

О некоторых нерешенных задачах физики Земли и солнечно-земной физики в контексте модели горячей Земли. Экспериментальные исследования и численное моделирование.

На базе разрабатываемой автором модели горячей Земли сформулированы 12 задач, решение которых позволит, по мнению автора, приблизиться к созданию теории Земли (геономии):

Физика землетрясения

1. *Математическая модель акустического свержизлучения. Взаимодействие типа: «трещина - волна-трещина». Физика дилатонов и их взаимодействие. Параметрическое усиление звука и генерация ударной волны.*
2. *Выход ударной волны (УВ) на поверхность. Двумерная модель «сильных движений» грунта в момент выхода УВ, условия «развала» УВ при подходе к поверхности (проблема защиты от землетрясения) и т.п.*

Образование Земли

3. *Механизм самогравитации большого числа ($\sim 10^8$) микрочастиц, вращение «облака» частиц, образование волн плотности при формировании звезды и планет, волны плотности и закон Бодэ, сгущение вещества на гребнях волн и т.п. (Задача для суперкомпьютера).*
4. *Модель образования месторождений металлов при охлаждении горячей Земли за счет гигантских флуктуаций плотности при достижении критических температур.*

Геомагнитное поле

5. *Устойчивость четырех долгоживущих вихрей Россби (одного циклона и трех антициклонов) в атмосфере с градиентом температуры: вихрей в атмосферах Юпитера и Сатурна и глобальных магнитных аномалий Земли.*
6. *Разработка модели аддитивного источника генерации геомагнитного поля и, на её основе, - модели дрейфа магнитных полюсов в настоящее время и в прошлом.*
7. *Моделирование конвекции во внешнем ядре при изменении (уменьшении) радиуса внутреннего ядра. Проверка гипотезы отсутствия упорядоченной конвекции при некоторых соотношениях радиусов оболочек.*
8. *Моделирование радиационной обстановки на Земле в момент смены полярности геомагнитного поля, с учетом эффектов разрушения радиационных поясов.*

Проблема cut-off

9. *Оценка предельных величин суперземлетрясений, супервулканов, суперураганов на Земле и супервспышек на Солнце - решение проблемы “cut-off” в геофизике и солнечно-земной физике. Разработка идей Тцаллиса о негибсовской термодинамике в геофизическом приложении как способ решения проблемы.*

Проблемы климата и эволюции жизни

10. *Изменения климата и роль выбросов пыли в стратосферу при взрывах супервулканов, роль экскурсов геомагнитного поля и связанного с ними повышения радиационного фона. Взгляд на современное потепление через призму палеоданных.*
11. *Эволюция жизни, причина кембрийского взрыва, временная привязка генетических мутаций к экскурсам и географическая приуроченность их к Африке.*

Атмосферное электрическое поле

12. *Природа атмосферного электрического поля (АЭП), причина унитарной вариации в АЭП и ионосфере. Связь АЭП с климатом. Форбуш понижение в АЭП, проблема быстрого восстановления поля после его понижения.*

1. Математическая модель акустического сверхизлучения. Взаимодействие типа: «трещина - волна-трещина». Физика дилатонов и их взаимодействие. Параметрическое усиление звука и генерация ударной волны.

Идея ударно-волновой модели землетрясения была высказана автором около 20 лет тому назад. Идея базировалась, во-первых на характере разрушений земной поверхности и зданий, которые присущи только ударным волнам и, во-вторых, результатам экспериментов с образцами горных пород на прессе и наблюдений акустической эмиссии перед землетрясением. В экспериментах наблюдалась четкая зависимость усиления акустического фона примерно в квадрат раз. В оптике такое усиление фона получило название сверхизлучение.

Модель сверхизлучения базировалась на идее автора о лавинообразном процессе взаимодействия между раскрывающимися микротрещинами и испускаемыми (в результате их раскрытия) акустическими волнам с ещё не раскрывшимися микротрещинами. Модель была эквивалентна двухуровневой системе, предложенной Дикке и используемой в лазере. Наша модель позволила объяснить акустическое сверхизлучение (см. рис. 1) образцом горной породы под давлением, но физика взаимодействия «волна-трещина» оставалась не ясной.

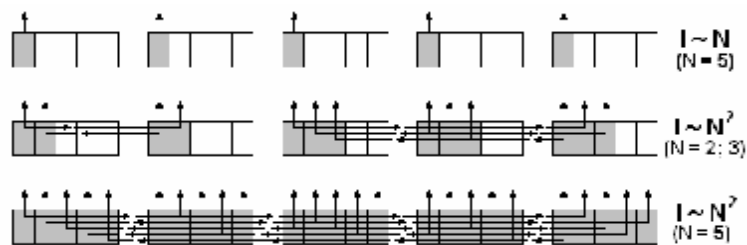


Рис. 1. Модель взаимодействия дилатонов.

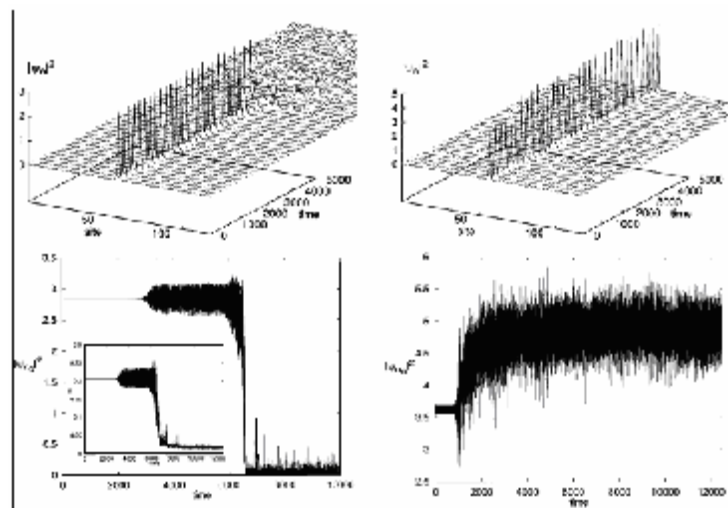


Рис. 2. Численное решение (вида бризер)- для нелинейной решетки Шредингера.

В настоящее время представляется, что приемлемое решение взаимодействия «волна-трещина» может быть найдено в физике фононов, дилатонов и бризеров. Особенность дилатона заключается в способности черпать энергию от окружающих фононов и отдавать энергию им. Увеличение энергии дилатона может происходить не только за счет тепловых фононов, но и за счет поглощения фононами звука.

В дискретных решетках Клейна-Гордона и Шредингера возникают решения, называемые бризером (breath). Бризеры, - это локальные решения дифференциальных уравнений с зависящей от времени амплитудой (рис. 2). Физически, решения бризера соответствуют двум солитонам, типа «кинк» и «антикинк». Взаимодействие их приводит к

образованию стоячей волны в решетке Амплитуда бризера может возрасти до тех пор пока не произойдет разрушение решетки, т.е. образование трещины и её раскрытие, сопровождающееся излучением акустической волны. Акустическая волна может привести к образованию другого бризера и т.о. может возникнуть лавина образования трещин. Конечным «продуктом» этого процесса может быть генерация ударной волны.

Формирование ударной волны. В настоящее время это наименее проработанный вопрос ударно-волновой модели. Очевидно, что в рамках нашей модели ударная волна является результатом когерентного взаимодействия акустических волн раскрывающихся трещин. Когерентность должна быть как пространственной, так и временной (типа задачи Фиббоначи). Пока рассматривается два возможных подхода: один основан на использовании метода пересекающихся характеристик (рис. 3), другой на использовании сложения солитонов (бризеров) в большой акустический солитон, который способен «прокинуться» (рис. 4) с генерацией ударной волны. Возможно, это единственное решение: сложение акустических солитонов в один – большой и, затем, опрокидывание его с генерацией УВ.

