



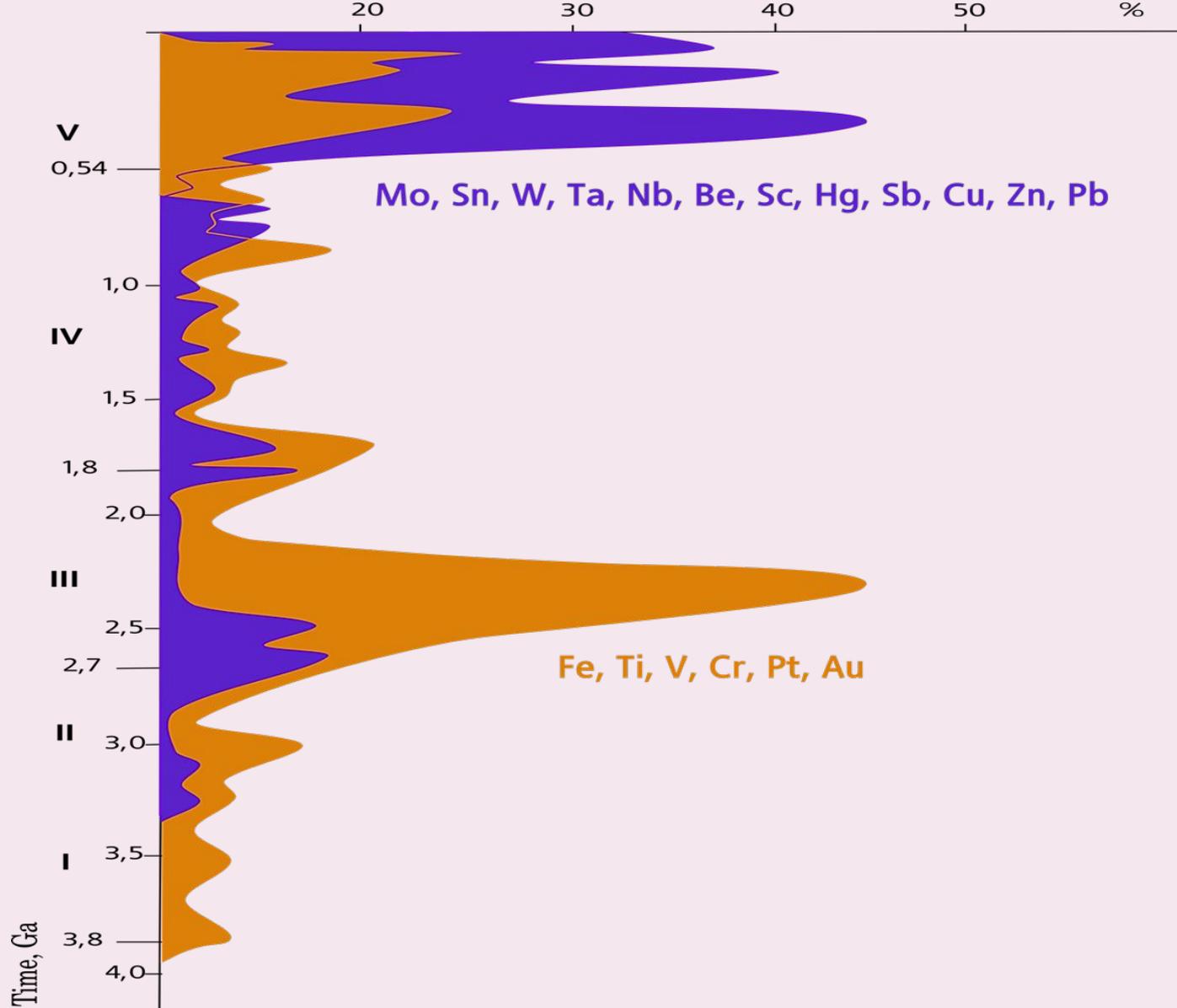
Кафедра геологии, геохимии и экономики полезных  
ископаемых МГУ им. М.В. Ломоносова

# Актуальные проблемы Геологии

Лекция для магистрантов

Профессор В.И.Старостин





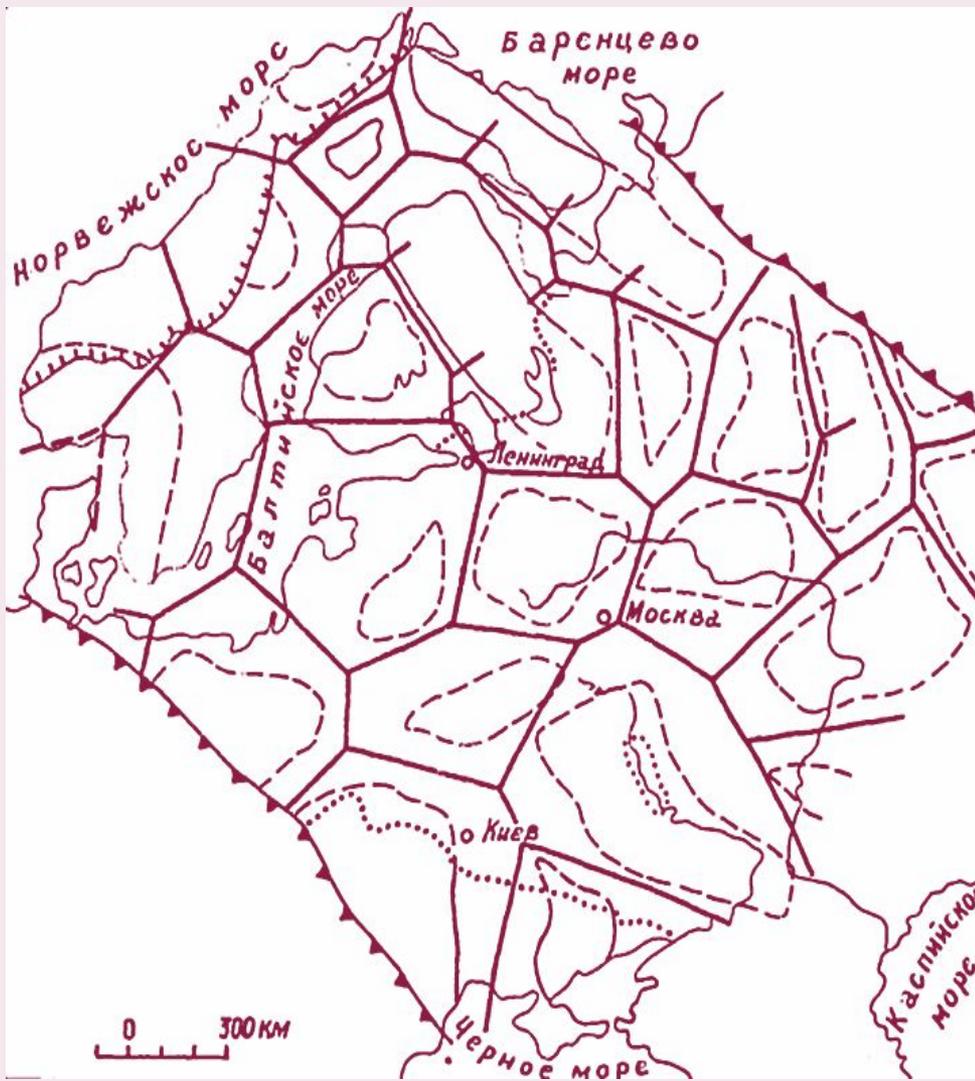
Геохронологическое распределение  
промышленных ресурсов

По данным П.М.Горяинова, Ф.А.Летникова, В.А. Кривицкого, В.Л.Лося и др. применение идей и принципов синергетики даёт не только теоретический, но и практический эффект. Это связано с особенностями металлогенических процессов и систем.

## Металлогения

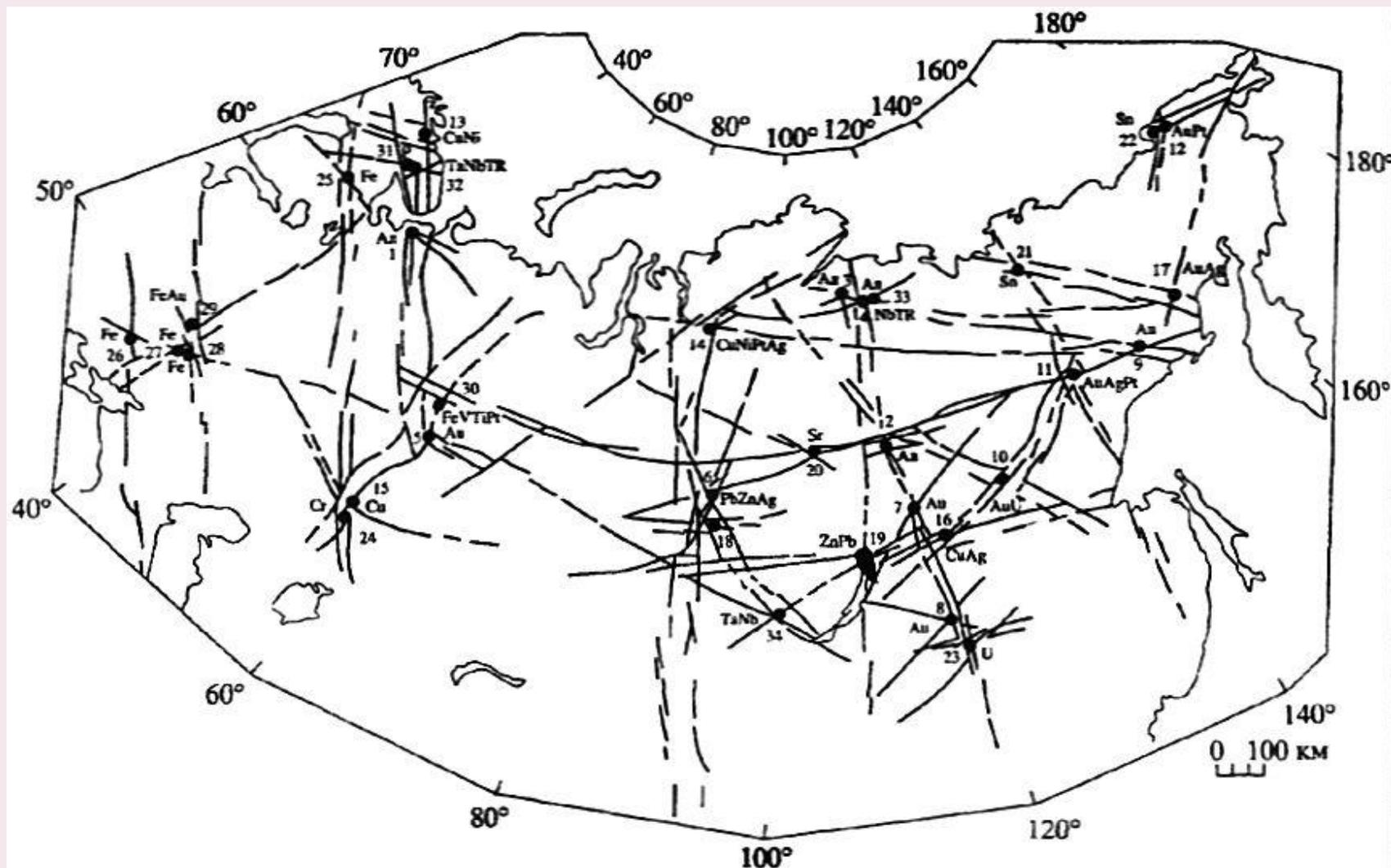
Металлогения - одна из областей геологии, в которой процессы и результаты самоорганизации геологической среды проявляются убедительно и наглядно.

# Полигональная делимость континентов



«Поля и межи» О.Ю.Кратца и В.А.Дедеева формируют искаженно-шестиугольные ячейки фундамента Русской платформы

# Сеть линеаментов и суперкрупных месторождений золота, алмазов, урана, железа, хрома, никеля, полиметаллов, редких земель и др. России



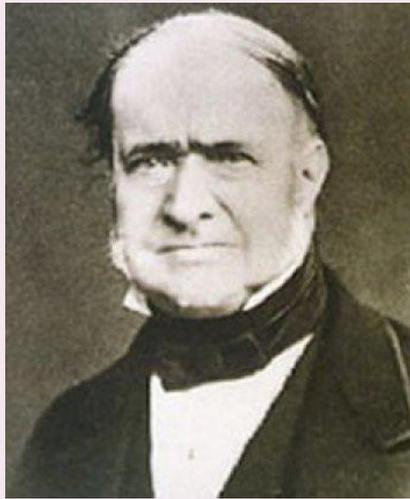


**В многочисленных гипотезах о происхождении и развитии Земли**

**«В раннем лунном периоде (до 4 млрд лет) Земля была однородна»**

**В процессе дальнейшего развития протекала дифференциация её вещества. Результатом явилось резкое различие металлогении, магматизма и седиментации докембрия и фанерозоя в самой верхней оболочке нашей планеты. В земной коре**

