

# Магматические месторождения



Магматические месторождения по существу дела представляют собой магматическую горную породу преимущественно интрузивного, редко эффузивного типа. Но, в пределах данных массивов пород в силу ряда геолого-тектонических, физико-химических причин сформировались участки, резко обогащённые полезными компонентами, из которых технологически возможно и экономически выгодно что-то извлекать.

Чаще всего такого типа месторождения связаны с породами ультраосновного (гипербазиты), основного (базиты) и щелочного состава.

- В гипербазитах – хромиты, платиноиды, алмазы.
- В базитах – Cu – Ni месторождения, титан-магнетитовые.
- В щелочных породах – нефелиновые, апатитовые, редкометальные месторождения.
- Помните (!) – что магматическая порода состоит из породообразующих и акцессорных минералов.

Так, акцессорными минералами в породах группы габбро-базальта являются апатит, магнетит, пирротин, хромшпинелит, титаномагнетит, ильменит.

В группе ультраосновных пород – магнетит, ильменит, хромит.

Алмаз – типичный акцессорный минерал даек, некков и трубок взрыва ультраосновного – щелочно-ультраосновного состава.

1 карат = 0,2 г Промышленными считаются породы с содержанием алмаза  $> 0,1$  карата/м<sup>3</sup>.

Но этот акцессорий весьма редок.

В группе нефелинового сиенита – фонолита акцессорными минералами являются магнетит, ильменит, сфен, циркон, апатит и др.

Магматические месторождения образуются в процессе дифференциации и кристаллизации магмы.

Порядок кристаллизации определяется диаграммой кристаллизации

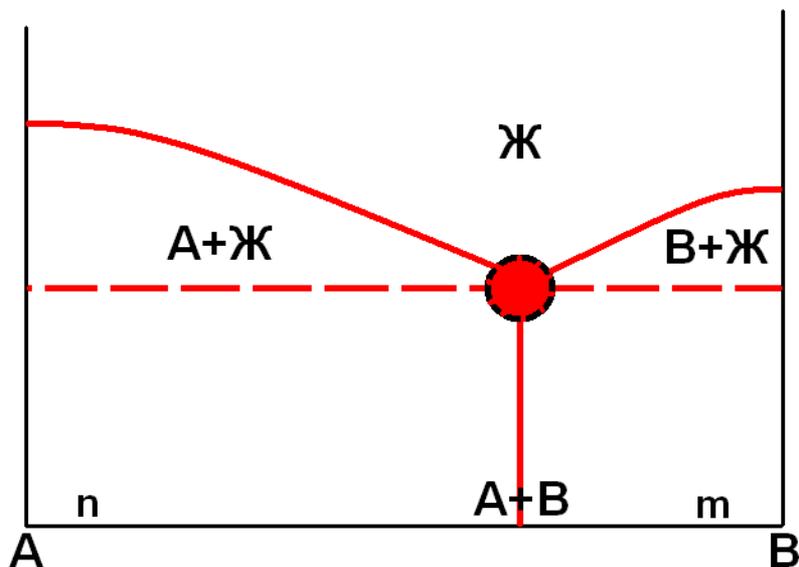


Диаграмма системы 2х компонентов, застывающей с образованием эвтектики (по А.Н. Заварницкому)

Стадии  
мне 12.17-  
обр 11.19.-  
н.д

1 2 3 4 5 6  
Оливин + хромит  
Ромбический пироксен  
Ромбический пироксен + моноклинный пироксен

