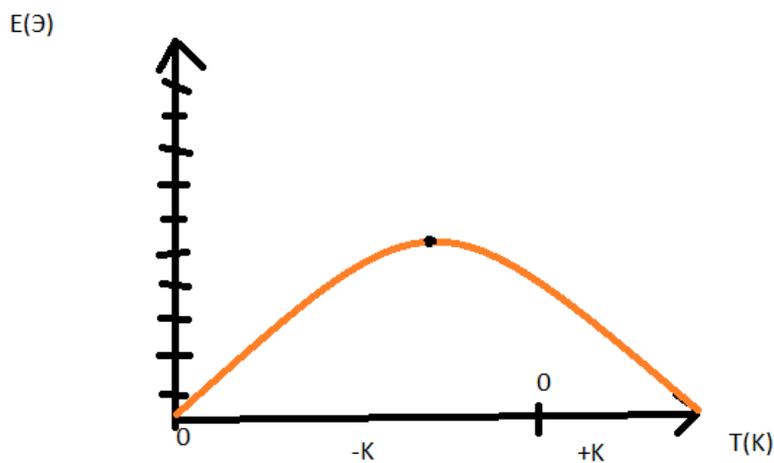


Рисунок 2 — График зависимости предела напряженности магнитного поля от температуры вещества

По графику видно, что наиболее благоприятная среда для магнитной породы в районе отрицательных температур. Это вполне может означать, что климатические характеристики атмосферы способны оказать глобальное влияние на магнитное поле планеты.

2 Факторы возникновения электрического поля атмосферы и магнетизма Земли

2.1 Электрическое поле системы «земная поверхность-атмосфера»

Атмосфера Земли представляет собой сложную циркуляционную систему. Она в среднем обладает положительным зарядом величиной в $n \cdot 10^5$ где значение по книге Чалмерса колеблется от 2 до 5. Этот заряд уравнивается отрицательным зарядом земной поверхности, вследствие чего сумма зарядов равна нулю. Данный баланс будет рассматриваться в системе «земная поверхность – атмосфера». Такую формулировку избрал небезызвестный российский ученый профессор С.Я. Сергин в своей работе под названием «Системная организация процессов геологического развития Земли». Стоит сразу уточнить контекст для правильного понимания значений в этой схеме. В классическом понимании система «земная поверхность – атмосфера» используется для расчета радиационного баланса, а это является климатической характеристикой. Однако, в этом случае, система представляет собой циклический процесс магнитной индукции, которые создают атмосферные вихри (схема будет приведена далее).

Электрическое поле атмосферы характеризуется градиентами потенциала в районе 100 В/м, суммарная сила вертикального тока приблизительно равна 1000 ампер.

Электрическое состояние атмосферного воздуха характеризуется его ионизацией, электрическим земным полем, грозовой электрика и естественной радиоактивностью. Число ионов, образующихся в 1 мл газа в единицу времени, называется интенсивностью ионизации.

В атмосфере Земли наблюдается направленный по вертикали к земле ток ионов (в результате того что Земля несет отрицательный, а верхние слои атмосферы положительные заряды) [1, с 149].

Вообще, электрическое поле атмосферы существует благодаря двум факторам: ионизации и движению воздушных масс (атмосферной циркуляции).

Но напряженность этих полей неравномерна. Значение имеют как ионизирующее вещество, так и заряженность воздушных масс. Например, в зонах с тропической циркуляцией обладают крупными положительными зарядами и вертикальными градиентами. Поэтому эти участки обладают самой сильной напряженностью.

Процессы формирования объемных электрических зарядов (зарядов, которые были уравновешены) особенно интенсивны в циркуляции кучево-дождевых (грозовых) облаков. Разброс значений таких зарядов от +40 до -340 [16, с. 603].

В учении об атмосферном электричестве многие десятилетия доминирует гипотеза, согласно которой разделение зарядов «земная поверхность — атмосфера» происходит в грозовых облаках. Единого мнения о механизмах их разделения нет, но по основным наблюдениям отрицательный заряд передается к земной поверхности, а положительный простирается в атмосфере.

Имеет место электромагнитная индукция в атмосфере.

Она обуславливается объемными зарядами в циркуляционных ячейках.

Каждая ячейка — это барическое образование или облако.

Как только в ячейке имеется преобладающий заряд (будь то положительный или отрицательный), происходит индукция, вектор напряженности направлен вниз, а заряд двигается по часовой стрелке относительно направления вектора. Заряженные вихревые ячейки способны генерировать магнитное поле.

В данном подходе будет акцентироваться внимание на тропосферу и литосферу. Так как связь более верхних слоев с земной поверхностью не очевидна. А процессы в низком слое куда более наглядные [14, с. 286].

Поскольку в атмосфере преобладает положительный заряд, а на земле отрицательный, то концепция о сепарации заряда сама приходит на ум.

В книге Чалмерса написано «Отмеченные выше данные о преобладающем отрицательном заряде грозовых облаков подтверждаются различными фактами, в том числе тем, что при ударах молнии в высотное

здание, в 84% случаев фиксировался отрицательный заряд» [1, с. 256].

Таким же знаком должны обладать и другие циркуляционные ячейки. Однако некоторые участки земли имеют положительный заряд. В этом случае градиент потенциала будет инверсионным. В таких условиях воздушная масса, с ее слоистыми облаками, не обладает значительным зарядом или заряжена отрицательно. В холодных областях облака приобретают отрицательный заряд.

Интегральный заряд воздушных масс подвижных и стационарных антициклонов с малооблачным типом погоды. Вращающийся объемный заряд атмосферного вихря создает почти кольцевой ток, средняя сила которого (I_B) определяется количеством электричества (зарядом) преобладающего знака (Q_B), протекающим за время одного оборота вихря.

$$t_B : I_B = Q_B : t_B , \quad (1)$$

где t_B — длительность циркуляции заряда в атмосферном вихре;

I_B — сила протекающего тока в витке;

Q_B — количество зарядов преобладающего знака в витке.

В центре вихря линейная скорость движения воздуха равна нулю. На некотором расстоянии от центра она увеличивается до максимума, а затем убывает до нуля на внешней границе вихря. Циркуляция объемного заряда приурочена главным образом к зоне наибольших скоростей, имеющей радиус r_B . Учитывая это, вихрь можно уподобить витку с током, оборот заряда в котором происходит за время t_B .

$$t_B = 2\pi r_B / v_B, \quad (2)$$

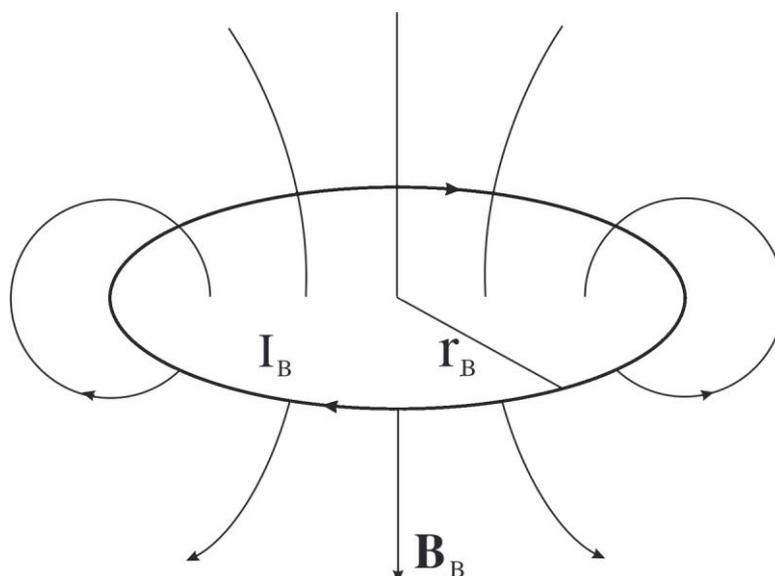
где v_B — эффективная скорость переноса заряда в циркуляционной ячейке;

r_B — радиус наибольших скоростей циркуляции.

Следовательно,

$$I_B = Q_B \times v_B / 2\pi r_B \quad (3)$$

В согласии с принятым в физике правилом, направление тока в ячейке совпадает с циркуляцией преобладающего положительного заряда. Если преобладает отрицательный заряд, то направление тока является встречным по отношению к движению ветрового потока. Электрический ток вихря создает магнитное поле. Силовые линии поля в центре вихря совпадают с осью его вращения (рисунок 3).



B_B – магнитная индукция (линии вектора); I_B – сила тока; r_B – эффективный радиус вихря

Рисунок 3 — Магнитное поле атмосферного вихря, где преобладающие положительные заряды вращаются по часовой стрелке

Оси рассматриваемых циркуляционных ячеек ориентированы по нормали к земной поверхности, как уже упоминалось ранее, ввиду чего вихрь таких ячеек, в принципе, может создавать магнитное поле Земли.

Однако, для возникновения индукции в этих ячейках требуются определенные направления вращения зарядов, которые обеспечивают современную геомагнитную полярность. Как известно по археомагнитным данным, современное магнитное поле является инверсионным, то есть за

историю земли встречалась одна смена полюсов. Поскольку раньше полюса находились на своих местах, в современной картине поле имеет противоположную модель. Необходимо, чтобы в северном полушарии в ячейках с антициклонической циркуляцией (по часовой стрелке при взгляде сверху) преобладал положительный, а в ячейках с циклонической циркуляцией – отрицательный объемный заряд.