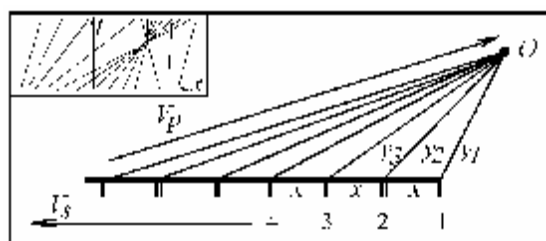


Рис. 3. Метод пересекающихся характеристик приводит к когерентному сложению акустических импульсов в точке 0.



Рис. 4. Метод кручения и опрокидывания солитона.

Формулировка задачи: Развить математическую модель взаимодействия дилатонов, образования лавинообразного процесса схлопывания дилатонов, раскрытия трещин, генерацию акустических волн и, на использовании этого механизма, создать математическую модель образования ударной волны.

2. Выход ударной волны (УВ) на поверхность. Двумерная модель «сильных движений» грунта в момент выхода УВ, условия «развала» УВ при подходе к поверхности (проблема защиты от землетрясения) и т.п.

Идея представить разрушительный этап землетрясения - как выход ударной волны на поверхность Земли, отражение ударной волны, возникновение волны разгрузки и взаимодействие этих и других поверхностных волновых явлений между собой, приводящих к возникновению разрывов поверхности Земли, отколов, перемещений грунта и других подобных явлений, - была высказана автором около 20 лет тому назад. Эти идеи в виде феноменологической модели были опубликованы в двух монографиях и ряде статей. Следующие из этой модели оценки таких параметров как величина разрывов и разуплотнений грунта, колебаний почвы, возникновение выбросов воды и т.п. очень приближенны. Возникла необходимость проведения численных расчетов.

Вычислительные методы в механике сплошной среды были созданы в основном для решения оборонных задач. Разработанный комплекс методов и программ использовался для решения задач газовой динамики с большими деформациями и распространялся на такие процессы как детонация взрывчатых веществ и ударные волны в металлах. Вычислительная проблема при решении поставленной задачи состоит в адаптации вычислительных методов для решения двумерной (впоследствии – трехмерной) задачи распространения ударной волны по геологической среде и задачи, возникающие при выходе её на поверхность грунта. Задача сопряжена с решением ряда проблем:

- Подбор наиболее адекватных реологических и термодинамических параметров для грунта и сейсмического разреза среды.
- Создание базы сильных движений. Имеются данные по движениям, сопутствующим нескольким наиболее изученным землетрясениям, таким как Нортридж (США) и Кобе (Япония). Данными по сильным движениям земной коры, возникшим при землетрясениях, произошедших в США с 1933 года, располагает специальная правительственная программа (National Strong-Motion Program). В рамках этой программы в настоящее время в 32 штатах размещены 1200 станций наблюдений за сильными движениями, из них около 900 находятся в режиме текущего мониторинга и, кроме этого, существует 628 непрерывно работающих сейсмических станций. Информация по сильным движениям при землетрясениях доступна через сети Internet. Насколько известно, аналогичная система существует и в Японии. В рамках выполнения проекта предполагается получение некой усредненной временной и пространственной картины движений.

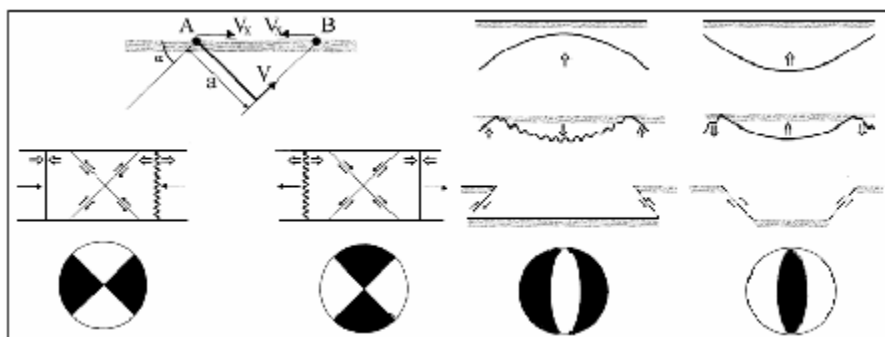


Рис. 5. Выход ударной волны на поверхность. Слева – под углом к горизонту, справа – вертикально вверх. Распределение сил и разломные диаграммы.

Задача состоит в численном моделировании процесса выхода ударной волны на свободную поверхность. При этом предполагается численное решение системы уравнений сохранения и ударных адиабат. Возможно использование метода Харлоу для частиц в ячейках в двумерной постановке. В результате численного моделирования должно быть получено пространственное распределение поля векторов массовой скорости за фронтом ударной волны. Поле скоростей и возникающих на поверхности волн необходимо сравнить с полем скоростей сильных движений, возникающих при разрушительных землетрясениях. Необходимо разработать алгоритмы и программы двумерного движения сплошной среды и провести численное моделирование некоторых процессов: механизма распространения ударной волны по очагу землетрясения и механизма выхода её на свободную поверхность, генерации волны разгрузки и механизма взаимодействия волн. При создании численной модели сильных движений, предполагается численное решение системы уравнений механики сплошной среды совместно с определяющими соотношениями для грунта. Предполагается использование метода «индивидуальных частиц» в двумерной постановке. В результате численного моделирования должно быть получено пространственное распределение поля векторов массовой скорости за фронтом ударной волны. Поле скоростей и амплитуд, возникающих на поверхности волн, будет

сравниваться с полем скоростей сильных движений, измеренных во время разрушительных землетрясений.

Формулировка задачи: Численное моделирование процесса выхода ударной волны на свободную поверхность.

3. Механизм самогравитации большого числа микрочастиц, вращение «облака» частиц и газа, образование волн плотности при формировании звезды и планет, волны плотности и закон Бюде, сгущение вещества на гребнях волн и т.п. (Задача для суперкомпьютера).

Принято считать, что «самогравитация» проявляется лишь в том случае, если некий объем вещества имеет достаточную массу для того, чтобы самогравитация превосходила твердотельные силы и тело могло принять гидростатически равновесную (близкую к сферической) форму. В контексте модели горячей Земли это определение можно трактовать следующим образом: если объем вещества имеет массу M , такую, что $GM/R > U$, где U - теплота плавления, то планета (спутник) в процессе образования, за счет самогравитации, пройдет фазу плавления и примет при этом сферическую форму. Вещество при этом будет нагрето до температуры $T \sim M^{2/3}$.

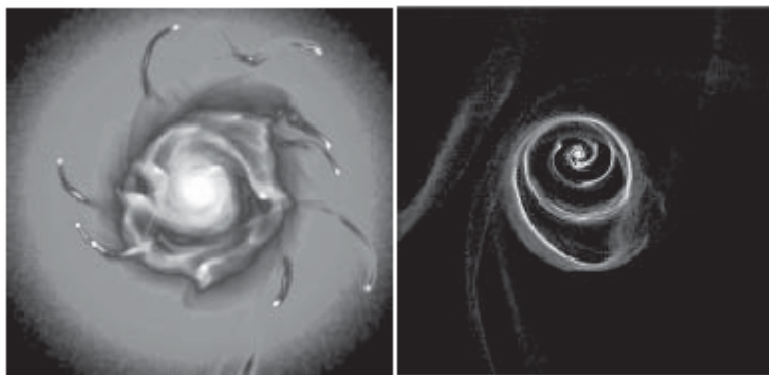


Рис. 6. Расчеты на суперкомпьютере. Слева: сгустки вещества при развитии гравитационной неустойчивости. Справа: кольцеобразные структуры из частиц твердой фазы. Количество частиц в расчетах - 300 000.