1

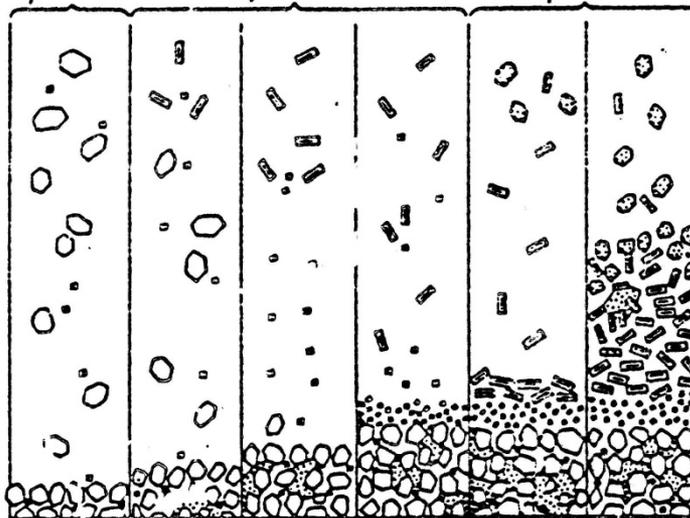
2

3

4

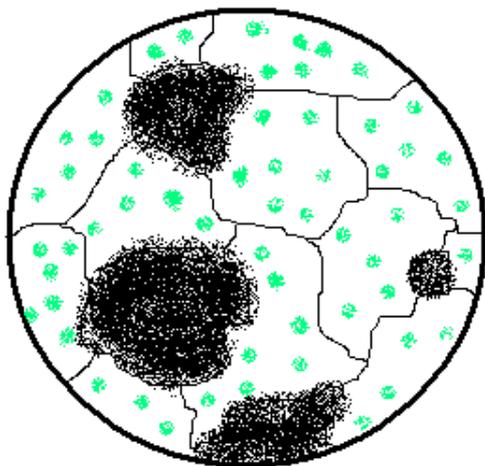
Расплав + кристаллы

он  
мед-  
ю сд  
прз ллов

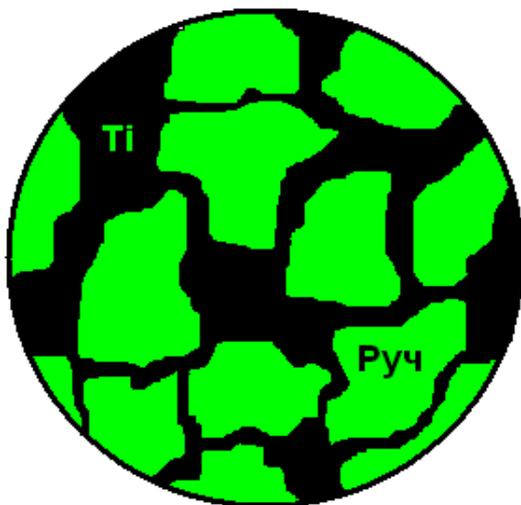


Пироксенит  
Гиперстениит  
Хромит  
Перидотит

Обособление минерального вещества может происходить различными путями и в различные моменты кристаллизации магмы.



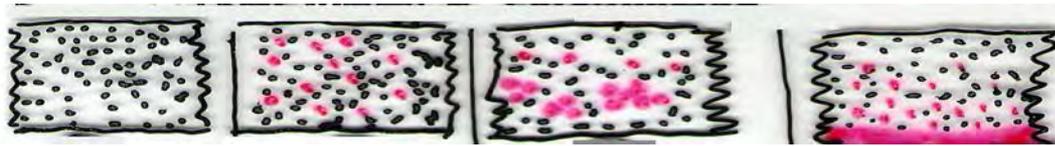
1. Вещество полезного ископаемого может выделяться в ранний магматический период кристаллизации магмы. Скопления рудных минералов, например, хромита в этом случае представлены вкрапленными текстурами. Кристаллы рудных минералов более идеоморфны, границы рудного тела устанавливаются только по опробованию. Это **раннекристаллизационные** или **сегрегационные магматические месторождения**.



2. Накопление вещества полезного ископаемого может происходить после кристаллизации основных породообразующих минералов. Рудные минералы выполняют интерстиции. Иногда они сливаются, образуя сливные массивные и жилкообразные тела. Границы между рудным телом и породой весьма часто резкие. Иногда рудная магма даже может отжиматься во вмещающие породы. Это **позднекристаллизационные** или **гистеромагматические магматические месторождения**.

### 3. Могут быть случаи, когда рудное вещество обособляется из магмы путем ликвации

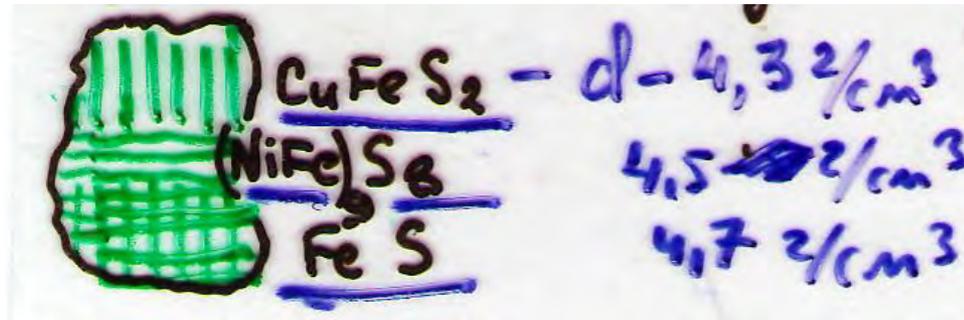
**Liquatio** – разделение жидкости на две несмешивающиеся составляющие. Например, установлено разделение магмы на **силикатную** и **сульфидную** составляющие, в дальнейшем кристаллизующиеся по своим законам, образуя **породы** и **руды**.