В южном полушарии, где антициклоническая циркуляция соответствует вращению против часовой стрелки, «раскладка» зарядов по ячейкам должна быть такой же, как в северном полушарии, что означает индуцирование одинакового знака заряда вне зависимости от полюса. Главное условие возникновения индукции атмосферной ячейки – заряды должны двигаться в одном направлении. Рассматриваемое требование выполняется в любых циркуляционных ячейках.

Модуль вектора магнитной индукции в центре витка с током зависит от силы тока и радиуса витка:

$$B = (\mu_0/4\pi) \cdot (2\pi I/r), \quad (4)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, равная $1,257 \cdot 10^{-6}$ В·с/(А·М),

I – сила тока,

r – радиус витка.

Магнитная индукция атмосферного вихря выразится, с учетом (4), следующим образом:

$$B_V = \mu_0 Q_V V_V / 4\pi r_V^2 \quad (5)$$

Для оценки значения B_V будем считать, что

$$Q_V = q_V \cdot \pi r_V^2, \quad (6)$$

где q_B – средний электрический заряд, заключенный в вертикальном атмосферном столбе вихря с основанием в 1 м^2 ;

πr_B^2 – площадь, занимаемая вихрем.

Тогда,

$$B_B = 1/4 \mu_0 q_B V_B \quad (7)$$

В условиях антициклонической циркуляции типичны малооблачная погода и слабые ветры. Следуя работам $q_B = 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$. Согласно метеорологическим данным, $V_B = 5 \text{ м/с}$. Находим, что $B_B = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ Тл}$. Такое значение примерно в 10 раз меньше полной напряженности магнитного поля Земли. На уровне земной поверхности для него характерны значения магнитной индукции, равные $3,1 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$ (на экваторе).

Некоторые атмосферные ячейки имеют высокую скорость вращения зарядов. В таких ячейках наблюдаются наиболее высокая напряженность электрического поля. Например, в грозовых облаках с внушительным диаметром, где скорость ветра превышает 30 метров в секунду. Также эти ячейки имеют свойство объединения, разрастаясь порой до мезоциклонов.

Тропические циклоны, имеющие диаметр в сотни километров это крупнейшие ячейки состоящие из грозовых облаков. Ориентируясь на данные о грозовых облаках, будем полагать, что в атмосферных ячейках $V_B = 20 \text{ м/с}$ и $q_B = 10^{-5} \text{ Кл/м}^2$.

В таком случае, $B_B = 6,3 \cdot 10^{-11} \text{ Тл}$, что в миллион раз меньше геомагнитного поля. В оценке B_B погрешность может составить один-два порядка, но это не меняет существа дела.

Поэтому стоит уделить пристальное внимание индукции атмосферных вихрей, так как не исключено, что именно в них кроется действующий геомагнетизм. Ведь в природе намагничивания литосферы грозовые облака и вихри происходит их непосредственное участие.

При значениях радиуса вихрей в пределах 1-100 км генерируемое

магнитное поле проникает в литосферу на глубину от нескольких километров до первых сотен километров. При больших радиусах происходит более глобальная генерация [14, с. 290].

Стоит помнить, что глобальное формирование атмосферных вихрей имеет различные параметры и частоту, однако магнитное поле имеет некую устойчивость и дефицит атмосферных вихрей в каких-то широтах не сильно сказывается на глобальном магнитном поле. Это связано с устойчивостью заряда в породе, а также уравнивание глобальной системы индуктивных вихрей. Поэтому магнитная порода постоянно имеет магнитное поле (помимо той, чья температура вещества превышает точку Кюри).

Поле индуктивной катушки имеет схожее с планетарным диполем, только поле это образуется не в недрах планеты, а на ее поверхности. Основной вопрос при этом – обладает ли верхняя литосфера способностью к существенному намагничиванию под влиянием слабых магнитных полей атмосферных вихрей?

Ответ на этот вопрос не является простым. Даже при индукционных вихрях не очевидно, почему генерируемый магнетизм не рассеивается, а сохраняется и даже имеет накопительные свойства.

Вот как С.Я. Сергин объясняет возможную перспективу: «Если предположить, что ответ будет утвердительным, то возникает перспектива выявления единого механизма формирования электрического и магнитного полей Земли в рамках системы «атмосфера – литосфера».

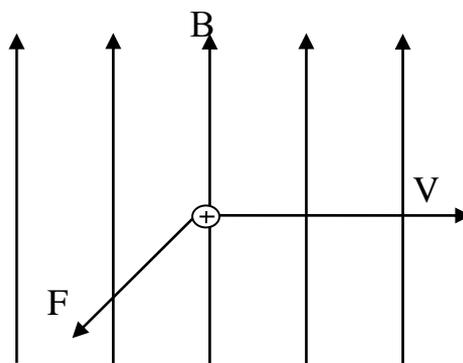
В учении об атмосферном электричестве считается почти доказанным, что разделение зарядов в системе «земная поверхность – атмосфера» связано с процессами, протекающими в кучево-дождевых облаках. Однако в отсутствие общепринятого мнения об этих процессах позволительны и альтернативные варианты.

Реальностью атмосферной циркуляции является перенос ионизированного воздуха с пересечением силовых линий магнитного поля Земли. На атмосферные ионы с зарядом q при этом действует сила F , направление и величина которой определяется векторным произведением

скорости ветра V и магнитной индукции B :

$$F = q [VB], \quad (8)$$

где V , B и F образуют правую систему, показанную на рисунке 4.



B – магнитная индукция; V – скорость ветра; F – сила, действующая на положительный заряд

Рисунок 4 — Воздействие геомагнитного поля на движущиеся атмосферные ионы

На рисунке мы видим, что направление действующей механической силы на заряд (перенос ветра) является отрицательным зарядом, тем самым противодействующая имеет положительный заряд.

Тогда неудивительно, что взаимодействие атмосферных ионов с магнитным полем играет важную роль в разделении зарядов в системе «земная поверхность – атмосфера».

Конечно, заряженные ионы существуют и в других слоях атмосферы и в частности в ионосфере. Но дело в том, что частицы в более верхних слоях атмосферы не имеют непосредственного контакта с земной поверхностью. По этой причине, мы рассматриваем эти процессы лишь от верхней литосферы до границы тропопаузы, где и сконцентрирована преобладающая часть зарядов в электрическом поле атмосферы [14, с 292].

Вихревое вращательное движение воздуха не вызывает разделения зарядов, поскольку результирующая сила, которая воздействовала на ионы,

заменяется той же величиной, но противоположно направленной силой. Для их разделения необходима зональная циркуляция воздушных масс. Только в этом случае силовое воздействие геомагнитного поля на положительные или отрицательные ионы, обладает, во-первых, однонаправленностью, во-вторых, имеет существенную вертикальную составляющую, благодаря которой ионы перемещаются вниз, к земле, или вверх, к стратосфере.

В современных климатических условиях в тропосфере и нижней стратосфере обоих полушарий преобладает западный перенос атмосферного воздуха (направленный с запада на восток по отношению к земной поверхности). При этом вектор воздействия геомагнитного поля на положительные ионы направлен в значительной мере вверх, а на отрицательные ионы – вниз.

Как следствие, в преобладающей части тропосферы и нижней стратосфере должен аккумулироваться положительный, а в приземном слое тропосферы и на земле – отрицательный заряд.

Из этого следует, что существующее глобальное электрическое поле системы «земная поверхность – атмосфера» соответствует действительным реалиям. Таким образом, объяснение получает тот факт, что нормальное электрическое поле наблюдается в антициклонических условиях погоды, при которых рассматриваемое разделение проявляется в чистом виде.

Не исключено, что именно так устроен механизм главного электрического поля, тогда остается определить с системой накопления и расходования отрицательного заряда в кучево-дождевых облаках:

– эти ионы частично захватываются частицами облаков с образованием плотных отрицательных зарядов, доминирующих по сравнению с положительными;

– отрицательный объемный заряд облаков теряется, возвращаясь к земле на дождевых каплях и претерпевая нейтрализацию в ходе электрических разрядов (это случается в кучево-дождевых облаках во время грозы).

2.2 Основное магнитное поле Земли и его глобальные аномалии

Основное магнитное поле определяется как усреднение измерительных величин по временному интервалу более года по площади в сотню тысяч квадратных километров. Исходя из этого можно судить, что поля сохраняют вклад внешнего происхождения. Помимо этого, накладываются спектры главного и локальных полей.

В свое время Норман и Гильберт, имея неполноценный набор данных, решились предположить графическую модель в виде аппроксимирующей функции. Эта модель напоминает как раз таки всем известную дипольную структуру, однако она не дает точного описания движения силовых линий на больших глубинах [10].

В районах Северной Америки, Австралии тихого океана оно положительно. Над Атлантическим и Индийским океаном и в Восточной Азии – отрицательно.

Если склонить диполь на одиннадцать градусов к оси вращения, получится центральное приближение, которое называют наклоненным или центральным диполем.

После чего следует, что изодинамы должны иметь вид окружности. Максимальное значение H (напряженность магнитного поля) должно быть единым для любой долготы. Но западный значительно слабее восточного. Для более точного приближения можно смешать наклоненный диполь и смещение от центра к западной части Тихого океана. Такую модель магнитного поля прозвали эксцентричным диполем. Международным эталоном принято считать расстояние равное 490 километров от центра Земли [12, с 23].