Как правило, задачи самогравитации решаются без учета противодействующей силы, возникающей в центральной области исходного сгустка материи за счет его нагрева при сжатии и возникновении противодействующего гравитации газокINETического давления (рис. 6). В таких работах рассматривалась самогравитация твердых шаров в газе, или самогравитация идеального газа. Надо сказать, что теория самогравитации звезд в галактике с учетом противодействия была создана Линем и Шу.

Звезды в галактиках образуются в результате развития некоторого волнового механизма, генерирующего волны плотности. Теория спиральной структуры галактик стала быстро развиваться после появления серии работ Линя и Шу, в которых они предложили модель спиральных волн плотности. Согласно модели, по спиральным рукавам Галактики распространяются продольные волны плотности, которые генерируются в её центральной части, аналогично звуковым волнам плотности, распространяющимся в газе. Плотность звездного вещества возрастает в пучностях этих волн, и таким образом, создаются условия, необходимые для образования звезд.

Предположим, что аналогично этому может происходить генерация волн плотности внутри протосолнечной туманности в момент образования Солнца. По крайней мере, в модели Линя и Шу нет никаких масштабных ограничений, которые не позволяли бы использовать механизм генерации волн плотности, сопутствующих образованию Солнца.

Аналогичным образом волны плотности должны возникать и при формировании планет гигантов.

Используя механизм Линя и Шу, будем полагать, что при формировании Солнечной системы, (а так же при формировании систем Юпитера, Сатурна и Урана) за счет эффектов самогравитации вещества, в протосолнечном (протопланетном) диске, возникали волны плотности. Волновая структура определяла положение планет, вращающихся вокруг Солнца, и спутников, вращающихся вокруг планет. Взаимосвязь самогравитации и волн плотности очевидна: Вращение протосолнечного диска имеет фундаментальное значение для нашей модели, однако, трудно представить, что медленное вращение может оказать существенное влияние на процессы самогравитации.

В ИПМ им. М.В.Келдыша РАН выполнена работа по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 18 (2006). Рассмотрены аналитическая и численная модели описания протопланетного диска Солнца на начальной стадии его эволюции. Получены аналитические решения для протопланетного диска Солнца и решения для планетных газопылевых колец протопланетного диска. Выполнены численные расчеты стационарных состояний планетных колец протопланетного диска и эволюции протопланетного кольца, находящегося в нестационарном состоянии. Приведены результаты аналитических и численных расчетов, их анализ и сравнение. Предложена модель образования планетной солнечной системы. Эти исследования наиболее близки к нашей постановке, хотя и в этой работе не учитываются механизмы диссипации приводящие к нагреву центра диска.

Формулировка задачи: Численное моделирование механизма гравитационного сжатия неидеального газа с учетом диссипации и нагрева центральной области диска.

4. Модель образования месторождений металлов при охлаждении горячей Земли за счет гигантских флуктуаций плотности при достижении критических температур.

Природа создала на Земле такие уникальные явления, как месторождения полезных ископаемых, в частности, – металлов. Как относится к природе этих явлений физика Земли? Встанем на позиции модели холодной Земли. Планета образуется путем медленного постепенного «слипания» мельчайших частиц космической пыли. В этой постановке нет возможности найти причину, почему в некоторых регионах Земли скопилось такое большое количество вещества одного химического состава, и среди него практически нет других веществ, которые образовались и накопились в другом? Этот вопрос как-то выпал из области интересов геологов, хотя и они считают, что "... любое месторождение полезных ископаемых представляет собой исключительное природное явление, и задача геолога сводится к определению геологических и физико-химических условий, приведших к локальной концентрации минерального сырья на фоне его регионального рассеяния"

Известно, что флуктуации объема, плотности и концентрации становятся очень большими при приближении к критической точке данного вещества. Это явление носит название фазового перехода второго рода (ФП-2) «критическая точка равновесия жидкость-пар». В частности, наличие в системе ФП-2 объясняет очень сильное рассеяние света веществом, находящимся в состоянии, близком к критическому. Это, так называемая, "критическая опалесценция". Для нашей модели это означает, что если образование месторождений имеет флуктуационный характер, то они могли бы возникнуть только при температуре вещества земной коры, приближающейся к критической. По порядку величины, это тысячи градусов, например, критические температуры $T_{кр}$ и давления $P_{кр}$ (бар) для некоторых элементов: Pb = 5395 К, 1065 бар; Al = 5445 К, 1920 бар; Cu = 7010 К, 3545 бар и т.д.

Связь между флуктуациями в объеме жидкости при критической температуре обуславливается силами межмолекулярного взаимодействия, однако, она может действовать на расстояниях, значительно превышающих радиус взаимодействия. Это может происходить потому, что сжимаемость вещества вблизи критической точки очень велика и уже малые силы могут вызывать значительные изменения, как плотности вещества, так и концентрации входящих в него элементов.

Ниже представлены три группы рудных элементов, которые встречаются внутри групп.

Первая группа: рудные элементы месторождения – Au, Ag, Zn, Cu, Pb, Cd, Sb, Bi, As.

Вторая группа: Ba, Sn, Mo. Третья группа: Co, Ni, Mn, V,

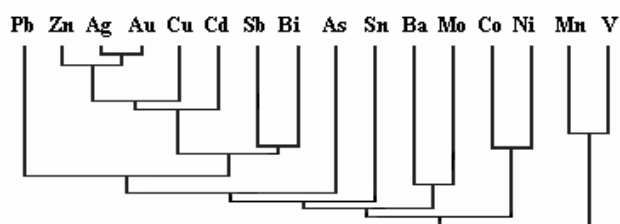


Схема. Группы химических элементов-«соседей» по месторождениям.

Таблица 1.

Ag	Al	Au	Cu	Ni	Pb	Pd	Fe	Sm	Sr	Li	Na	K
6300	5445	6625	7010	5640	5395	5820	6686	5036	5034	3210	2480	2230

При остывании протоземли, представляющей собой нагретый до температуры 30 000 К газовый шар, температура вещества верхнего слоя, охлаждаемого излучением, последовательно проходит критические температуры металлов. При достижении критической температуры вещество резко изменяет свои термодинамические свойства, в частности, резко падает величина поверхностного натяжения и за счет термофлуктуаций вещество, находящееся при критической температуре, способно собираться в огромные образования – прообразы будущих месторождений. Если у химических элементов критические температуры близки по величине, то эти образования могут включать эти элементы (схема и таблица 1).

Формулировка задачи: Численное моделирование явления флуктуации плотности металлов, находящихся на поверхности газообразного шара при температуре близкой к критической.

5. Устойчивость четырех долгоживущих вихрей Россби (одного циклона и трех антициклонов) в атмосфере с градиентом температуры: вихрей в атмосферах Юпитера и Сатурна и глобальных магнитных аномалий Земли.

Из модели горячей Земли следует, что 4 глобальных магнитных аномалии (ГМА) можно представить как вихри Россби, причем три из них антициклоны и один, - циклон. Заметим, что такие вихри (3 антициклона и один циклон) существуют на Юпитере и Сатурне (таблица 2), а так же на Солнце. Такие вихри были получены в экспериментах на вращающейся вогнутой тарелке с налитым в неё тонким слоем жидкости (рис. 7). Устойчивость таких вихрей объясняется, что вихри представляют собой устойчивые солитоны. Причем, если создать, например, 4 антициклона, или 2 циклона и 2 антициклона, или любую другую конфигурацию, то такая система оказывается неустойчивой.