1	2	3	4
Гомогенный расплав	Отделение сульфидного расплава в виде шариков	Слияние шариков и их оседание вниз	Образование сульфидных линз в донной залежи магматических тел

В обыденной жизни это напоминает разделение молока на фракцию, обогащенную жирами (сливки, сметана) и сыворотку

В пределах отдельных шариков или сплошных сульфидных масс происходит дифференциация вещества по объемному весу



Этот тип редко встречается, но он очень важен по своей промышленной значимости. Такие месторождения называются **ликвационными**

### **Магматические месторождения:**

1. Кристаллизационные
  - 1.1. Раннекристаллизационные
  - 1.2. Позднекристаллизационные
2. Ликвационные

# Раннекристаллизационные месторождения

К этой группе относятся месторождения **хромитов, платины и алмазов**.

Хромиты и платина образуют зоны вкраплений и шлиры (обогащенные вкрапленниками участки породы) в ультраосновных породах (перидотитах)

Платина встречается совместно с хромитом.

Размеры шлиров до 10м.

## Нижнетагильское месторождение (Урал)

Содержание платины от 2,6 - 7,8 г/т до 250 – 5700 г/т.

Размер зерен до 1 – 3,5 мм, иногда самородки до 15 мм.

Самородная Pt в **хромите и оливине** отличается:

	<b>Хромитовая</b>	<b>Оливиновая</b>
<b>Pt</b>	70-76,6	80-82
<b>Fe</b>	14,0-16,6	9,5-12,0
<b>Pd</b>	0,06	0,6-0,7
<b>Ni</b>	-	0,08

## Месторождения Бушвельдского массива (ЮАР)



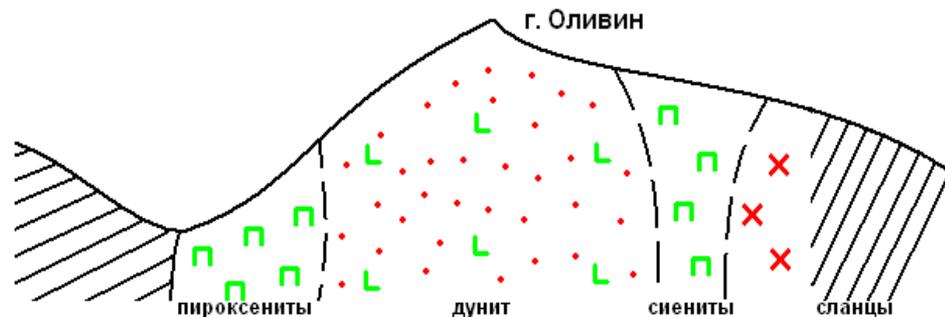
Содержание Pt от 1,5 до 1650 г/т в оливиновых породах (гортонолиты). Размер от 0,1 до 1 мм.

Массив представляет собой сильно дифференцированный **ЛОПОЛИТ**.

Вверху анортозиты, внизу дуниты

Pt в дунитах

## Месторождение г.Оливин (Канада)



Содержание Pt – от следов до 0,6 – 15,6 г/т

В дуните вместе с хромитом есть алмазы.