Но даже с таким приближением, все еще не удается четко охарактеризовать магнитное поле Земли, поскольку на некоторых широтах наблюдаются аномальные отклонения. Поэтому для более детального понимания, требуется более точная аппроксимация. Есть два способа:

Нужно увеличивать количество воображаемых полей, постепенно

приближаясь к их истинному значению.

Составлять гибридные поля (мультиполи).

Несмотря на то, что некоторые мультиполи не связаны друг с другом, сама расчетная теоретическая модель считается удобной. Вычисление магнитного является непростой задачей. Приходится идти на упрощения и лишь возможные допущения о действительной картине геомагнитного поля.

Но для правильного понимания интерпретации аппроксимации было решено создать международную модель эталонного магнитного поля. В качестве примера может служить модель нормального гравитационного поля, модель Джеффриса-Буллена для пробега сейсмических волн, а еще модель стандартной атмосферы.

Международное эталонное геомагнитное поле – аббревиатура МГЭП. В таблице приведены коэффициенты эталонов магнитных величин.

Таблица 3 — Коэффициенты эталонов магнитных величин

Наименование магнитной величины	Обозначение	Единицы измерения	Определение величины	Расшифровка обозначений
Магнитный поток	Φ	Вб	10^{-3}	S - площадь поверхности
Напряженность магнитного поля	H			
Магнитная индукция	B	Тл	10^{-4}	
Магнитный момент	Mm		10^{-3}	r - радиус-вектор контура
Намагниченность	I		10^3	Mm/V, V - объем тела
Индуктивность	L	Гн	10^{-9}	Φ / J , J - ток
Взаимная индуктивность	M	Гн	10^{-9}	
Магнитная постоянная	μ_0		$4\pi \cdot 10^{-7}$	
Магнитодвижущая сила	F	A		
Магнитное сопротивление	Rm			1/L
Электромагнитная энергия	W	Дж	10^{-7}	$\Phi J / 2$

Магнитное поле Земли играет действительно важную роль. Хотя влияние

этого поля на живые организмы с непосредственным изменением значений не наблюдалось (вследствие чего о существовании геомагнитного узнали довольно поздно), необходимо заметить, что магнитное поле Земли сказывается на процессах земной поверхности. Принято считать, что магнитное поле Земли защищает ее от влияния длинноволновых излучений. Мы же считаем, что процесс фильтрации волн происходит еще в ионосфере.

Дело в том, что разные вещества имеют различные способности к ионизации. Как известно, большую часть солнечной радиации поглощает газ озон. Из этого можно судить, что именно данный газ имеет самую низкую пропускную способность. Таким образом, заряд солнечных лучей в большом количестве остается там, тогда что мешает генерировать этой оболочке собственное магнитное поле? Корпускулярные частицы сталкиваются с озоном, давая ему заряд, планета, в свою очередь, генерирует вращательные движения, тем самым из статических зарядов превращая их в подвижные. Поэтому главный вопрос: что же мешает ионосфере без помощи земных силовых линий отражать радиоактивные волны, посылаемые Солнцем?

Поскольку солнечное излучение представляет плазму, то для понимания влияния ее на внешние поля нужно разобраться с природой электропроводимости этой самой плазмы. Для разделения положительно и отрицательно заряженных ионов нужно достаточно сильное электрическое поле и чтобы понять ее поведение в магнитном поле, нужно учесть все силы действующие на частицы в электрическом и магнитном поля.

Теперь предположим, что есть поле с перпендикуляром, который направлен вертикально вниз. В этом случае электрическое поле будет ускорять ион на одной половине орбиты, а уже на другой будет происходить замедление.

После расчетов мы приходим к выводу, что заряды дрейфуют к направлению не электрического поля, а вокруг вертикали магнитного.

Кроме солнечных лучей ионизация может происходить при ударе заряженной частицы о незаряженную, вследствие чего за счет силы терния возникает заряд.

История открытия ионосферы началась с 1882 года, когда Стюарт предположил, что вариации суточных колебаний геомагнитного поля происходят вне Земли и некая часть атмосферы является чистым электрическим проводником. Но механизм электропроводности газов оставался непознанным. Позже был проведен количественный анализ, который подтвердил возможность протекания токов в различных слоях атмосферы. Предположительно, основной массив зарядов преобладает в перистых облаках.

Намагниченные горные породы обладают интересным свойством, таким как накопление зарядов и тем самым усиливая магнитное поле. Ведь внешнее поле, генерируемое в парамагнетике, передается в ферромагнетики недр гор и литосферного слоя. Поэтому мы можем получить информацию о геомагнитном поле тех лет с помощью получения археомагнитных данных. В частности, это дало возможность выдвинуть гипотезу о конвективных движениях жидкого ядра, основанную на факте существования поля и его вековых вариаций.

Наблюдения элементов геомагнитного поля, производящиеся в различных точках земной поверхности, показывают, что они не остаются постоянными во времени, а непрерывно изменяют свои значения. Эти изменения называются вариациями элементов геомагнитного поля. Периоды вариаций могут меняться от долей секунды до нескольких месяцев. Помимо них существуют и среднегодовые вариации. Поэтому вариации в зависимости от их периода разделяют на два различных типа: быстротечные периодического характера и медленные вариации среднегодовых значений геомагнитного поля. В таблице 4 приведены координаты магнитных полюсов.

Таблица 4 — Географические координаты магнитных полюсов Земли (по БМ. Яновскому, 1978) [20, с 79]

Эпоха, год	Северный полюс		Южный	полюс
	Широта, северная	Долгота, западная	Широта, южная	Долгота, восточная
1600	78°42'	50°00'	81°16'	169°30'
1700	75°51'	68°48'	11°42'	155°15'

Продолжение таблицы 4

1829	73°21'	93°56'	72°40'	150°45'
1922	71°00'	96°00'	72°25'	154°00'
1950	72°00'	96°00'	70°00'	150°00'
1970	75°00'	101°00'	66°20'	140°00'

Далее приведены табличные параметры в международных системах.

Таблица 5 — Магнитные параметры в системах единиц СИ и СГС

Параметр	Символ	СИ	СГС	Соотношение
Магнитная индукция	B	тесла (Тл) = генригаусс (Гс) $(\text{Гн}) \cdot \text{А} \cdot \text{м}^{-2} = \text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$		1 Тл - 10^4 Гс
Напряженность	H	$\text{А} \cdot \text{м}^{-1}$	эрстед (Э)	$1 \text{ А} \cdot \text{м}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э}$
Намагниченность	I	$\text{А} \cdot \text{м}^{-1}$	ед. СГСМ $\cdot \text{см}^{-3}$	$1 \text{ А} \cdot \text{м}^{-1} = 1(\text{Г}^3 \text{ ед. СГСМ} \cdot \text{см}^{-3})$
Магнитный момент	M	$\text{А} \cdot \text{м}^2$	ед. СГСМ	$1 \text{ А} \cdot \text{м}^2 = 10^3 \text{ ед. СГСМ}$
Магнитный поток	Φ	вебер (Вб) $\text{Гн} \cdot \text{А} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$	максвелл (Мкс)	$1 \text{ Вб} = 10^8 \text{ Мкс}$
Проницаемость вакуума	μ_0	$\text{Гн} \cdot \text{м}^{-1} = \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$	1 СГСМ	$4 \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1} = 1 \text{ СГСМ}$

Исследования показали различие по величинам их периодам и происхождением для обоих типов. Самые быстротечные вариации находятся в верхних слоях атмосферы, так как там находится ионосфера и концентрация солнечных зарядов вызывает генерируемые атмосферные токи.

Не исключено, что источники находятся не в ядре Земли, а лишь в атмосфере и литосфере, где в системе земная поверхность-атмосфера генерируется источник главного магнитного поля, которое с течением времени накопила действующую напряженность.

Те поля, где напряженность магнитного поля выше, чем общее распределение, называют аномальными полями. Принято считать, что они возникают из-за намагниченности горных пород. В этом есть смысл, и аномальность этих зон не опровергается.

Таким образом, наблюдаемое на поверхности Земли геомагнитное поле является суммой трех полей, источники которых имеют различные физические механизмы происхождения и различное месторасположение:

- 1) главное геомагнитное поле, которое генерируется индукциями атмосферных вихрей между тропосферой и литосферой
- 2) аномальные геомагнитные поля (горные породы и внутренние ферромагнетики);
- 3) электромагнитное поле (вероятно поле, генерируемое в ионосфере)

Вклад главного поля наблюдаемое на поверхности Земли, составляет самый наибольший показатель более 94,8%, аномальное поле вносит около 4,3% и внешнее поле меньше всего — менее 0,9 %.

Магнитными аномалиями называют зоны с наиболее высокой полярной активностью в отличие от средних показателей. В зависимости от масштабности их классифицируют:

- 1) Мировые
- 2) Региональные
- 3) Локальные

Материковые аномалии — их протяженность длится в пределах нескольких тысяч километров, что сопоставимо с величиной целого континента. Из материковых аномалий: Западно-Африканская, Восточно-Азиатской, Северо-Американской, Западно-Европейской. Наиболее мощная отрицательная аномалия — Западно-Африканская.

Региональные магнитные аномалии имеют площадь от сотни до тысячи квадратных километров. Самая большая региональная аномалия — Курская, которая имеет площадь в 120 000 километров.

Локальные аномалии занимают сравнительно небольшую площадь — их

протяженность 15-20 квадратных километров, образованы они по большей части из-за скопления металлических руд с высокой магнитной восприимчивостью. Также сильные магнитные аномалии образуются при ударах молнии в ферромагнитную породу. Размер таких аномалий всего несколько квадратных метров, но очень сильная концентрация магнетизма в этих участках. Но совокупность всех магнитных аномалий в подавляющем большинстве случаев не превышает 10% интенсивности главного магнитного поля Земли.