# Происхождение и развитие Земли полезных ископаемых ископаемых



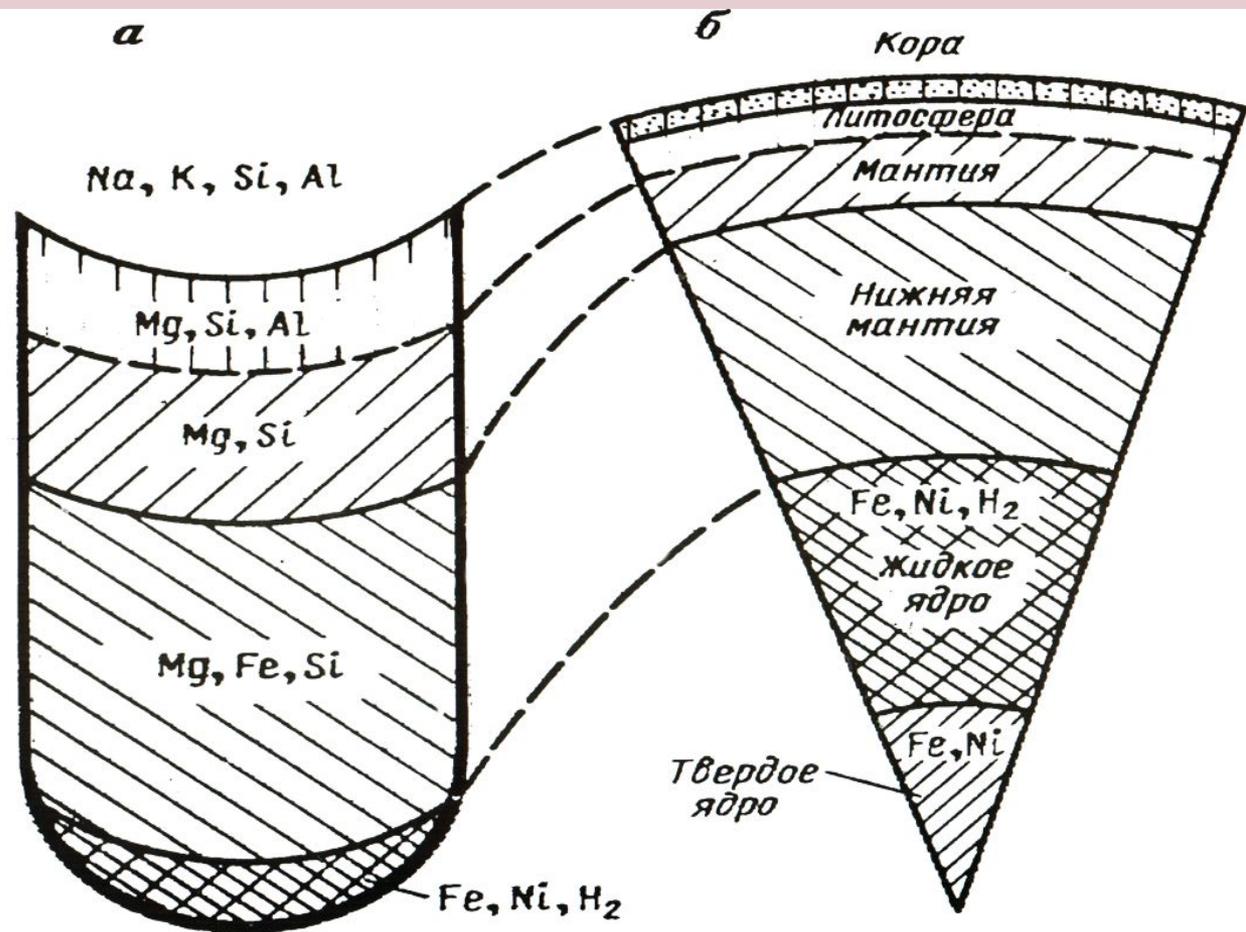
- Геологические гипотезы развития Земли всегда играли важную роль в формировании естественнонаучного мировоззрения геологов. Первую научно обоснованную гипотезу **высказал Эли де Бомон в 30-х годах XIX века.** Она получила название **контракционной** и исходила из представлений **Канта-Лапласа о «горячем» происхождении Земли,** возникшей из сжимающегося сгустка разогретой газообразной материи.

Делался вывод, что по мере остывания её размеры существенно уменьшались, а внешняя оболочка – земная кора сокращалась и подвергалась сжатию, благодаря чему на поверхности возникли горные сооружения и складчатые пояса осадочного чехла. С тех пор возникла серия гипотез, наиболее важные из которых мы и рассмотрим

# Кометная гипотеза происхождения планет и хондритовая модель образования Земли

(Маракушев, 1999), согласно которой первичное расслоение нашей планеты произошло еще на протопланетной стадии ее развития. Этому способствовало высокое флюидное давление, обеспечившее концентрацию в жидком земном ядре водорода и др. флюидных компонентов (углеродных, азотных, сероводородных, хлоридных, фторидных,). Моделирование первичного хондритового вещества, (А. А. Маракушев и Н. И. Безмен, 1992), показало полную аналогию с теоретической моделью строения Земли.

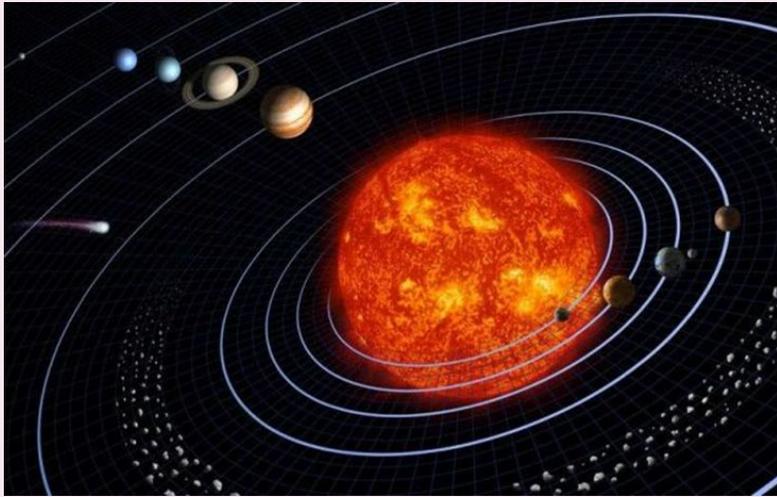
В результате расплавления вещества **обыкновенного хондрита** в ампулах под водно-водородным давлением произошло расслоение на водородную (Fe, Ni, H<sub>2</sub>), железо-ультраосновную (Mg, Fe, Si), ультраосновную (Mg, Si), переходную (Mg, Si, Al) и основную (Na, K, Si, Al) зоны, вполне сопоставимые с геосферами упрощенного разреза Земли.



Результаты экспериментального расслоения первичного расплава (а) в сопоставлении со схемой строения Земли (б)

Результаты экспериментального расслоения первичного расплава (а) под водно-водородным давлением на ряд зон: водородную никель-железную ( $Fe, Ni, H_2$ ), железо-ультраосновную ( $Mg, Fe, Si$ ), ультраосновную ( $Mg, Si$ ), переходную ( $Mg, Si, Al$ ) и основную ( $Na, K, Si, Al$ ), которые сопоставляются со схемой строения Земли (б).

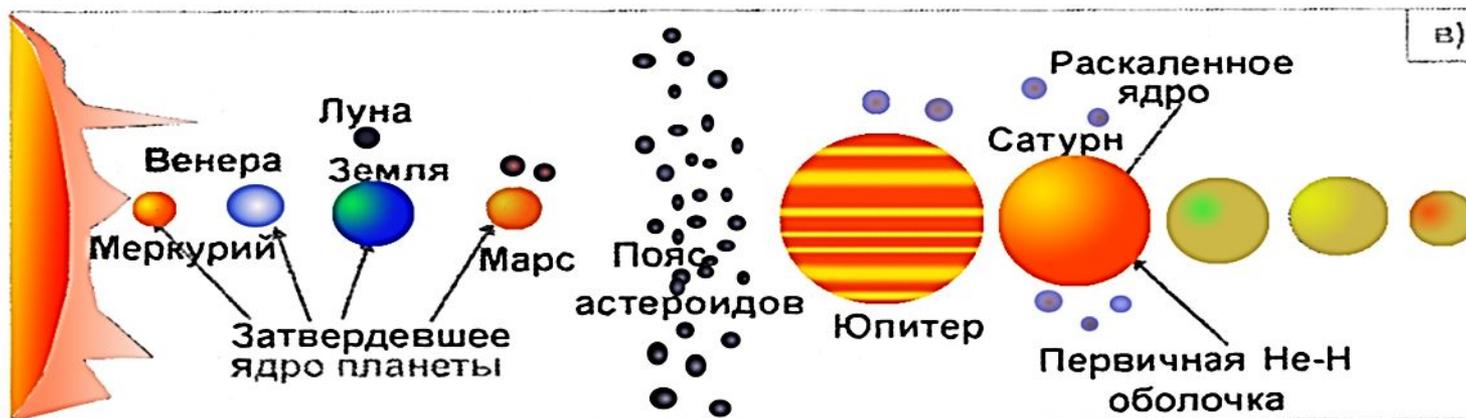
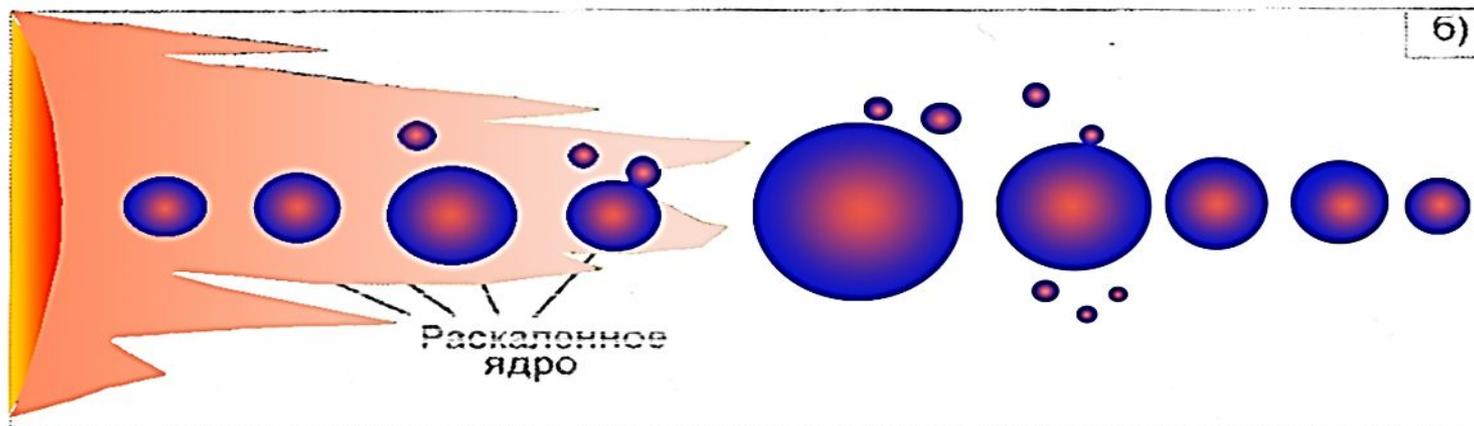
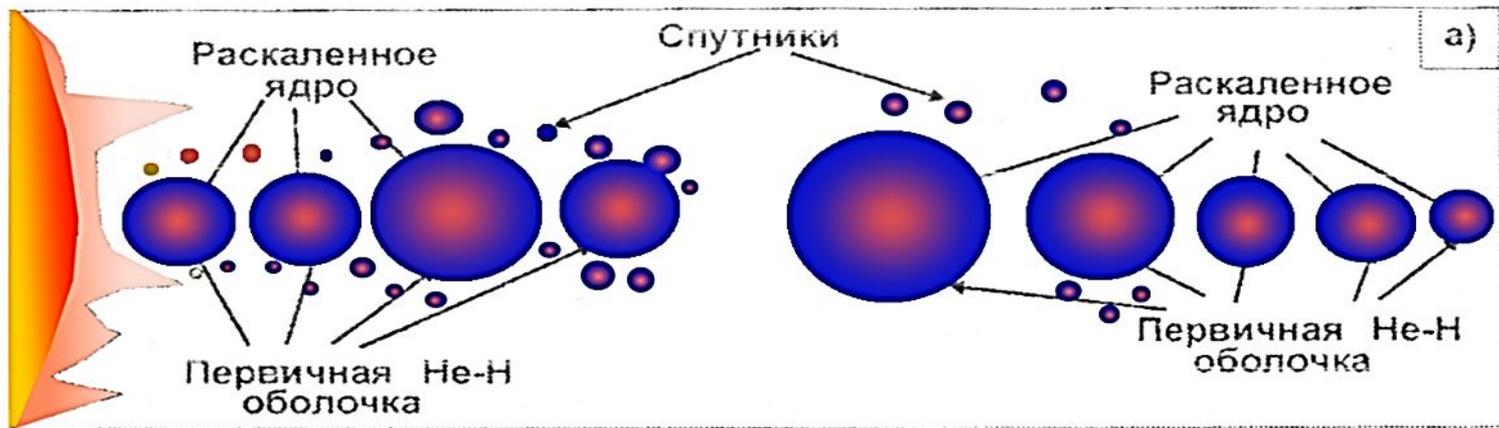
# Эволюция планет Солнечной системы в связи с прохождением Солнцем 4,5 млрд л. стадии Т-Тельца



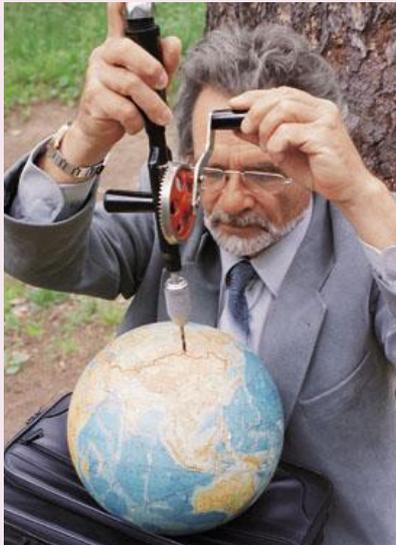
а) Объединение планетозималей в планеты, состоящие из внешней **He-H** раскаленной оболочки и внутреннего расплавленного ядра;

б) Стадия Т-Тельца Солнца, сопровождавшаяся выбросом мощного светового потока (солнечного ветра), вызвавшего срыв первичных оболочек с ближайших к Солнцу планет (Меркурия, Венеры, Земли и Марса);

в) Современное состояние планет земной и неземной групп с разделяющим их астероидным поясом.

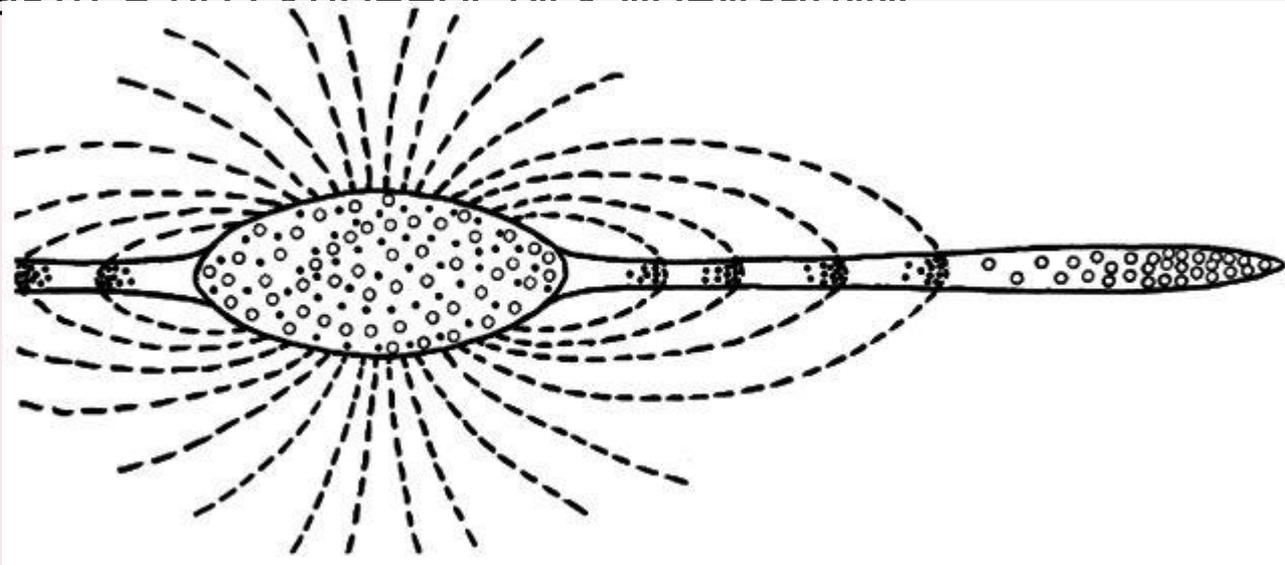


# Гипотеза гидридной Земли



В качестве физической основы происхождения Солнечной системы **В.Н. Ларин** использовал представления **Фреда Хойла** (впоследствии – Нобелевского лауреата) о том, что во время формирования протопланетного диска вещество было частично **ионизировано**, и что **центральное сгущение на этой стадии обладало мощным дипольным магнитным полем**. При формировании диска **вещество**, сброшенное с протосолнечной небулы, **перемещалось поперек магнитных силовых линий**.

