



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. Ломоносова. Геологический факультет

Платформенный эндогенный рудогенез с позиции гипотезы кластерной ядерной диссоциации

На всех древних платформах нашей планеты отмечается общая металлогеническая особенность, на которую обратили внимание В.И. Смирнов (1985), Е.М. Захарова (1971) и др. исследователи. Только в пределах платформ развиты **редкоземельные карбонатиты, алмазоносные кимберлиты, сульфидные медно-никелевые и редкоземельные и апатитовые месторождения**. Образование и эволюция этих месторождений и вмещающих их основных и ультраосновных комплексов уже в семидесятые годы прошлого столетия предполагалась, как результат « цепных самоподдерживающихся реакций на уране.....» (Захарова, 1971, стр. 55) (рис.4, 5, табл. 2). В качестве примеров рассмотрим варианты образования карбонатитовых, кимберлитовых и сульфидных медно-никелевых месторождений.

- Крупномасштабные специализированные металлогенические исследования, развернувшиеся на континентальных и океанических структурах Земли привели к грандиозным открытиям широкого спектра месторождений минерального сырья в XX веке.
- К концу XX началу XXI веков мир был перенасыщен запасами минерального сырья. Это породило иллюзию о нецелесообразности вести масштабные поиски новых объектов. И они были свёрнуты в большинстве стран (США, Европе, России и ряде др.). Давосские мудрецы договорились до того, что задвинули минерально-сырьевой комплекс в дальний угол мировой экономики. Это ложное и опасное заблуждение. Уже сейчас возникли проблемы с обеспечением мировой экономики по целому ряду позиций и это только начало.
- В перспективе (2020 – 2030) гг., если не будет изменена современная стратегия поисков, грядёт сырьевой кризис.

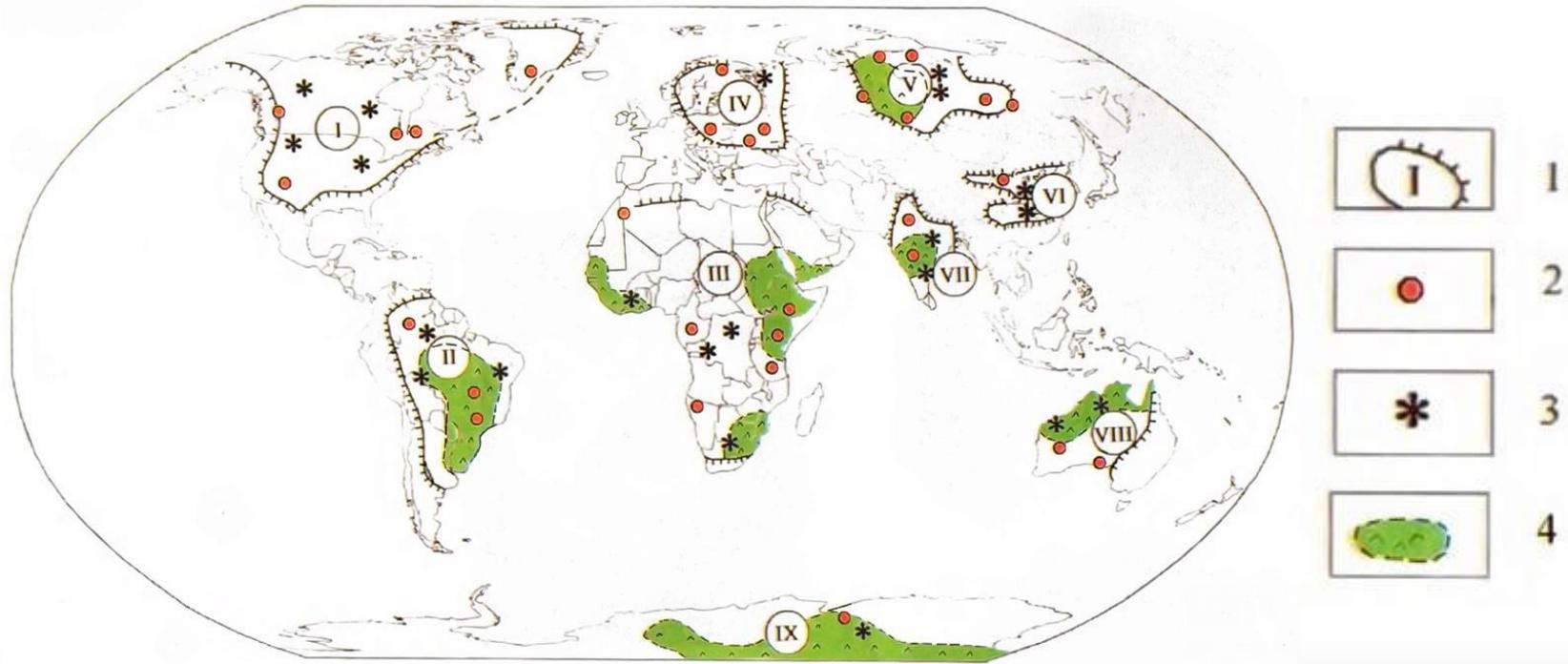
Установлено, что в пределах всех кратонов земли в тесном пространственно- временном симбиозе развиты **кимберлиты, карбонатиты и траппы**. В ассоциации с этой тройцей постоянно присутствует благороднометальная минерализация. Их образование протекало в широком временном интервале. Практически от раннего докембрия до неогена. Различие в конкретной геологической ситуации связано с разным эрозионным срезом, который мы имеем в конкретных структурах, т.е. исследуются только вертикальные фрагменты единой постоянно функционирующей системы. Наиболее глубинные части системы доступны на Каапваальском кратоне, верхние части – Сибирском и промежуточные на Канадском щите.

Становление карбонатитов и кимберлитов связано с воздействием мантийных плюмов. Карбонатиты – кимберлиты - траппы - углеводороды образуют **единую генетическую последовательность**, закономерно протекающих процессов ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада глубинного вещества (осцилляторов), поступающих с литосферными фумаролами.

- Исследования последних десятилетий показали, что проблему генезиса карбонатитовых комплексов необходимо рассматривать в совокупности с кимберлитовыми образованиями, так как, все они представлены вулканоплутоническими образованиями с единым мантийным источником (Кривицкий, Старостин, 2017). Генетическое единство УЩК подтверждается как общностью петрохимических признаков, так и структурной связью.
- А.А. Фроловым с соавторами (2005) показано, что масштабы магматизма в ряду: **кимберлиты – массивы с карбонатитами – траппы**, последовательно возрастают на три порядка. При этом глубина магматических очагов, генерирующих эти формации увеличивается от траппов к кимберлитам. Главнейшей чертой, определяющей формации УЩК и карбонатитов, является большая глубинность питающих магматических очагов и разломов, по которым происходит движение магмы.

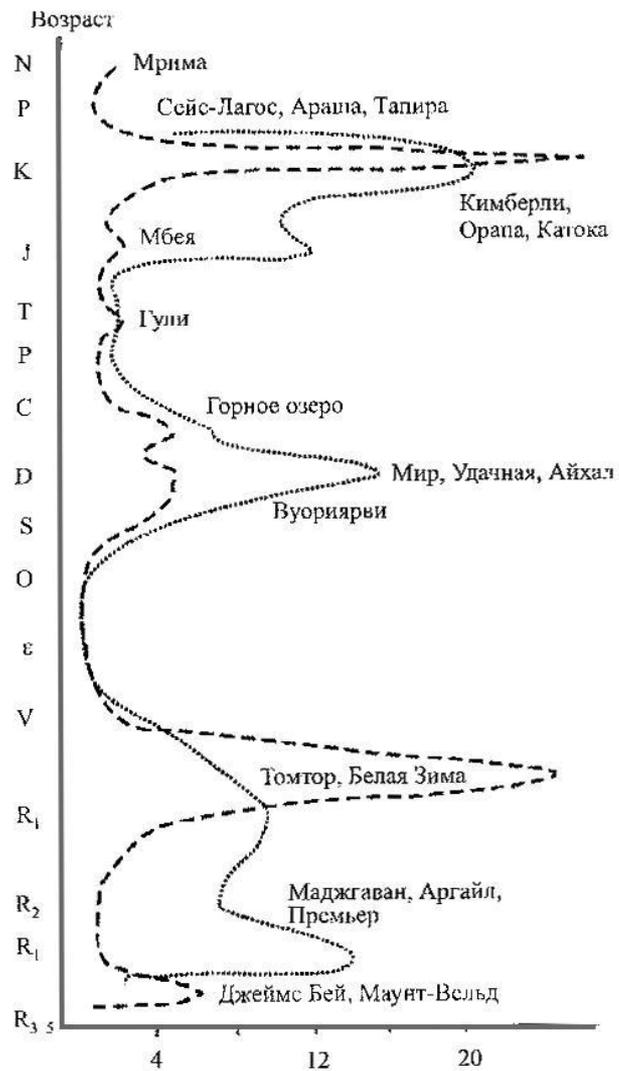
Следует отметить, что большинство массивов УЩК располагаются в зонах приконтинентальных рифтов, примыкающих к акваториям молодых океанов. Максимальное проявление материкового щелочно-ультраосновного магматизма происходило синхронно с формированием мировой океанической рифтовой системы. На платформах УЩК приурочены к краевым швам платформ, авлакогенам и глубинным разломам, т.е. к наиболее проницаемым участкам земной коры, к местам разветвления, сочленения и пересечения структурных элементов активных рифтовых структур. Массивы УЩК располагаются в рифтах и редко находятся в их бортах. В ходе геологической эволюции размеры рифтов и масштабы их развития возрастали со временем. Наиболее интенсивные проявления рифтогенного майтийного магматизма фиксируются в эпохи второй половины раннего протерозоя, рифея, венда-кембрия, девона, пермо-триаса. В меньшей степени магматизм проявлялся в ордовике-силуре, поздней юре-раннем мелу, неоген-четвертичном времени. Общая диаграмма формирования карбонатитов, кимберлитов и траппов показана на рис.

Провинции карбонатитов кимберлитов и траппов



1 - провинции (древние платформы): I - Северо-Американская, II - Южно-Американская, III - Африканская, IV - Восточно-Европейская, V - Сибирская, VI - Китайская, VII - Индийская, VIII - Австралийская, IX - Антарктическая;

2 - 4 - субпровинции, районы и поля: 2 - карбонатитов, 3 - кимберлитов, 4 - траппов

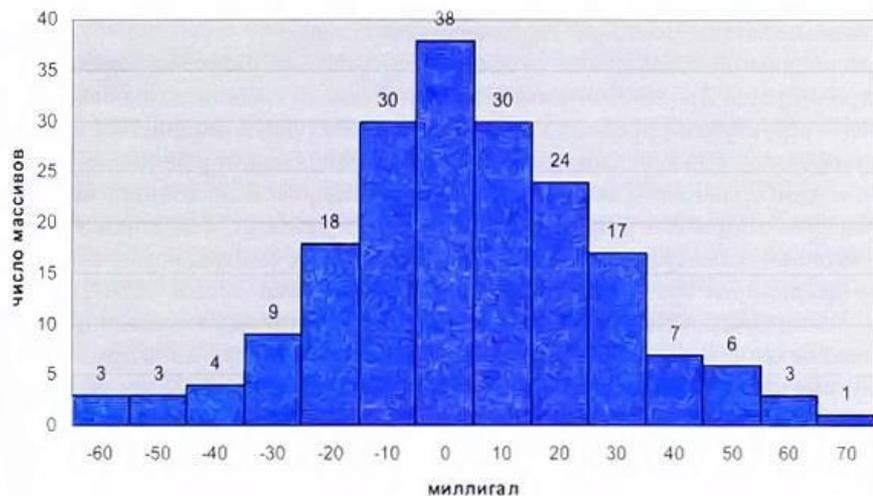


Масштабная
шкала общих
запасов

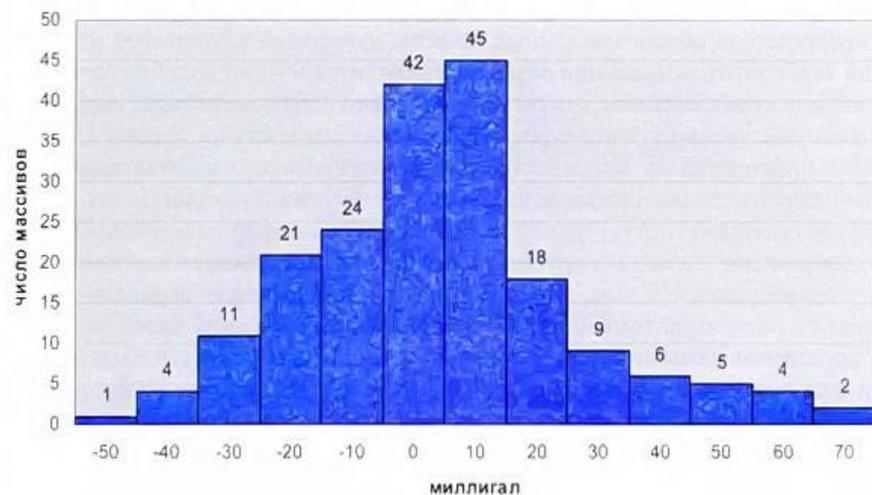
Всё многообразие и сложные формы образования полезных ископаемых в карбонатитах и природное алмазообразование в кимберлитах, определяется в основном физическими свойствами вмещающих горных пород, такими как: плотность, трещиноватость, первичный объём литосферных фумарол, открытостью или закрытостью термодинамической системы

Позиции корбонатитов и кимберлитов в гравитационном поле Земли

Карбонатиты мира



Кимберлиты



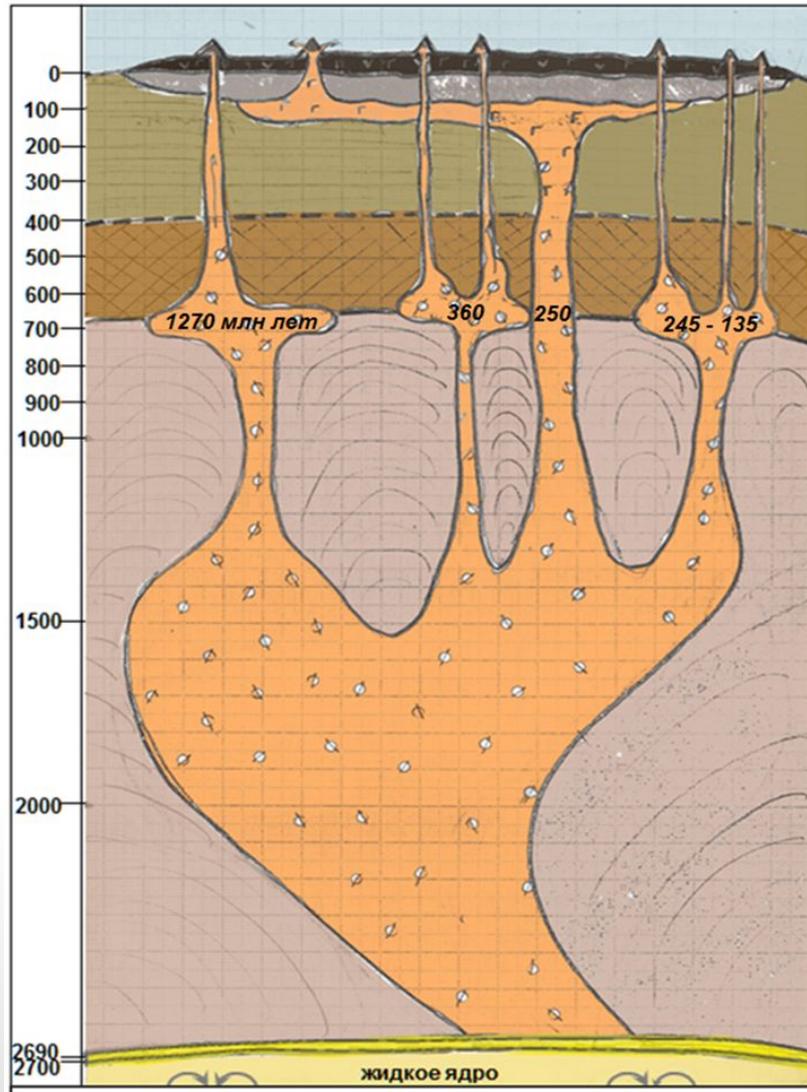


Диаграмма формирования Сибирского суперплюма (по О.М. Розену) с дополнениями автора

Эмпирические данные о позиции карбонатитов и кимберлитов в гравитационном поле Земли показывают, что образование кимберлитов происходит во вмещающих горных породах имеющих высокие значения плотности, отвечающие положительным значениям гравитационного поля