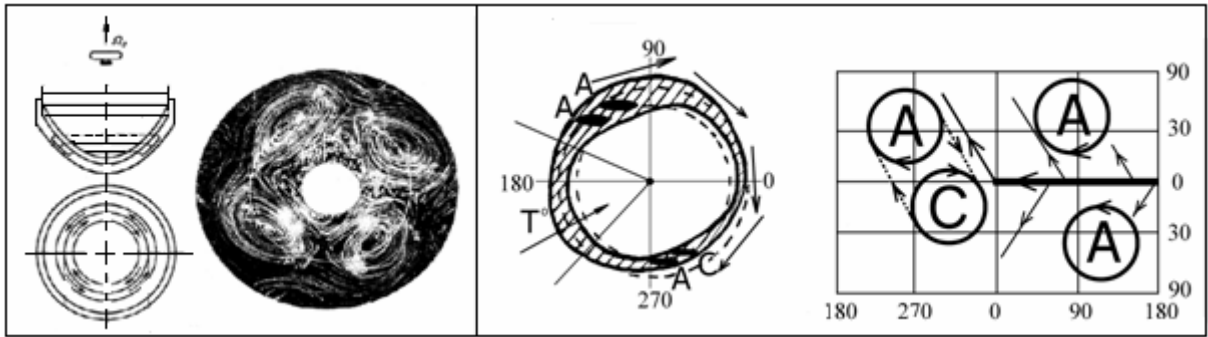


Рис. 7. Слева: Результат лабораторного моделирования вихрей Россби на «мелкой воде». Справа: Глобальные магнитные аномалии как вихри Россби (А-антициклоны, С – циклон).

Таблица 2.

Вихри Юпитера		Вихри Сатурна		ГМА		
Большое красное пятно	22° S	Большая Берта	5° N	Сибирская	67° N	А
Малое красное пятно	19° N	Коричневое пятно	42° N	Канадская	58° N	А
Коричневый овал	14° N	Ультрафиолетовое пятно	24° N	Бразильская	15° S	С
Белый овал	34° S	Пятно Анны	55° S	Антарктическая	55° S	А

Формулировка задач:

1. Численное моделирование устойчивости четырех долгоживущих вихрей Россби в тонком слое газа или жидкости (ГМА) на сфере при градиенте температуры в слое.
2. Разработка модели поведения ГМА при «выключении» основного дипольного поля.

6. Разработка модели аддитивного источника генерации геомагнитного поля и, на её основе, - модели дрейфа магнитных полюсов в настоящее время и в прошлом.

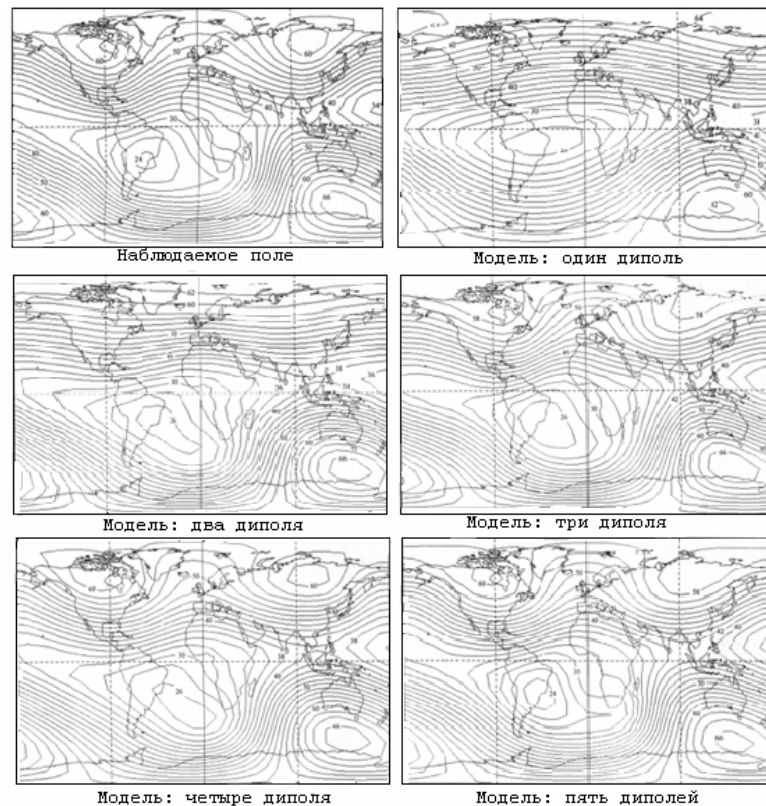


Рис. 8. Карты модулей геомагнитного поля, построенные для различного количества диполей.

Подход к моделированию источника генерации геомагнитного поля, развиваемый в модели горячей Земли, заключается в том, что магнитное поле не является самоцелью. Оно проявляется как следствие фазового перехода (ФП), происходящего на границе внутреннего ядра. Смена направления ФП приводит к смене полярности двойного электрического слоя (ДЭС) ФП, что является причиной инверсий и экскурсов. Вещество внутреннего ядра обладает вязкостью, что регистрируется в сейсмологии как супервращение внутреннего ядра. Суточное вращение ДЭС приводит к появлению очень слабого дипольного поля, которое может быть усилено за счет динамо на супервращении. Кроме этого, на границе внутреннего ядра возникают вихри Россби – четыре глобальные магнитные аномалии. Источник поля представляет собой центральный диполь – основной источник, подверженный инверсиям, и четыре радиальных диполя – магнитные аномалии. Изменение величин этих источников в период смены полярности геомагнитного поля определяет направление и скорость дрейфа магнитных полюсов, регистрируемых магнитологами в течение последних 100 лет.

Формулировка задачи: Численное моделирование источника геомагнитного поля в виде центрального диполя (двойное несимметричное токовое кольцо) и четырех радиальных диполей имитирующих глобальные магнитные аномалии (вихри Россби). Проверка на модели дрейфа магнитных полюсов в момент инверсии главного поля.

7. Моделирование конвекции во внешнем ядре при изменении (уменьшении) радиуса внутреннего ядра. Проверка гипотезы отсутствия упорядоченной конвекции при некоторых соотношениях радиусов оболочек.

В течение последних, примерно 80 млн. лет, инверсии геомагнитного поля происходят достаточно регулярно. Однако в течение предыдущих 40 млн. лет, инверсий – не было. Этот период получил название меловой суперхрон. Суперхроны - встречались в истории геомагнитного поля и раньше. Например, предшествующий первому, суперхрон - Юрский, окончился примерно 160 млн. лет тому назад. В период с 160 до 120 млн. лет на Земле инверсии (мезозойские) происходили так же часто, как в настоящее время (верхняя панель правой части рис. 9). Возникает проблема: в чем причина таких длительных перерывов в смене полярности геомагнитного поля?

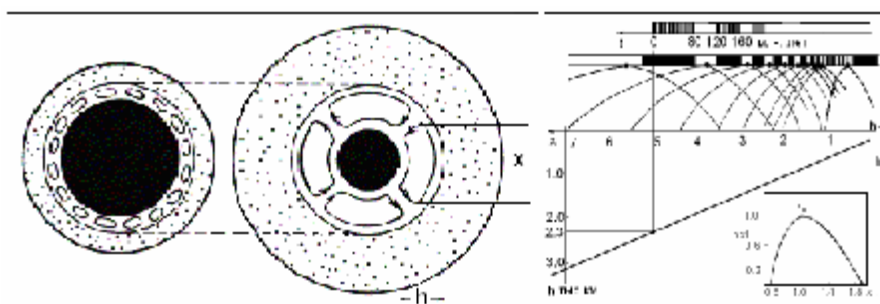


Рис. 9. Изменение характера конвекции во внешнем ядре при уменьшении радиуса внутреннего ядра (слева). Графики функций, характеризующих устойчивость конвективных ячеек с различными размерами x . Вверху - шкала инверсий (черные) и суперхронов (белые интервалы). Справа внизу - фрактальная мера конвективной ячейки $f(x) = 1$, ($x_0 \approx 1$) (справа). “Золотое” сечение: $x = 0,618$, $h = 0,382$.