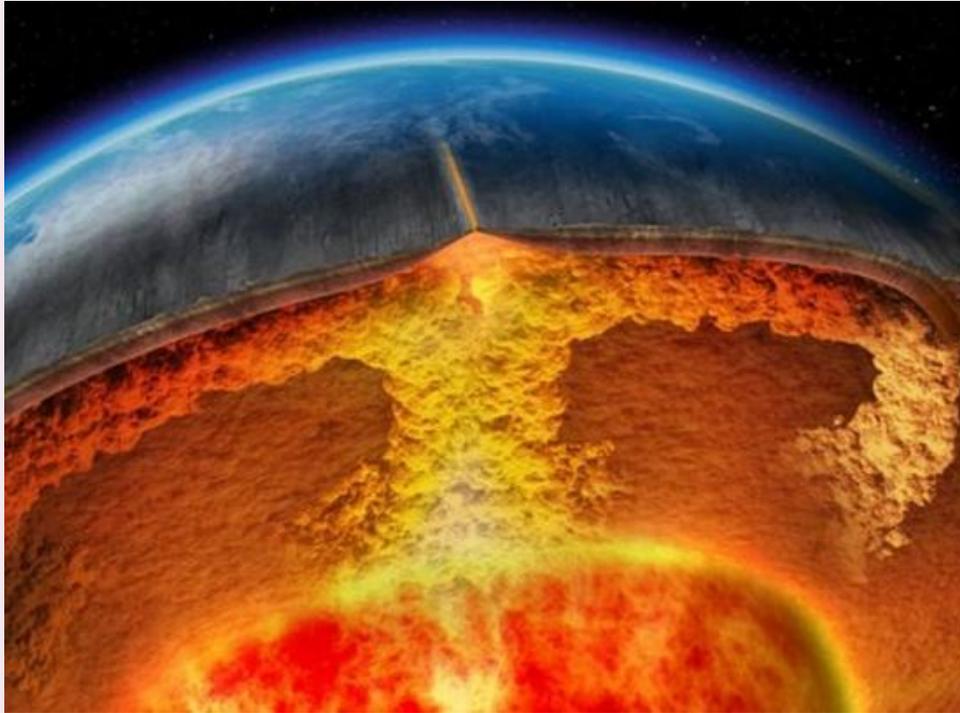
- **Ионизированные частицы не могут пересекать магнитные силовые линии**, захватываются магнитным полем и останавливаются в нем, тогда как нейтральные атомы проходят через магнитное поле. Химические элементы различаются по способности к ионизации



- При формировании протопланетного диска в магнитном поле небулы происходило разделение элементов в зависимости от их потенциалов ионизации, что позволило определить – **изначальная Земля была сложена преимущественно гидридами.**

- В.Н. Ларин предложил **новую геохимическую модель современной Земли:**
- Сфера                      Глубины, км.
- Литосфера            --      0-150                      Силикаты и оксиды
- Металлосфера -- 150-2900            Сплавы и соединения Si, Mg, Fe.
- Ядро внешнее -- 2900-5000    Металлы с растворенным водородом, гидриды металлов
- Ядро внутреннее 5000-6371 - Гидриды металлов

Гидридная Земля



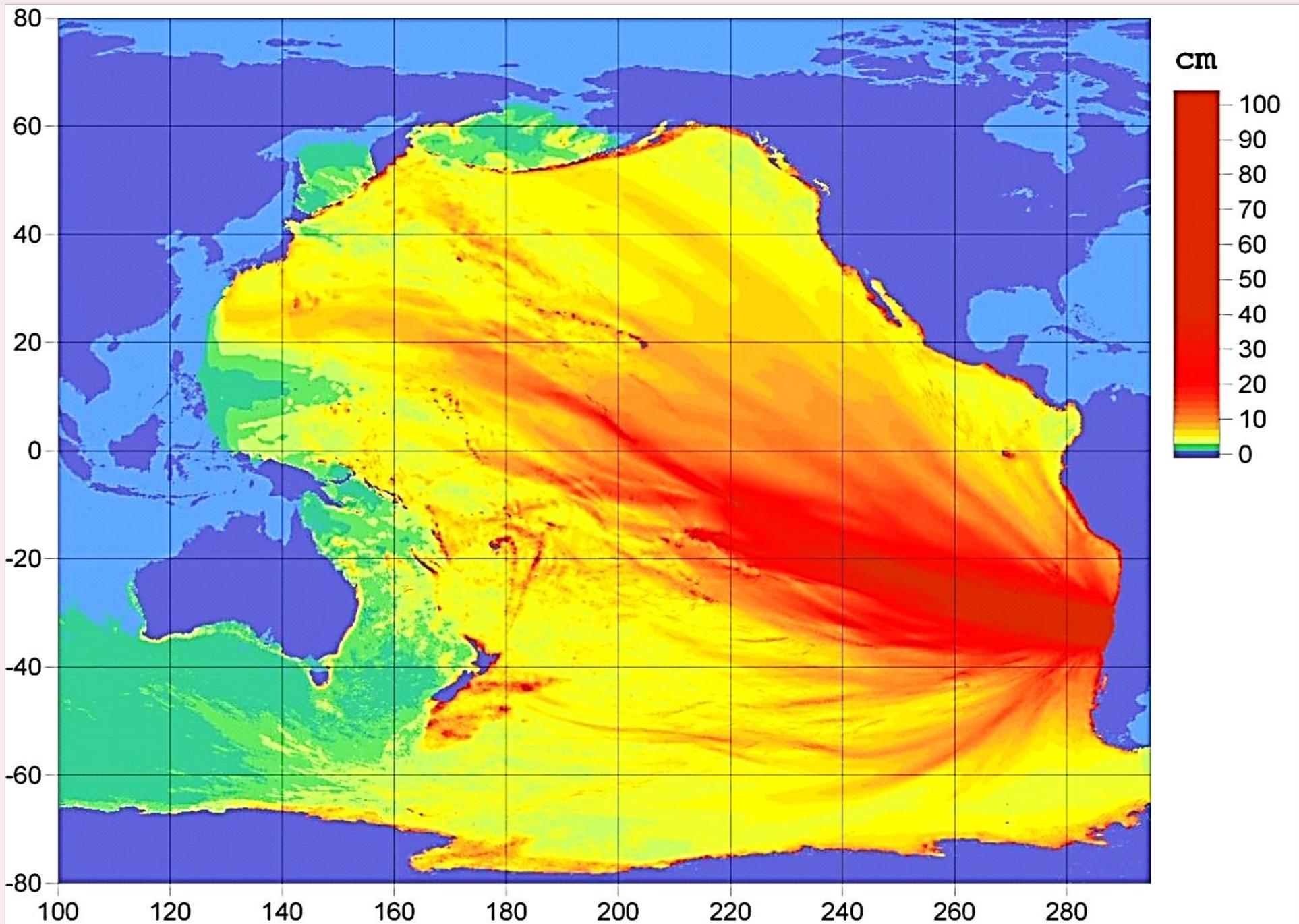
Согласно представлениям **А. Гилата** и **А. Вола** близким к взглядам **В.Ларина**, **консервация энергии в период аккреции Земли путем эндотермического образования твердых растворов и соединений водорода и гелия и ее высвобождение при экзотермальных реакциях являются главным источником энергии**

эндотермических процессов.  
Энергия дегазации способна генерировать конвекцию в жидком ядре Земли и расплавлять мантию. Она поднимается с диапирами магмы и легко переносится по главным разломам, быстро концентрируется и высвобождается с очень высокими скоростями, производя все известные нам геофизические и геохимические аномалии.

# Чилийские землетрясения

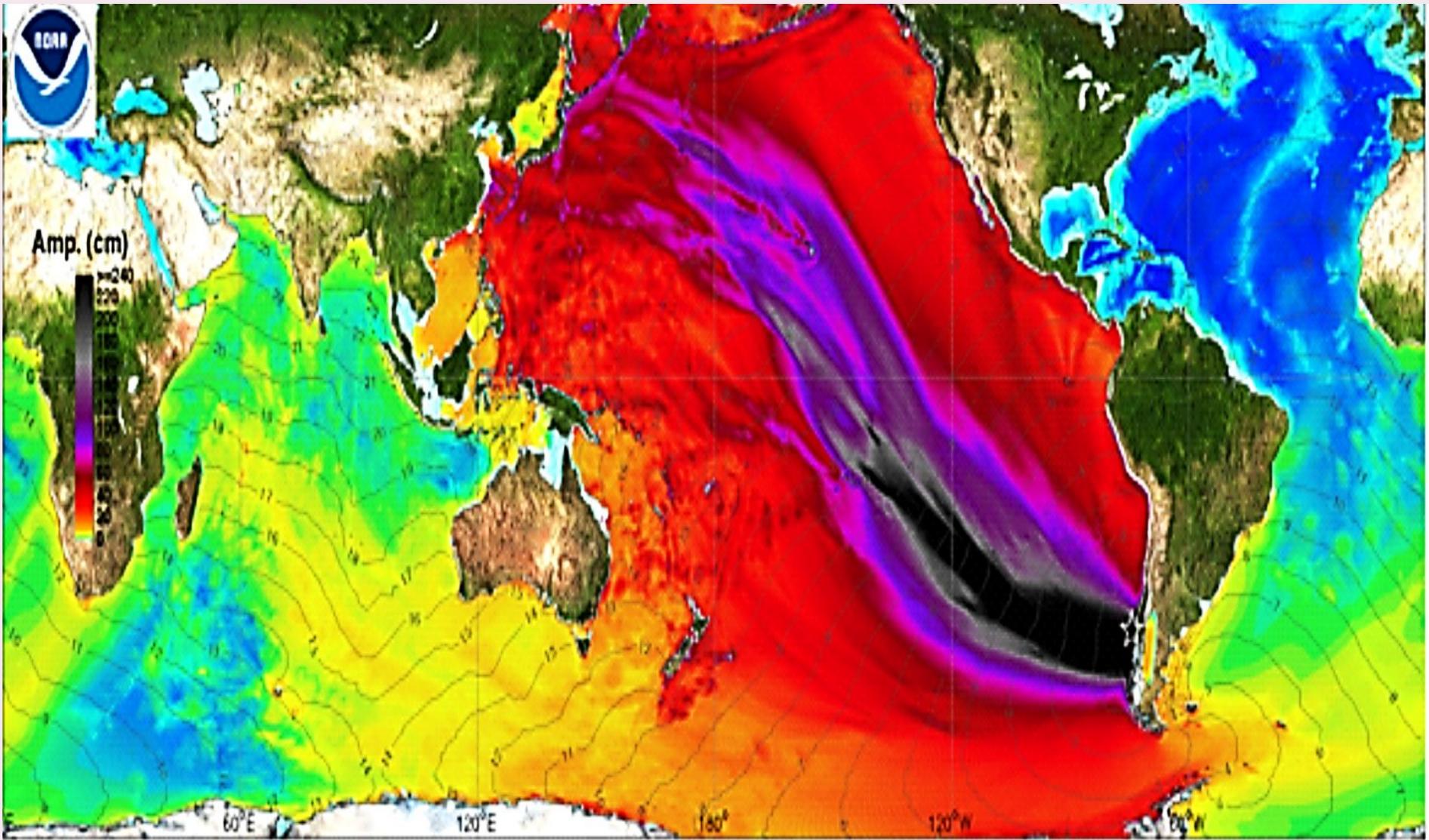


- Гигантские языки энергии выброшены Чилийским землетрясением **27.02.2010 г., магнитудой 8.8 балла**. Они распространились через весь Тихий Океан, перпендикулярно Чилийско-Перуанскому желобу.
- Еще большее землетрясение **22.05.1960 г., с магнитудой 9.5 балла** также в Чили создало языки энергии без потери интенсивности длиной в (3000-4000) км. (The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) visualization).





Amp. (cm)



1960 Chile tsunami (earthquake magnitude Mw 9.5) Maximum amplitude plot -- for comparison with Feb 27, 2010 Chile tsunami event

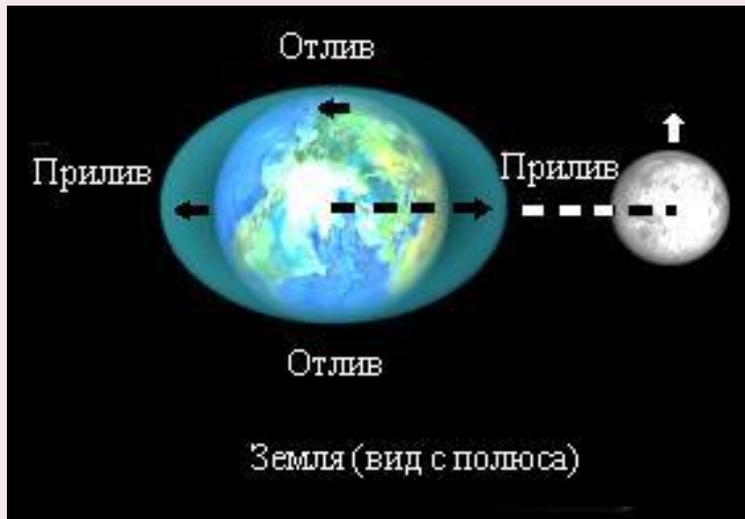
# Планетарные факторы



- Глобальная цикличность рифтогенеза и складчато-надвиговых деформаций, обусловленные ускорением и замедлением осевого вращения Земли.