Аномалии принято делить по полушариям. В северном полушарии располагаются две мировые аномалии: Восточносибирская и Канадская. В Южном полушарии – Бразильская и Приантарктическая (эти аномалии положительны) [7]. Каждая аномалия имеет свои особенности и параметры их динамической метаморфозы. Параметры вклада в главное магнитное поле могут варьироваться.

Главные особенности корреляций магнитного поля с разделением атмосферного давления в северном полушарии над Сибирью и Канадой, описываются в работе В.В Кузнецова и др. [20]. Они приводят доказательства того, что магнитный полюс в этом полушарии представляет собой область Канадской и Сибирской мировых аномалий. Эта область наглядно отображена на рисунке 5.

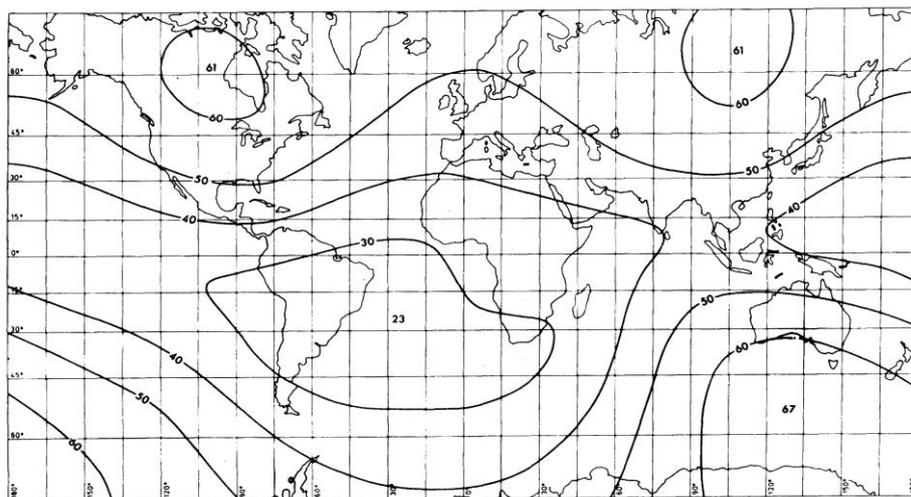


Рисунок 5 — Карта полной напряженности геомагнитного поля (мкТл), по данным полученным со спутника МАГСАТ

На южном полюсе Земли в Антарктике из-за аномальной охлажденности имеется повышенная циркуляция атмосферы по сравнению с Антарктидой. Допускается возможность влияния этих вихревых индукций на геомагнитное поле. Заочным подтверждением служит тот факт, напряженность главного магнитного поля южного полушария приблизительно на 10% выше северного.

3 Рабочая гипотеза роли метеорологических процессов в атмосфере для возникновения электромагнетизма Земли

3.1 Метеорологические процессы в системе «атмосфера-литосфера»

Твердая оболочка Земли (литосфера) неоднородна по толщине и на различных участках составляет от десятков до нескольких сотен километров. Охлаждённый её слой, до точки Кюри, не превышает нескольких десятков километров. Горные породы там намагничены и являются базисом геомагнитной системы «атмосфера – литосфера». Имеются основания полагать, что эта система функционирует как самовозбуждающееся динамо, которое дает начало электромагнетизму Земли. Она показана ниже (рисунок 6).

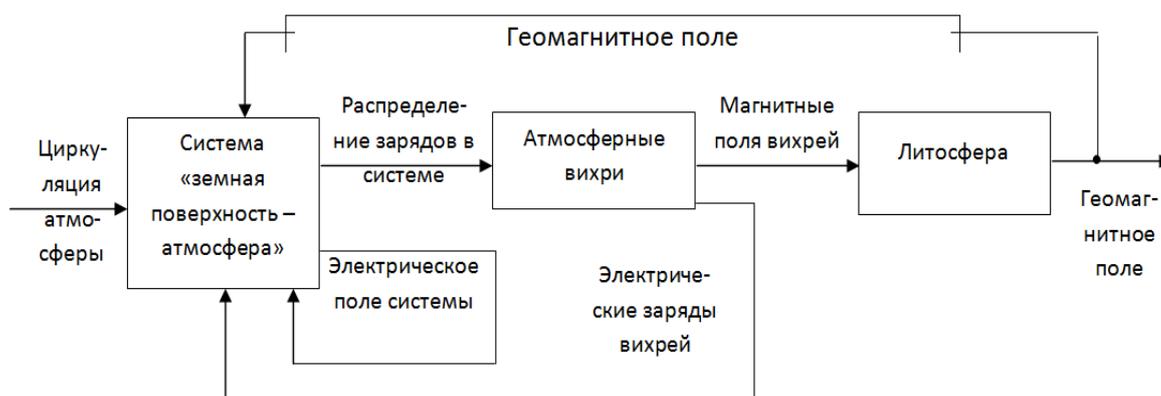


Рисунок 6 — Принципиальная схема формирования электрического и магнитного полей Земли в системе «атмосфера – литосфера» (по Сергину С.Я.)

На схеме, предложенной Сергиным С.Я., изображен поэтапно процесс формирования магнетизма литосферы. Теперь разберем ее шаг за шагом.

Во-первых, схема будет работать только при условии циркуляции атмосферных процессов, для этого планета должна в принципе обладать атмосферой. Поскольку схема избиралась с расчетом земных параметров, то и условия в данной схеме выполняются.

Второй этап связан с ионизаторами. Важно помнить, что нас интересуют ионы не со всех атмосферных слоев, а только те, которые расположены начиная с приземного слоя до границы тропопаузы. Мы рассмотрим эту деталь далее.

Но сначала стоит рассказать, что же, все-таки, происходит. В атмосфере постоянно формируются ионы, но вихри и барические образования имеют прямой контакт только между этими слоями.

Третий этап происходит уже непосредственно в атмосферных вихрях. Но примечательность этих вихрей заключается в том, что по часовой стрелке движутся заряды. Если вспомнить классическую катушку с намотанной медной проволокой, то мы увидим, что картина схожая. Заряд в катушке движется по этой проволоке, индуцируя магнитное поле. Схожая ситуация и в атмосфере, только катушка имеет газообразную форму. На рисунке 7 представлена схема атмосферной катушки в планетарной парадигме.

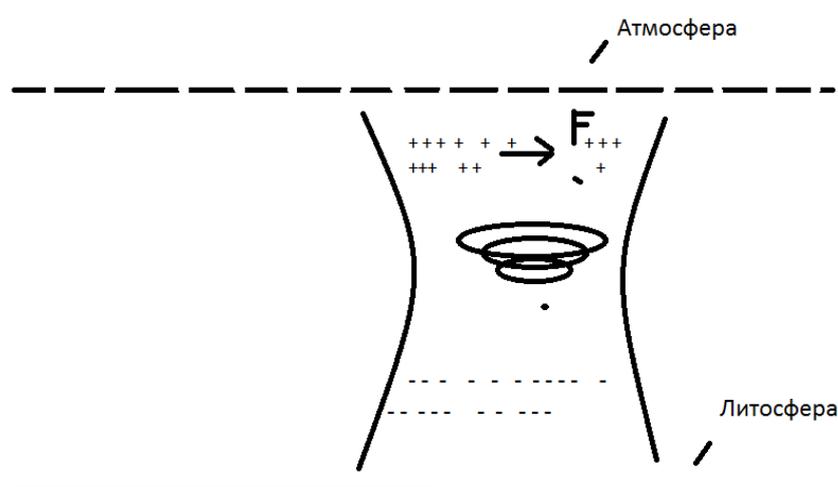


Рисунок 7 — Магнитное поле циркуляционной ячейки

На этом ассоциации не заканчиваются. У той же самой катушки при кручении заряда образуется полярное распределение. То есть диполь, где отрицательный заряд направлен вектором вниз, а положительный вверх. Все сходится, в атмосфере заряд также распределен.

Таким образом, мы доказали генерацию магнитного поля на поверхности Земли. Но как это связано главным геомагнитным полем?

Предполагается гипотеза, где планета рассматривается как некий конденсатор. В таком случае, заряды будут постепенно накапливаться. Это значит, что с течением времени в атмосферных вихрях появится больше зарядов, что усилит его индукцию, тем самым повышая напряженность

магнитного поля. В этом и заключается суть данной схемы.

Однако, сам автор допускает возможные упущения: «Выявление физической специфики намагничивания земной коры под влиянием слабых магнитных полей атмосферных вихрей остается нерешенной проблемой гипотезы земного электромагнетизма. Оставим ее на будущее, ограничившись упоминанием возможностей возникновения нелинейных эффектов намагничивания горных пород в связи с многократным повторением воздействия магнитных полей атмосферных вихрей на земную кору» [14, с 295].

Стоит отметить, что данная гипотеза не рушит представления об имеющихся данных о геомагнитном поле. Она скорее предлагает альтернативный механизм его формирования или, как минимум, допускается участие в образовании магнитных полей.