В рамках модели горячей Земли эта проблема решается примерно так. В процессе эволюции Земли размер внутреннего ядра уменьшается, радиус внешнего остается без изменения, а толщина мантии растет (правая часть рис. 9). Структура конвекции происходящей в веществе внешнего ядра изменяется. Число ячеек Бенара уменьшается, а размер ячейки – возрастает. В такой модели может возникнуть ситуация, при которой в пространстве между внутренним ядром и границей внешнего ядра упорядоченная

конвекция возникнуть не сможет. При этом скорость теплоотода уменьшится, вещество ядра перегреется и, в конечном счете, - «вскипит». Кипение ядра будет сопровождаться генерацией плюмов и суперплюмов и т.п. Эта идея требует проверки и математического моделирования. Такая проверка может базироваться на результатах, полученных Водинчаром и Шевцовым.

Авторами построена математическая модель конвекции во вращающемся сферическом слое вязкой жидкости (внешнем ядре Земли) в приближении Буссинеска. При выводе уравнений модели поле температуры разложено по собственным функциям оператора Лапласа в слое, а поле скоростей представлено разложением на тороидальные и полоидальные компоненты. Получена система уравнений для амплитуд компонент температуры и скорости (см. рис. 10).

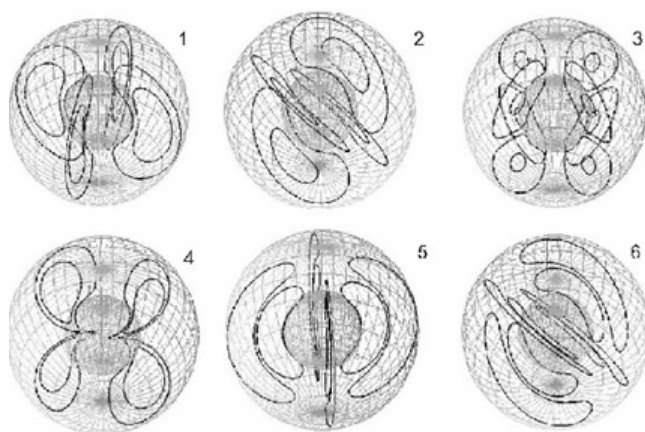


Рис. 10. Линии тока низших полоидальных мод скорости конвекции.

Формулировка задачи: Получение аналитического решения и численное моделирование поведения конвекции во внешнем ядре при уменьшении размера внутреннего ядра и при неизменном размере внешнего. Выяснение возможной причины появления суперхронов в геомагнитном поле.

8. Моделирование радиационной обстановки на Земле в момент смены полярности геомагнитного поля, с учетом эффектов разрушения радиационных поясов.

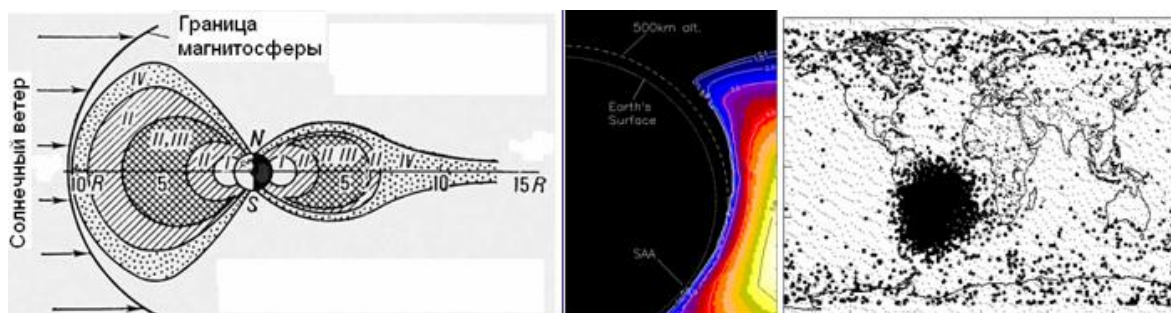


Рис. 11. Магнитосфера и радиационные пояса (слева), «окно» во внутренний радиационный пояс в районе Бразильской магнитной аномалии (SAA), плотность потока на ионосферных высотах (справа).

В момент инверсий и экскурсов геомагнитного поля радиационный фон обязан повышаться. Важно – насколько. Эта истина, тем не менее, не подкреплена ни достаточно надежными наблюдениями, ни расчетами. Кроме убедительных совпадений экскурсов с повышением концентрации Ве-10, других данных нет. Очевидно, что при уменьшении величины поля практически до нуля, структура магнитосферы и радиационные пояса

должны измениться. Этот вопрос так же не проработан в значительной степени. Как известно, радиационные пояса – это колоссальные накопители электронов и протонов высокой энергии. Известно также, что в моменты сильных магнитных возмущений на Землю выпадают электроны высоких энергий, которые вызывают рост числа аэрозолей, опускающихся на Землю. Возможно, именно эти аэрозоли фиксируются лидарами.

Формулировка задач:

1. Моделирование процессов, происходящих на Земле во время инверсии (экскурса) геомагнитного поля: разрушение радиационных поясов, увеличение радиационного фона и др.
2. Расчет радиационной дозы на поверхности Земли в районе Бразильской аномалии по известному потоку (составу частиц, их плотности и энергии).
3. Расчет плотности потока частиц, выпадающих из внутреннего радиационного пояса при сильных магнитных бурях.

9. Оценка предельных величин суперземлетрясений, супервулканов, суперураганов на Земле и супервспышек на Солнце - решение проблемы “cut-off” в геофизике и солнечно-земной физике. Разработка идей Тцаллиса о негиббсовской термодинамике в геофизическом приложении как способ решения проблемы.

Проблема оценки максимальной мощности природного события, которое происходит на Земле, будь то сильное землетрясение, извержение супервулкана, мощнейший ураган или максимально возможная величина подъема температуры, - очень важна для человечества. Не менее важна оценка максимально возможного размера месторождения. Эти оценки можно сделать, если воспользоваться фрактальностью этих событий. Предварительный анализ энергии современных землетрясений, вулканических извержений и ураганов, показал, что энергия этих событий вряд ли достигает 10^{26} эрг. С чем это связано? С размером земли, или с её современным состоянием? Ведь известно, что ещё 26 тыс. лет тому назад произошло извержение супервулкана, на несколько порядков сильнее тех событий, которые происходили на памяти современного человека

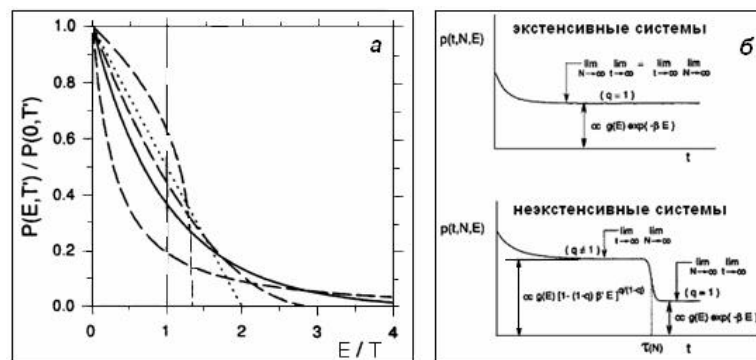


Рис. 12. Распределение частиц по энергии в термостатистике Тцаллиса (а). Эволюция системы с памятью во времени. На нижнем рисунке количество частиц, большее, нежели на верхнем (б).