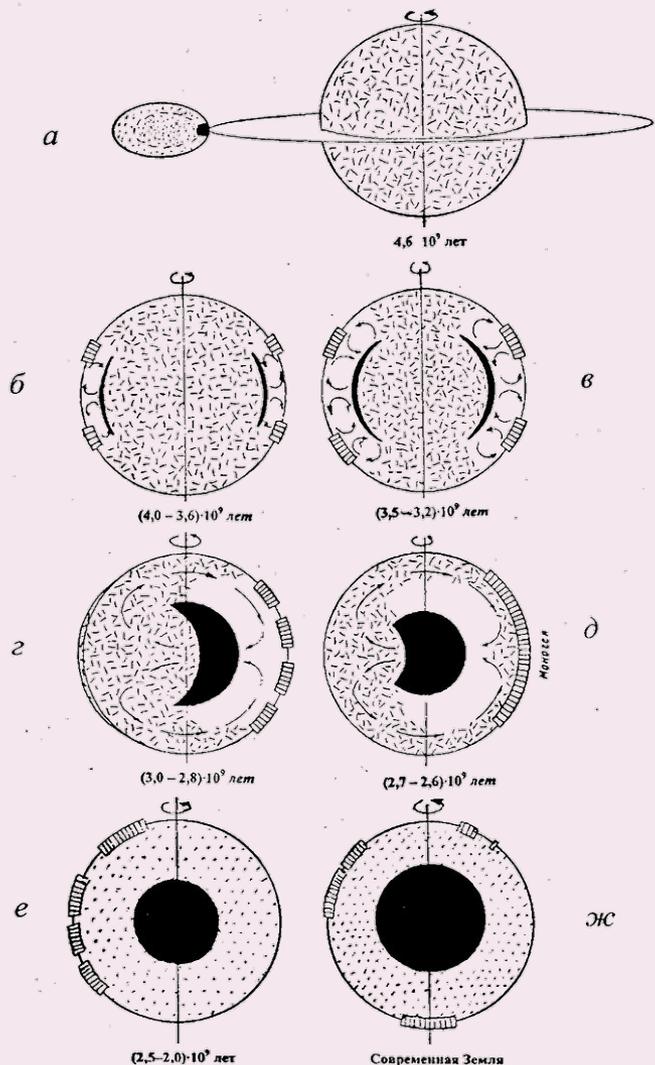
**Пульсационная модель расширяющейся Земли.**  
Объясняется изменениями наклона оси вращения, вариациями солнечной активности, лунно-солнечными приливами и инверсиями магнитного поля (Е.Е. Милановский).

# Концепция образования Земли Шмидта-Сафронова-Сорохтина, основанная на аккреции холодного протопланетного газопылевого облака



- На раннепланетарном этапе молодая Земля разогревалась благодаря распаду радиоактивных элементов и приливным взаимодействиям с Луной, которая тогда находилась на близком расстоянии от Земли, обращалась и деформировала ее в экваториальной плоскости.
- Тектономагматическая активность Земли впервые проявилась через **600 млн лет** после ее образования (4,0 млрд. лет) после того, как температура земных недр на **глубинах (200-400) км** поднялась до уровня плавления силикатов и металлического железа.

# Этапы выделения земного ядра



а – молодая Земля; б и в – зонная дифференциации земного вещества в Ar1-2; г и д – формирование плотного ядра Земли в конце архея; е и ж – развитие земного ядра в протерозое и фанерозое. Чёрным показаны расплавы железа и его окислов, белым – архейская деплетированная мантия, обеднённая железом, его окислами и сидерофильными элементами; черточками – первичное земное вещество, точками – нормальная мантия в протерозое и фанерозое; радиальной штриховкой – континентальные массивы.

# Гипотеза кластерной эволюционной минерагении

Идея важной роли процессов радиоактивного распада в эволюции нашей планеты впервые была высказана в середине 20 века **В.И.Вернадским** в работе «Химическое строение биосферы Земли и её окружение, 1965»).

Научное сообщество было не готово принять эту гипотезу и она была забыта на полстолетия. Активное развитие идеи кластерной трансмутации элементов осуществил В.А.

Кривицкий в серии экспериментальных работ и научных публикаций («2003, 2014, 2015). **В.И.Вернадский** писал

**«Радиоактивный распад химических элементов – превращение одного изотопа в другой – есть не частный случай, а общее свойство земного вещества.**

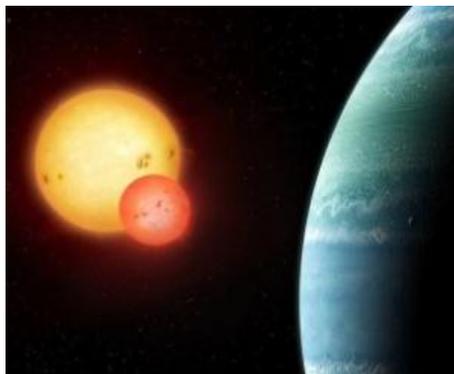
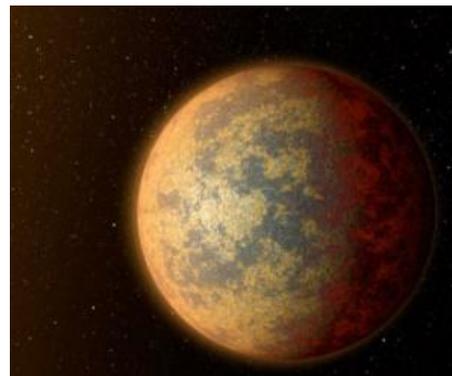
**Все химические элементы Земли находятся в радиоактивном распаде. Это основной физико-**

Многие открытия в области астрономии позволяют считать, что неустойчивость, нестационарность, постоянные изменения являются характерной чертой глобальных космогонических процессов, происходящих во Вселенной. Как отмечал **В.А. Амбарцумян**, эти изменения носят необратимый характер. «Распад и рассеивание характеризуют общую направленность процессов в нашей Галактике». На основе теоретических и наблюдательных данных **он первый высказал предположение о том, что ядра планет – это звездное вещество, еще сохранившее запасы или источники звездной энергии. Фаза планет, поэтому может оказаться дальнейшей фазой распада и дезинтеграции звездного вещества [Амбарцумян 1960].** Открытие астрономами экзопланет – коренным образом изменило наше представление об образовании Земли и планет подобного типа. Открыто уже более 3000. Установлено фрактальное самоподобие планет Солнечной системы.

# Экзопланеты размером меньше Земли



## Экзопланеты открытые телескопом Kepler



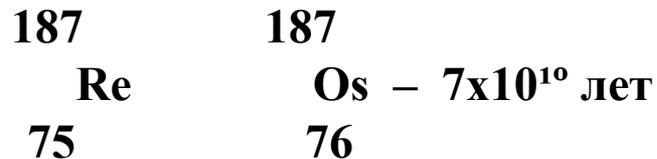
- **Новый спутник NASA — TESS, созданный с целью поиска. похожих на Землю планет за пределами Солнечной системы и запущенный в апреле 2018 года., обнаружил уже вторую экзопланету всего за два дня. Об этом ученые сообщили в Twitter. Источник: NASA/AP«Вторая планета-кандидат обнаружена! Немного больше, чем Земля, эта планета вращается вокруг LHS 3844, карликовой звезды класса M в 49 световых годах отсюда, каждые 11 часов. Найденную планету уже окрестили «горячая Земля».**
- **Первую планету, похожую на нашу, аппарат TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) обнаружил 19 сентября 2018г. находку назвали «суперземля», находится она в 60 световых годах от Земли. В NASA не исключили, что на ней может быть вода. Его создатели рассчитывают, что он исследует около 200 тыс. ближайших к Солнцу звезд в течение двух лет, а полученные от него данные позволят расширить список известных экзопланет.**

- Накопившийся богатейший материал о природе и распространённости химических элементов, геодинамики мантийных процессов, металлогении, рудогенезе и образовании углеводородов поставил один и тот же вопрос **о едином источнике энергии и вещества**, который обеспечивал бы все многообразие геологических процессов в истории Земли.
- Многочисленные данные доказывают, что планета Земля развивается как динамическая, неравновесная система, для которой характерны процессы самоорганизации, саморазвития с образованием фрактальных систем самоподобия, что **требует постоянного или периодического притока вещества и энергии** (Вернадский, 1934,1965; Добрецов, 1997; Кривицкий, 2016;; Пущаровский Ю.М., Пущаровский Д.Ю,1999; Lister J.R., Buffett V.A.1998).

# Главные условия протекания процессов ядерного деления и кластерного радиоактивного распада

1. Признание кластерной квазикристаллической структуры атомного ядра;
2. Фазовое состояние вещества должно быть жидким или газообразным.
3. Вещество должно обладать гиперчастотными свойствами, т.е. атомы ядра, осциллятора должны очень быстро вращаться. Это основное правило разделения беспорядка от порядка. В кристаллических системах, где отсутствует гипервращение атомов имеет место только колебания в кристаллической решетке.

4. Открытие кластерного радиоактивного распада атомных ядер;
5. Открытие газовых свойств сверхтяжелых атомных ядер;
6. Экспериментальное доказательство изменения времени полураспада атомных ядер



**В полностью ионизированном состоянии распад составляет  $32,9^2$  лет.**

**Ионизация атома приводит к сокращению периода полураспада 9 раз.**

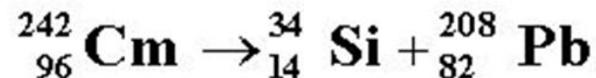
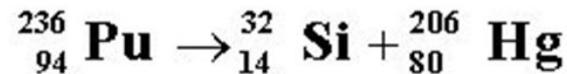
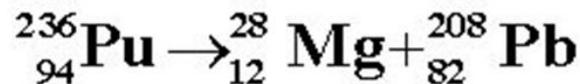
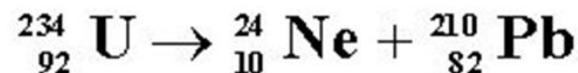
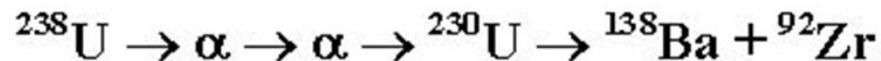
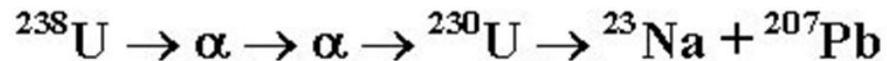
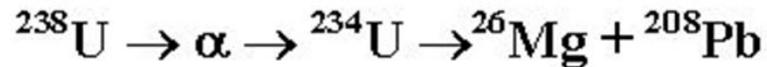
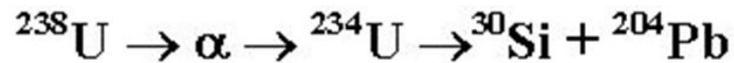
7. Синтез сверхтяжелых атомных ядер с **порядковыми номерами 116-126 и открытие подобных ядер в грязевых вулканах;**

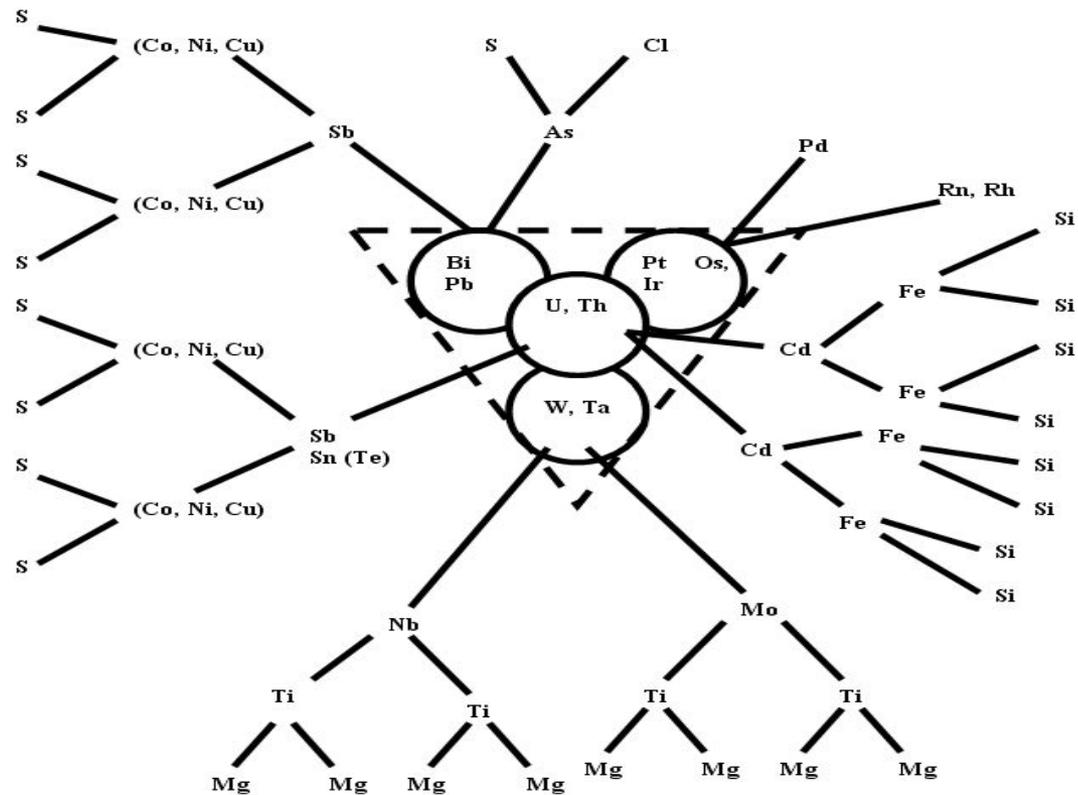
8. Для возникновения условий резонансной синхронизации в структурной ловушке ( котле, трещине, зальбанде, диатреме и т.п.) должны возникнуть условия при которых парциальные частоты будут составляющими одной и той же общей частоты. Это условие следует из закона сохранения энергии.

10. Другое условие. Возникновение аргументных колебаний в системе (сдвинутых по фазе) также приводит к процессам **низкоэнергетической трансмутации химических элементов** (я. д+кл.р).