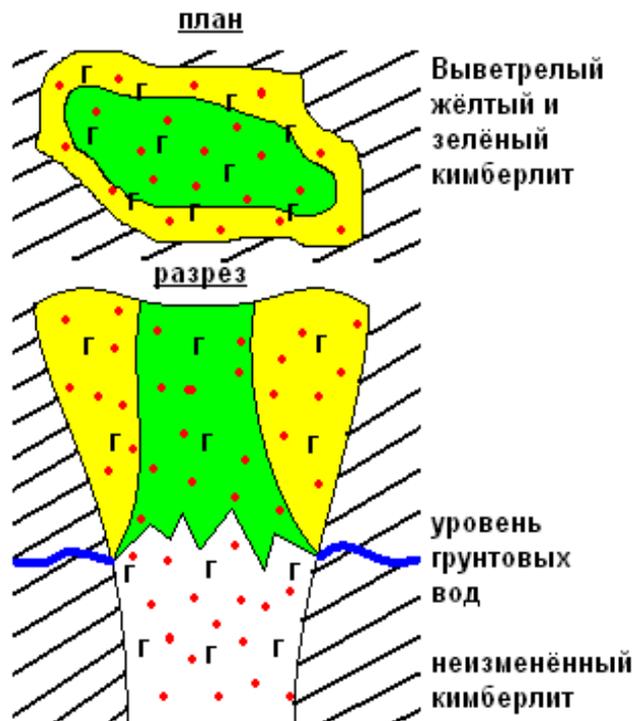
# Алмазоносные кимберлиты

Алмазные кимберлиты можно, вероятно, также рассматривать как **раннекристаллизационные месторождения**, если допускать, что алмазы кристаллизуются в самих трубках или в родоначальном кимберлитовом магматическом расплаве (есть точки зрения, что алмазы в кимберлитах – ксеногенный материал, захваченный из глубинных пород типа эклогитов, либо даже из древних россыпей).

Данные по синтезу алмазов свидетельствуют, что они образуются при высоких давлениях, высоких температурах, в условиях резкого (ударного) повышения давления. **Алмазы известны, например в астроблемах.**

Это позволяет считать **алмазы сингенетичными** по отношению к кимберлитам и рассматривать их генезис совместно.

**Кимберлит** – субвулканическая ультраосновная порода с широко варьирующим химическим и минералогическим составом. Порода массивная с брекчиевидной текстурой, состоящая из ультраосновной массы с обломками глубинных и вмещающих пород.



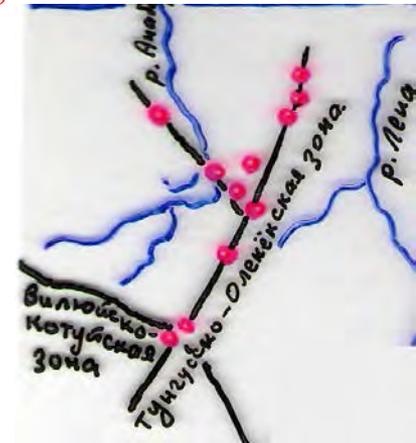
Размеры трубок от первых десятков метров до 1070 x 1625 метров. С глубиной размер трубок уменьшается и они переходят в дайкообразные тела. Прослежены до глубин > 1500 м.

Распределение алмазов крайне неравномерное. Известно > 1500 трубок, алмазоносны – 30%.

Минералогическими спутниками алмазоносных кимберлитов являются: **пироп, пикроильменит, хромдиопсид, хромшпинелид.**

*Трубки взрыва приурочены к ослабленным тектоническим зонам, узлам пересечения разрывных структур.*

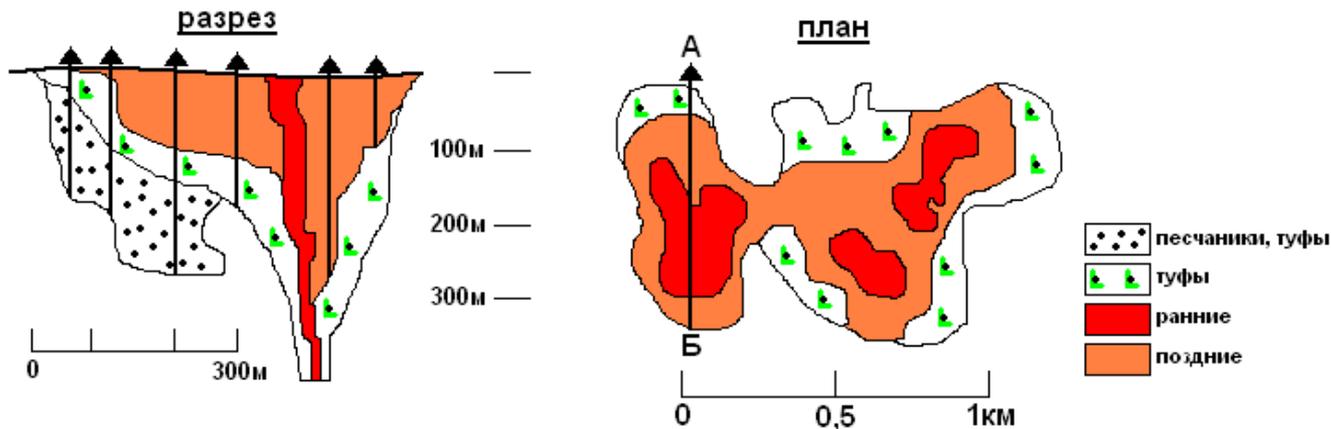
В Якутии алмазоносными являются эксплозивные фации кимберлитов. Fe = 7,33%, K = 0,36%, малое содержание  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  (1,36%). Мантийных включений 21 – 43%.