Наклон прямой (в логарифмическом масштабе), связывающий силу событий с частотой их повторения – не даст ответа на вопрос о предельной силе события. На такой вопрос можно ответить, если получить четкое представление о физике явления cut-off (обрезание). Исследования явления cut-off следует вести в двух направлениях. Во-первых, подбор материала по частоте встречаемости событий различных объектов Земли и, например, Луны. И, во-вторых, попытаться разобраться в причине негиббсовского

поведения геофизических систем. Иначе, попытаться выяснить сущность параметра q (рис. 12).

Формулировка задачи: Оценка и сравнение фрактальных размерностей объектов физики Земли (землетрясений, вулканических извержений, инверсий геомагнитного поля, месторождений полезных ископаемых и пр.), определение cut-off и максимальных значений параметров. Сравнение данных с теорией Тцаллиса и выявление физической сущности параметра q .

10. Изменения климата и роль выбросов пыли в стратосферу при взрывах супервулканов, роль экскурсов геомагнитного поля и связанного с ними повышения радиационного фона. Взгляд на современное потепление через призму палеоданных.

В модели изменений палеоклимата значительная роль отводится охлаждению Земли и возникновению оледенений присутствию пыли в стратосфере и экранированию Земли от солнечного тепла. Это явление получило название «вулканическая зима». Охлаждение на 1 – 2 градуса, которое держится на Земле 2 – 3 года известно человечеству. Тем не менее, принято считать, что оледенения на Земле обязаны астрономическим причинам, как это следует из теории Миланковича. Но она разрабатывалась для абсолютно чистой атмосферы, а мы видим, что ещё примерно 10 – 12 тыс. лет тому назад стратосфера была очень запылена. Какова роль супервулканов, наличие которых на Земле никто не отрицает.

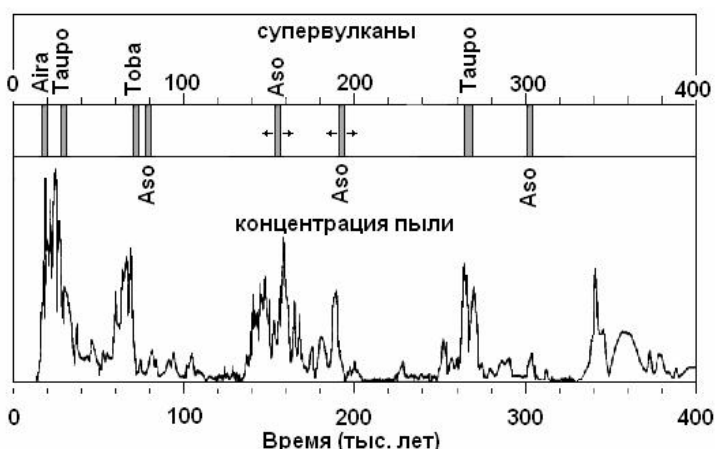


Рис. 13. Связь концентрации пыли с извержениями супервулканов

Что же происходит в настоящее время на Земле: нагревается она или остывает? По данным американских спутников “Tropical Rainfall Measuring Mission” и “Earth Observing System Terra” предназначенных для изучения баланса поглощаемой и излучаемой Землей энергии, показано, что за период 1985-2000 гг. тепловое излучение Земли возросло более чем на 5 Вт/м^2 , в то время как количество отраженной энергии солнечной радиации упало на 2 Вт/м^2 . (Поток солнечной энергии, падающий на Землю составляет 1360 Вт/м^2). Эти данные показывают, что Земля скорее охлаждается, чем нагревается. По-видимому, причина дисбаланса потоков тепла состоит в усилении циркуляции в тропической атмосфере. Очевидно, что в настоящее время обозначить механизм климатических перемен с полной уверенностью - ещё невозможно.

Обратимся к данным по палеоклимату [Petit]. Оказывается, что такая ситуация происходила и ранее. Конечно, точно определить величину альбедо Земли примерно 100 тыс. лет тому назад невозможно. Однако если допустить, что альбедо может быть связано с концентрацией пыли в стратосфере, то окажется, что в конце периода потепления, концентрация пыли, после достижения нулевого значения, уже начинает возрастать, хотя температура ещё продолжает увеличиваться, как бы «не замечая» возрастания пыли,

иначе, переводя на современную ситуацию, «не замечая» возрастания «альбедо». Связь альбедо с концентрацией стратосферного аэрозоля подтверждает рис. 14-а и 14-б, а связь температуры и концентрации пыли - рис. 14-д. По всей видимости, обсуждаемое явление связано с тем, что Земля в такой ситуации нагревается не столько солнечным излучением, которое уменьшается, сколько переносом тепла к твердой Земле от океана.

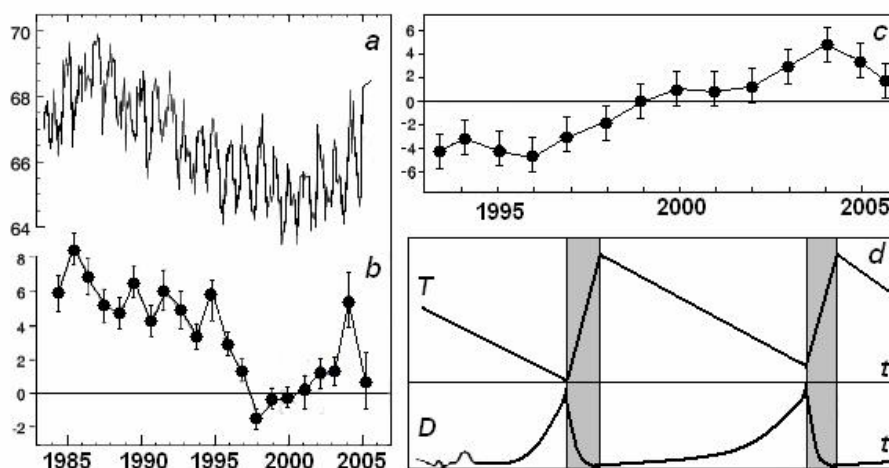


Рис. 14. Вариации концентрации стратосферного аэрозоля % (a), альбедо Земли (b), аномалии теплосодержания океана (c) и температуры T и концентрации пыли D (d).

На рис. 14-d видно, что концентрация пыли D уже достигла минимума и стала увеличиваться (альбедо возрастает), а температура T продолжала расти. Не происходит ли подобная ситуация в настоящее время? Если это так, то **Земля стоит на пороге начала резкого похолодания.**

Формулировка задач:

1. Проверить гипотезу о связи пыли в ядрах льда в Антарктиде и Гренландии с извержениями супервулканов. Провести численное моделирование скорости осаждения пыли из стратосферы и роль в этом инверсий и экскурсов геомагнитного поля.
2. Провести сравнение современной ситуации с климатом с данными палеоклимата и оценить, когда прекратится подъем температуры и с какой скоростью земля будет остывать.

11. Эволюция жизни, причина кембрийского взрыва, временная привязка генетических мутаций к экскурсам и географическая приуроченность их к Африке.

Менялось ли гравитационное поле Земли в процессе её эволюции? Ответить однозначно на этот вопрос нельзя и в наше время. Прошло четверть века с момента написания профессором университета в Рединге (Англия) А.Д. Стюартом (Stewart, 1970) обзора "Palaeogravity" на эту тему. Некоторые вопросы, затронутые им, были уточнены за прошедшие с той поры 25 - 30 лет, получены новые экспериментальные данные. Однако нельзя сказать, что в выяснении этого вопроса достигнут большой прогресс.