Структурная схема платформенного магматизма

Оранжевое - массивы ультраосновных щелочных пород и карбонатитов

Фиолетовое - кимберлитовые трубки

Зелёное - проявления траппового магматизма

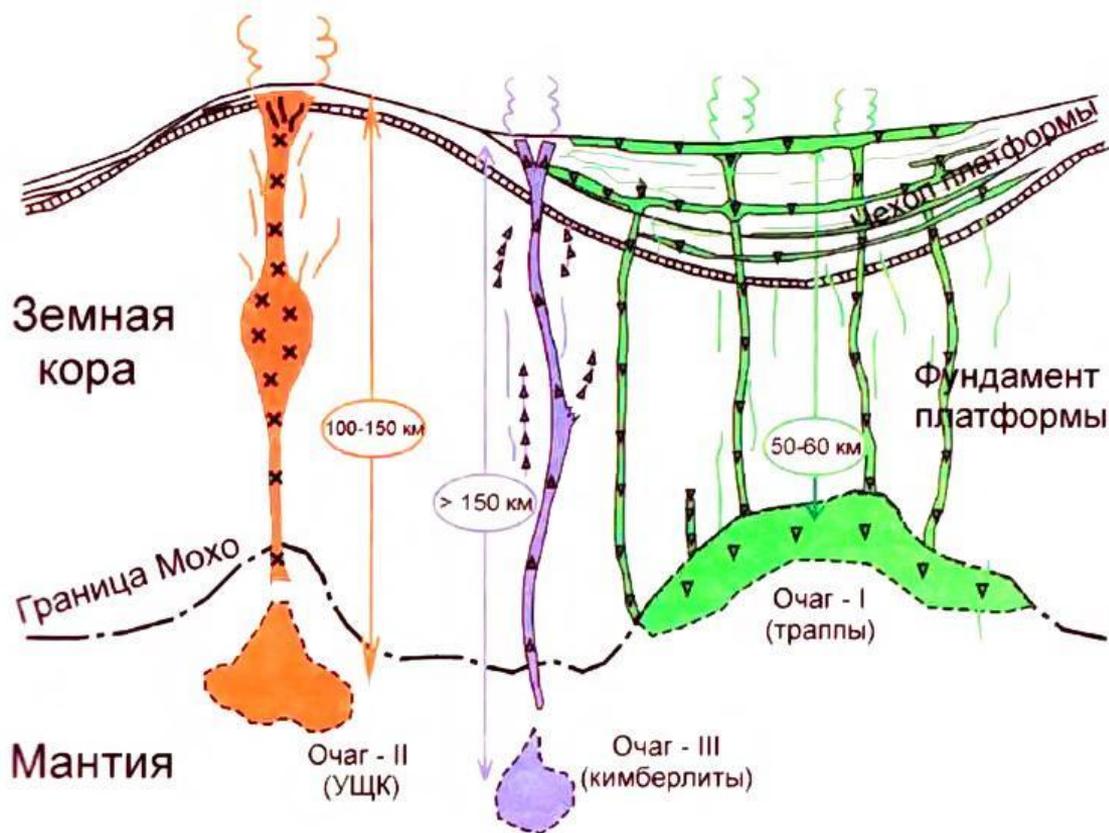
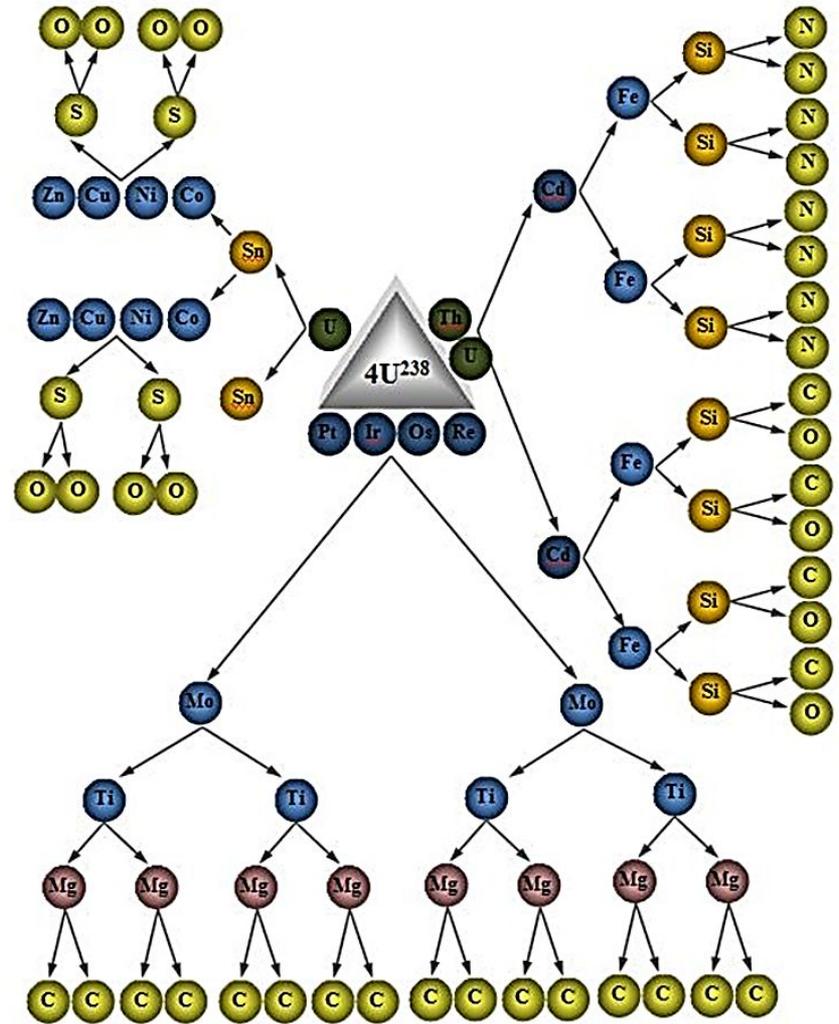


Схема ядерной диссоциации осциллятора массой в $4U^{238}$



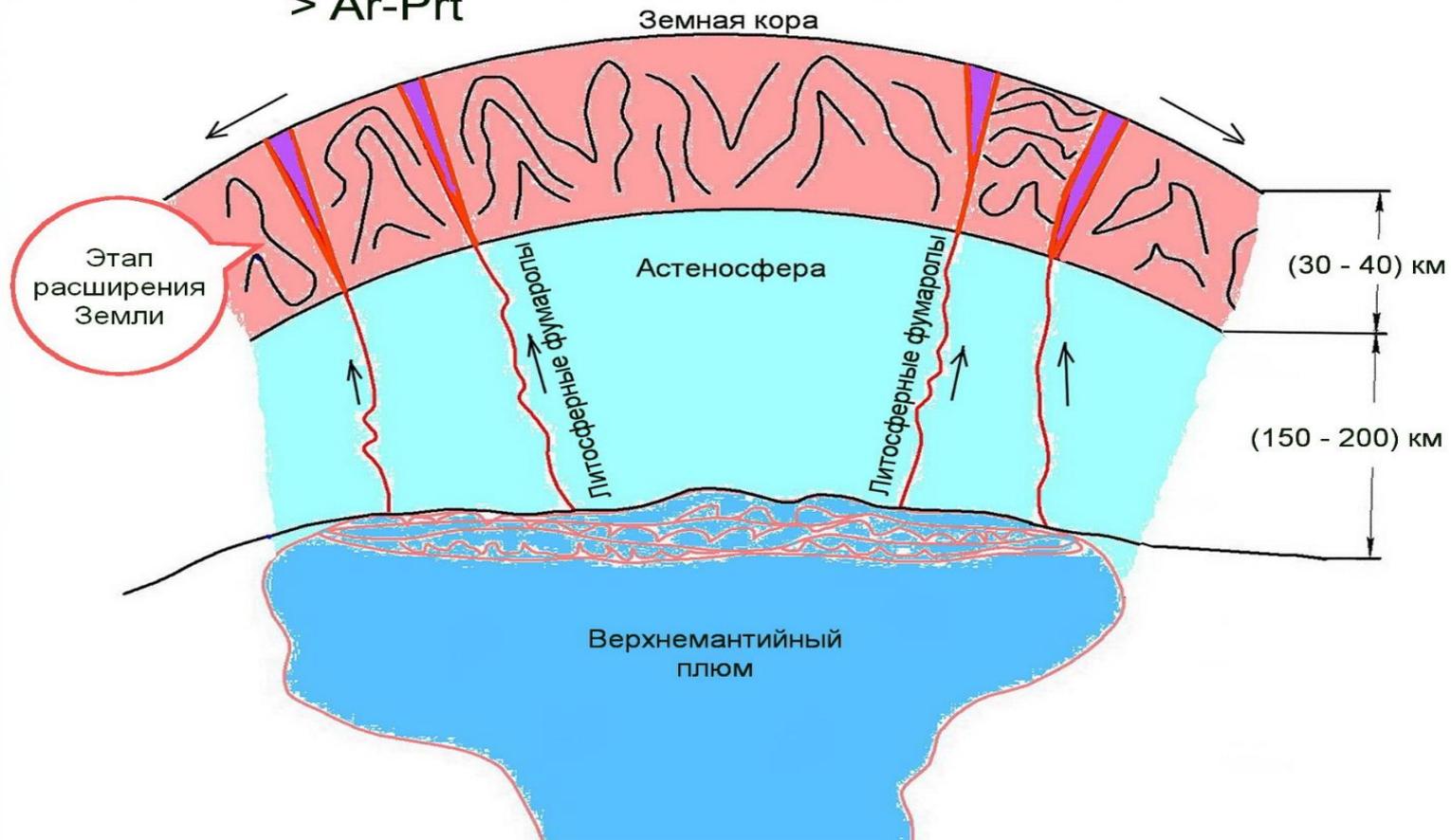
Пример образования ультрабазит-базитовой магмы

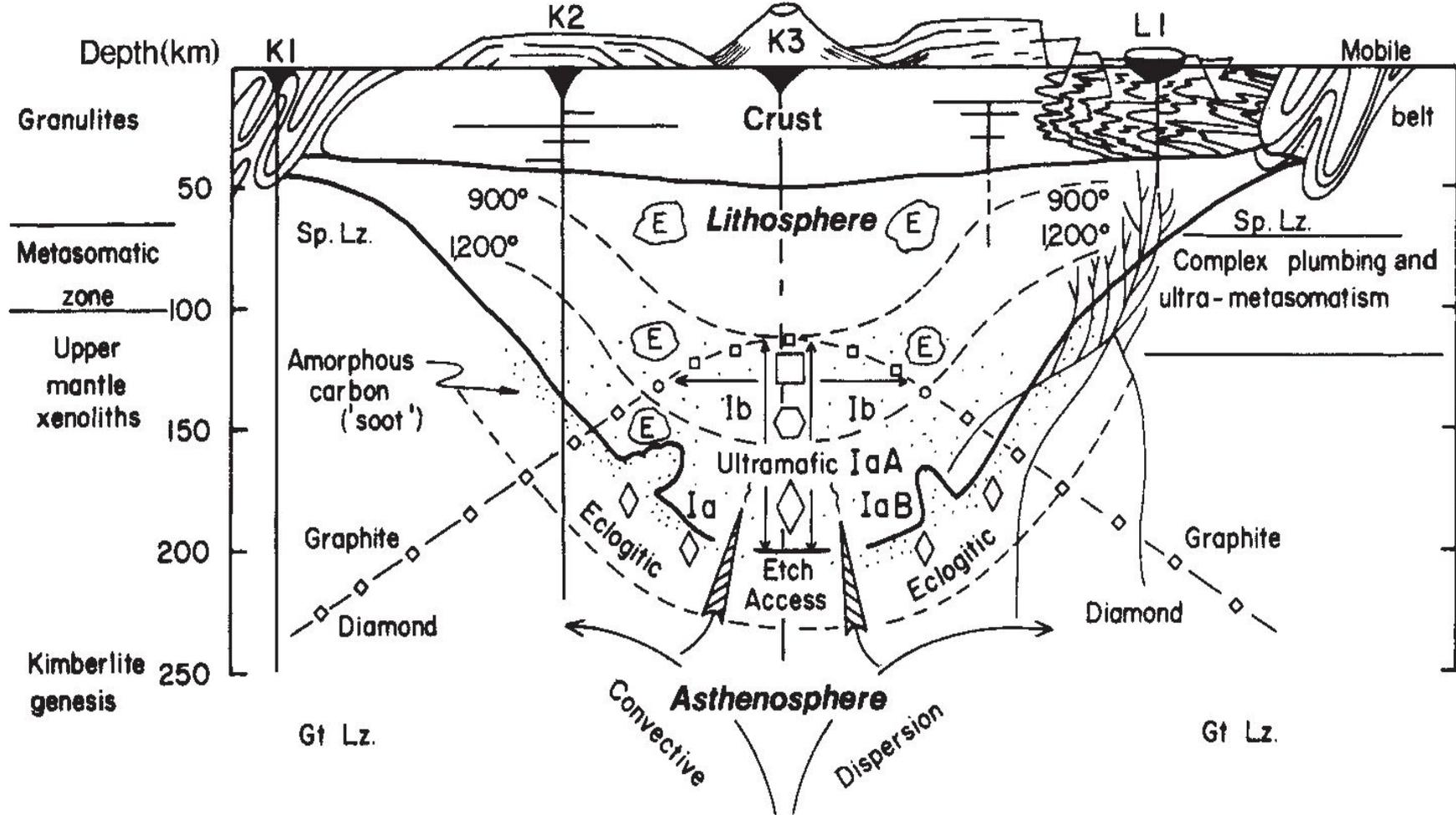
| Химические элементы | Количество атомов, образующихся при ядерной диссоциации тяжёлых ядер | Процентное содержание атомов, образующихся при ядерной диссоциации тяжёлых ядер | Содержание породообразующих элементов в ультраосновных породах в вес % (по А.П. Виноградову) | Содержание породообразующих химических элементов в ультраосновных породах (по К. Веддеполю и К. Таркяну) |
|---------------------|--|---|--|--|
| O | 16 | 42,10 | 42,50 | 43,50 |
| Mg | 8 | 21,05 | 25,90 | 20,50 |
| Al | 1 | 2,63 | 0,45 | 2,00 |
| Si | 8 | 21,05 | 19,00 | 20,50 |
| Ca | 1 | 2,63 | 0,7 | 2,50 |
| Fe | 4 | 10,52 | 9,85 | 9,43 |

Алмазоносные кимберлиты

Синергетический уровень

> Ar-Prt





Основные процессы формирования месторождений алмазов (Haggerty, 1986).

Эмпирические наблюдения позволяют высказать предположение, что кристаллизация алмаза происходит непосредственно в диатремах, образующихся в земной коре в результате периодически поступающих потоков литосферных фумарол, насыщенных сверхтяжелыми и тяжелыми атомными ядрами (осцилляторами). Раскристаллизация которых приводит к образованию алмаза.

Алмаз кристаллизуется в динамической обстановке при постоянном притоке вещества (химических элементов) и энергии которые выделяются в процессе ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада осцилляторов. Как правило, эти процессы наиболее интенсивно протекают в центральной части диатрем. При этом алмаз кристаллизуется как наиболее ранний минерал (фенокристалл), как конечный продукт ядерной диссоциации. Процесс кристаллизации протекает минуя газожидкую фазу.

В результате поступления литосферных фумарол в пределы земной коры происходит формирование кимберлитовой магмы, насыщенной сверхтяжелыми и тяжелыми атомными ядрами и летучими компонентами, как продуктами ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада.

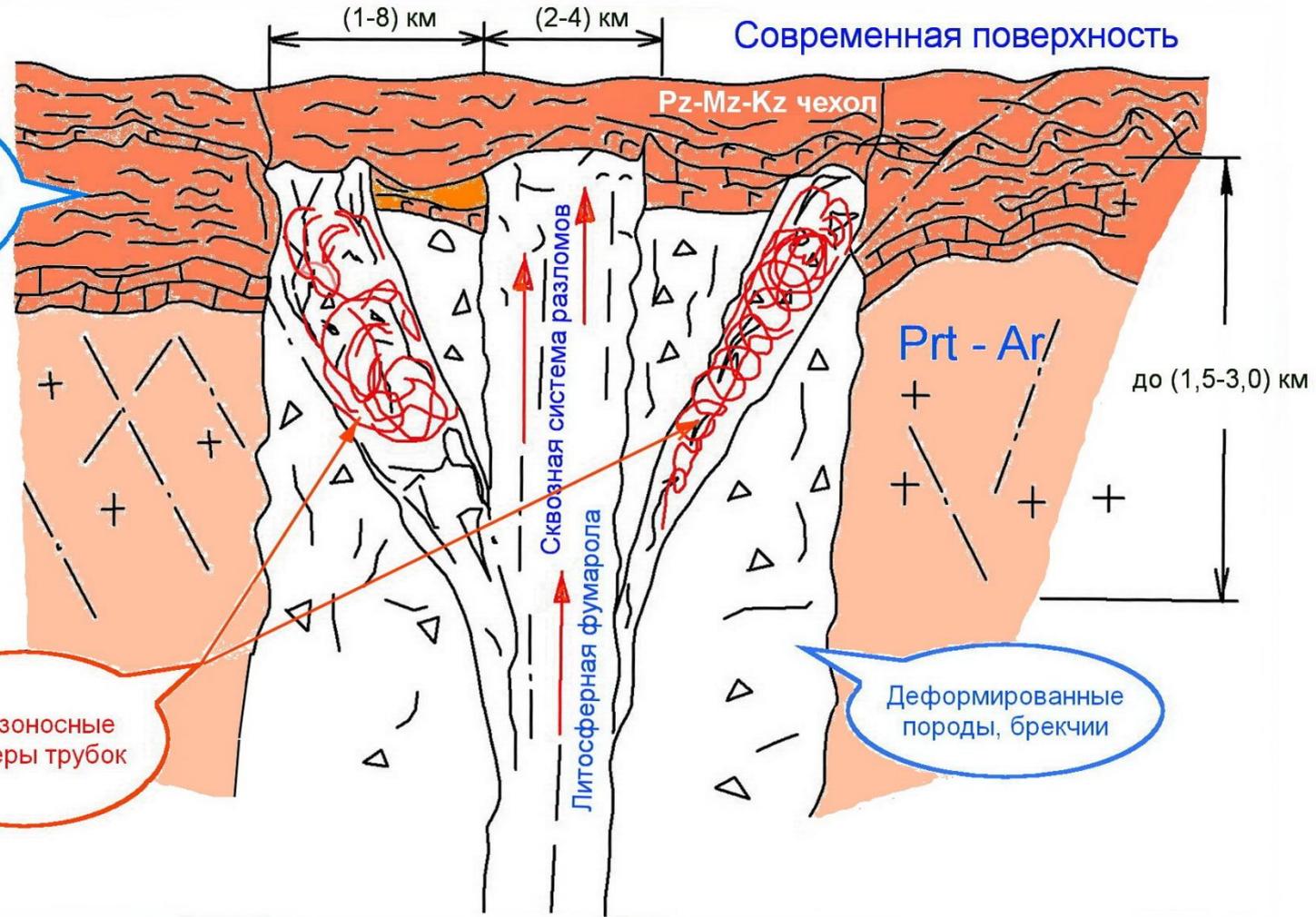
Кристаллизация зародышей алмазообразования, как фенокристаллов, происходит непосредственно из сверхтяжелых и тяжелых атомных ядер в результате ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада осцилляторов, минуя физико-химическую стадию алмазообразования.