Если разобраться, то согласно схеме, имеющееся магнитное поле не обязательно является предельно напряженным. Возможно, даже те данные, что мы имеем сейчас, являются всего лишь вехой и при дальнейшем изменении метеорологических процессов, что способны повлиять на его напряженность. Если метеорологические процессы образуют главное магнитное поле, то глобальные изменения климата способны повлиять на его текущую напряженность и скорость смещения полюсов. Вот как комментирует эту догадку С.Я. Сергин и приводит таблицу: «Однако из предложенной гипотезы (а значит, и схемы) вытекает взаимное согласование качественных характеристик электрического и магнитного полей Земли, соответствующее современной и инверсионной геомагнитной полярности. Оно представлено в таблице 7.

Таблица 7 — Согласование качественных характеристик электрического и магнитного полей Земли при современной и инверсионной геомагнитной полярности

Характеристики и магнитного полей	электрического	Геомагнитная полярность	
		современная	инверсионная
Преобладающий поверхности	заряд земной	–	+

Продолжение таблицы 7

Преобладающий заряд атмосферы	+	–
Преобладающий заряд атмосферных вихрей с циклонической циркуляцией	–	+
Ориентация вектора магнитной индукции отмеченных вихрей в северном полушарии	к земле	от земли
Геомагнитный полюс северного полушария	южный	северный

Изменения полярности свидетельствуют о динамической неустойчивости системы, формирующей геомагнитное поле. При некотором соотношении западного и восточного зонального переноса атмосферного воздуха разделение зарядов в системе «земная поверхность – атмосфера» ослабевает. Электрическое поле этой системы становится незначительным по величине и знакопеременным. Как следствие, сходит на нет и магнитное поле. С изменением атмосферной циркуляции происходит новый запуск геомагнитного поля. Его полярность может быть прямой или обратной – в зависимости от преобладающего направления зональной циркуляции атмосферы.

Для системы атмосфера-литосфера характерна самостоятельная зональная циркуляция северного и южного полушарий. Но, не смотря на схематическую схожесть, их параметры, все же, отличаются.

Следует рассматривать электромагнитные поля Земли как результат взаимодействия полушарных подсистем. На рисунке 8 представлен глобальный процесс в контексте предыдущей схемы.

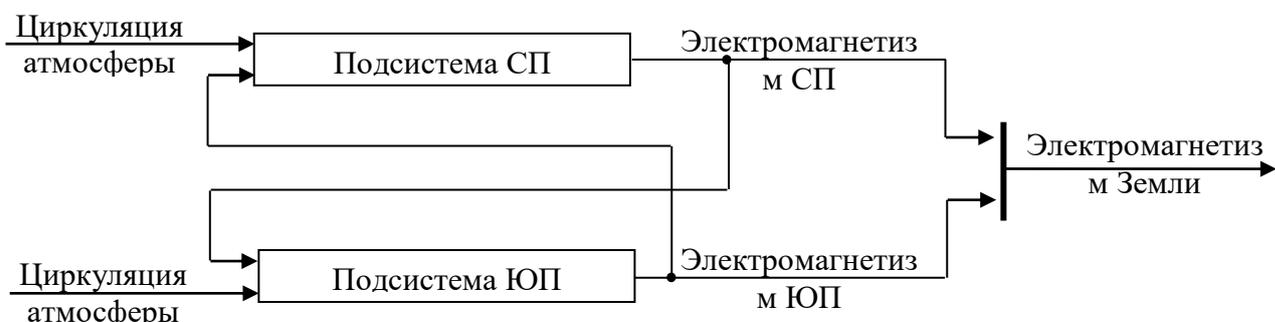


Рисунок 8 — Блок-схема взаимодействия подсистем северного и южного полушарий в формировании электромагнетизма Земли

Тем самым представленная картина не противоречит данным о геомагнитном поле. Намагниченность горных пород не может быть однородной. Поскольку в разных точках планеты разная концентрация магнитной породы. Соответственно, неудивительны отличия в глобальной системе распределения тех самых пород.

Очень важно учитывать температурный режим областей. Так как температура воздуха контактирует с земной поверхностью. Чем выше температура, тем хуже проводимость, но в условиях отрицательных температур потенциал напряженности будет заметно выше.

В своей работе С.Я. Сергин отмечает, что распределение напряженности магнитного поля совпадает с центрами сезонных колебаний: «Представляется закономерным, что в распределении напряженности геомагнитного поля имеются максимумы (полюса), совпадающие с отмеченными сезонными центрами действия атмосферы».

Вследствие связи метеорологических условий с магнитным полем магнитное поле южного полушария больше северного. Это подтверждается: напряженность главного магнитного поля южного полушария больше приблизительно на 10% чем северного.

На колебание атмосферных циркуляций также влияет время года. Станции стабильно показывают наименьшую напряженность электрического поля в летнее время года, когда пик этой напряженности наблюдается зимой. Тогда значит, что если меняются показатели напряженности электрического поля, то априори оказывают влияние и на магнитное?

По сути да. Только это не так легко доказать. Проблема в том, что поле приобрело свое современное значение не за один год. Оно накапливалось с течением многих лет. Также менялась и сама атмосфера. Это лишь значит, чтобы фиксировать магнитные колебания нужно наблюдать систематическую девиацию напряженности электрического поля. И лишь через большое количество лет, мы сможем наблюдать изменения напряженности магнитного поля.

Усиление атмосферной циркуляции в зимнее время и ее ослабление в летнее время должно вызывать ясно выраженный годовой ход напряженности электрического поля. Об этом свидетельствует рисунок 8.

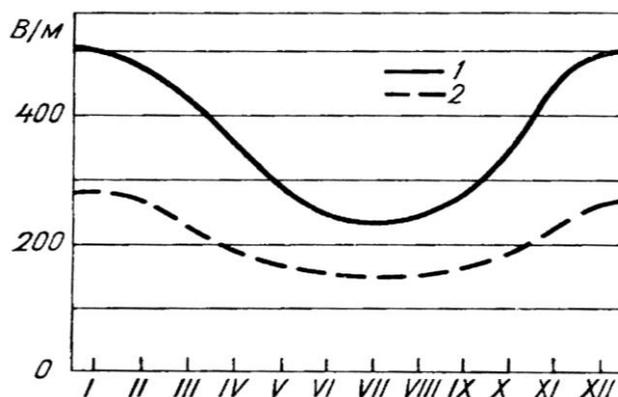


Рисунок 8 - Годовые вариации градиента потенциала в Кью и Потсдаме
[174]1 – Кью, 1889-1912 гг.; 2 – Потсдам, 1904-1923 гг.

Последние 150 лет отмечают в целом глобальное климатическое потепление. Как мы вывели из нашей концепции, напряженность электрического поля падает при высоких температурах. А изменение глобального климата, а в нашем случае потепление, приведет к снижению напряженности электрического поля, в таком случае, неизбежны изменения и геомагнитного поля. С.Я. Сергин не считает, что глобальное потепление связано с антропогенным воздействием:

«Представление об индустриальной природе векового потепления климата – надуманное. В реальности ГКС – неравновесная система. Ей свойственны колебания разного временного масштаба и отсутствие стационарных состояний. Индустриальная эпоха случайным образом пришлась на стадию естественного потепления климата [5]. Вероятность такого совпадения близка к 50%».

Вообще не обязательно рассматривать гипотезу только в системе атмосфера-литосфера. Можно попытаться ее рассматривать в более широком значении. То, что нижний слой генерирует планетарный магнетизм – это так, но что если в более высоких слоях и ионосфере тоже идет самостоятельная

генерация магнитных полей, аппроксимации которых вплетены в функции главного магнитного поля? Эту гипотезу тоже следовало бы проверить. Ведь если это действительно так, то более высокая напряженность магнитного поля в верхних слоях, чем по расчетам, если бы рассматривали только напряженность, связанную с низшим атмосферным слоем, тогда это лишний раз подтвердит выдвинутую гипотезу. На рисунке 9 представлена модель планетарного диполя.

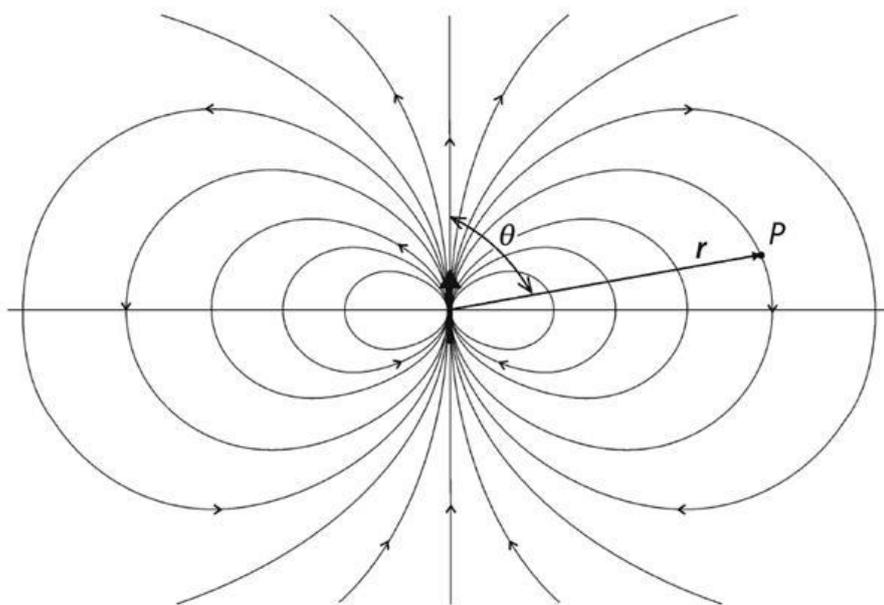


Рисунок 9 — Модель планетарного диполя

То есть, для грамотного составления данных нельзя ничего выкидывать, лишь таким образом расчеты будут приближены к истине. Возможно, стоит рассмотреть классическую модель планетарного диполя опираясь на границы атмосферных слоев и стоит рассчитать каким образом атмосферные слои способны влиять на определенные широты.