**В Австралии открыты новые типы магматических пород (лампроиты), которые несут в себе алмазы. Запасы уникальны.**

**Лампроиты** – ультраосновные щелочные калиевые породы. Состоят из: оливина, пироксена, амфибола, пиропа, пикроильменита, санидина, лейцита, флогопита. Акцессории: алмаз, хромит, ильменит, сфен, перовскит и др.

## Лампроитовое тело



Промышленно алмазоносными являются оливковые лампроиты. Лампроиты резко обогащены К, Ti, La, Ce, Ta, U и др. элементами.

## Сравнительная петрохимическая характеристика лампроитов и кимберлитов

Окислы	Оливиновые лампроиты Австралии	Среднее по кимберлитам	Кимберлиты Сибири
SiO <sub>2</sub>	42,6	35,2	27,9
TiO <sub>2</sub>	3,43	2,32	1,67
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,96	4,4	3,21
FeO	8,43	9,8	7,71
MgO	25,0	27,9	24,6
CaO	5,05	7,60	14,3
Na <sub>2</sub> O	0,52	0,32	0,23
K <sub>2</sub> O	4,45	0,98	0,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,27	0,7	0,56
K/Na	8,56	3,06	3,48
Mg/K	5,62	28,5	30,8
K/Al	1,12	0,22	0,25

**Генезис кимберлитов, лампроитов**, содержащих алмаз.

В магматический очаг привносились летучие и другие компоненты, на глубинах 100 и более км происходило выделение протокристаллов оливина, шпинели, диоксида, алмаза и др.

Ультраосновная магма, с имеющимися в ней протокристаллами, насыщенная летучими компонентами поднималась по ослабленным зонам к поверхности.

Когда литостатическое давление вышележащих пород перестало сдерживать давление летучих компонентов произошла эксплозия (газовый взрыв) по типу газированной H<sub>2</sub>O. В данный момент также могли формироваться алмазы. Формировались эксплозивные трубки взрыва, медленно заполняющиеся ультраосновной магмой.

# АК «АЛРОСА»

Группа предприятий:

- Удачинский ГОК
- Айхальский ГОК
- Мирнинский ГОК
- Нюрбинский ГОК
- другие подразделения (НИГП, Ботубинская и Амакинская экспедиции и пр.

Финансирование ГРР в 2011 г. составило 4,1 млрд. руб. (+ 45 % к 2010 г.).

Прирост запасов в 2011 г. 30 млн. карат, ресурсов 47 млн. карат.

Принята программа ГРР до 2018 г., свыше 430 млн. карат.



**г. Мирный. Апрель 2012 г.**







# СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

**13** июня **1955** года поисковый отряд геологов Амакинской экспедиции в составе геологов Ю.И.Хабардина, Е.И.Елагиной, В.П.Авдеенко открыл алмазоносную трубку "Мир". В Москву была отправлена телеграмма: "Закурили трубку мира. Табак отличный..."

В июне **1956** г. Министерством цветной металлургии принято решение о начале эксплуатации трубки "Мир"