Сжатие глин давлением гравитации (весом вышележащих слоев) Стюарт считал идеальной системой для измерения величины силы тяжести в прошлом. Он разработал метод, хотя и не позволяющий определить точную величину палеогравитационного поля, но дающий возможность найти скорость уменьшения ускорения силы тяжести g со временем. Стюарт полагал, что если величина g в прошлом была больше современной, то, вполне возможно, что некоторые тонкозернистые осадочные породы могли оказаться уплотненными в большей степени, чем это должно было бы произойти, если бы они

уплотнялись под весом осадочного слоя существующего в настоящее время. Процесс уплотнения происходит относительно быстро и является практически необратимым, поэтому такие "свидетели" переуплотнения могли бы сохраниться.

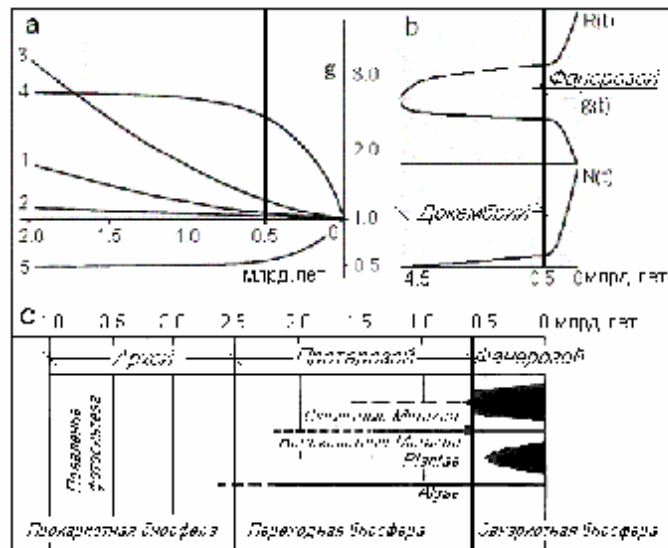


Рис. 15. Изменение силы тяжести по различным моделям (a), Увеличение радиуса Земли, уменьшение силы тяжести и рост биологического разнообразия по модели горячей Земли (b), эволюция биосферы (c).

Стюарт произвел измерения степени консолидации осадков в Лондонском бассейне. Он нашел, что глины в обнажениях этого бассейна консолидировались при более высоких давлениях, чем давления, соответствующие современной максимальной толщине перекрывающих осадков в Лондонском бассейне. Стюарт допускал, что здесь могли быть еще слои осадков, которые затем были размывы. Однако если консолидация глин произошла все же за счет большей величины силы тяжести в прошлом (у Стюарта - 26 млн. лет назад), то величина g не могла быть больше современной в два раза. Это означает, что максимальное уменьшение g за 26 млн. лет составляет 4×10^{-8} в год.

Приведем высказывание геолога Е.Милановского (“Земля расширяется? Земля пульсирует?”): “...геологов уже давно “смущают” исключительно сильные изменения структуры и состава некоторых древнейших пород, лежащих у поверхности Земли. Породы эти обладают такими особенностями, будто они образовались при давлениях, существующих ныне на глубинах 30-50 километров. Но при нынешнем уровне наших геологических знаний кажется почти невероятным допустить, что мощные массивы этих пород поднялись к поверхности с такой глубины. Однако если радиус Земли 3,5 миллиарда лет назад был меньше современного, скажем вдвое, то сила тяжести значительно превышала нынешнюю, и такое давление могло достигаться на глубинах не в 30-50, а всего около 7,5 - 12,5 километра, откуда эти породы уже вполне могли подняться до поверхности Земли”

Согласно модели, на Земле в процессе эволюции гравитационное поле должно уменьшаться. В настоящее время нет ни одной убедительной экспериментальной работы посвященной этому вопросу. В качестве задачи предлагается экспериментальное исследование по проверки гипотезы об изменении величины g в течение эволюции Земли, для чего образцы горной породы размельчаются и сжимаются до прежнего объема на прессе. Регистрируемое при этом давление должно соответствовать силе тяжести в то

время, когда образовалась горная порода. В этой задаче необходимо учитывать (или исключать) тяжесть вышележащих слоев горных пород.

Формулировка задачи: Провести исследование поведения силы гравитации в прошлом на образцах глин различного возраста, предварительно размалывая их в «мельнице» и сжимая на прессе до начальных размеров.

12. Природа атмосферного электрического поля (АЭП), причина унитарной вариации (УТ) в АЭП и ионосфере. Связь АЭП с климатом. Форбуш понижение в АЭП, проблема быстрого восстановления поля после его понижения.

Автором предложена принципиально новая модель АЭП. Для того чтобы убедиться в правомерности модели, некоторые вопросы требуют более глубокой проработки. К таким вопросам отнесем: численное моделирование УТ-вариации в АЭП и ионосфере, связь этих эффектов с дрейфом магнитных полюсов. Изучение Форбуш понижений в АЭП и создание модели быстрого восстановления поля, более быстрого, чем восстановление космических лучей. Разработка численной модели связи АЭП и климата и прогноз, на базе этой модели, грядущего потепления.

Форбуш понижение АЭП. Проблема быстрого восстановления поля после его понижения.

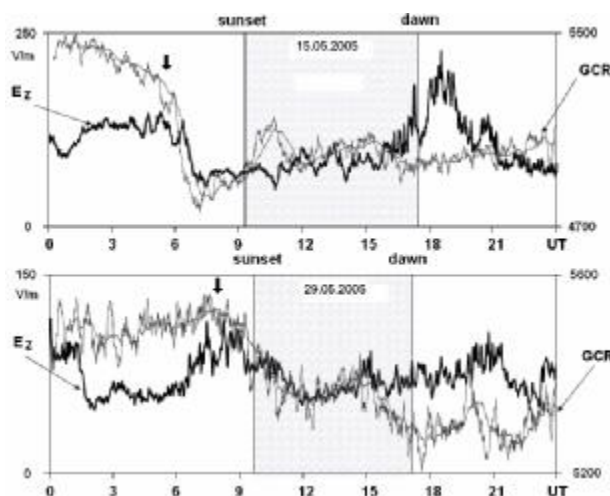


Рис. 16. Изменение атмосферного электрического поля E в момент Форбуш понижения и восстановление величины E в последующие дни (Kuznetsov, Cherneva, 2004).

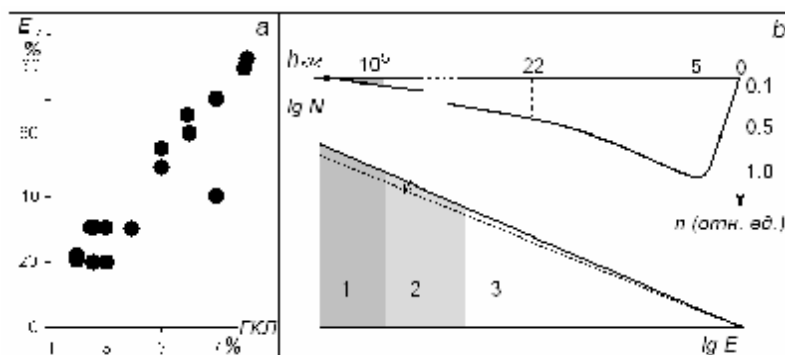


Рис. 17. Соотношение Форбуш понижений в ГКЛ и E_z (из наших наблюдений) - а; б - спектр ГКЛ, показывающий число частиц N с энергией E : 1- область низких энергий ГКЛ, 2 – средних, 3 – более высоких энергий; Распределение по высоте h (км) плотности ГКЛ n (отн. ед.), принимающих участие в формировании E_z .

Токи Шмидта-Бауэра. Согласно развиваемой автором модели АЭП в атмосфере Земли должен «протекать» т.н. внутренний «ток» источника АЭП, который представляет собой сумму падающих на Землю отрицательно заряженных тяжелых ионов и капель, и подъем положительно заряженных мелких частиц восходящими потоками в верхние слои атмосферы, вплоть до ионосферы. Движение заряженных частиц положительных в одном направлении, а отрицательных - в другом, это, собственно, и есть ток - внутренний ток источника. Очевидно, что этот ток не может быть обнаружен стандартной аппаратурой.