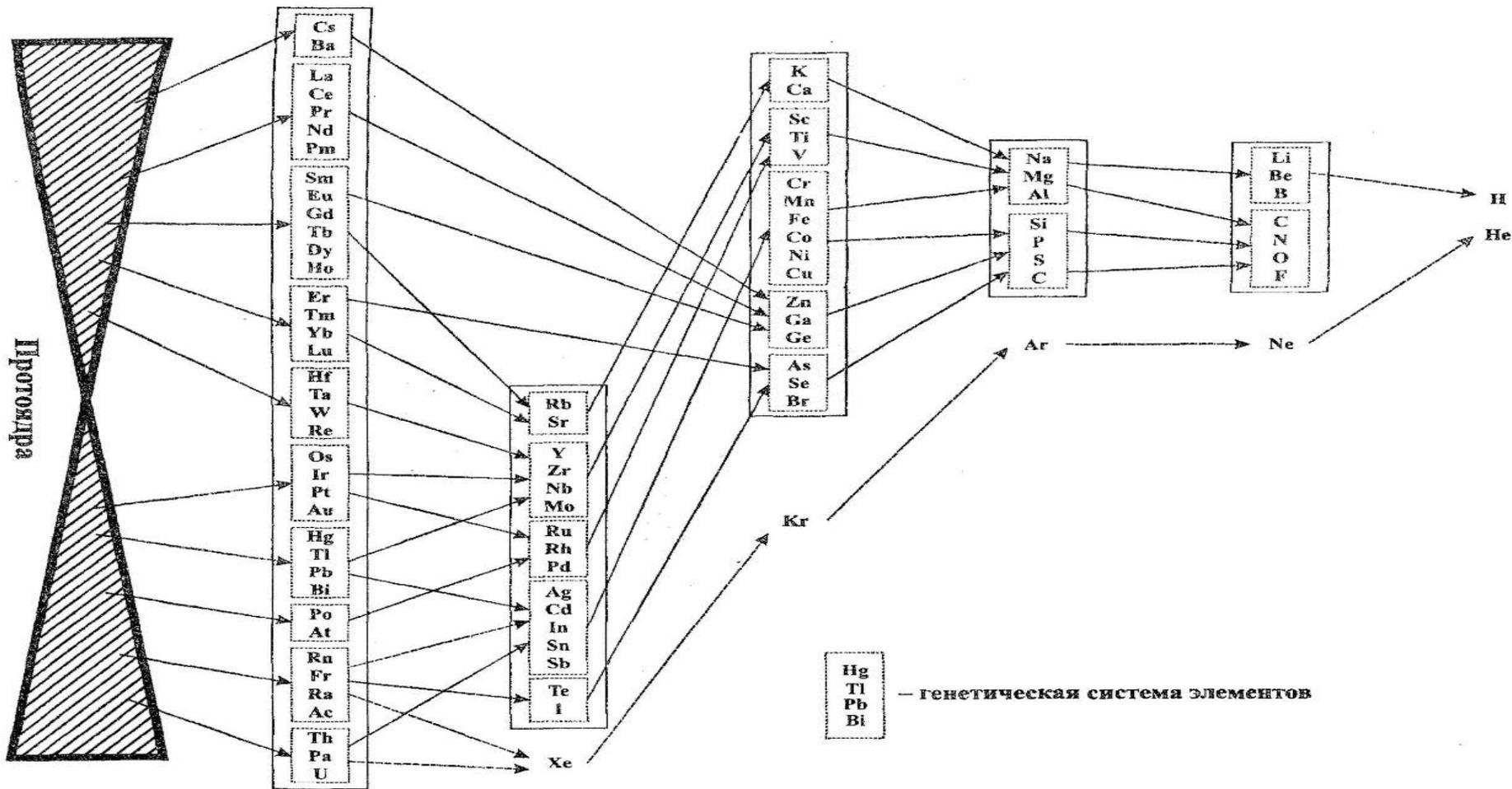
11. Плотность вмещающих пород должна быть максимальной: минимум трещиноватости, отсутствие «сквозных» разломов. Все это необходимо, чтобы электроны-генераторы не могли покинуть зону протекания реакций.

*Примеры  
кластерного  
ядерного  
распада  
трансурановых*





**Вероятная схема процесса ядерной диссоциации протоядерного магматического материала с образованием ядер химических элементов**



**Геохимические последовательности элементообразования**

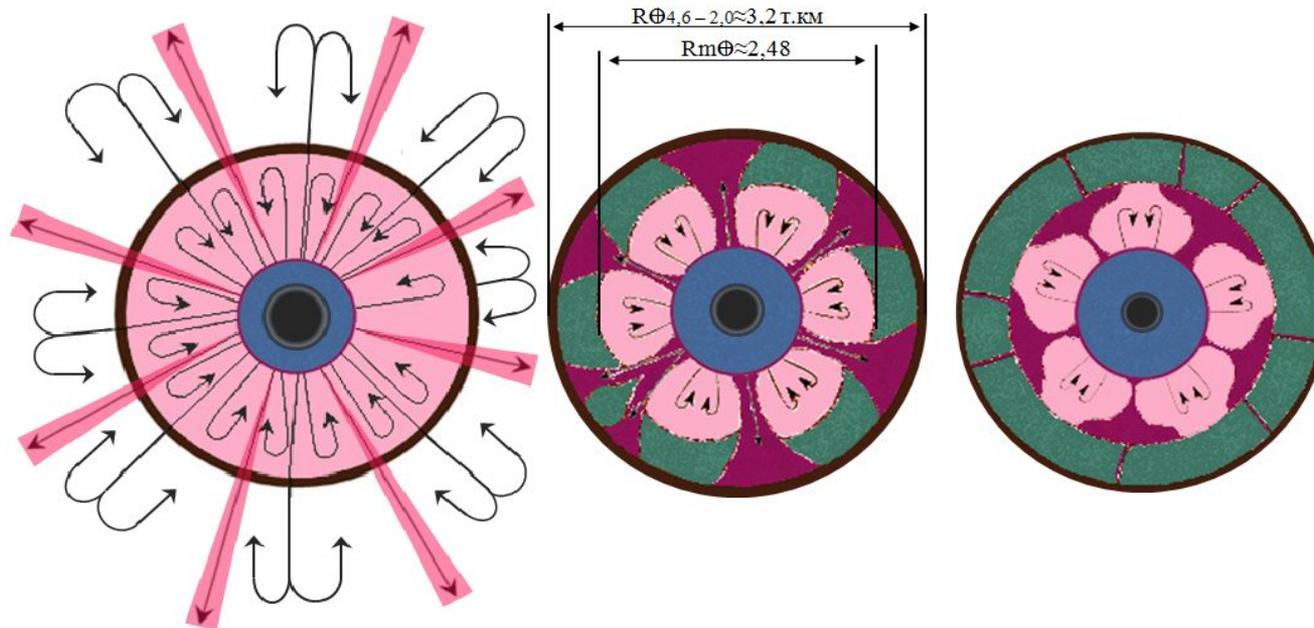
- **В природном ядерном реакторе (Габон, месторождение Окло) возникли новые атомы. Деление урана-235 – это образование осколков разнообразных атомных ядер с массовыми числами от 70 до 170. **Добрая треть таблицы элементов - от цинка до лютеция.** В зоне цепной реакции появляются элементы с искажённым изотопным составом. У рутения из Окло, например, втрое больше, чем в природном рутении, ядер с массовым числом 99. В цирконии в пять раз **вырастает содержание изотопа  $^{96}\text{Zr}$ .  $^{149}\text{Sm}$  превратился в  $^{150}\text{Sm}$ , и его в одной из проб оказалось в 1300 раз больше, чем должно было быть. Таким же путем в 100 раз возросла концентрация изотопов  $^{152}\text{Gd}$  и  $^{154}\text{Gd}$ .****

# **Догеологический этап становления Земли**

**Образование конвективной зоны с испусканием электромагнитного, нейтринного, мезон-барионного (в том числе кластерного, в виде ядерно-молекулярного) потоков, генерируемых на самой ранней стадии развития планеты (экзопланеты) за счёт первичного вещества.**

**Конденсация вещества в конвективной зоне за счёт внутренних процессов: с образованием первичной земной коры из продуктов ядерной диссоциации и дезинтеграции протоядерного звездного вещества в центральной зоне зародыша протопланеты; Уплотнение конденсата за счёт растущих сил гравитации с последующим остыванием верхних слоёв, создающих верхнюю мантию, земную кору и астеносферу.**

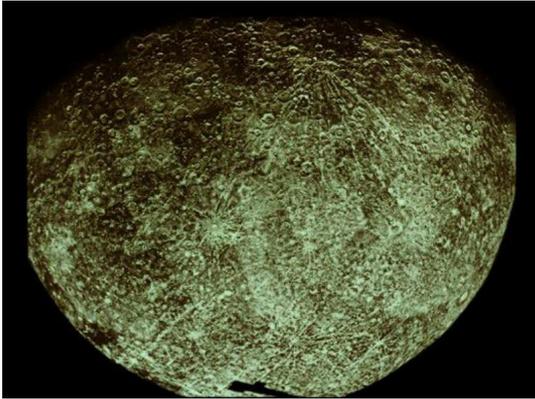
## Этапы развития Земли до среднего Проторозоя



Этап	До геологический	Протоконтинентальный	Континентальный	Суперконтинентальный
Стадия		Нуклеарная		Кратонная
Млрд., лет	4,6 – 4,1	4,1 – 3,6	3,6 – 2,6	2,6 – 2,0

# Нуклеарный этап развития планет и спутников

Меркурий



Каллисто

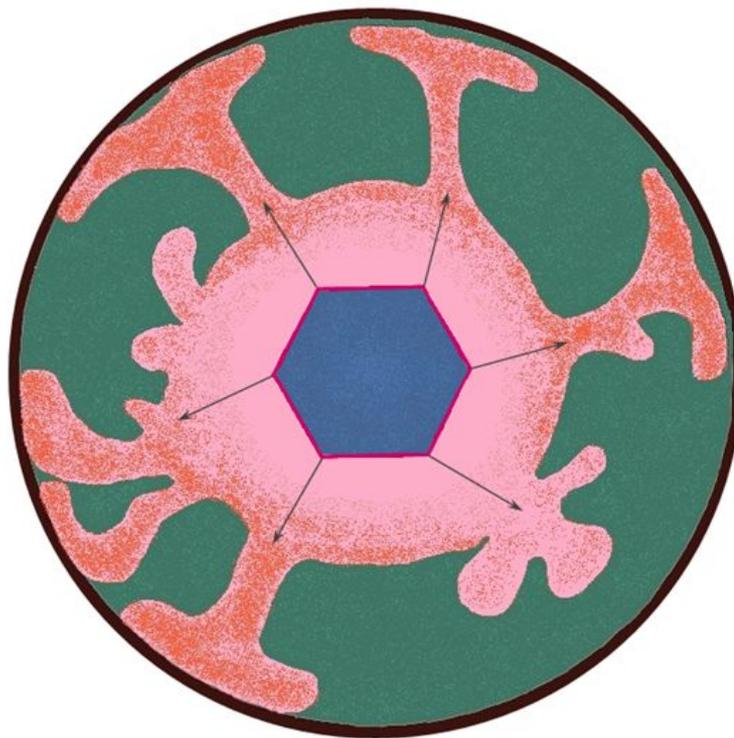


## **Историческая минерация**

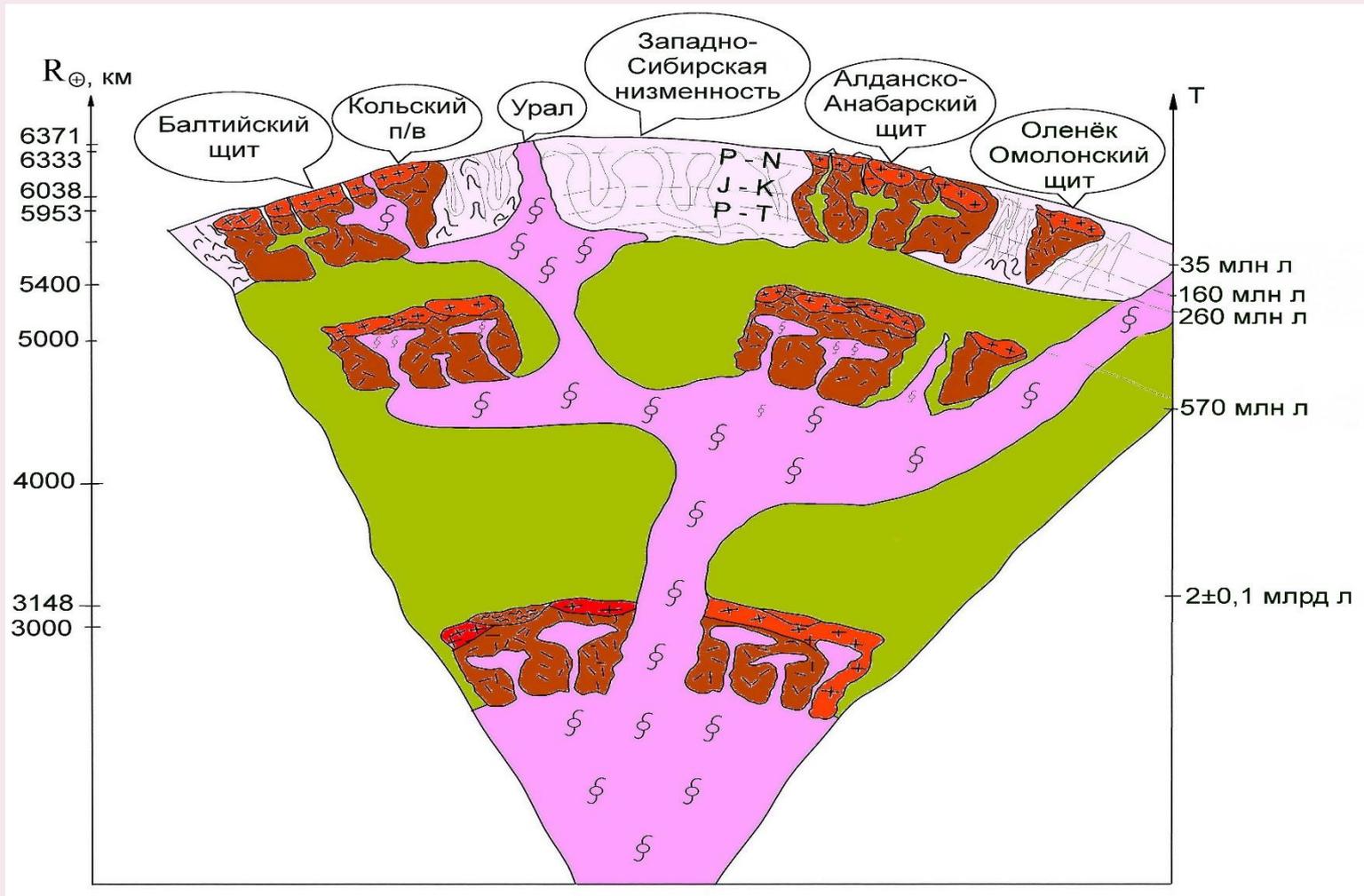
Рассмотрим последовательно каждый исторический этап образования крупных урановых месторождений с позиций выдвигаемой концепции. Земля как планета имеет **три основных этапа** развития: **догеологический** продолжительностью **4,6 – 4,0 млрд. лет**; **нуклеарный** - **4,0 -2.0 млрд. лет** и **пульсационного расширения**, - **от 2,0 до до современности**.