Активный метастабильный рост алмазов на образовавшихся «зародышах» в дальнейшем происходит из продуктов ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада, таких как углерод и азот, уже по физико-химическим законам в жестких Р.Т. условиях. На этой стадии роста алмазов, окончательно формируется облик кристаллов в зависимости от особенностей строения вмещающих горных пород и объёма кимберлитовой трубки.

Терригенно-карбонатная
формация

Алмазоносные
кластеры трубок

Деформированные
породы, брекчии



(1-8) км

(2-4) км

Современная поверхность

Pz-Mz-Kz чехол

Prt - Ar

до (1,5-3,0) км

Сквозная система разломов

Литосферная фумарола

-

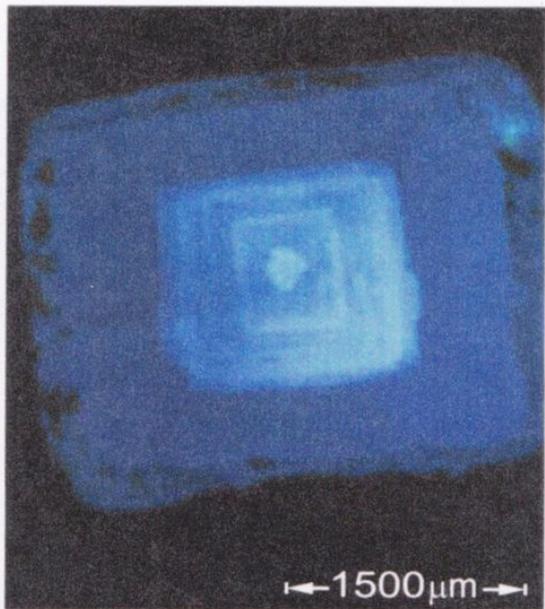
- Они заполняются ультрабазитовой «пенной», как правило безрудной, т.е. продуктами процессов я.д+кл.р., прошедшими до самых легких элементов. Образуются базальты от щелочных до толеитовых и собственно **кимберлиты**. На этой стадии в кимберлитах возникает **масса субмикронных первичных алмазов – зародышей и формируются кристаллы II рода**. Диатремы имеют форму конусов, вершиной направленной вглубь земли, повторяя морфологию разломных систем. В верхней расширяющейся части и происходит алмазообразование

- **Четвертый этап**. Он может следовать сразу за третьим, но может быть и отделенным от него перерывом, обусловленным временем накопления необходимого для продолжения процесса летучих и осциляторов, которые поступают из глубин земли. Этот процесс часто пульсационный многостадийный. Субвулканические фации кимберлитов различаются по масштабам, составу и алмазоносности.

- Поступающие под высоким флюидным давлением фумаролы производят огромное разрушительное воздействие, формируя полистадийные брекчии и вынося в верхние горизонты обломки как собственно кимберлитов, так и пород, слагающих стенки диатрем.
- В этот период происходит окатывание обломков брекчий, ранних твердых минералов (апатита, граната, циркона, оливина, ильменита). Этот процесс напоминает вихревое, турбулентное движение горячего раствора, насыщенного газами, в замкнутом пространстве. Через некоторое время процесс бурления затихает, а выделившиеся легкие продукты ядерного деления (С,N) начинают кристаллизоваться на зародышах ранее образовавшихся кристаллов алмаза II рода., которые присутствуют в преобразованной кимберлитовой основе. В моностадийном процессе образовавшиеся алмазы II и I родов имеют четкие кристаллографические формы и, как правило, не окатаны.

Два типа алмаза, различающихся по месту нахождения в алмазном веществе, количеству и составу примесей и очерёдности кристаллизации

Тип I



Тип II



Алмаз II типа всегда располагается в центральной части кристаллов. Имеет структурные (изоморфные) включения

$H, {}^4He, N, B, Ne, Ar, Xe.$

Высокое содержание H и 4He в алмазе типа II - это прямое указание на протекание кластерного радиоактивного распада осцилляторов

Между двумя типами алмаза располагаются сингенетические включения, представленные в основном тремя минеральными формами:

1. Высокомагнезиальные минералы; оливин, пироп, рингвудит, брусит, шпинель.

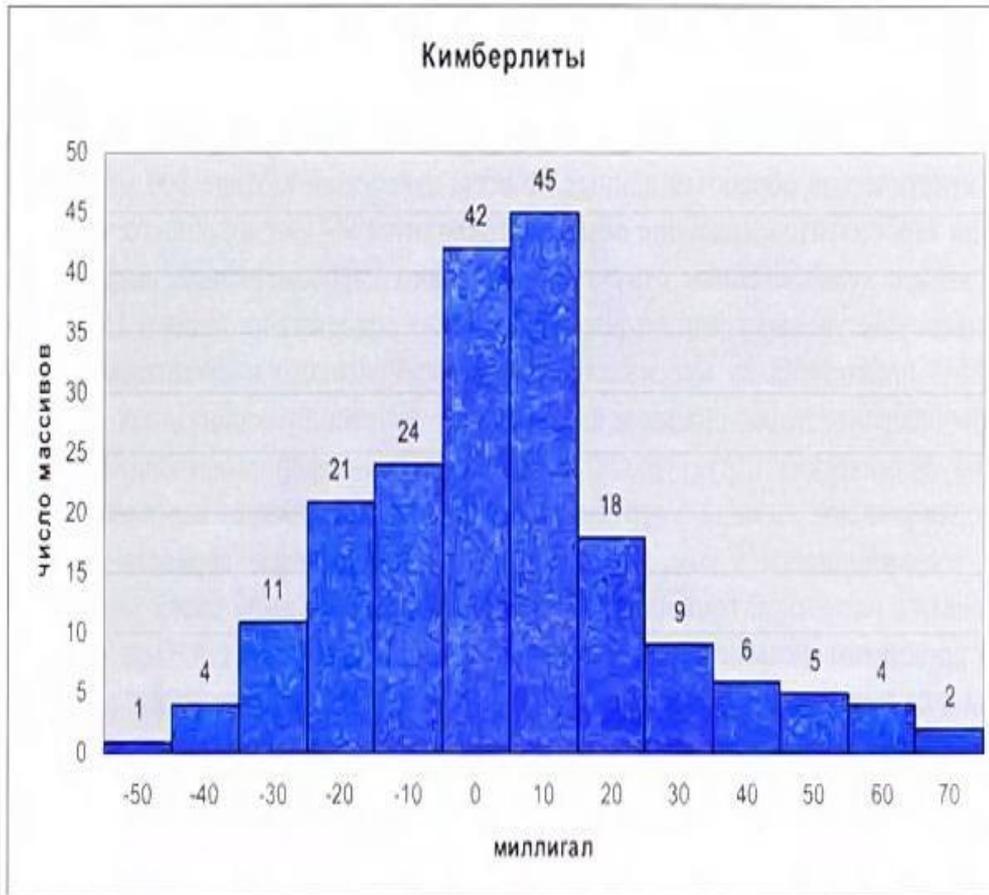
2. Сингенетические включения сульфидов с самородным Fe ; пирротина, халькопирита, твёрдые растворы на основе петландита.

3. Сингенетические включения на основе твердых оксидных растворов $Zr-Fe-Cr-V-Ti-Si-Al.$

Всё многообразие природного алмазообразования в кимберлитах определяется первичным объёмом литосферных фумарол, открытостью или закрытостью термодинамической системы и физическими свойствами вмещающих горных пород, такими как: плотность и трещиноватость.

Позиции кимберлитов в гравитационном поле Земли

Эмпирические данные о позиции кимберлитов в гравитационном поле Земли показывают, что образование кимберлитов происходит во вмещающих горных породах имеющих высокие значения плотности, отвечающие положительным значениям гравитационного поля. (Белов и др., 2008)



В результате поступления литосферных фумарол в пределы земной коры происходит формирование кимберлитовой магмы, насыщенной сверхтяжелыми и тяжелыми атомными ядрами и летучими компонентами, как продуктами ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада.

Кристаллизация зародышей алмазообразования, как фенокристаллов, происходит непосредственно из сверхтяжелых и тяжелых атомных ядер в результате ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада осцилляторов, минуя физико-химическую стадию алмазообразования.

Активный метастабильный рост алмазов на образовавшихся «зародышах» в дальнейшем происходит из продуктов ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада, таких как углерод и азот, уже по физико-химическим законам в жестких Р.Т. условиях. На этой стадии роста алмазов, окончательно формируется облик кристаллов в зависимости от особенностей строения вмещающих горных пород и объёма кимберлитовой трубки.

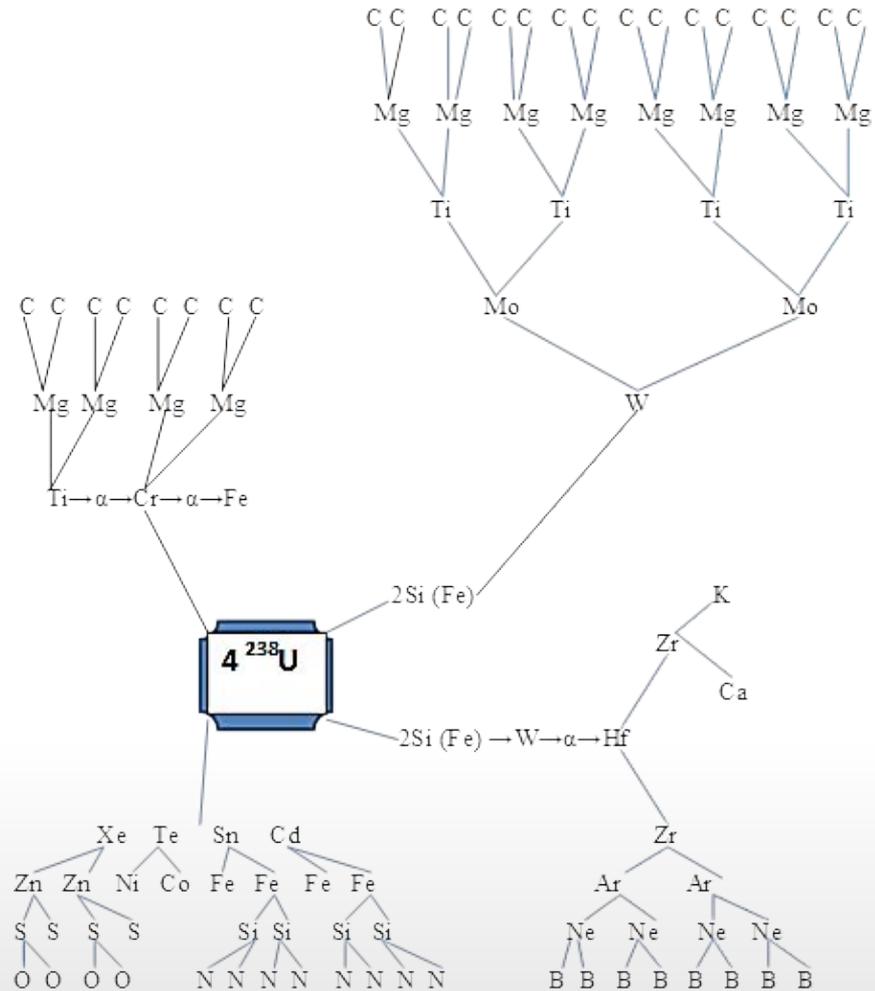
Алмаз кристаллизуется в динамической обстановке при постоянном притоке вещества (химических элементов) и энергии которые выделяются в процессе ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада осцилляторов. **Как правило, эти процессы наиболее интенсивно протекают в центральной части диатрем. При этом алмаз кристаллизуется как наиболее ранний минерал (фенокристалл), как конечный продукт ядерной диссоциации. Процесс кристаллизации протекает минуя газово-жидкую фазу.** Все изученные сингенетические включения представляют собой продукты раскристаллизации массивных осцилляторов в процессе ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада вещества поступающего из глубин с литосферными фумаролами.

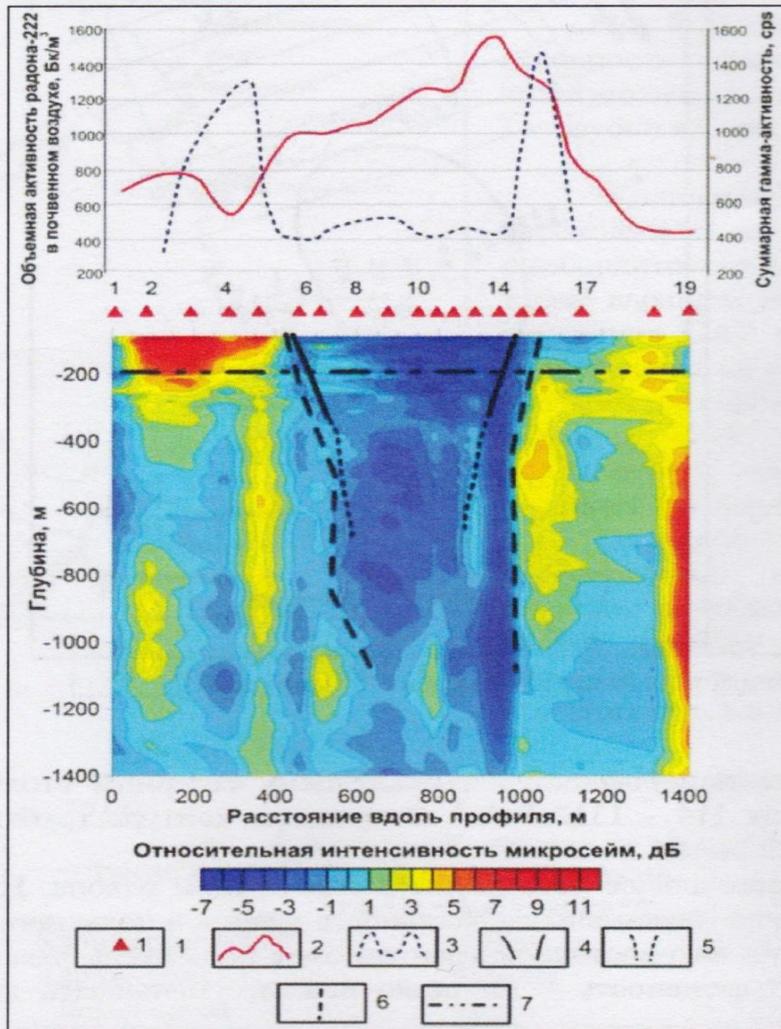
Предлагаемая концепция позволит расширить комплекс изотопно-радиохимических методов обнаружения глубинных кимберлитовых структур, включая наземную гамма-спектрометрию, эманационную съёмку и особенно развить и совершенствовать нейтронную съёмку для поиска скрытых коренных месторождений алмазов.

В завершающей стадии становления кимберлитовой трубки, в зависимости от первичного объёма поступающего флюида и концентрации в нём осцилляторов можно наблюдать отдельные стадии роста алмазов:

- 1) В небольших объёмах литосферных фумарол образуется значительное количество мелких алмазов, как бы первичных «зародышей», которые не получили дальнейшего развития из-за недостатка исходного материала, т.е. осцилляторов. Поэтому в кимберлитовых трубках всегда масса субмикронных алмазных кристаллов.
- 2) Когда объём литосферных фумарол велик, то после кристаллизации «зародышей», процесс ядерной диссоциации продолжается, что приводит к выделению большого объёма летучих и, в первую очередь, это углерод и азот, которые участвуют в росте «алмазных ансамблей».
- 3) В завершающей стадии процесс ядерной диссоциации не доходит до самых легких элементов, а останавливается на образовании кислорода, фтора, хлора, серы, что приводит к резкому возрастанию окислительного потенциала и прекращению роста алмаза, а в конечной стадии даже к его резорбции.