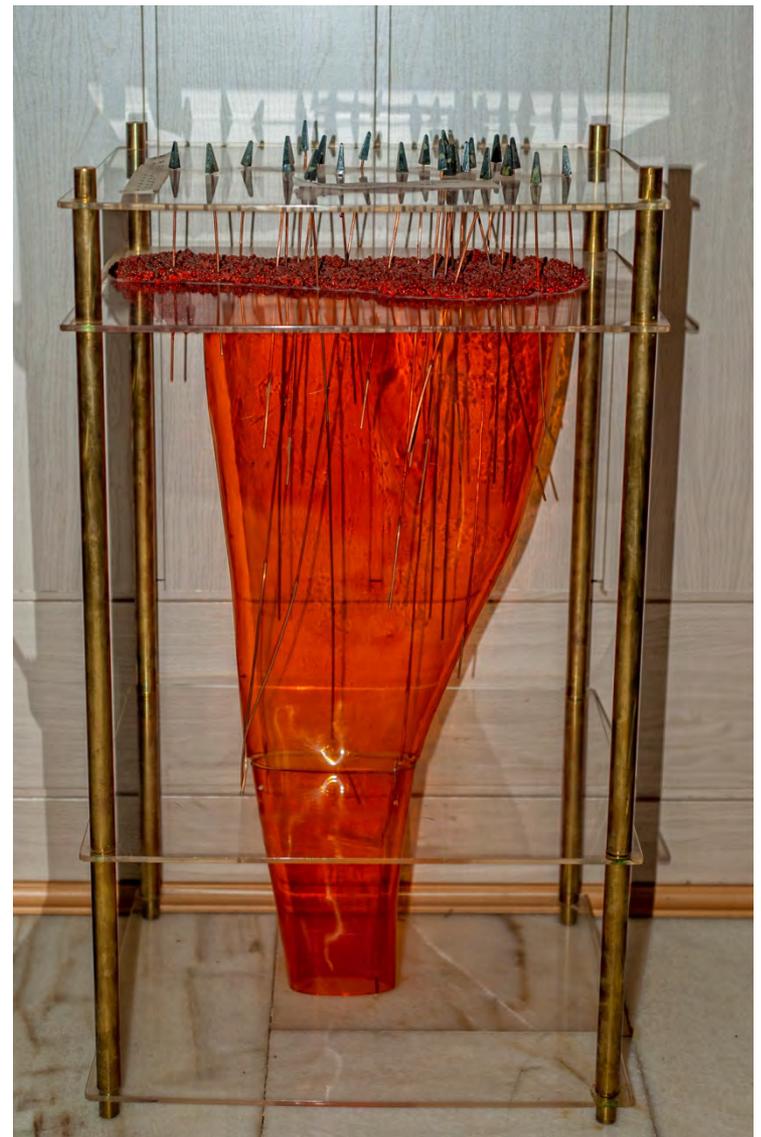
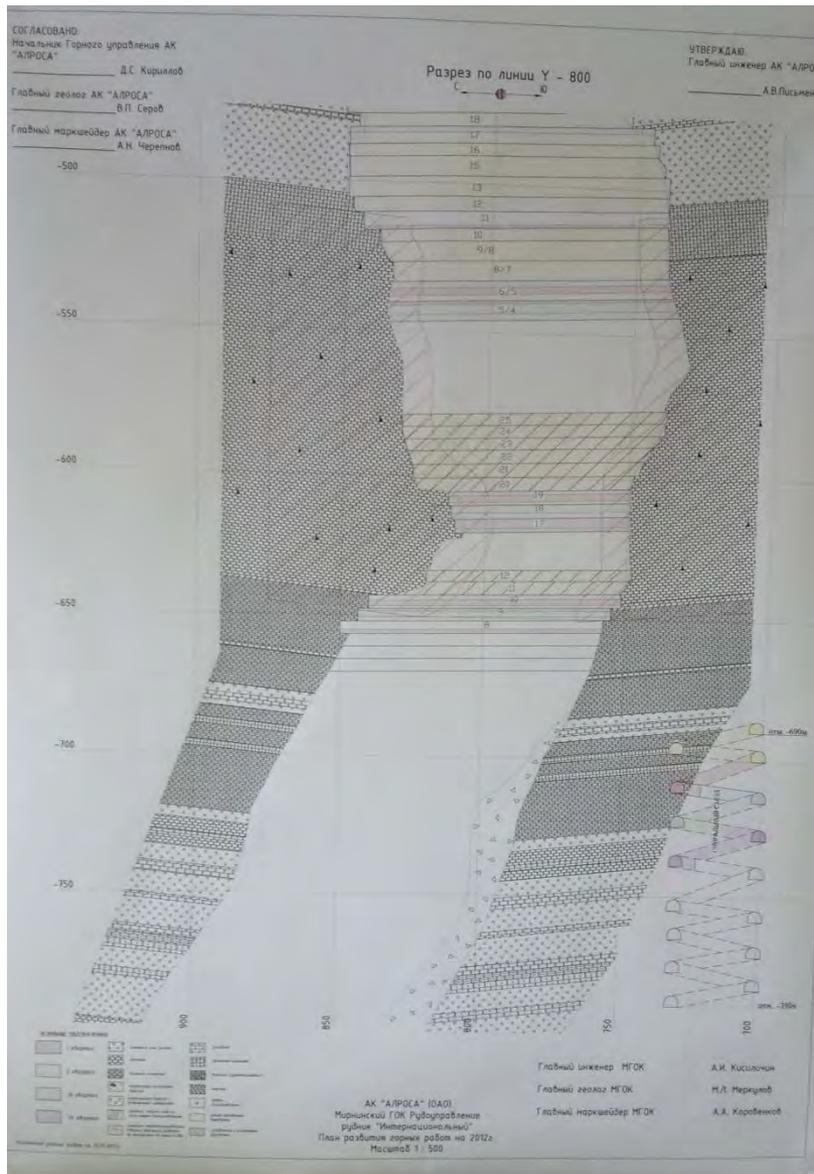
**11.06.1957** г. образован карьер "Мир"