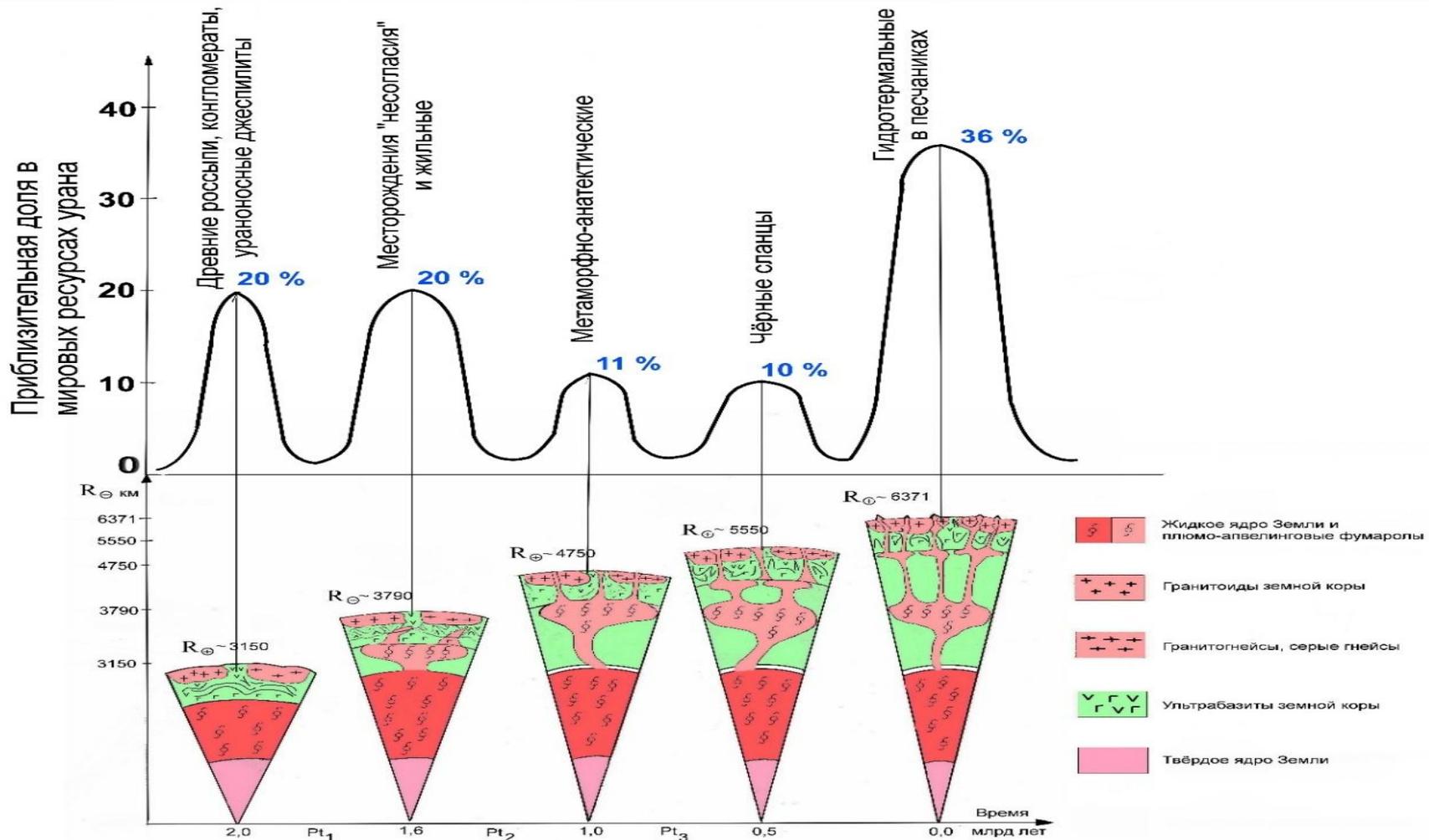
Следует отметить, что **становление верхней мантии и земной коры происходило именно на нуклеарном этапе** развития Земли (Хаин, Ломизе, 1995) в **архее**. Сформировавшаяся к нижнему протерозою верхняя мантия и земная кора явились тем геологическим пространством, в пределах которого **начали свое развитие урановые месторождения, как результат ядерно-химической эволюции глубинного вещества**.

# Этап пульсационного расширения



Этап	Пульсационного расширения
Стадия	Континентально-океаническая
Млрд., лет	2,0 – 0,0





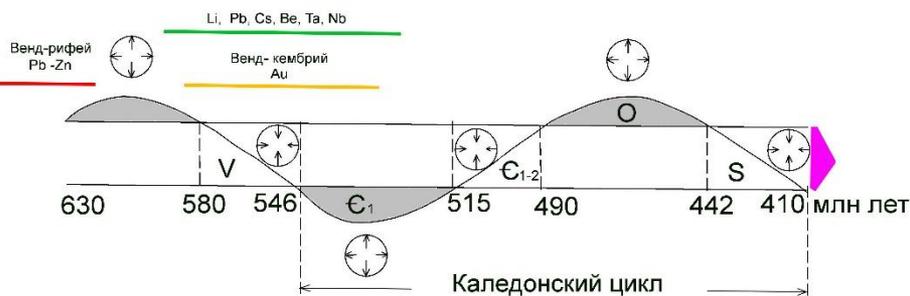
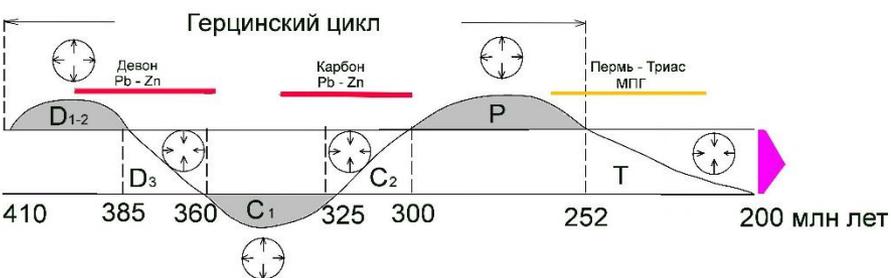
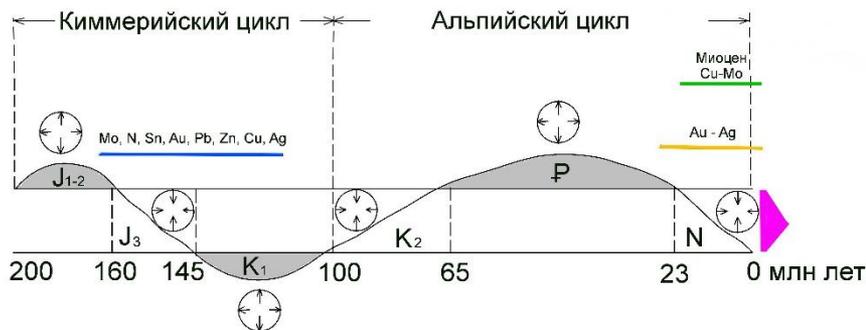
Стадии развития Земли на этапе континентально-океанического расширения

## **Эволюция Земли в фанерозое в астрономическом летоисчислении (галактические годы)**

**В пределах Млечного пути имеется спиралевидная зона коротации с мягкими астрофизическими параметрами, за пределами которой протекает активная космическая жизнь- возникают звезды и экзопланеты и все пространство насыщено плотными нейтронными полями.**

**Солнечная система, вращаясь внутри Млечного пути в течении 105 млн.л. (галактический год), циклически входит и выходит из этой зоны (рис.). В период нахождения вне зоны коротации под воздействием интенсивных внешних космических нейтронных потоков активизируются процессы ядерного распада и трансмутации элементов.**

**В результате Земля расширяется и возникает планетарная система расколов. Это приводит к увеличению объема Земли в зоне астеносферы и нижней мантии. В астеносфере накапливается большое количество летучих элементов, нейтронов, протонов и электронов. В этом ядерно-кластерном субстрате сохраняется и большое количество тяжелых и сверхтяжелых осциляторов. Весь этот комплексный гетерогенный флюид внедряется в земную кору.**



## Каротационная зона Галактики в Млечном пути



Растяжение



Сжатие

**Третий этап.** В период выхода из зоны коротации земля начинает сжиматься. Накопившийся в астеносфере летучий материал в виде литосферных фумарол устремляется в земную кору по ранее заложенным разломам. Все деформационные структуры (разломы, зоны брекчирования и сопряженной трещиноватости) пронизываются литосферными фумаролами

Принимая за основу пространственно-временную привязку Солнечной системы, отметим еще целый ряд периодических явлений геологической истории Земли, связанных с **выходом Солнечной системы из зоны коротации**. Например, с этого момента начался **раскол и раздвигание единой континентальной коры – суперконтинента Пангеи**; со временем выхода Солнечной системы из зоны коротации связано **развитие глобальных трансгрессий**, приводящее к повышению уровня моря и обширному затоплению континентальных блоков.

Наиболее значительные **трансгрессии** происходили **в нижнем ордовике, нижнем карбоне и нижнем мелу**, когда Солнечная система находилась **в одних и тех же секторах Галактики**. При рассмотрении **цикличности таких событий, как оледенение, тектонические эпохи в фанерозое**, мы можем отметить много общего. Например, **все крупнейшие оледенения и тектонические эпохи приходятся на тот период в развитии Земли, когда Солнечная система находится в зоне коротации**, когда минимален поток жесткого галактического излучения и нейтрино. Земля в этот период сжимается, и возникают тектонические перестройки земной коры.

- Выводы

- 1. Новая концепция кластерной эволюционной минерагении базируется на идее формирования Земли из первичного звездного вещества, которое сохранилось в ядрах планет. Последовательная его деструкция, как следствие распада тяжёлой ядерной материи приводит к фрагментации вещества вплоть до появления сверхтяжёлых элементов с дальнейшей их ядерной диссоциацией.
- 2. В результате возникает **протомагма**, которая поступает в верхнюю мантию в виде плюмовых потоков. Этот процесс поддерживает протекание реакций, в результате которых образуются химические элементы, минералы, руды и горные породы, из которых складывается верхняя мантия и земная кора. Процессы ядерной диссоциации приводят к выделению энергии и разуплотнению вещества, что, инициирует рост объема Земли, ее геотектоническую активность, а также возникновение гидросферы и атмосферы.
- 3. Первичное внутреннее ядро Земли складывается из сверхтяжелого и сверхплотного ядерного вещества, являющегося первоначальным источником звездной энергии.

**Минерагеническую гипотезу кластерной эволюционной минерагении, согласно которой сформировались эндогенные рудные месторождения в полном объеме (рудные и нерудные минеральные ассоциации и вмещающие их породы) представляют раскристаллизовавшееся вещество, возникшее в результате кластерного радиоактивного распада и ядерной диссоциации гипертяжелых, сверхтяжелых, трансурановых химических элементов – урана, тория и лантаноидов, поступающих из астеносферы Земли в газообразной форме и в составе газовой-жидких флюидов (литосферных фумарол).**

# Следствием трансформации первичного звездного вещества является пульсационное увеличение скорости вращения Земли и её объема

В результате возникают гетерогенные тектонофизические поля напряжений и деформации верхней мантии, литосферы и земной коры. Происходит направленное эволюционное развитие нашей планеты, её геотектоники, геофизических и геохимических полей, формирование разноранговых минерагенических структур и концентрация в их пределах минеральных ресурсов.

Согласно рассматриваемой концепции в истории Земли выделяются этапы ( в млрд.л): **догеологический (0,4), нуклеарный (2,2) и пульсационного расширения (2,0). Нуклеарный этап разделяется на три стадии: протоконтинентальная (0,6), континентальная (1,0) и**

# Критерии выделения региональных суперансамблей

1. Тектоно-магматические  
комплексы.

2. Глобальные эпохи  
складчатости, магматизма,  
осадконакопления и  
минерагении.

3. Планетарные гравиметровые  
аномалии.

# Категории глобальных блоковых структур

- 1. Глобальные мегаблоки (суперансамбли)** – огромные участки коры на основании формационного анализа континентальных и океанических масс и усредненных аномалий Фая.
- 2. Мегаблоки первого порядка** – закономерные сочетания платформ, подвижных поясов и областей тектоно-магматической активизации, различающиеся масштабами рудогенеза.

# Общие черты глобальных мегаблоков

Два типа мегаблоков: с положительными и отрицательными аномалиями Фая

## Блоки с положительными гравиметрическими аномалиями

- Крупные ресурсы Cr, Hg, Sn, Ta-Nb пегматитов; медноколчеданных руд.
- До 80 % запасов золота (Ю. Африка и Канадский щит, Дальний Восток) и до 40 % урана.
- Транзитный характер, независимый от типа мегаблока, имеют Cu, Pb, Zn, Fe, Ti, V, W.