Схема ядерной диссоциации осциллятора массой $4M^{238}\text{U}$ при образовании алмаза, структурных и сингенетических включений в кристалле





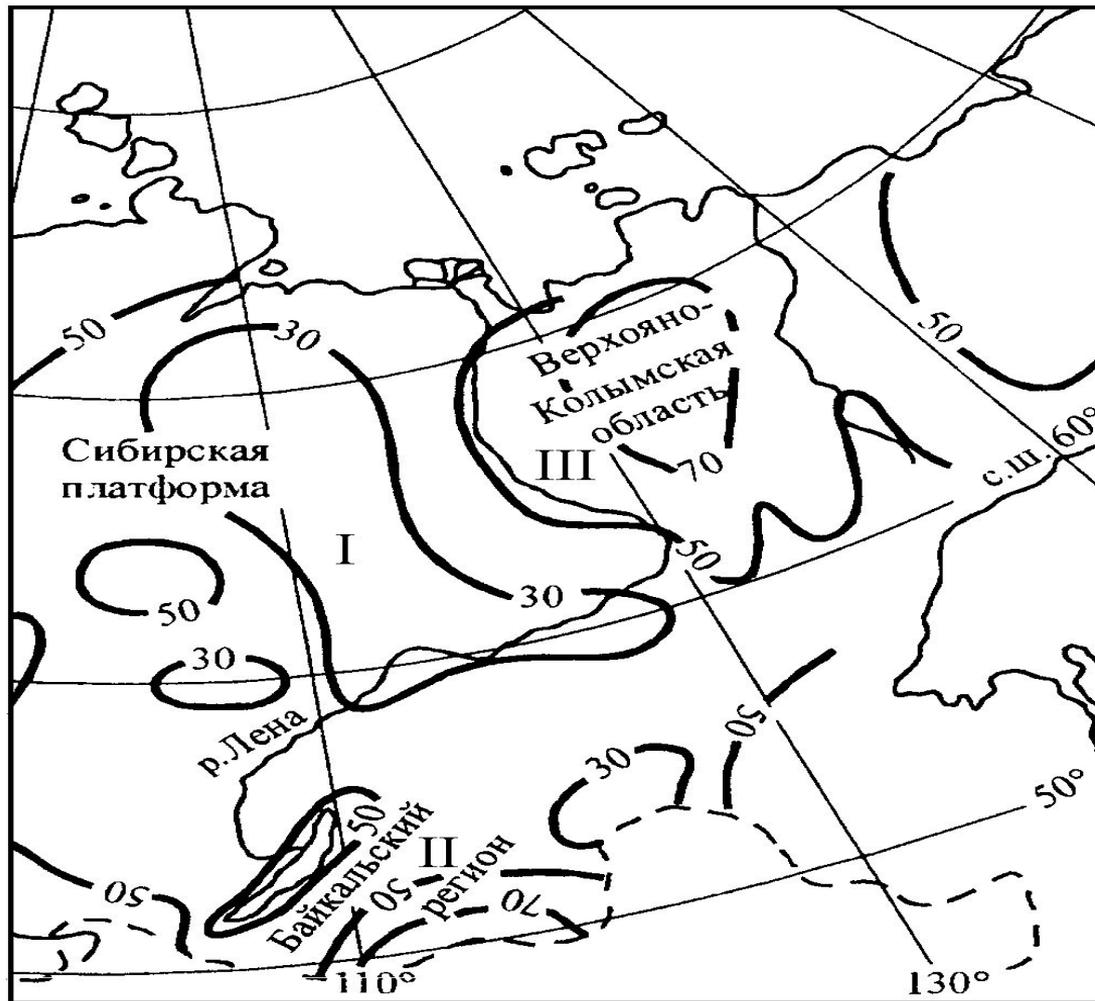
Глубинный разрез и радиометрические показатели по профилю трубки Чидвинского (по Е.Ю. Яковлеву, 2016)

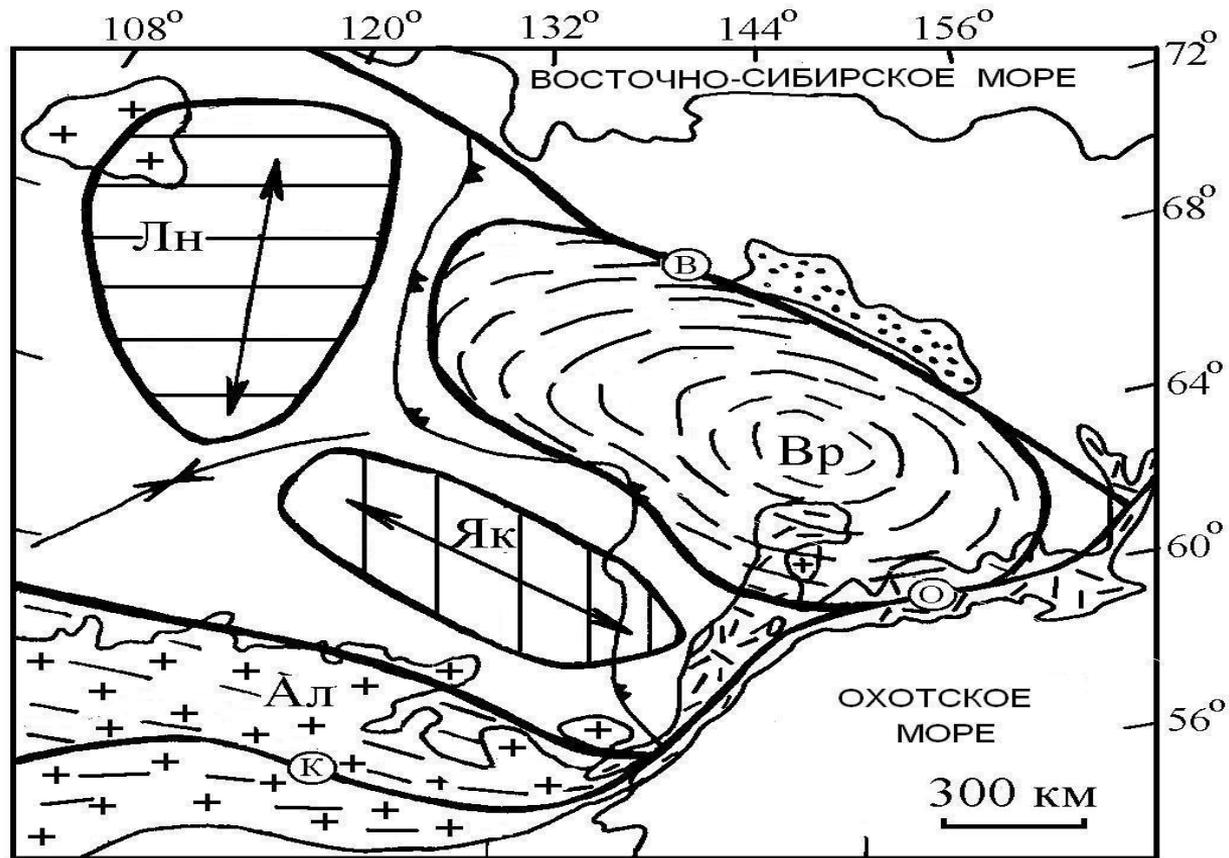
1-точки измерений микросейсм; 2-кривая изменения интенсивности гамма-излучения, имп/сек; 3-кривая изменения ОАР в почвенном воздухе, Бк/м³, 4-границы трубки по геолого-развелоочным данным; 5-предполагаемое строение жерловой фации; 6- борта трубочного тела по данным ММЗ; 7-граница падунской и мезенской свит верхнего венда.

- **Рис. Схема рудоконтролирующих геодинамических систем литосферы восточной части Сибирского кратона (Стогний, Стогний, 2011).**



1 – выходы метаморфических раннедокембрийских пород; 2 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс; 3-6 – рудоконтролирующие геодинамические системы литосферы: 3 – Ленский (Лн) литосферный корень, 4 – Якутский (Як) литосферный корень, 5 – Алданская (Ал) область деструкции, 6 – Верхоянская (Вр) верхнемантийная астенолинза; 7 – восточная граница Сибирской платформы; 8 – границы Станового гранулит-гнейсового пояса; 9 – глубинные ограничения восточной части кратона; 10 – контуры золоторудных провинций.





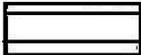
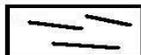
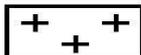
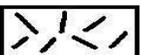
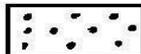
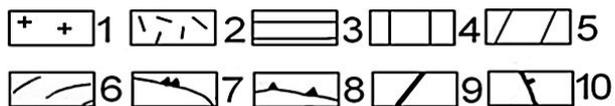
- | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|---|---|----|--|----|---|---|
|  | 1 |  | 2 |  | 3 |  | 4 |  | 5 |  | 6 |
|  | 7 |  | 8 |  | 9 |  | 10 |  | 11 | | |

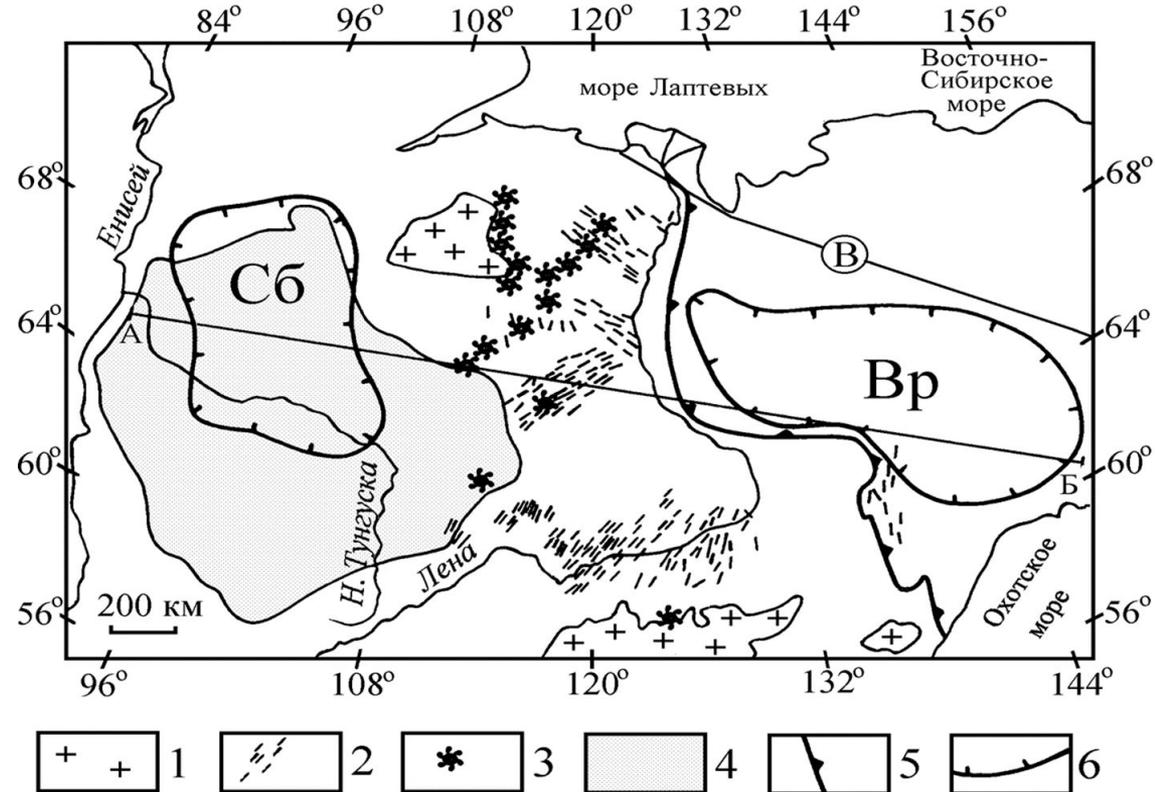
Схема рудоконтролирующих геодинамических систем литосферы восточной части Сибирского кратона (Стогний Г.А., Стогний В.В., 2011)

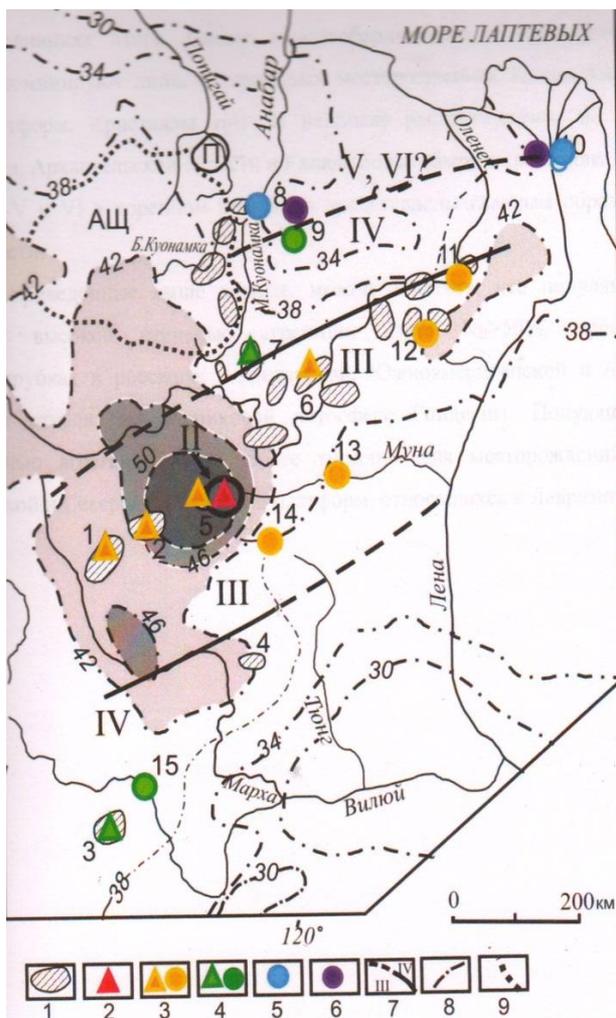


- 1 – выходы метаморфических раннедокембрийских пород;
- 2 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс;
- 3-6 – рудоконтролирующие геодинамические системы литосферы: 3 – Ленский (Лн) литосферный корень, 4 – Якутский (Як) литосферный корень, 5 – Алданская (Ал) область деструкции, 6 – Верхоянская (Вр) верхнемантийная астенолинза;
- 7 – восточная граница Сибирской платформы;
- 8 – границы Станового гранулит-гнейсового пояса;
- 9 – глубинные ограничения восточной части кратона;
- 10 – контуры золоторудных провинций

Схема реконструкции Верхоянского и Сибирского палеоплюмов (Стогний Г.А., Стогний В.В., 2008)

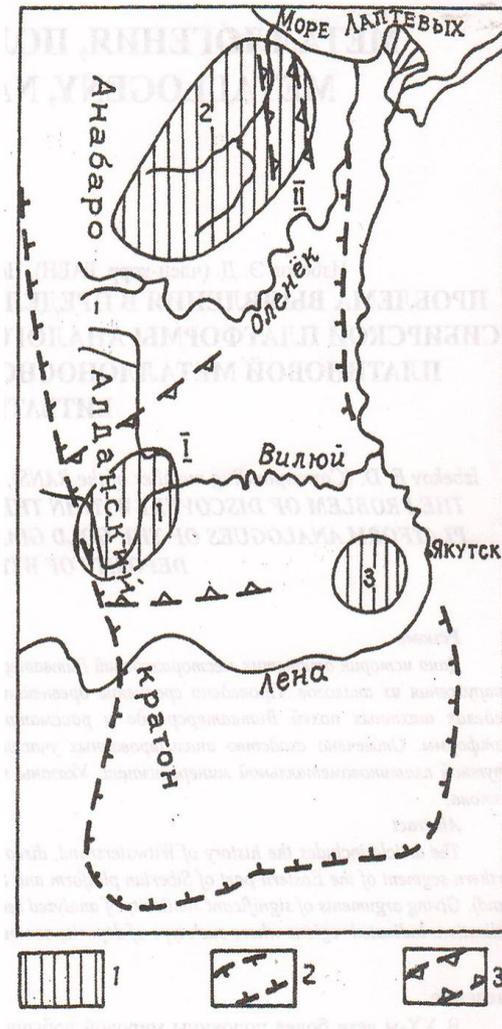
1 – выходы раннедокембрийских пород кристаллического фундамента Сибирской платформы;
2 – среднепалеозойские дайки;
3 – поля кимберлитов;
4 – тунгусская трапповая провинция;
5 – восточная граница Сибирской платформы;
6 – контуры палеоплюмов (Вр – Верхоянский, Сб – Сибирский).
В – Восточноверхоянский разлом.
АБ – линия геолого-геофизического разреза





Зональное размещение главных популяций алмаза и мощность земной коры Якутии (по Г.К. Хачатрян, 2016). 1- кимберлитовые поля; 2-типы популяций в трубках (теугольники) и в россыпях (кружки): 3- ; 4- ; 5-- ; 6- ; 7- границы популяций; 8- изопакиты земной коры; 9- контур Анабарского щита. П – Попигайская структура.