По смыслу предложенной гипотезы, электромагнетизм Земли решающим образом зависит от наличия атмосферы, ее зональной и вихревой циркуляции. Если это положение распространить на другие планеты, то получает объяснение отмеченный в начале параграфа факт существования магнетизма только у быстро вращающихся планет со значительной атмосферой. В то же время появляется основание для следующего прогноза: каждая из этих планет имеет электрическое поле, приуроченное к атмосфере и подстилающей

поверхности. Этот прогноз можно проверить в ходе космических исследований.

3.2 Система «земная поверхность-атмосфера» как планетарный электрический конденсатор

Конденсатором называют специальное устройство, способное хранить в себе электричество. Сначала разберемся с устройством плоского конденсатора. Состоит он из двух металлических пластин. Каждая обкладка собирает на поверхности пластины заряд своего знака. Но чтобы заряд нужным образом распределялся, нужна диэлектрическая среда. Зачастую нет необходимости создавать ее искусственно, так как обычный воздух уже является диэлектриком. Таким образом, чтобы конденсатор работал, нужно две пластины, что будут собирать заряд и диэлектрическая среда между ними, также важно соблюдать равенство площадей, так как конденсация зарядов будет происходить лишь по площади наименьшей пластины.

Сферический конденсатор немногим отличается от плоского. Состоит такой конденсатор не из плоских, а сферических пластин, где малая окружность помещена в более емкую. А расстояние между ними занимает диэлектрик. Тогда в этом случае одну из сфер нужно заземлить, лишь в этом случае сферические пластины будут накапливать разные заряды. На рисунке 10 приведена схема сферического конденсатора.

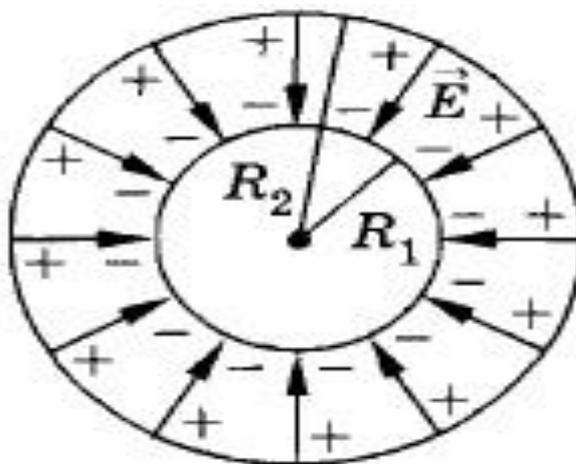


Рисунок 10 — Схема сферического конденсатора

Формула для расчета сферического конденсатора является более сложной, чем формула плоского. Теперь для расчета мы используем радиус этих фигур. Поскольку их две то и радиусы мы обозначим R_1 и R_2 .

Потенциал верхней обкладки равен сумме потенциалов противоположных зарядов. А потенциал заряженной сферы равен потенциалу точечного заряда. Из этого следует формула:

$$\varphi_2 = k \frac{q}{\varepsilon R_2} - k \frac{q}{\varepsilon R_2} = 0, \quad (9)$$

где φ — потенциал заряженной сферы;

k — коэффициент разности зарядов;

q — величина заряда;

ε — ЭДС (электродвижущая сила);

R_2 — радиус внешней сферы (обкладки).

при условии, что потенциал на бесконечности принят равным нулю.

Это объясняется тем, что конденсатор не создает внешнего поля. Так как и плоский конденсатор – весь заряд находится в пределах площади одной стороны. Значит, все прикладные точки во внешней оболочке имеют нулевой заряд. Отсюда формула для расчета внутренней сферы

$$\varphi_1 = k \frac{q}{\varepsilon R_2} - k \frac{q}{\varepsilon R_1}, \quad (10)$$

где R_1 — радиус внутренней сферы

После считаем разность потенциалов этих пластин (U):

$$U = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{qk}{\varepsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \quad (11)$$

где U — напряженность между пластинами.

Итак, мы получили формулу для расчета конденсатора. Формула сферического конденсатора в системе СИ

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}, \quad (12)$$

Если зазор между обкладками мал, то мы можем пренебречь незначительной разницей в радиусах и приравнять их. Учитывая, что площадь поверхности сферы $S = 4\pi R^2$, то мы можем рассчитать площадь по формуле плоского конденсатора [15]:

$$C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d} \quad (13)$$

где C — электрическая постоянная диэлектрика;

S — площадь пластины;

d — расстояние между пластинами.

Таким образом, мы будем в дальнейшем использовать такую трансформацию для расчетной схемы планетарного конденсатора.

Теперь попытаемся представить Землю в виде сферического конденсатора. В этом есть смысл, так как принцип распределения зарядов похож на работу накопительного устройства. Если атмосферу и литосферу воспринимать как две сферические обкладки, то мы увидим, что каждая из обкладок имеет свой знак заряда. Ведь известно, что в любой батарее или аккумуляторе присутствует конденсатор, который хранит электроэнергию. Если это действительно так, то мы можем полагать, что индукция атмосферных вихрей гораздо более значительна в формировании магнитного поля Земли чем кажется на первый взгляд. Если Земля – конденсатор планетарного масштаба, выходит, что она обладает таким же свойством любых других конденсаторов – накопление. Получается, что даже если каждый из индукционных вихрей очень

слаб, его энергия не рассеивается, а сохраняется за счет сепарации (разделения) зарядов по краям так называемых обкладок. Исходя из этого, мы можем полагать, что существующее на сегодняшний день магнитное поле Земли – результат постоянных индукционных вихрей, которые постепенно намагничивали земную поверхность.

На рисунке 11 изображена схема планетарного конденсатора

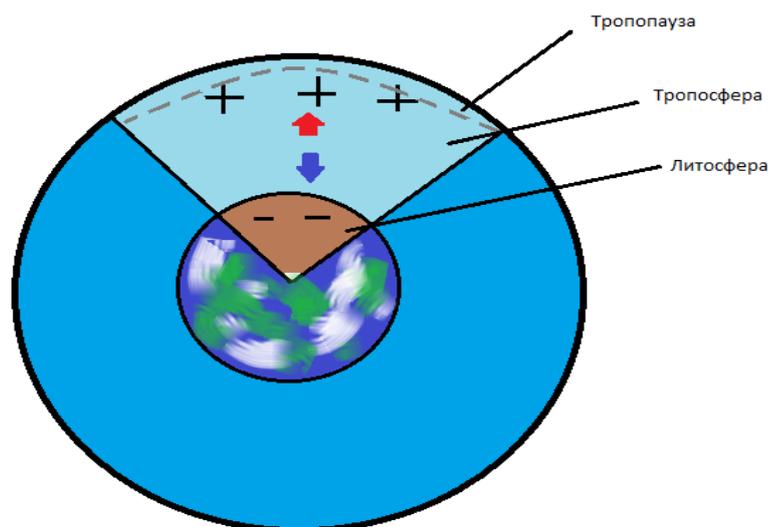


Рисунок 11 — Схема планетарного конденсатора

Стоит обратить внимание на сектор со знаками зарядов. Заряды, что образуются в тропосфере (голубой цвет), системным образом распределяются : положительный заряд стремится к верхней части тропосферы и достигает тропопаузы, отрицательный заряд стремится к земной поверхности(коричневый цвет), проникая в глубины литосферы. Сравнивая схему сферического конденсатора и планетарного, наблюдается связь – заряды распределяются по обкладкам абсолютно идентично. А это значит, что индукция атмосферных вихрей в многолетней перспективе способна накапливать силу магнитного поля планеты.

Далее пойдет гипотетический расчет планетарного конденсатора. В первую очередь нужно понять, по каким формулам нужно вести расчет. В отличие от обычного сферического, мы должны учитывать целое множество

физических параметров.

Главной проблемой при расчетах является тот факт, что мы не можем посчитать сферический конденсатор по простой его формуле, так как планетарный конденсатор является нечто иным. Во-первых, планета чаще всего будет иметь различные климатические зоны, и в системе атмосфера-земная поверхность тропосферный слой напрямую контактирует с земной поверхностью, придавая ей определенную температуру. Как мы выяснили ранее, потенциал напряженности вещества напрямую зависит от его температуры. Поэтому воспользуюсь разработанной схемой и попытаюсь ее обосновать.

Схема расчетной модели электроемкости планетарного конденсатора представлена на рисунке 12.

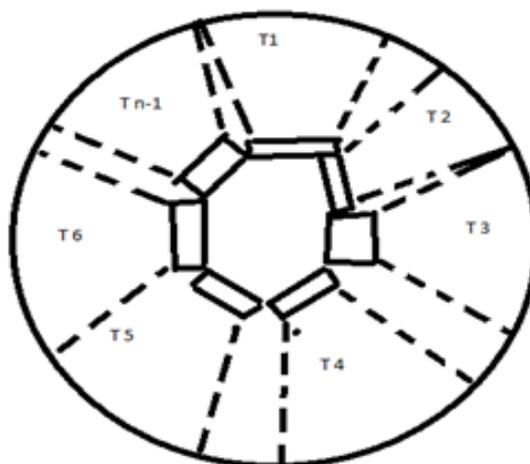


Рисунок 12 — Расчетная модель планетарного конденсатора

То есть глобальная электроемкость состоит из множества плоских обкладок, но каждая из этих пластин имеет разную толщину, это связано с неравномерным распределением ферромагнетиков. Это существенно затрудняет расчет, но зато мы можем получить гораздо более точное значение.