## Мегаблоки с отрицательными аномалиями Фая

- Преимущественно сидерофильные, редкоземельные и U месторождения; пегматиты с мусковитом, Be, Cu-Ni руды с платиноидами; широко распространены месторождения Cu, Pb, Zn; W, Mo, Sn

# Глобальные мегаблоки (современная модель)

Выделяют 9 мегаблоков

## Фрагменты Гондваны:

1. Южно-Американский;
2. Африканский;
3. Индостано-Мадагаскаро-Западно-Австралийский;

## Фрагменты Лавразии:

4. Американо-Гренландский;
5. Европейский;
6. Сибирский;

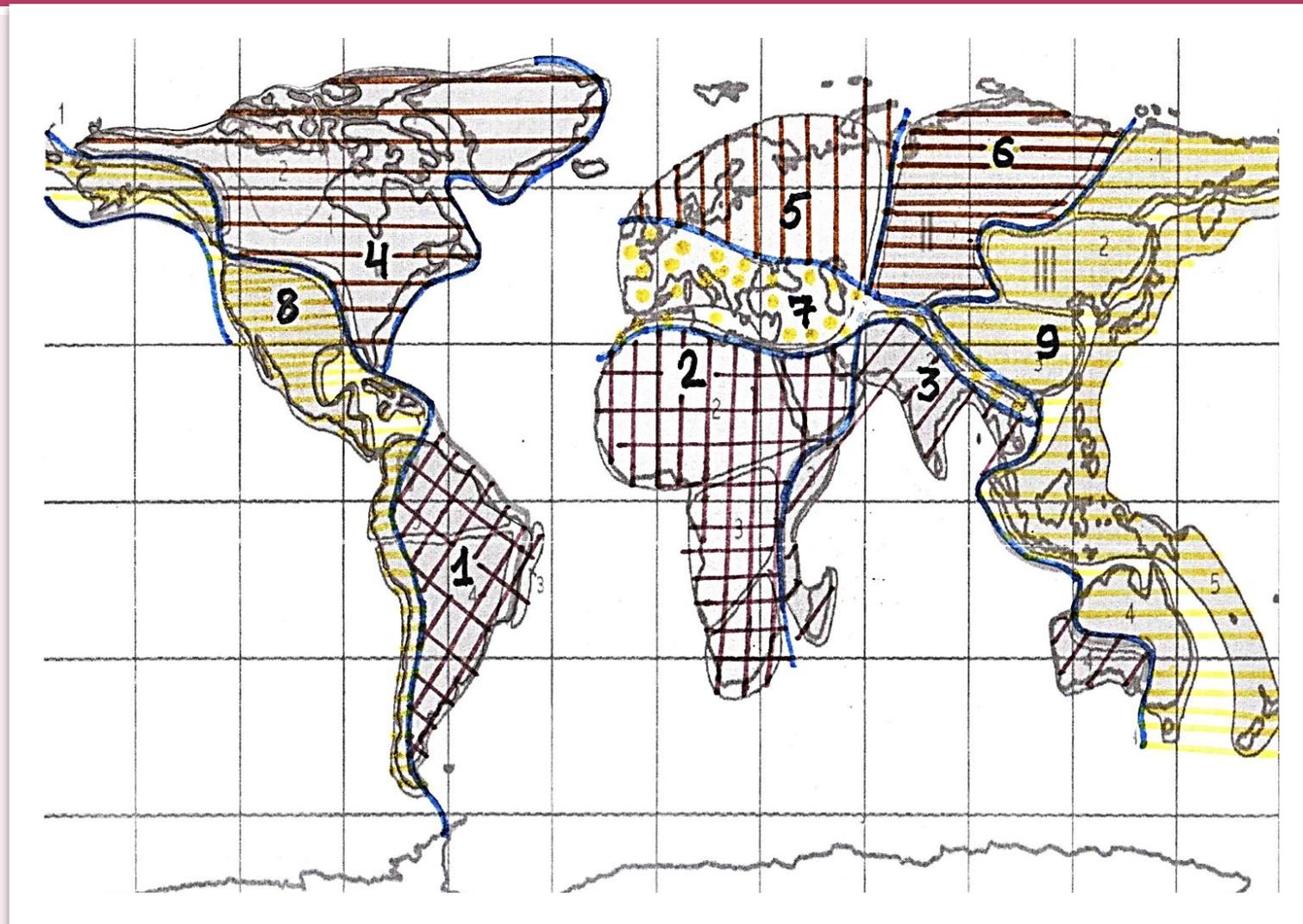
## Глобальные мобильные металлогенические

пояса:

7. Средиземноморско-Центрально-Азиатский (Тетис);
8. Андийско-Кордильерский;
9. Азиатско-Австралийский;

**Глобальные мегаблоки  
разделяются на  
мегаблоки  
первого порядка**

# Глобальные мегаблоки (современная модель)



# Планетарные мобильные металлогенические пояса и количество в их пределах суперкрупных месторождений

## 7. Средиземноморско-Центрально-Азиатский

(Тетис ) (48-48) и Урало-Монголо-Охотский

(26-28-83)

8. Андийско (55)-Кордильерский (73)

9. Азиатско-Австралийский (> 100)

*В скобках указано число суперкрупных*

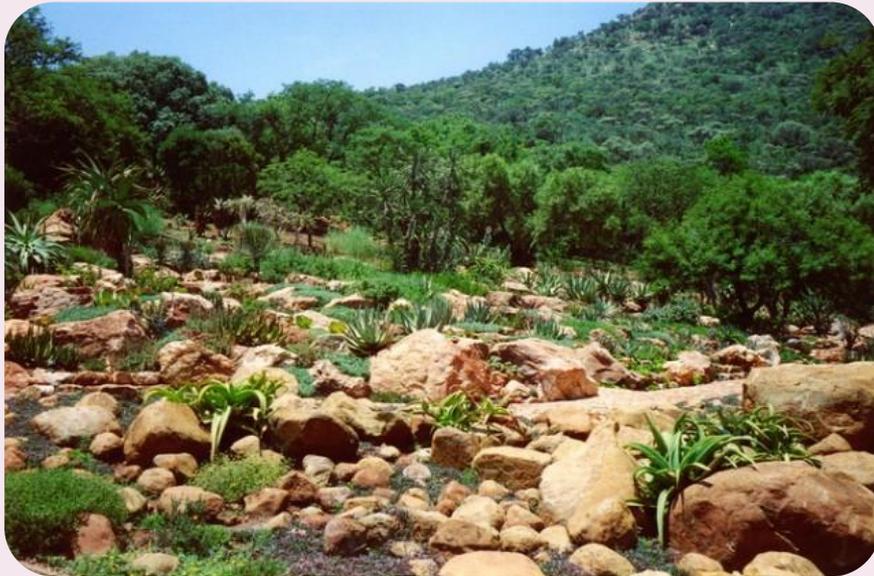
# 1. Период тонких литосферных плит

(4,0 – 3,2) млрд. лет

- Железистые кварциты комплекса Исуа (Гренландия), пояса Абитиби (Канада) – (3,78 – 3,60) и Аншаньской серии (сев. Китай).
- Железистые осадочно-вулканогенные лептитовые формации типа Алгома и Кивантинский (Кируна, Швеция; Оленегорское, Россия) – (3,3 – 3,7).
- Мусковитовые пегматиты (Анабарский щит, Джугджур) – (3,5 – 3,2).
- Редкометальные пегматиты с Nb, Ta, Zr (Зап. Австралия, Бразилия, Африка) – (3,5 – 3,2).
- Хромиты в анартозитах (Фискенессетский комплекс), (Стиллуотер, Сев. Америка) – 3,65.

## 2. Период формирования основной массы континентальной коры — (3,2 – 2,7) млрд лет

- Месторождения золота и урана в конгломератах (Витватерсранд, 2,75).
- Железистые кварциты (КМА, Михайловское, Околово).



Витватерсранд открыл в 1886 году фермер Уолкер из-под Йоганнесбурга, обративший внимание на камень с блестками латунного цвета (это был пирит), которому необычайно повезло: промыв в тазу измельченную породу он увидел и тонкую ярко-желтую полоску золотого песка

# Витватерсрандское месторождение золота



- Кстати, именно открытие Витватерсрандского месторождения золота привело в 1869 году к началу золотой лихорадки в этом регионе. Кроме того, начиная с 1905 года, Южная Африка стала лидером в золотодобыче, пока ее в начале 2000-х годов не сместили США и Китай, являющийся лидером золотодобычи на сегодняшний день.
- В среднем содержание золота составляет здесь от 8 до 20 грамм на 1 тонну руды, а запасы золота оцениваются специалистами в десятки тысяч тонн. Кстати, кроме золота в руде содержится уран и платина, которые также добываются попутно.
- Кроме того, на данном месторождении находятся одни из самых глубоких шахт в мире, которые порой достигают глубины 4000 метров, а температура в шахте поднимается до 50 °С.

**Железорудные пояса – продукт дифференциации протовещества Земли, протекавшего под действием эндогенного энергопотока.**

## Железорудный процесс

- Анализируя фактические данные, можно прийти к выводу, что самая древняя перколяционная зона архей-кайнозой имеет прямое отношение к динамике железорудного процесса.
- Реализовался он по синергетическому сценарию. По мере формирования новых структурных этажей, каждая очередная железорудная формация накладывалась на другую.

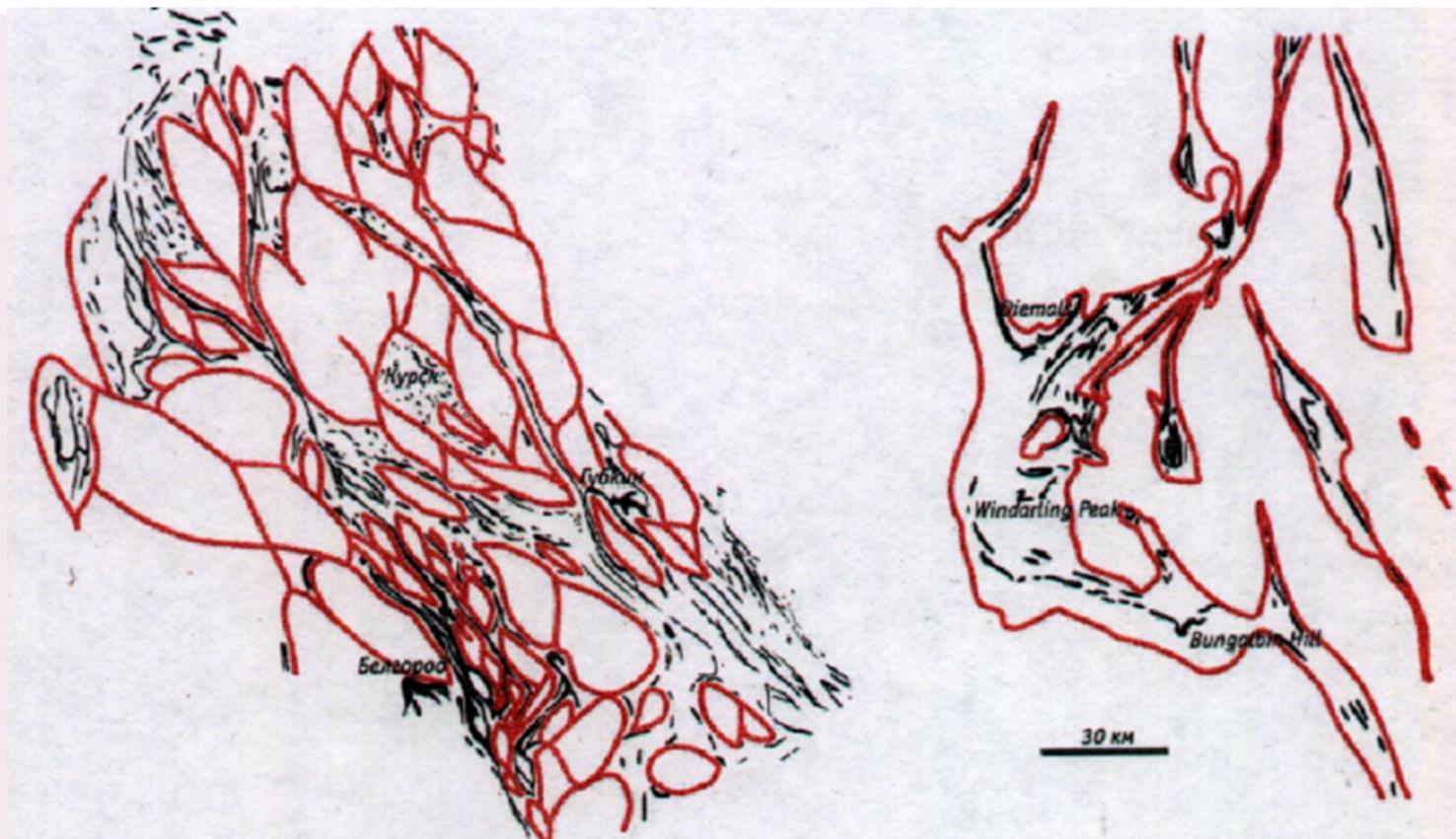
Их пояса фиксируют перколяционную сеть эндогенной энергетической разгрузки

## Железистые кварциты - это концентрированная геология докембрия

- В самом деле, архейские тектонические комплексы - продукт кооперативной динамики. Они не что иное, как своеобразный аналог структур Бенара. А это отменяет традиционное понимание процессов структурирования по принципу пассивного накопления деформаций, также как и основанный на нем, транспортный эффект образования железорудных месторождений.
- Основным структурообразующим мотивом в районах развития железистых кварцитов является сочетание овалных блоков тоналитов с полосчатыми железорудными комплексами

Розовое – контуры тоналитовых линз,  
чёрное – железистых кварцитов (из П.М.  
Горяинова, Г.Ю.Иванюка, 2001)

Структура архейских железорудных  
комплексов КМА и блока Йилгарн 3.  
Австралия (по Cole, 1981)



- В плане линзы железистых кварцитов всегда криволинейны и группируются в компактные зоны субсогластного простирания.
- Рудный район, поле, месторождение, отдельная залежь или её фрагмент образуют подобный структурный линзовидный узор размера, зависящего только от масштаба исследования. Основной структурный рисунок рудных проявлений не усложняют и не нарушают ортогональные дизъюнктивы, что не соответствует