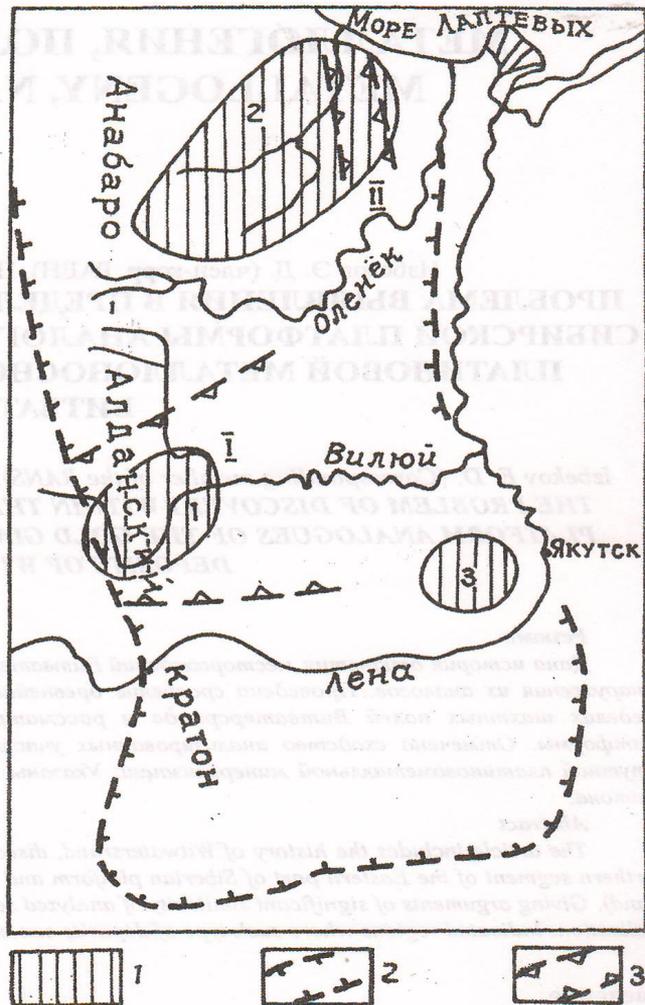
Кимберлитовые поля-1-15. По (Хачатрян, 2017)



Размещение ореолов рассеяния самородного золота с попутной платиноидной минерализацией в Сибирском кратоне.

1 – ореолы рассеяния с самородным золотом: 1 – Сунтарский, 2 – Анабаро-Уджинский, 3 – Якутский;

2 – примерные границы Анабаро-Алданского кратона; 3 – границы рифтов: I – Виллюйского, II – Уджинского



- **Рис. Размещение ореолов рассеяния самородного золота с попутной платиноидной минерализацией в Северо-Азиатском кратоне.**
- 1 – ореолы рассеяния с самородным золотом: 1 – Сунтарский, 2 – Анабаро-Уджинский, 3 – Якутский;
- 2 – примерные границы Анабаро-Алданского кратона; 3 – границы рифтов: I – Виллюйского, II – Уджинского.

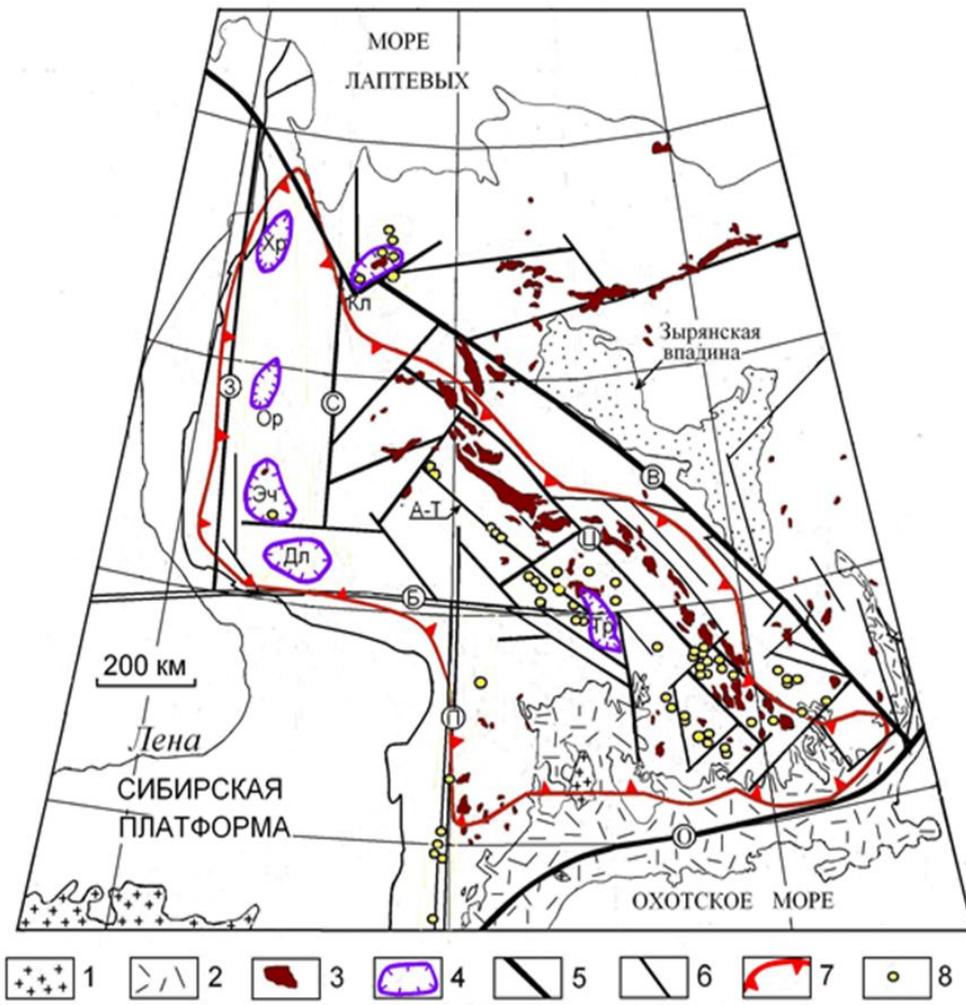


Рис. Схема рудоконтролирующих структур Верхояно-Черской золотоносной провинции (Стогний, Стогний, 2011)

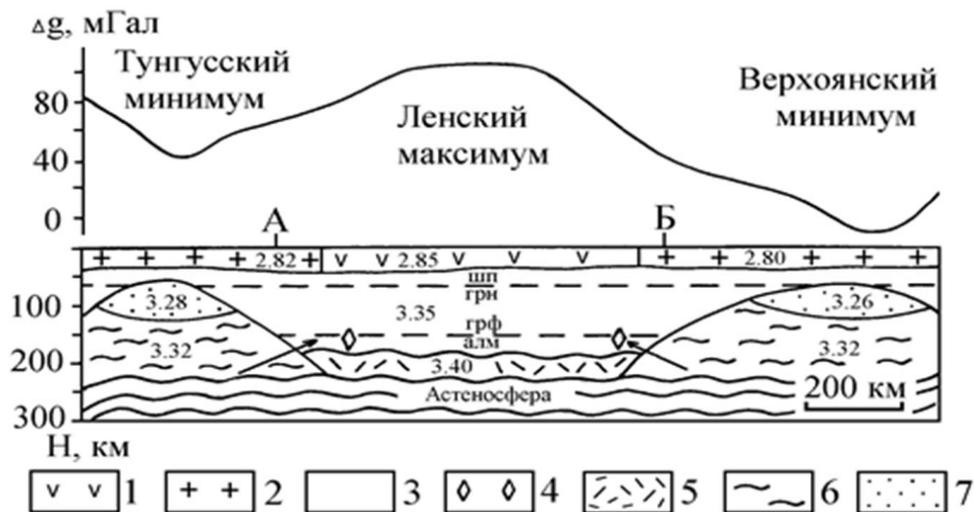
1 – выходы кристаллического фундамента; 2 – Охотско-Чукотский вулканический пояс; 3 – мезозойские гранитоиды; 4 – гранитогнейсовые купола кристаллического фундамента;

Хр – Хараулахский, Кр – Куларский, Эч – Эчийский, Тр – Тарынский, Ор – Орулганский,

Дл – Дулганахский; 5 – глубинные ограничения кратона (сутуры): Восточноеверхоянская (В) и Охотоморская (О); 6 – глубинные разломы: 3 – Западноверхоянский, П – Сеттедабанский, С – Сартангский; 7 – контур Верхоянского гравитационного минимума; 8 – месторождения и рудопроявления золота.

Принципиальная геолого-геофизическая модель формирования Ленского литосферного корня (с использованием материалов Е.Е. Лазько и М.Ф. Родена (2003) по разрезу верхней мантии в районе трубки Мир и кимберлитового магматизма Якутской провинции (Стогний Г.А., Стогний В.В., 2008))

- 1–2 – кристаллический фундамент:
 - 1 – Ленского геоблока,
 - 2 – Тунгусского и Верхоянского геоблоков
- 3 – неизменная верхняя мантия
- 4 – алмазосодержащий слой верхней мантии
- 5 – термальный пограничный слой
- 6 – термически активная и флюидонасыщенная верхняя мантия (палеоплюм)
- 7 – астенолинза верхней мантии. Пунктир – фазовые переходы шпинель-гранат (шп-грн) и графит-алмаз (грф-алм). Цифрами на разрезе обозначены плотности в г/см^3 . Стрелки показывают направления термического и изобарического воздействия плюмов



7 – астенолинза верхней мантии. Пунктир – фазовые переходы шпинель-гранат (шп-грн) и графит-алмаз (грф-алм). Цифрами на разрезе обозначены плотности в г/см^3 . Стрелки показывают направления термического и изобарического воздействия плюмов



Принципиальная геолого-геофизическая модель формирования Ленского литосферного корня (с использованием материалов Е.Е. Лазько и М.Ф. Родена (2003) по разрезу верхней мантии в районе трубки Мир) и кимберлитового магматизма Якутской провинции (Стогний Г. А., Стоний В.В., 2008а), 1–2 – кристаллический фундамент: 1 – Ленского геоблока, 2 – Тунгусского и Верхоянского геоблоков; 3 – неизменная верхняя мантия; 4 – алмазсодержащий слой верхней мантии; 5 – термальный пограничный слой; 6 – термически активная и флюидонасыщенная верхняя мантия (палеоплюм); 7 – астенолинза верхней мантии. Пунктир – фазовые переходы шпинель-гранат (шп-грн) и графит-алмаз (грф-алм). Цифрами на разрезе обозначены плотности в г/см³. Положение разреза АБ на рис. 2.2.10. Стрелки – направления термического и изобарического воздействия плюмов

Каапваальский кратон

- Архейские зеленокаменные пояса кратона вмещают основную массу золоторудных месторождений. Большая часть золота добыта из Барбертонского пояса. Один из самых ранних Витватерсранский бассейн, расположенный внутри кратона, возник 2,8 млрд лет назад. Из него более чем за 100 лет было извлечено треть когда-либо добытого золота. Алмазоносные кимберлиты встречаются во всех архейских ядрах Африки. Самые крупные в кратонах Каапвааль и Зимбабве. Их возраст варьируется от архея до эоцена.
- Поднятие и эрозия внутреннего плато на юге Африки привело к срезанию более чем на 1 км слоя пород кратона. Высвобождённые алмазы хранились в осадках старых террас, возраст которых от современных до 18 миллионов лет. Алмазы были сконцентрированы также в отложениях палеопляжей на ЮЗ побережье Африки и в осадках африканского континентального шельфа. Россыпные алмазы приурочены и к речным системам кратонов Конго, Анголы и Кенема-Ман. В структуре Каапваальского кратона существенную роль играли системы СЗ и СВ глубинных разломов. К их пересечениям приурочены наиболее крупные кимберлитовые трубки. Эрозионными процессами неоген-четвертичного периода вскрыты наиболее продуктивные центральные сегменты стволовых кимберлитовых систем.

Алмазы из Witwatersrand

- Алмазы здесь впервые были обнаружены в конгломератах Witwatersrand золотых месторождений около Йоханнесбурга в 1890-х годах и впоследствии были извлечены из нескольких населённых пунктов по всей Witwatersrand. Самый крупный алмаз весил 10 карат и был зелёного цвета, найден был недалеко от Klerksdorp, а для некоторых рудников несколько сотен алмазов были зарегистрированы достоинством 194 карат рядом с Modderfontein B Gold Mine (Lawn, 1924).
- На начальной стадии добычи наблюдалось, что у алмазов есть зелёная расцветка, начиная от светло-зелёной до темно-зеленой и почти чёрной. Было установлено, что этот цвет является результатом естественной радиации, поступающей из урановых минералов в конгломерате (RAAL, 1969). Несмотря на то, что алмазы, извлечённые из этих конгломератов, не обладают экономическими эффектами, они играют важную роль в том, что являются ещё одним свидетельством того, что кимберлиты или родственные породы существовали в течение архея.

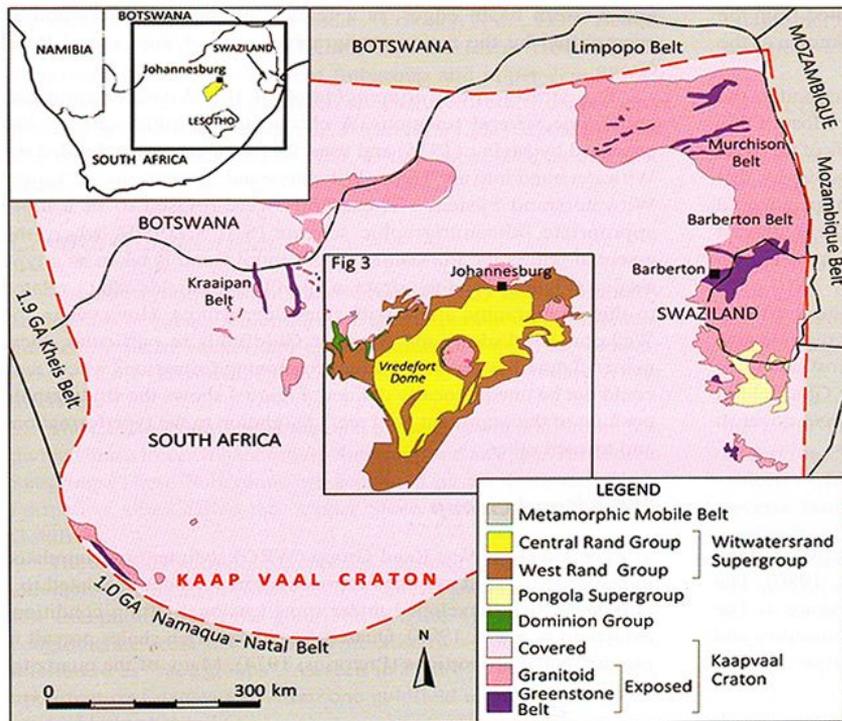


Figure 2: Geological setting of the Witwatersrand Basin in the central portion of the Kaapvaal Craton. The younger, Limpopo, Mozambique and Namaqua-Natal Mobile Metamorphic belts define the craton edge (After Pretorius, 1974).

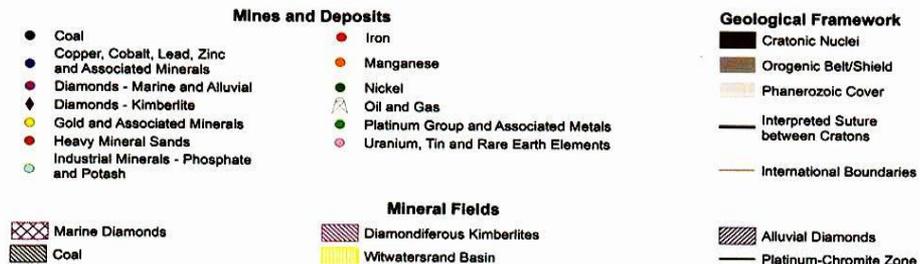
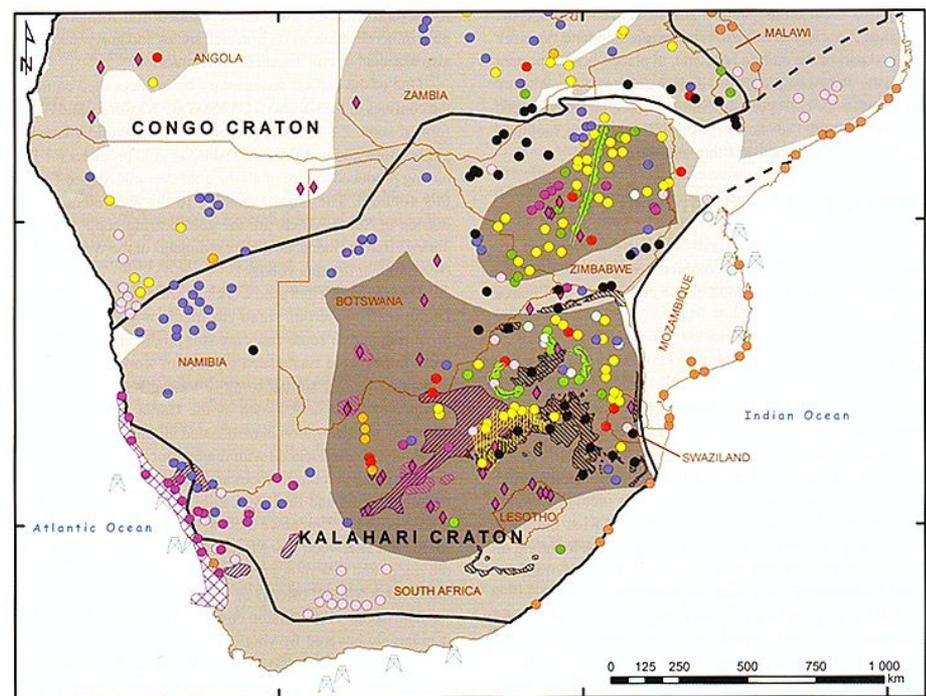


Figure 2. The Major Mineral Deposits and Mineral Fields of the Kalahari Craton, Southern Africa. Significant mines, mineral deposits and mineral exploration projects of the Kalahari craton and surrounding areas. The mineral deposits shown provide an overview of the substantial mineral legacy of the Kalahari Craton. Only major mineral commodities have been included.