Таким образом, чтобы получить ответ, нужно вычислить толщину каждой пластины и сложить все значения.

$$C_{\text{п}} = C_1 + C_2 \dots C_{n-1} (\text{Ф})$$

$C_{\text{п}}$ – планетарная электроемкость

Cn-1 – сегментарный плоский конденсатор

Стоит уточнить, что данная формула является лишь расчетной моделью. В реальности конденсаторная обкладка является сферой и имеет неразрывную структуру. Так как обкладка должна занимать всю расчетную площадь, исходя из этого мы будем строить дальнейшие расчеты.

Для начала вычислим толщину литосферной обкладки конденсатора. В результате мы получим не только емкость, но и так же сможем выяснить скорость накопления заряда.

Берем часть литосферы, на протяжении которой температура является стабильной (или незначительно колеблется). Если планета обладает жидким ядром, то мы должны учесть его влияние. С точки зрения ферромагнитной гипотезы ядро считается препятствующим фактором, так как выводит часть магнитов в нижней литосфере из строя.

Теперь нужно вычислить процентный состав химических элементов в рассматриваемом сегменте. Далее мы можем разбить процентный состав на два элемента: магнитную и остальную породу.

M – общая масса

m_m – масса магнитной породы

m – остальная масса

$m_m = x\%$

$m = y\%$

$M = m_m + m = x + y = 100\%$

$(x + y) / 100 * x\% = m_m \text{ (кг)}$

Зная массу магнитной породы, нужно собрать предполагаемую толщину планетарной пластины. Расчет будет проведен методом экстраполяции физической планетарной модели в математическую модель изолированного пространства в декартовой системе. Данный метод я назвал «Метод кубической трубки».

В первом этапе нужно провести кубическую трубку, максимальная глубина которой длится от верхней точки литосферы до значения температуры вещества при котором сохраняются его магнитные свойства. Для этого нужно

вычислить какой процент магнитной породы превышает точку Кюри.

$M_m - 100\%$ - общая масса ферромагнетиков

$M_{н.м.} - x\%$ - масса раскаленных магнитов

$M_m/100 * x\% = m_{н.п.}(кг)$

Затем вычесть эту массу из общего количества ферромагнетиков.

$M_m = m - m_{н.м.}$

Вот как будет выглядеть вертикаль в физической модели (рисунок 13).

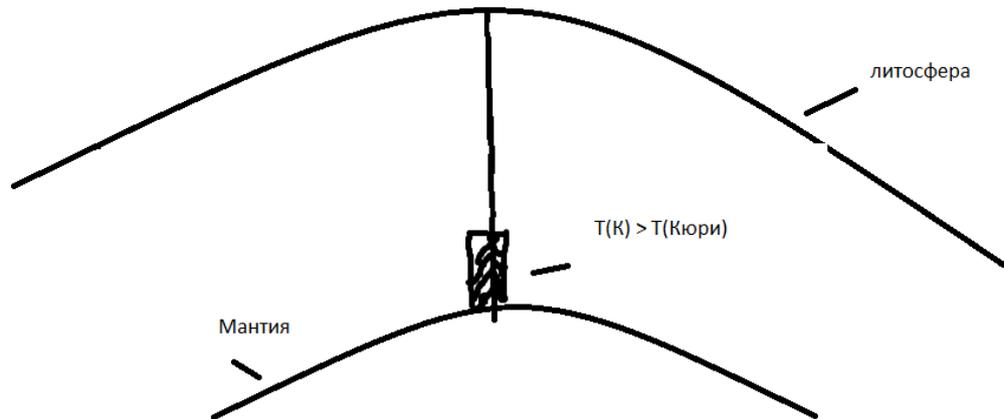
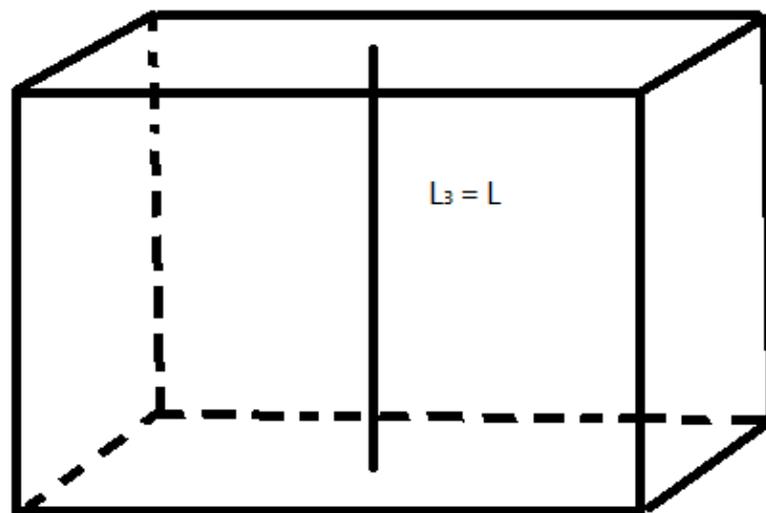


Рисунок 13 — Физическая модель для расчета литосферной обкладки (этап 1)

Теперь нужно представить данную вертикаль в декартовой системе. Где длина вертикального отрезка равна планетарной (рисунок 14).



L_3 – длина планетарной вертикали; L – длина вертикали в декартовом кубе

Рисунок 14 — Математическая модель для расчета литосферной обкладки (этап 1)

Получаемая модель должна иметь форму прямоугольного параллелепипеда, иначе расчет не может соответствовать параметрам плоского конденсатора.

Первым шагом проводится трубка из кубов в объеме 1 м^3 и считается сколько кубов поместится в вертикаль, и после прибавляется остаточное число. Так же провести возможное количество этих трубок в ряд, пока не закончится вся железная масса. Последняя трубка будет рассчитываться в остаточном числе.

Таким образом, мы получаем предельное значение вертикальной величины, однако обкладка должна занимать всю рассматриваемую площадь.

Далее нужно вычислить как изменится толщина пластины, при построении первой горизонтали.

В физической модели длина горизонтали будет длиться в пределах постоянных термических условиях (рисунок 15).

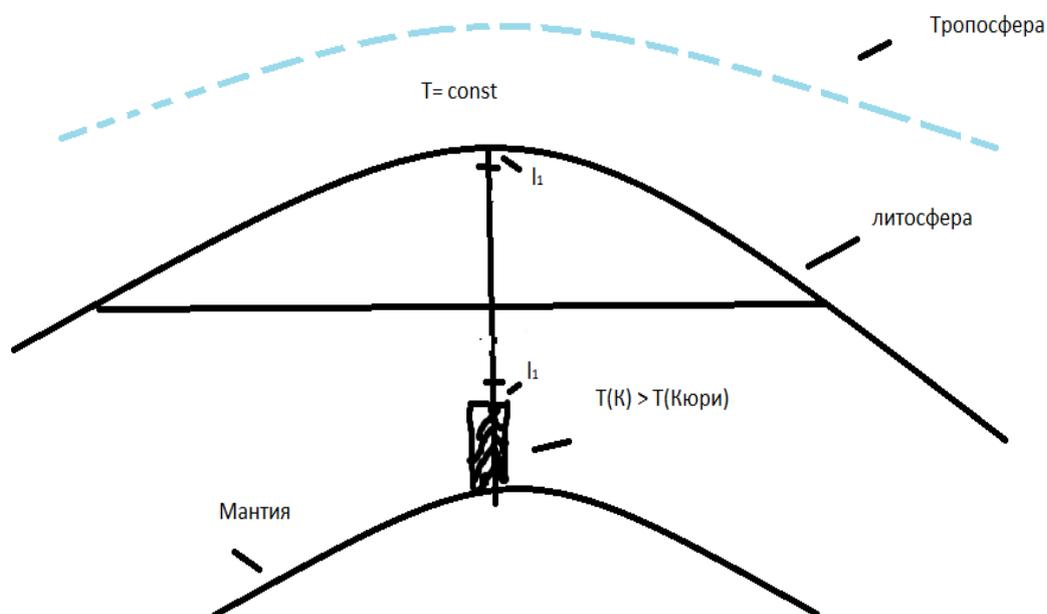


Рисунок 15 — Физическая модель для расчета литосферной обкладки (этап 2)

Теперь вертикаль потеряет часть своей высоты, так как горизонталь заимствует часть магнитной породы для собственного заполнения.

В декартовой модели длина отрезков имеет следующий вид (рисунок 16).