Вполне возможно, что «ток», требующийся согласно модели, есть ни что иное, как тот самый, уже давно забытый ток Шмидта-Бауэра, который вызывал огромный интерес у физиков более 100 лет тому назад. Так как наблюдения велись с помощью аппаратуры, предназначенной для измерения атмосферного тока j , токи Шмидта-Бауэра никогда не были обнаружены экспериментально. Наличие на Земле таких вертикальных токов в атмосфере, решало бы ещё одну важную проблему физики Земли - проблему потенциальности источника генерации геомагнитного поля, с одной стороны, и, с другой, служило бы поддержкой нашей модели АЭП.

$$\oint \mathbf{H} \, ds = 4\pi i$$

В чем же состоит природа токов Шмидта-Бауэра? Напомним, что А. Шмидт, анализируя результаты наблюдений геомагнитных данных 1885 г., обнаружил, что, если интегрировать величины Н-компонент геомагнитного поля по замкнутой кривой на поверхности Земли, то интеграл оказывается не равным нулю. Это может означать только то, что внутри этого контура имеется вертикальный ток, плотность которого (по оценкам Шмидта) в 10 000 раз больше плотности тока j . Вычисления Шмидта по материалам, полученным на сети станций, местами недостаточно густой, признали не вполне надёжными. Однако, Л.А. Бауэр, опираясь на значительно более плотную сеть магнитных станций и на более точные наблюдения, повторил расчеты Шмидта для данных 1897, 1904, 1908, 1920 гг. Практически во всех случаях он находил подтверждение результата Шмидта. Проведенные им оценки погрешностей измерения поля и его интерполяции показали, что даже при отклонении ошибок в одном направлении во всех пунктах измерения и при примитивном линейном методе интерполяции, не получается и половины среднего значения циркуляции поля, что, в частности, послужило основанием для Швейдлера (1936) высказаться в пользу реальности данного явления.

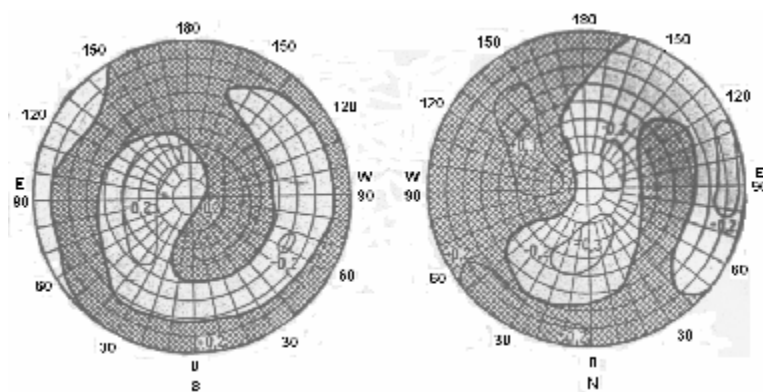


Рис. 18. «Токи Шмидта-Бауэра». В полярных регионах ток направлен вверх, в районе экватора – вниз.

В результате расчетов, проведенных Шмидтом и Бауэром, было обнаружено, что в полярных регионах "ток" (см. рис.18) действительно направлен вверх (как и следует из нашей модели), в то время как «ток» экваториального пояса в целом имеет противоположную направленность. Согласно модели, этот «ток» обязан интенсивному

испарению в районе экватора с выносом восходящих потоков большого количества отрицательно заряженных водных аэрозолей. Численные оценки и проведение натуральных экспериментов составляет суть этой задачи.

Формулировка задач:

1. Разработать феноменологическую (на наблюдательном материале) и численную модели Форбуш понижения в АЭП. Убедиться, действительно ли восстановление АЭП происходит быстрее, чем в ГКЛ. Найти правдоподобное объяснение такого несоответствия.
2. Разработать алгоритм вычисления градиентов горизонтальной компоненты геомагнитного поля и произвести оценки потенциальности поля для различных регионов Земли. Произвести сравнение полученных результатов с результатами Шмидта-Бауэра.

В заключение зададимся вопросом: можно ли создать на базе новой модели - теорию (или введение в теорию) Земли (геономию)?

Для этого необходимо установить соответствие между очевидными фактами и параметрами Земли, с одной стороны, и результатами, следующими из модели, - с другой. Сформулируем некоторые закономерности, возможно, даже законы, следующие из нашей модели, подтвержденные опытом наблюдений:

- 1. Образование планет и их спутников происходит одновременно и в едином механизме с рождением звезды. Начальная температура планеты (спутника) определялась его массой. В процессе образования, вещество планеты (или его часть) находится в состоянии перегретого и переуплотненного пара. Эволюция планеты заключается в охлаждении нагретого вещества и превращении его из состояния пара в жидкость и жидкого – в твердое состояние путем реализации фазовых переходов (ФП) первого рода конденсации и кристаллизации. Именно на этой стадии, при критической температуре полезных элементов формируются гигантские флуктуации их плотности – прообразов будущих месторождений полезных ископаемых.**
- 2. Образование планет и спутников и их последующая эволюция проходят при действии принципа минимизации гравитационного потенциала. Применение этого принципа формально позволяет оценить величину «поверхностного натяжения» планеты и на этой основе, оценить величину поверхностной силы Лапласа. Наличие силы Лапласа приводит к движению материков по градиенту высоты геоида.**
- 3. Внутренняя энергия планеты и спутника обеспечивается функционированием двух экзотермических фазовых переходов (ФП): первый - на границе внутреннего ядра (конденсация - испарение), второй – на границе ядро-мантия (кристаллизация - плавление). Теплота первого ФП примерно в 20-30 раз выше, чем второго. Энергия ФП расходуется на создание теплового потока, дрейф континентов, образование океанов, генерацию магнитного поля и т.п.**
- 4. Плотность перегретого пара вещества Земли, в момент её образования, - выше, чем плотность её вещества в конденсированном состоянии. Горячее вещество, охлаждаясь, - становится менее плотным, Земля при этом - расширяется. ФП происходит с выделением скрытой теплоты, что ведет к локальному нагреву и смене направления ФП: испарению вместо конденсации и плавлению – вместо кристаллизации. Эти явления обеспечивают Земле пульсирующий режим**

расширения, её магнитному полю – режим смены полярности, сейсмичности, вулканизму и геодинамике – смена режима спрединга на режим субдукции и т.д.

5. В цикле расширения материка, за счет спрединга океанического дна, - расширяются. При этом изменяется форма геоида. В цикле сжатия (в настоящее время) Земля стремится минимизировать свою гравитационную энергию, - уменьшая высоту геоида. Материки, при этом, движутся вдоль по градиенту геоида в направлении его нулевой высоты.

6. В процессе эволюции поверхность Земли постепенно остывает. В некоторые моменты активации геодинамических процессов, связанных с циклами расширения Земли, происходят извержения супервулканов, во время которых в стратосферу выбрасывается огромное количество пыли. Наступает т.н. вулканическая зима – оледенение. Оледенение прекращается после того, как стратосферная пыль выпадает на поверхность Земли либо естественным путем, либо с помощью комических лучей – за счет их участия в образовании дополнительного количества водного аэрозоля. Усиление интенсивности космических лучей и увеличение естественного радиационного фона на Земле происходит в моменты переполюсовки (инверсии) геомагнитного поля, когда прекращается экранирующее действие поля. Увеличение фона приводит к мутациям и резким изменениям биологического разнообразия.

Успешное решение сформулированных здесь задач позволит на поставленный вопрос ответить утвердительно.