этим с своим характером

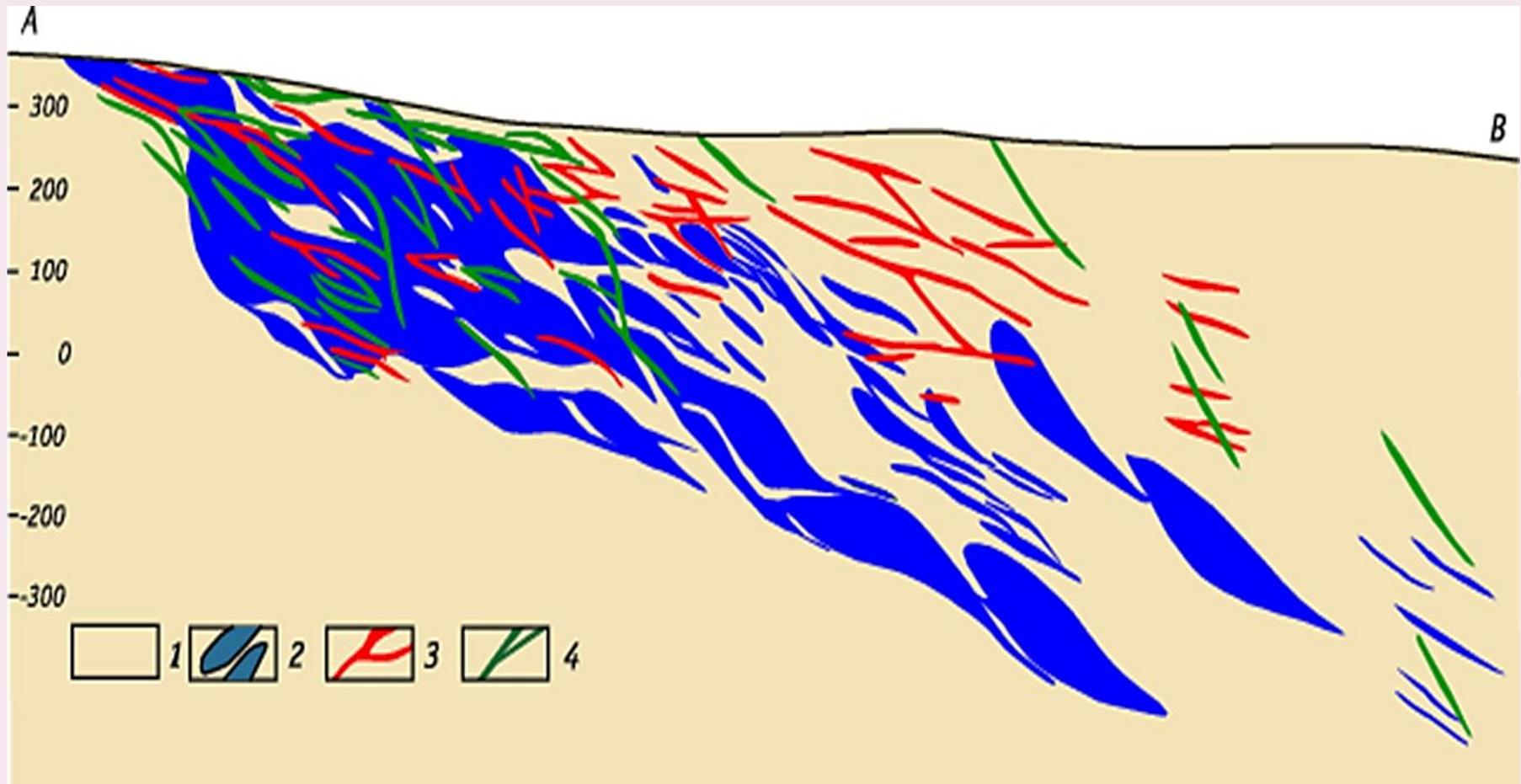


Вскрытые добычей железистые кварциты



Полированная пластина  
полосчатого железистого  
кварцита

# Кировогорское месторождение железистых кварцитов (по П.М.Горяинову, 2010)



- Ураноносные конгломераты (Канада, Элиот-Лейк – 2,2).
- Марганцевые месторождения (Индия, 1,7 – 2,3).
- Редкометальные пегматиты (Карелия, Забайкалье-Мамская провинция калиевый гранитный магматизм – 1,8).
- Золоторудные гидротермальные месторождения (Хоумстейк, Сухой лог, Кобальт – (1,8–2,0).
- Олово-вольфрамовые скарны (Карелия – (1,8–2,0).
- Колчеданные Cu-Zn-Pb месторождения, ассоц. с базальт-липаритовыми формациями (Австралия, Брокен-Хилл, Маунт-Айза – (1,75–1,85); Швеция, Болиден – 1,9; Финляндия, Оутокумпо (1,8–2,3); Карелия (2,0 –2,2).

# 3. Период первых суперконтинентов

(2,7 – 1,8) млрд лет

- Расслоенные ультраосновные массивы:
  - а) Хром-платина, Южная Африка, Бушвельд – 1,95; Великая Дайка Зимбабве – 2,5;
  - б) Медь-никель Канада, Саддбери (1,8 – 2,0).
    - Кольский полуостров, Печенга – 1,8
    - Ультраосновные комплексы – (1,8 - 2,0) Карбонатитовые медные (Полабора) Альбититы с ураном и редкими металлами).
    - Железистые осадочные формации – 1,85 (Украина, Кривой рог, Россия КМА, Костомукша; Австралия, Хаммерсли)
    - Медистые песчаники (Россия, Удокан – (1,8 – 2,1).

#### 4. Пульсационное расширения и многократный рециклинг первичной континентальной коры (1,8 – 0,6) млрд лет

- Характеризуется стабильным геотектоническим режимом и отсутствием кардинальных перестроек планетарных геологических структур. Оживление эндогенной металлогенической активности началось в конце периода.
- В отрезке времени (1,0-0,6) млрд лет формировались колчеданно-полиметаллические месторождения, связанные с базальтоидным магматизмом, в Северной Америке и на Сибирской платформе (Холоднинское, Горевское и др.), а также магматические титаномагнетитовые руды Норвегии (Егерзунд), Канады (Лауренс Ривер) и России (Урал, Кусинское).

## 5. Мантийно-коровая дифференциация (0,6-0,0) млрд лет)

- Со средней юры Пангея была расколота на ряд континентов, между которыми образовались современные молодые океаны: Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый.
- С нижнего палеозоя начался процесс усиления глубинной рудно-магматической активности. Широкое развитие получили такие новые формации, как сурьмяно-ртутная, вольфрамовая, грейзеновая, медно-молибденовая, золото-кварц-халцедоновая.
- В это время возникли все месторождения бокситов, каолинитов, серы, морских и континентальных россыпей.

Согласно фундаментальным исследованиям С.И. Андреева и И. С. Грамберга установлено: >  $J_2$  (170 млн лет) – новый этап развития Земли – возникла Мировая Талассогенная (морская ) система - ( базитовый вулкано-плутонический импульс) – океанический тип земной коры

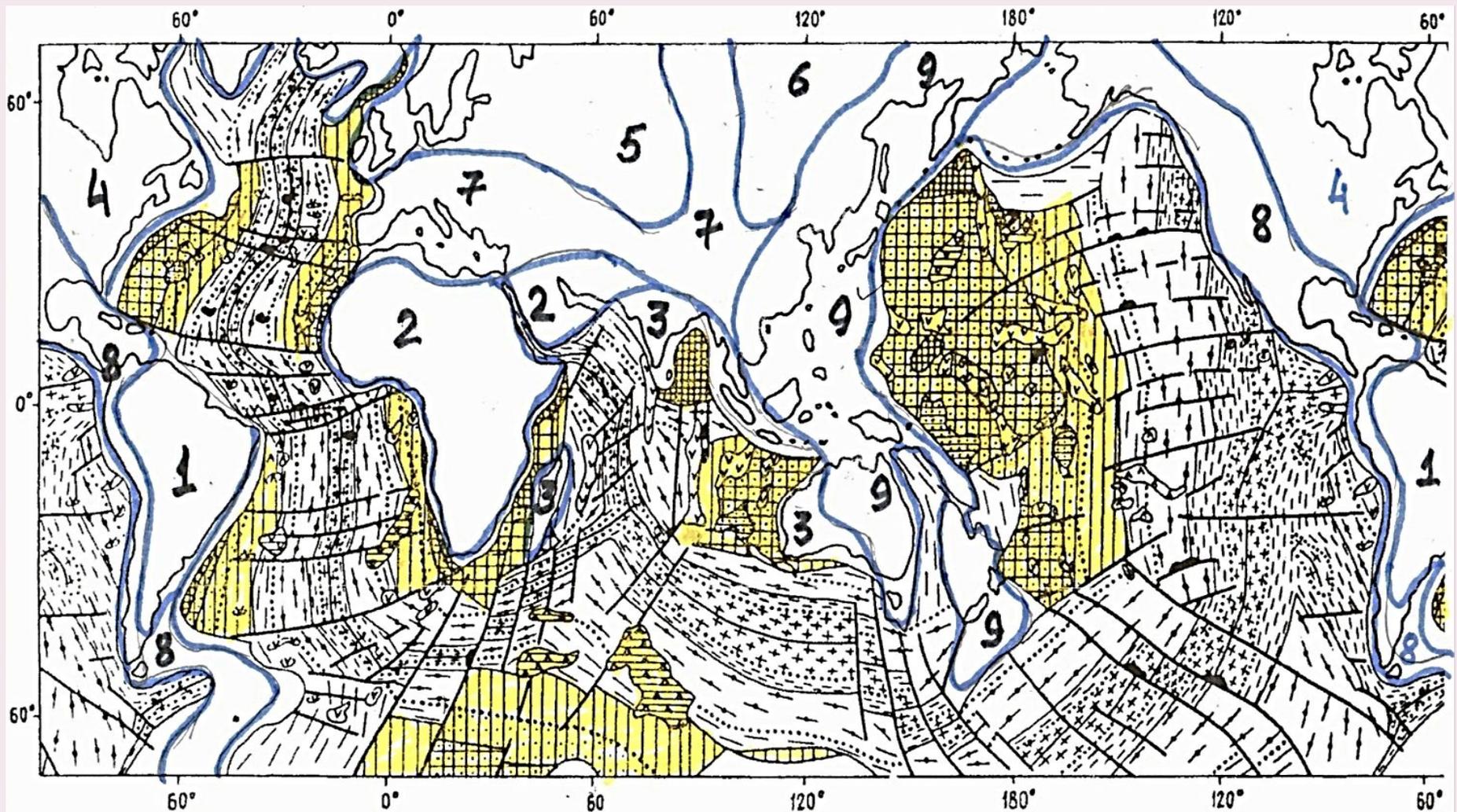
# Металлогения океана

## Три мегастадии:

1. **Мезозойская** ( 50 млн лет-ср.юра-ниж.мел).
2. **Меловая** (40 млн лет-апт-кампан).
3. **Кайнозойская** (80 млн лет  $Cr_2$  кампан-Pg-N-Q).

# Металлогеническая схема Мирового океана

Жёлтое-старые океанические плиты ( 50 млн. л.-ср.юра-ниж.мел)



- Мезозойская ( 50 млн лет-ср.юра-ниж.мел) - толеит-базальтовый комплекс – рассеянный спрединг – старые океанические плиты.
- Меловая (40 млн лет Cr<sub>1-2</sub>-апт-кампан) –промежуточная. Трещинные излияния – толеитовый базальт-ферробазальтовый комплекс- увеличение коры.  
**Киммерийский этап.**
- Кайнозойская (80 млн лет Cr<sub>2</sub> кампан-Pg-N). Молодые океанические плиты и планетарная рифтовая система. Возрастает Fe базальтов. Расщепление гиперб.-баз. магмы на более кислую и более основную в локальных поднятиях. **Альпийский этап.**

- Главная сложность с объяснением причин формирования крупных локальных скоплений в земной коре рудных и некоторых других рассеянных элементов заключается в том, что их концентрация в мантии ничтожно мала, тогда как в месторождениях она возрастает иногда в сотни и тысячи раз. Например, концентрация урана и золота в современной мантии не превышает  $2 \cdot 10^{-9}$ , ртути и тория –  $8 \cdot 10^{-9}$ , свинца –  $9 \cdot 10^{-8}$ , серебра, вольфрама и платины – порядка  $10^{-7}$ , лития, ниобия, молибдена и олова –  $10^{-6}$  и т.д.
- Вещество всей мантии (верхней и нижней) за 4 млрд лет тектонической активности Земли оказалось хорошо перемешанным конвективными течениями и в среднем однородно по составу на разных уровнях. Не следует ожидать существования в мантии локальных неоднородностей с повышенными содержаниями рудных элементов. Только наиболее распространенные в мантии элементы, например хром, могут создавать чисто эндогенные месторождения путём дифференциации расплавов. Примером служат хромитовые месторождения в

- По условиям выплавления океанических базальтов и содержанию в них ювенильной воды, мантия практически сухая; содержание в ней воды менее 0,05 %. Ни о каких флюидных потоках в ней способных привести в земную кору рудные элементы, тем более из ядра, говорить не приходится. Основная масса эндогенных полезных ископаемых в континентальной коре могла формироваться благодаря действию многоступенчатого процесса обогащения коры рудными элементами. При этом первая ступень обогащения происходит в рифтовых зонах на океаническом дне.
- В океанических рифтах срединно-океанических хребтов действуют мощнейшие гидротермальные системы, через которые Земля теряет более 30 % эндогенного тепла. По нашим оценкам средняя суммарная скорость водообмена во всех источниках хребтов равна  $2300 \text{ км}^3/\text{год}$ . При таких скоростях гидротермального водообмена вся масса воды в океане ( $1,37 \cdot 10^{24} \text{ г}$ ) проходит через активные гидротермы и сипинги (просачивания) срединно-океанических хребтов с их

- В океанических рифтах выносятся из мантии в океаны железо, цинк, свинец, медь, марганец и др. рассеянные элементы. Выносятся и сера, образующая сульфиды этих элементов. Однако, заметная часть серы в сульфиды рифтовых зон попадает при восстановлении сульфатной серы океанических вод на метане и водороде из этих же зон по реакциям:



# Региональные металлогенические вулканогенно-осадочные пояса

Окраинно-континентальный Pb-Zn-Ag пояс – гранитоиды, игнимбриты

Континентальная кора

Cu-Mo-Au – пояса — гранодиориты ||| Окраинно-морская

Au-Ag-Tl- пояса \_\_\_\_\_ андезиты, риолиты || литосфера

Cu-Zn-Au-Ag-Ba-Se-Tl пояса — базальты, липариты |

Океаническая

Старые океанические плиты — J – K литосфера

# ВЫВОД Ы

В геологической истории земли выделяется два максимума рудообразования: раннепротерозойский и фанерозойский

- **Раннепротерозойский.** Формирование единого ядра Земли и уникальных провинций с рудами сидерофильных элементов (железистые кварциты, благородные металлы и др.). Возникла планетарная перколяционная сеть, контролировавшая металлогенические процессы.
- **Фанерозойский.** Завершилось формирование континентальной земной коры. Возникла Мировая Талассогенная система (базитовый вулканно - плутонический импульс) – океанический тип коры. Рудообразование протекало в областях тектоно-магматической активизации в планетарных рифтогенных перколяционных системах. Образовались беспрецедентные по разнообразию и интенсивности провинции – молибденовые, оловянные, вольфрамовые, ртутные, тантало – ниобиевые, алмазоносные. В результате рециклинга возникли новые рудные формации железа, хрома, платиноидов,



Благодарю за внимание!