Позиция Витватерсранда в кратоне Каапвааль

Witwatersrand Gold (Pre torius, 1986)

1- породы, образовавшиеся после золотых месторождений

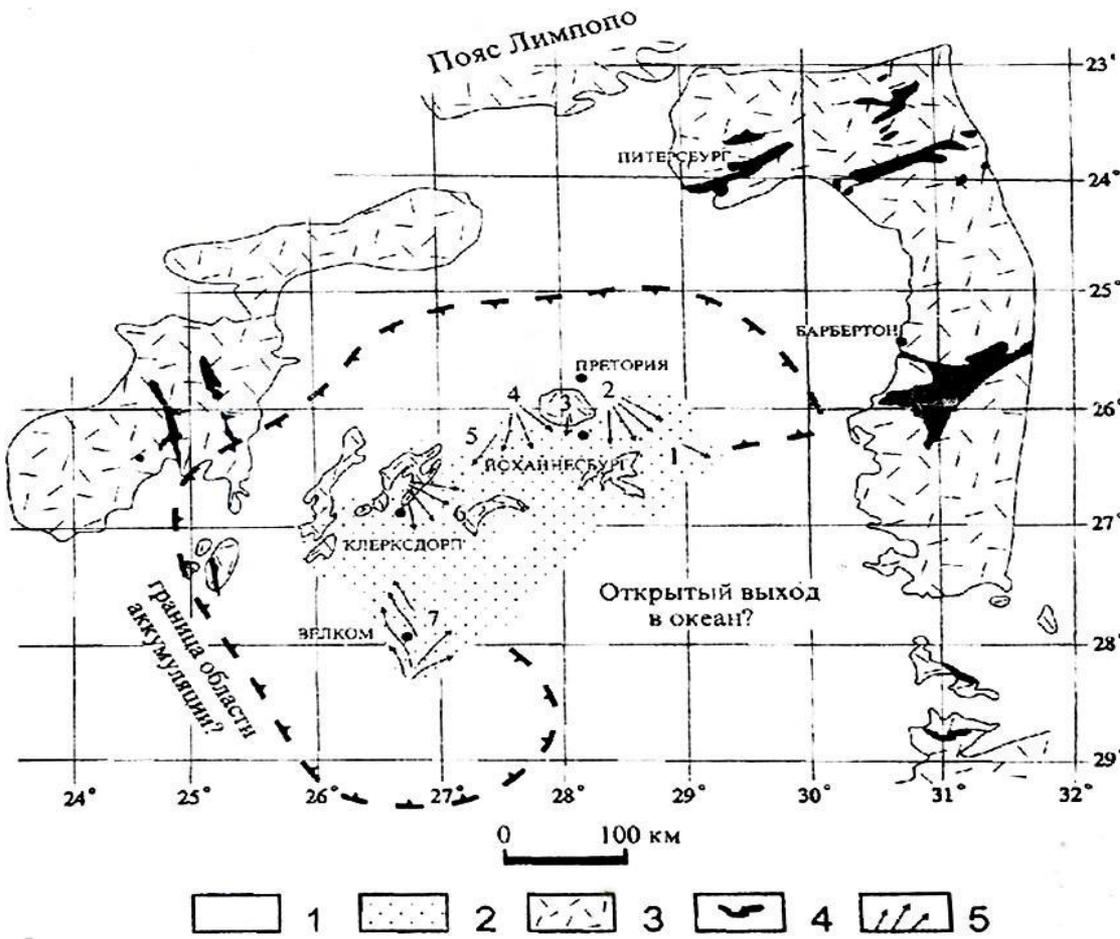
2 – бассейн Витватерсранд

3 – Витватерсрандское основание, включающее Доминион Риф и др.

4 – сланцевые пояса

5 – направление сноса, цифры – золоторудные поля:

1-Эвандер, 2 – Ист Ранд, 3 – Централ Ранд, 4- Вест Ранд, 5- Вест Витс, 6 – Клерксдорп, 7 – Фри Стейл



Кимберлитовые месторождения алмазов

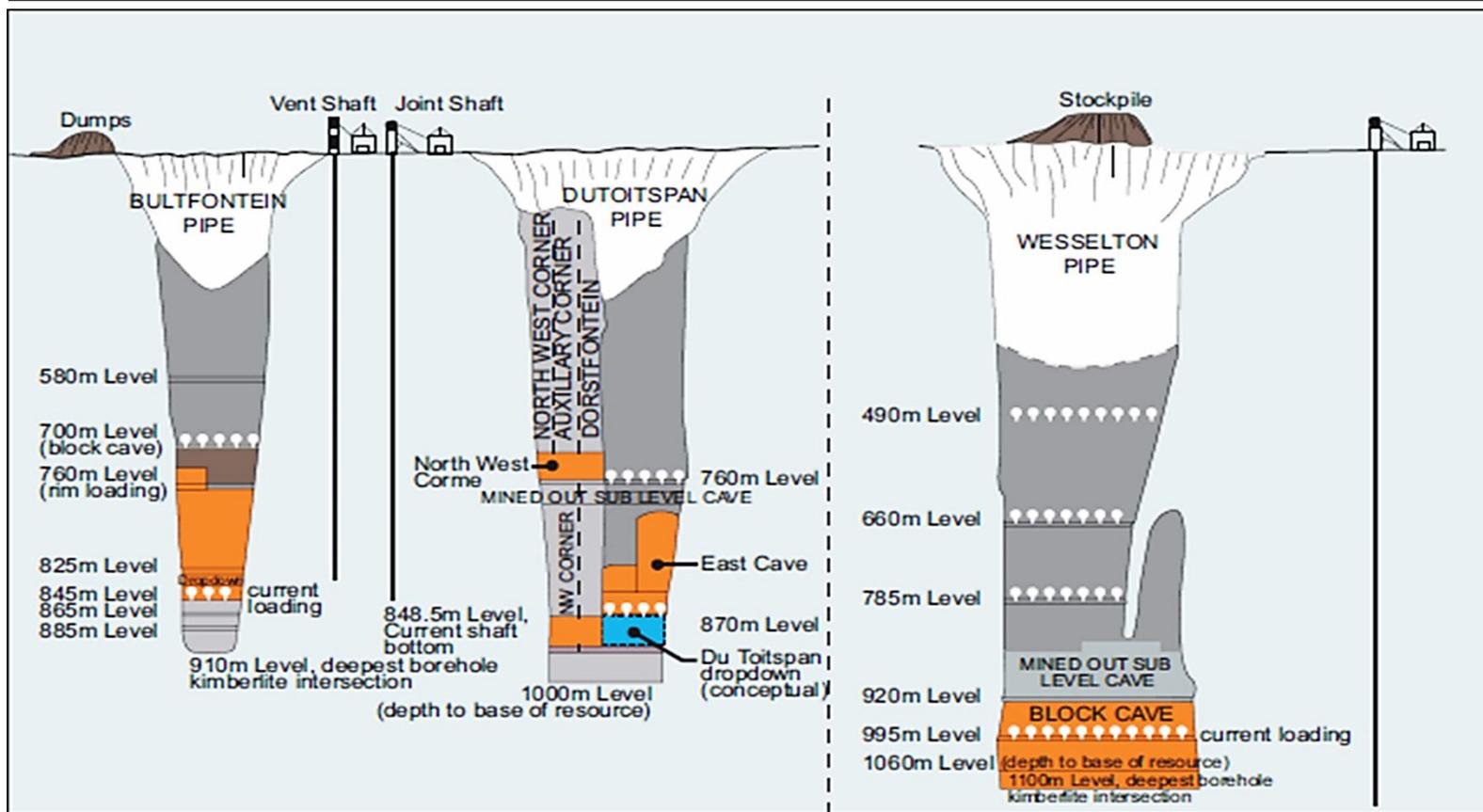
- Кимберлитовые месторождения были явными фаворитами на 35 сессии МГК. В экономическом отношении они отнесены к четырем категориям: 1-я (мирового класса); 2-я (крупные); 3-я (средние) и 4-я (мелкие). Немногие из месторождений 4-й категории разрабатываются.
- Во всем мире насчитывается около 8000 кимберлитовых и лампроитовых трубок, 3000 из которых в Африке. Из них 1000 содержат алмазы и **только 67 являются экономически выгодными для разработки. Только 7 известных кимберлитовых залежей относятся к первой категории, на них приходится почти 65 % от общего мирового производства** (Skinner, 2014).
- Из семи, пять находятся в Африке, **Jwaneng, Orapa, Venetia, Катоке и Куллинан**. Четыре из них расположены на **Каарваал кратоне** в южной части Африки и один на **Kasai кратоне** в центральной Африке, и они охватывают возрастной диапазон от **мезопротерозоя до мела**.

Кимберлитовые месторождения алмазов

- Кимберлитовые месторождения были явными фаворитами на 35 сессии МГК. В экономическом отношении они отнесены к четырем категориям: 1-я (мирового класса); 2-я (крупные); 3-я (средние) и 4-я (мелкие). Немногие из месторождений 4-й категории разрабатываются.
- Во всем мире насчитывается около 8000 кимберлитовых и лампроитовых трубок, 3000 из которых в Африке. Из них 1000 содержат алмазы и **только 67 являются экономически выгодными для разработки. Только 7 известных кимберлитовых залежей относятся к первой категории, на них приходится почти 65 % от общего мирового производства** (Skinner, 2014).
- Из семи, пять находятся в Африке, **Jwaneng, Orapa, Venetia, Катоке и Куллинан**. Четыре из них расположены на **Каарваал кратоне** в южной части Африки и один на **Kasai кратоне** в центральной Африке, и они охватывают возрастной диапазон от **мезопротерозоя до мела**.

- Месторождения 2, 3, 4 категории имеют небольшие размеры и низкие запасы, но в целом составляют около 80 % всех запасов, которые входят в 20 % мирового производства. К месторождениям 2-й категории относятся те, которые производят более 0,4 миллионов карат алмазов в год, но которые не отвечают критериям доходов от 1-го уровня. Десять таких месторождений были выявлены в Африке, и все они располагаются на «Каарваал/Zimbabwe» и «Kasai» кратонах и **диапазон их возраста от кембрия до мела.**
- **Самое грандиозное в мире рудное поле «Kimberley» включает в себя 5 трубок: Kimberley (Big Hole), De Beers, Dutoitspan, Bultfontein и Wesselton. Только Dutoitspan, Bultfontein и Wesselton в настоящее время функционируют, на них ведется добыча. Рудники «Dutoitspan» и «Bultfontein» были открыты в 1870 г., а затем шахты «De Beers» и «Kimberley» в 1871 г. и, в конечном счёте, «Wesselton» в сентябре 1890 г.**

Действующие подземные рудники «Kimberley»



Кластер Джванен состоит из 11 трубок, внедрившихся в Ar-Prt терригенно-карбонатные комплексы и разрабатываются с 1972 г. Перспективы – до 2040 г.

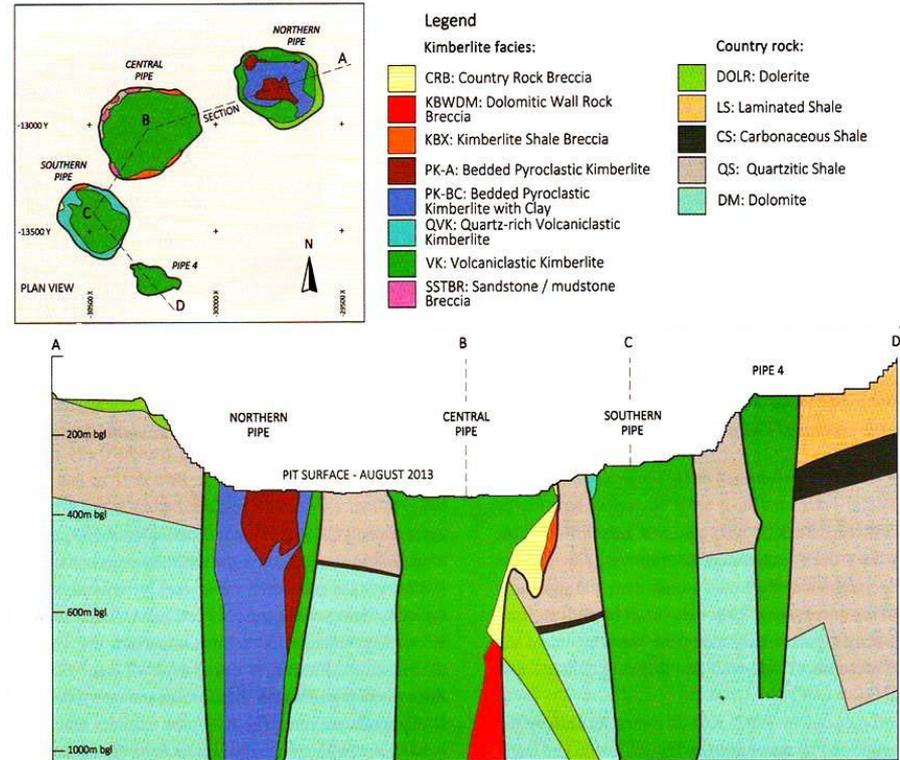
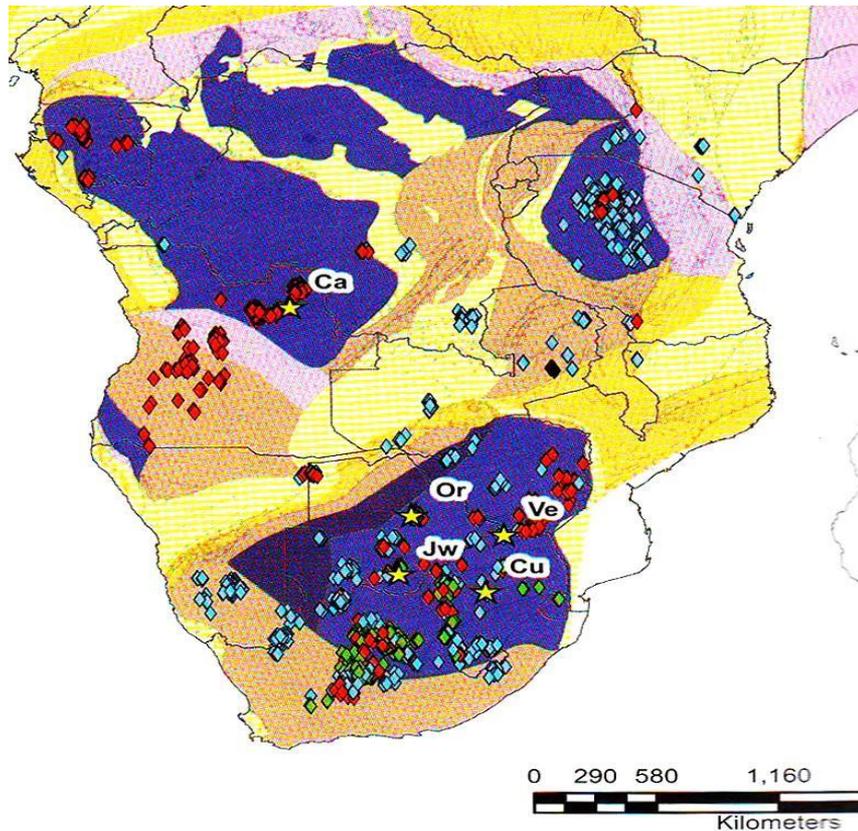
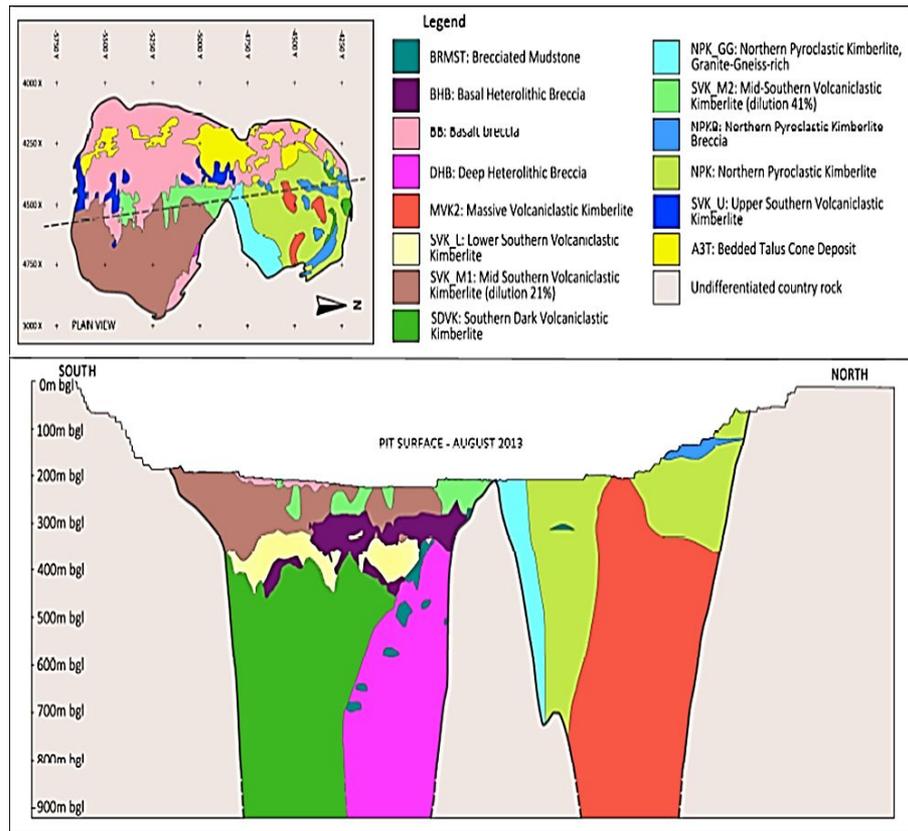


Figure 3. Cross-section showing internal geology of the Jwaneng DK2 kimberlite (Courtesy Debswana).