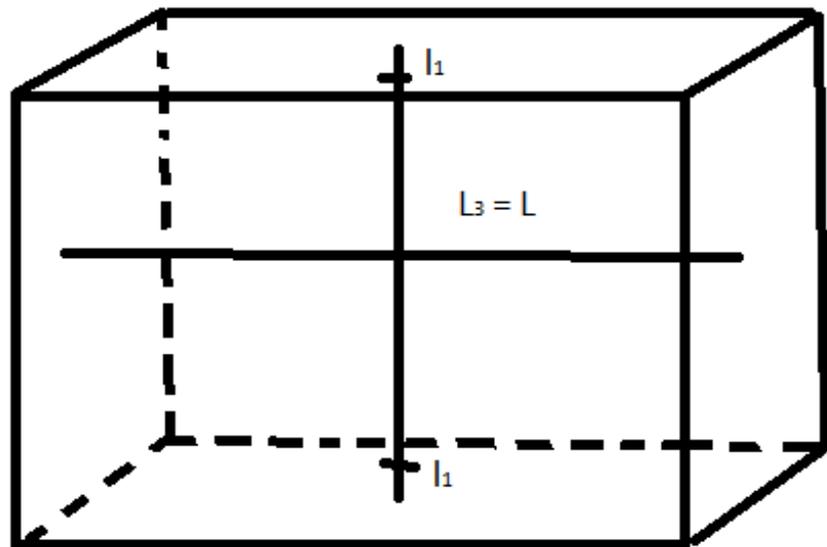


Рисунок 16 — Математическая модель для расчета литосферной обкладки (этап 2)

Теперь останется заполнить площадь второй горизонтали, которая впоследствии заберет следующую часть длины отрезка вертикали (рисунок 17)

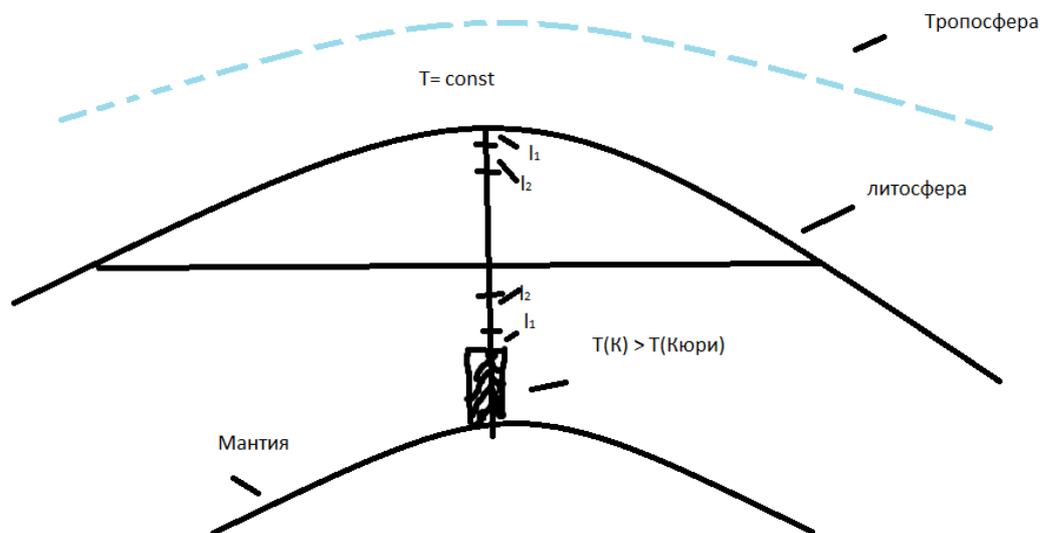


Рисунок 17 — Физическая модель литосферной обкладки (этап 3)

В математической модели изменения видны более наглядно (рисунок 18).

Теперь в математической модели представлена конечная площадь и толщина пластины. Однако мы получили лишь идеальную модель, в реальности сегментарный конденсатор представляет собой не пластину, а магнитную гальку, разбросанную по всей литосфере. А, как известно, форма магнита

влияет на его конечные характеристики.

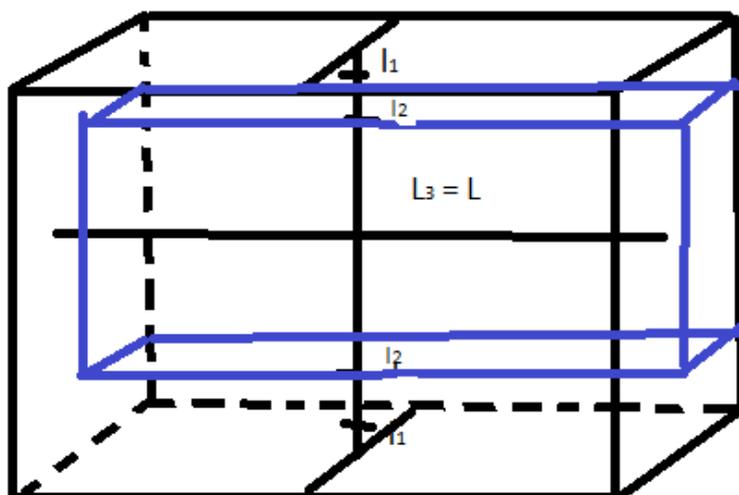


Рисунок 18 — Математическая модель расчета литосферной обкладки (этап 3)

Но, несмотря на это, расчет в математической модели имеет смысл, так как отклонение будет, вероятно, фиксированным значением, соответственно, нужно будет вычислить все влияющие параметры и вписать их в качестве модификатора физической модели.

Заключение

На самом деле, по собранной информации трудно делать точные выводы. Так как многие факторы и явления не познаны на достаточном уровне. Требуется куда более тщательные исследования. Требуется эмпирические подтверждения заверяемых концепций и их дальнейшая доработка.

Но даже так, проделанная работа дала толчок в нужном направлении и внесла ясности хотя бы на теоретическом уровне.

Таким образом, в нашей работе была предпринята попытка восполнить отмеченный недостаток исследований. На основе изложенного в дипломной работе материала и его анализа мы приходим к следующим выводам:

1. Ферромагнитная гипотеза показала себя более состоятельной, чем гипотеза динамо жидкого ядра, так как первая вносит больше ясности о текущем напряжении магнитных полей планет.

2. Потенциал напряженности планеты зависит не только от количества магнитной породы, но и от температуры вещества относительно точки Кюри.

3. Расчетная модель планетарного конденсатора является незавершенной и нуждается в дальнейшем составлении.

4. Раскрытие четкой связи полей и климатов планеты даст более глубокое понимание об атмосферных явлениях и магнитных аномалиях.

Список использованной литературы

1. Атмосферное электричество: пер с англ. / под ред. д-ра физ.-мат. наук И. М. Имянитова. — Л.: Гидрометиздат, 1974. — 421 с.
2. Белоусов, В.В. Геотектоника: учеб. пособие/М.: Изд-во Московского. ун-та, 1976. — 334 с.
3. Детлаф, А.А Курс физики: учеб. пособие для студентов высших технических учебных заведений – М.: Академия, 2008. — 719 с.
4. Жарков, И.Н. Внутреннее строение Земли и планет. — М.: Наука, 1983. — 415с.
5. Кузнецов, В.В., Семаков, Н.Н., Доровский, В.Н., Котляр, П.Е. Физика Земли: новый взгляд на некоторые проблемы. — Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. — 128 с.
6. Магницкий, В.А. Внутреннее строение и физика Земли. – М.: Недра, 1965. — 379 с.
7. Общая структура геомагнитного поля. Магнитные аномалии [Электронный ресурс]. URL:https://studbooks.net/1846880/matematika_himiya_fizika/obschaya_struktura_geomagnitnogo_polya_magnitnye_anomalii (дата обращения 12.04.2021)
8. Общая характеристика планеты Земля по последним данным [Электронный ресурс]. URL: <https://in-space.ru/planeta-zemlya/>(дата обращения 05.04.2021).
9. Общая характеристика планеты Меркурий [Электронный ресурс]. URL: <https://v-kosmose.com/planeta-merkuriy-interesnyie-faktyi-i-osobennosti/>(дата обращения 05.04. 2021).
10. Основной вариант модели Земли по сейсмическим данным [Электронный ресурс]. URL: <http://sv-barrisol.ru/tektonika/2081-sfericheski-simmetricheskie-modeli-zemli.html> (дата обращения 09.04.2021).
11. Паркинсон, У.Д. Введение в геомагнетизм; пер. с англ. / под ред. М. С. Жданова. – М.: Мир, 1986. — 527 с.

12. Плетнев, С.В. Магнитное поле: свойства, применение: науч. и учеб. пособие/ СПб.: Гуманистика, (ГП Техническая. кн.), 2004. — 623 с.
13. Происхождение названия планеты Венера и ее краткая характеристика[Электронный ресурс] – URL: https://sitekid.ru/astronomiya/planeta_venera.html (дата обращения 05.04.2021).
14. Сергин, С.Я. Системная организация процессов геологического развития земли. Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Белгородский гос. ун-т», Фил. Российского гос. гидрометеорологического ун-та в г. Туапсе. - Белгород: Белгородский гос. ун-т, 2008. — 358 с.
15. Сферический конденсатор. Строение и расчет. [Электронный ресурс] – URL: https://studopedia.su/10_98923_sfericheskiy-kondensator.html (дата обращения 10.05.2021).
16. Тверской, П.Н. Курс метеорологии [Текст] :(Физика атмосферы): [Для ун-тов и гидрометеорологических. вузов] / Под ред. Е. С. Селезневой. — Л.: Гидрометиздат, 1962. — 700 с.
17. Физика космоса: маленькая энциклопедия /под ред. Р. А. Сюняева. – М.: Сов. Энциклопедия., 1986. – 783 с.
18. Физические свойства минералов и горных пород при высоких термодинамических параметрах: справочник / под ред. М.П. Воларовича. –М.: Недра, 1988. – 255 с.
19. Хргиан, А.Х. Физика атмосферы. — Л.: Гидрометеоздат, 1969 — 647 с:
20. Яновский, Б.М. Земной магнетизм: учеб. пособие. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. — 591 с.