Рудник Орапа (Ботсвана)

- Горнодобывающая деятельность началась в 1971 году. В последнее время в среднем добывается 14,5 млн. тонн руды в год. В настоящее время **продолжается глубокое бурение и оценка южной трубки, в глубинной части которой находится тёмный вулканокластической кимберлит**, который никогда раньше не отбирался. Ныне он оценивается выше, чем слоистая толща в кратерной части.
- Это **новое открытие** значительного количества алмазов на глубине обеспечивает дополнительную ценность с точки зрения будущих возможностей глубинных горизонтов кимберлитовых полей. **Современные исследования предполагают, что рудник будет действовать до 2040 г.**

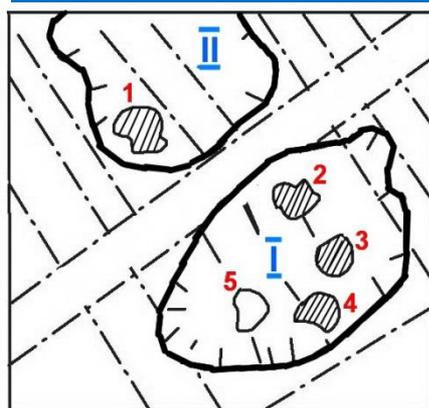


ЮАР

Каапваальский кратон



Схема



Трубки I категории

- 1 – Катока
- 2 – Орапа
- 3 – Венеция
- 4 – Кулинан
- 5 – Джванен

Кратоны

- I – Каапваальский
- II – Касаи

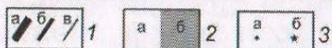
Сибирский кратон

Ленский литосферный корень (гравитационный максимум)





Схема зонно-блоковой структуры Алахит-Марфинского кимберлитового поля (К.Ж. Семинский, Ж.В.Семинский, 2016). 1-разломы 1(а), 2 (б) и 3(в) рангов (пунктир – предполагаемые); 2 – площади занятые разломными зонами (а) и блоками (б); 3- кимберлитовые трубки (а) и месторождения (б).



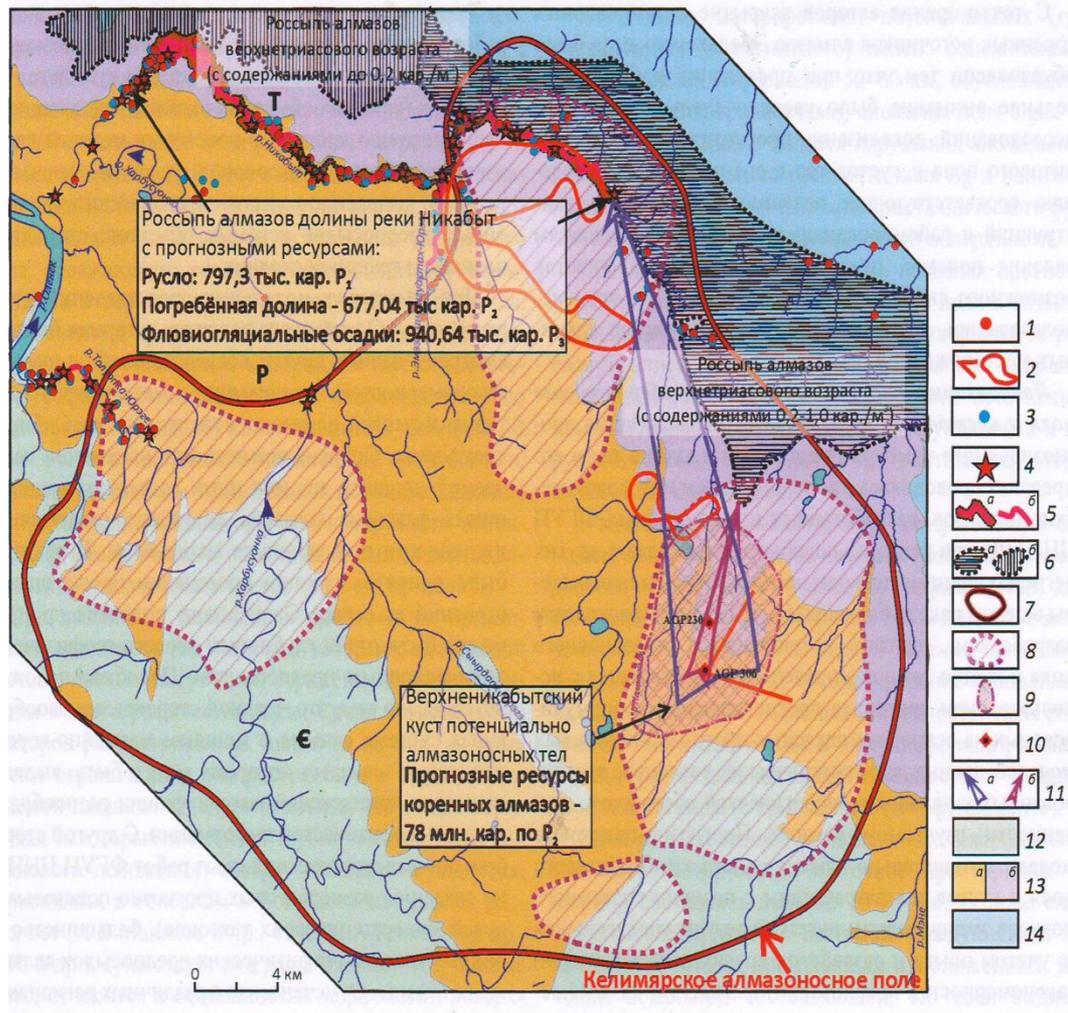


Рис. Прогноз коренной алмазоносности на севере Оленёкского поднятия (Ю.К.Голубев, Н.А.Прусакова, Л.И.Лукьянова. Опыт выявления коренных источников алмазных россыпей арктической зоны Якутии, 2017). 1 – 6 Минералогические признаки коренной алмазоносности: 1-находки пиропов, 2- ореолы пиропов, 3 -находки пикроильменитов, 4- находки алмазов, 5 – аллювиальные россыпи алмазов, 6- побережно-морская верхнетриасовая россыпь алмазов (по С.А.Граханову и др., 2010) а-0,2 – 1кар/м³; б - <0,2кар/м³; 7-9 – Геолого-геофизические предпосылки: 7- Келимярское поле; 8 – возможные кусты тел: 10

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14

- 3. Многие исследователи очень увлекаются субдукционными моделями, которые в структурах большинства кратонов (Каапваальского, Анабарского и др.) слабо проявлены и вряд ли играли значительную роль в развитии алмазоносных систем. В материалах по изучении промышленных трубок выявляется их развитие в широком вертикальном диапазоне ($> 4\text{км}$) и многуровневое строение.
-
- Кроме того, все больше данных об алмазоносности архейских трубок. Так, в золотосодержащих архейско-протерозойских формациях впадины Витватерсранд, расположенной в центре Каапваальского кратона, и обрамленной системами кимберлитовых трубок с возрастами от мезопротерозоя до эоцена установлены многочисленные находки кристаллов алмаза. Они играют важную роль в том, что являются свидетельством того, что кимберлиты существовали в течение архея.
-

- Изучение закономерностей размещения трубчатых структур показало, что условия их локализации определяются двумя элементами контроля оруденения: 1. зонами концентрации диатрем и кимберлитовых трубок, которые относятся к элементам вулканотектоники; 2. разломными зонами различной ориентации.
- Большинство исследователей считают структурный (разломный) контроль, если не главным, то одним из наиболее значимых в размещении трубок взрыва на древних платформах. Состояние структуры разломной зоны является одним из главных факторов, определяющих структурные типы месторождений, локализующихся в её пределах.
- Следует отметить, что действительно кимберлитовые трубки и месторождения алмазов тяготеют к разломным зонам, но практически никогда не располагаются на осях разломов (см.рис.). Этот факт свидетельствует о том, что литосферные фумаролы, которые двигаются по основным глубинным разломам, не перекрытым осадочным чехлом, или трапповым потоком не образуют диатрем и трубок взрыва.

Алмазоносные диатремы возникают в периферических ответвлениях на площадях занятых разломными зонами, на границах между разломными зонами и блоками, а иногда и в самих блоках (рис.). Это своего рода диатремы зальбанда – раздробленность разломных зон, не вышедших на поверхность земной коры. И в зависимости от трещиноватости зоны, объема фумаролы мы имеем две главные разновидности трубок:

1. В одних процесс ядерного и кластерного радиоактивного распада заканчивается на железе;

2. Если плотность вмещающих горных пород высокая, ядерное деление идет до углерода и азота – в этих условиях образуются алмазы.

Установлена тесная геотектоническая ассоциация золоторудных и алмазных месторождений. Наряду с другими типами рудоносных формаций они являются продуктами развития литосферных фумарол при формировании кратонов.

В завершающей стадии становления кимберлитовой трубки, в зависимости от первичного объёма поступающего флюида и концентрации в нём осцилляторов можно наблюдать отдельные стадии роста алмазов:

- 1) В небольших объёмах литосферных фумарол образуется значительное количество мелких алмазов, как бы первичных «зародышей», которые не получили дальнейшего развития из-за недостатка исходного материала, т.е. осцилляторов. Поэтому в кимберлитовых трубках всегда масса субмикронных алмазных кристаллов.
- 2) Когда объём литосферных фумарол велик, то после кристаллизации «зародышей», процесс ядерной диссоциации продолжается, что приводит к выделению большого объёма летучих и, в первую очередь, это углерод и азот, которые участвуют в росте «алмазных ансамблей».
- 3) В завершающей стадии процесс ядерной диссоциации не доходит до самых легких элементов, а останавливается на образовании кислорода, фтора, хлора, серы, что приводит к резкому возрастанию окислительного потенциала и прекращению роста алмаза, а конечной стадии даже к его резорбции.

Карбонаты

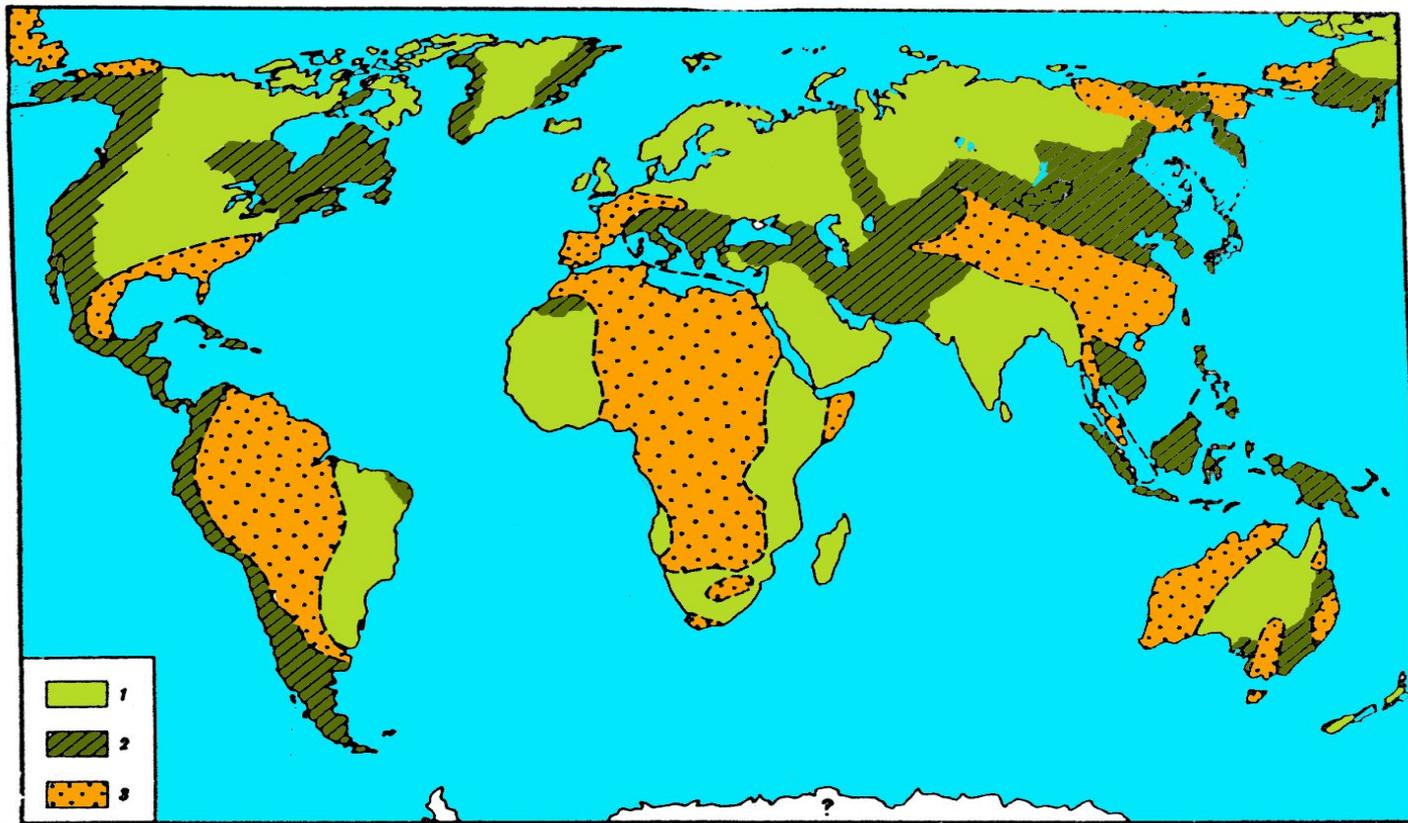


Схема размещения блоков с преобладанием оловорудных и молибден-бериллий-ниобиевых месторождений

1, 2 — блоки с преобладанием молибден-бериллий-ниобиевых месторождений, в том числе молибденовые рудные провинции (2); 3 — блоки с преобладанием оловорудных месторождений

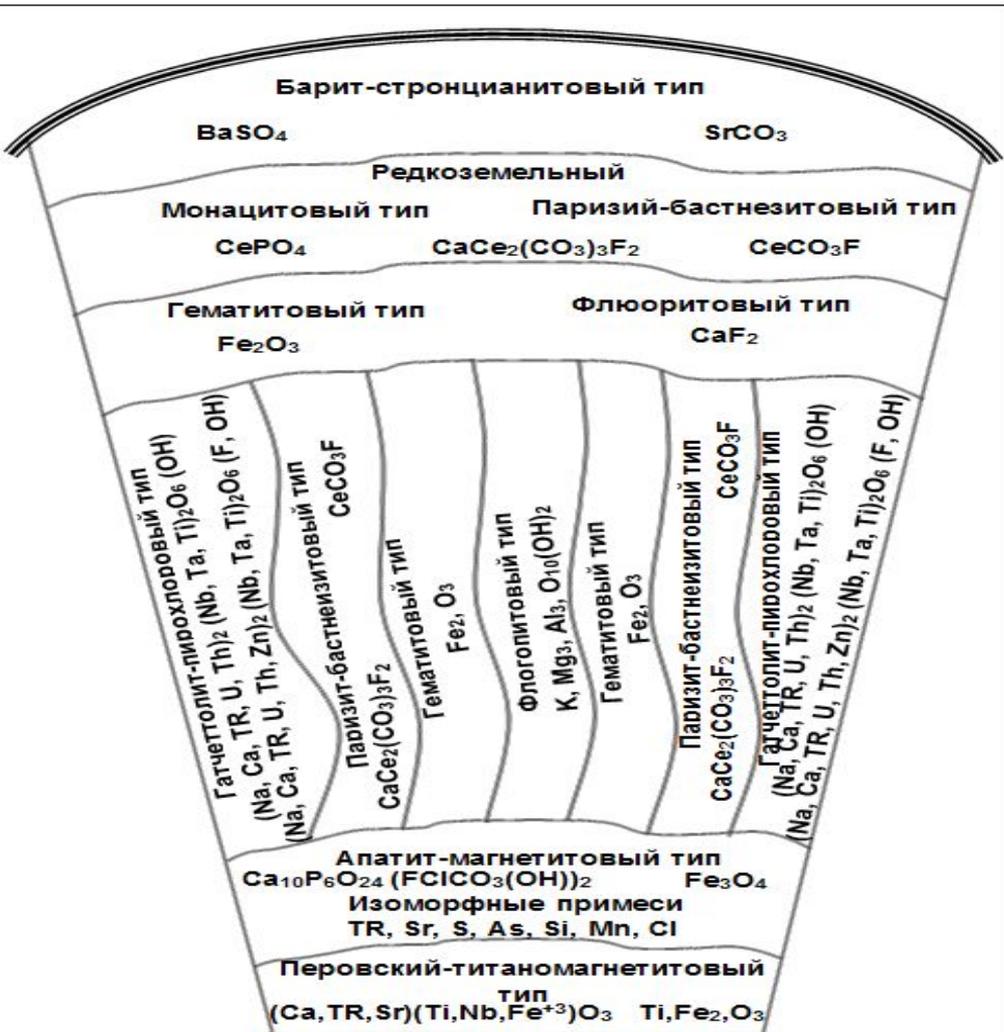
Карбонатиты являются крупнейшими природными концентраторами двух групп химических элементов:

TR, Ta, Nb, Sr, Sc, Fe, Ti
U, Th, Pb, Mo, Zn, Cu

Характерная особенность карбонатитов - высокое содержание редких земель цериевой группы Ce, Pr, Nd, Pm, Sm и образование фосфоритов, которое прослеживается через все карбонатиты.

- Все перечисленные эпохи, с которыми связаны крупные планетарные тектонические перестройки есть **результат пульсационно-расширяющегося этапа развития Земли, который начался с верхнего протерозоя примерно 2 млрд. лет назад, когда Земля вступила в стадию окончательного расширения.** Общая тенденция перехода рифтовых зон в авлакогенные структуры, последних – в складчатые зоны свидетельствует о глобальной ритмичности этих процессов. Это наглядно видно на диаграмме входа и выхода Солнечной системы из зоны коротации за период фанерозоя (Кривицкий, Старостин, 2017). Все исследователи карбонатитовых комплексов признают, что вопрос источника рудных элементов сложен и трудно разрешим. Создается впечатление, что они протекают каждый раз различными эволюционными путями. **Наблюдаемые ныне рудные поля и месторождения, вскрытые эрозионным срезом – суть фрагменты единой, объемной сложной вулканогенно-плутоногенной или плутоногенной постройки.** Принимая это, обобщенная модель рудогенеза карбонатитовых месторождений, представляется следующим образом.

- На значительном интервале глубин проявляется следующая зональность минеральных типов месторождений от дневной поверхности **до глубины 10-15 километров:**
- барит-стронцианитовый,
- редкоземельный (монацитовый, паризит-бастнезитовый),
- гематитовый и флюоритовый, который постепенно сменяются
- гатчеттолит-пироксеновым, апатит-магнетитовым, флогопитовым и перовскит-титаномагнетитовым (Рис.).



На значительном интервале глубин проявляется следующая зональность минеральных типов месторождений от дневной поверхности до глубины 10-15 километров: барит-стронцианитовый, редкоземельный (монацитовый, паризит-бастнезитовый), гематитовый и флюоритовый, который постепенно сменяются гатчеттолит-пироклоровым, апатит-магнетитовым, флогопитовым и перовскит-титаномагнетитовым

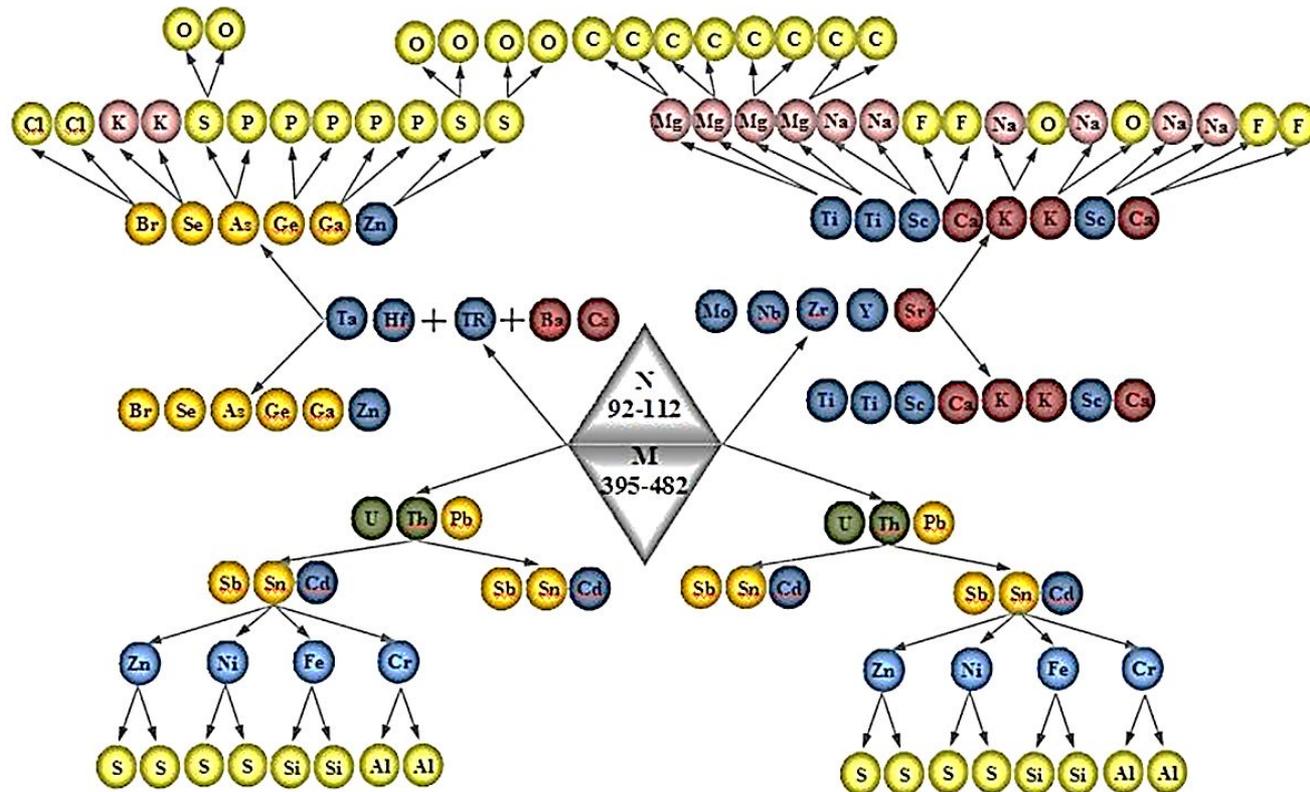
- Центростремительная зональность для указанных типов месторождений отмечается в России на Тамторе, Саланлатви, Белозиминской группе месторождений и др. зарубежных месторождениях. Выявленная зональность указывает на то, что данные типы месторождений развиваются из одной центральной точки. Литосферный флюид, обогащенный гипертяжелыми и сверхтяжелыми атомными ядрами (осцилляторами) проникает до поверхности земной коры, затем начинается его ядерная диссоциация и кластерный радиоактивный распад, который дает все многообразие типов месторождений. Очень важным фактором, говорящего в пользу указанного процесса, является то, что практически **все промышленные минералы представлены кислородными соединениями – оксидами и карбонатами, т.е. основными ядерными кластерами O и C как конечными продуктами при кластерном радиоактивном распаде и ядерной диссоциации.**
- Не менее важным эмпирическим фактом, который говорит в пользу предлагаемой гипотезы, является то, что в ходе карбонатитового процесса от стадии к стадии отмечается **увеличение минерагенического индекса – возрастание количества минералов, особенно рудных.**

- Происходит преобразование **реликтовых минералов пирохлора, гатчеттолита** и появляются вновь образованные минералы **тантало – ниобатов**. Пирохлор как бы очищается от тантала, тория и урана, и оба минерала приобретают ниобиевый состав. Приведенные факты являются надежными примерами того, что образовавшееся рудное тело из первичного литосферного флюида продолжает эволюционировать в своем составе в процессе «мини реактора», в котором сохраняются процессы кластерного радиоактивного распада U, Th и др. трансурановых химических элементов. Указанные процессы могут происходить как одновременно, так и в последующем: во время становления рудного массива. **А поскольку конечными продуктами ядерной диссоциации и кластерного радиоактивного распада являются H, C, N, O, то и возникает ощущение метасамоза, «привноса» и «выноса» химических элементов.** Все это в действительности происходит, но только природа этого явления иная – это результат указанных выше реакций.

Горизонтальная зональность Белозиминской группы месторождений карбонатитов убедительно показывает, что наиболее активные **процессы ядерной диссоциации** и кластерного радиоактивного распада привнесенного вещества литосферной фумаролы в земную кору начался в ее **центральной части**, где образовывались наиболее легкие элементы и простые минеральные типы месторождений: **флогопитовые, гематитовые, паризит-бастнезитовые**. **Периферийная часть** сложена гатчеттолит-пирохлоровыми типами, как первичными раскристаллизовавшимися фумаролами. Так как гатчеттолит является **самым ранним тантало-ниобатом**, он тяготеет к зальбандовым прикантактовым частям с силикатными породами нефелин-пироксенитового состава, а пирохлорсодержащие карбонатиты приурочены ближе к **центральной** частям. Указанный факт говорит о том, что центральная часть гатчеттолит-пирохлорового типа оруденения уже задета процессами кластерного радиоактивного распада и ядерной диссоциацией. На это указывает и тот факт, что эти зоны четко различаются природой радиоактивности, пирохлорсодержащие карбонатиты = ториевая радиоактивность, а гатчеттолитовые карбонатиты – это существенно урановая.

Схема ядерной диссоциации осцилятора массой $395-482 \text{ n} \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Пример образования ультращелочных комплексов и карбонатитов



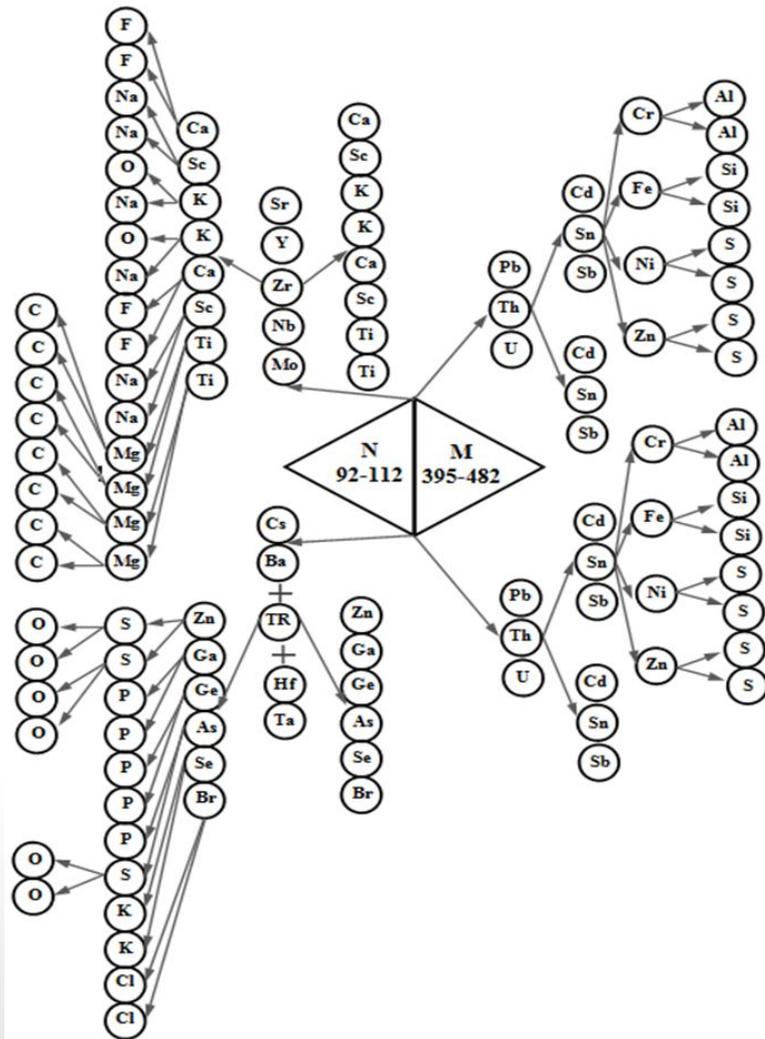


Схема ядерной
диссоциации
осциллятора массой
 $395-482 \text{ n} \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

*Пример образования
ультращелочных
комплексов и
карбонатитов*

Выводы

1. Эндогенные рудные месторождения и вмещающие горные породы представляют собой раскристаллизовавшиеся, в процессе кластерной ядерной диссоциации, атомные ядра сверхтяжелых, трансураниевых химических элементов, урана, тория и лантаноидов, поступающих из астеносферы Земли в газообразной форме и в составе газовой-жидких литосферных фуморол.
2. Геохимическая эволюция магматизма Земли и рудогенез являются необратимыми процессами кластерной ядерной диссоциации атомных ядер химических элементов, которые определяют собой единую генетическую связь тектономагматического развития земной коры и литосферы с эволюцией глубинного вещества планеты

▪ Редкоземельные карбонатиты.

- Главную роль в их образовании сыграли литосферные фумаролы - мощнейшие газовые струи, насыщенные сверхтяжелыми и тяжелыми атомными ядрами, обладающими очень высокой летучестью. Карбонатные образования, завершающие формирование щелочно-ультраосновных комплексов, охватывающих магматический (интрузивный, экструзивный и эффузивный) и постмагматический гидротермально-метасоматический этапы являются крупнейшими природными концентраторами нескольких десятков типов полезных ископаемых.
- Они возникли в результате выброса в земную кору газово-жидких коровых фумарол, насыщенных тяжелыми и сверхтяжелыми атомными ядрами с номерами от 112 по 128, обладающих явно выраженными свойствами газов. Центростремительная зональность для указанных типов месторождений отмечается на Тамторе, Саланлатви, Белозиминской и др. месторождениях. Выявленная зональность указывает на то, что оруденение развиваются из одной центральной точки. Все руды представлены кислородными соединениями – оксидами и карбонатами, т.е. основными ядерными кластерами O и C как конечными продуктами при кластерном радиоактивном распаде и ядерной диссоциации.

- Горизонтальная зональность показывает, что наиболее активные процессы начались в ее центральной части, где образовывались наиболее легкие элементы и простые минеральные типы месторождений: **флогопитовые, гематитовые, паризит-бастнезитовые**. Периферийная часть сложена **гатчеттолит-пирохлоровыми типами**, как первичными раскристаллизовавшимися фумаролами.
- Так как **гатчеттолит** является самым ранним тантало-ниобатом, он тяготеет к зальбандовым приконтактовым частям с силикатными породами преимущественно нефелин-пироксенитового состава, а пирохлорсодержащие карбонатиты приурочены ближе к центральным частям. Указанный факт говорит о том, что центральная часть гатчеттолит-пирохлорового типа оруденения уже задета процессами кластерного радиоактивного распада и ядерной диссоциацией. На это указывает и тот факт, что эти зоны **четко различаются природой радиоактивности, пирохлорсодержащие карбонатиты это ториевая радиоактивность, а гатчеттолитовые карбонатиты – это существенно урановая.**



Благодарю за внимание

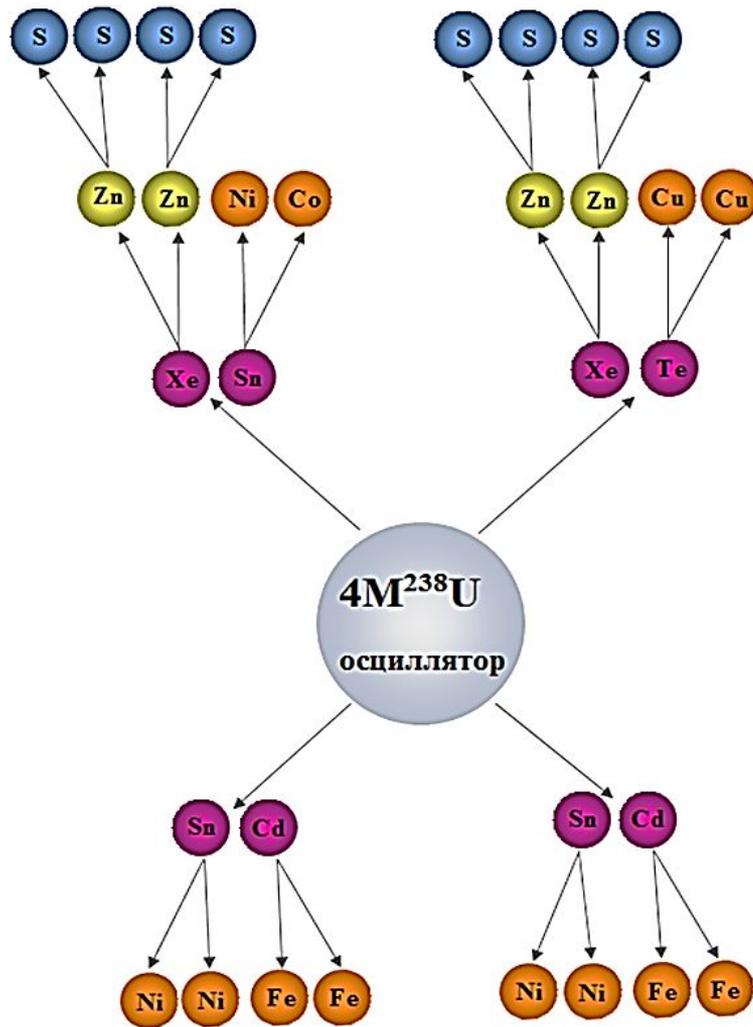


Схема ядерной
диссоциации
осциллятора
массой $4M^{238}\text{U}$

Минерал Пентландит
 $(\text{Ni}_5\text{Fe}_4)\text{S}_8$

Схема распада
сверхтяжёлого ядра
 $^{546}\text{M}_{128}$ в формировании
свинцово-цинкового
гидротермального
рудинения