**12** января **1958** г. БП.Кораблёвым на экскаваторе Э-652 был отгружен первый ковш руды трубки "Мир"

за время отработки месторождения проведено 3 реконструкции.

**30** апреля **2001** г. отгружены последние тонны руды.

с **01.05.2001** г. приказом АК "АЛРОСА" прекращена отработка трубки "Мир" открытым способом.



# Трубка МИР



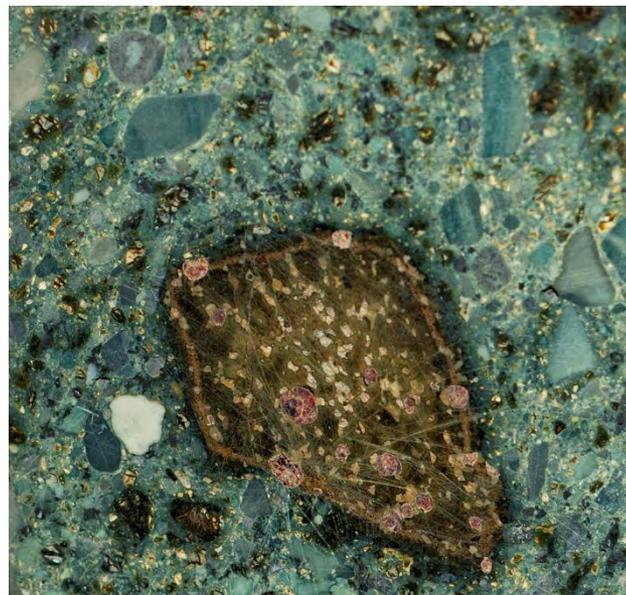
















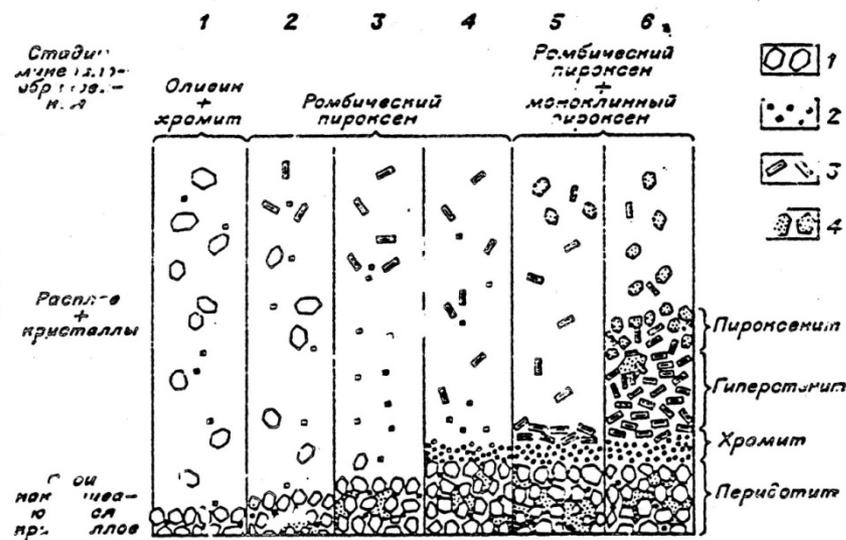
# Позднекристаллизационные месторождения

**К позднекристаллизационным месторождениям** относятся месторождения хромитов в перидотитах, месторождения титаномагнетита в габбро-пироксенитовых комплексах интрузивных пород, а также месторождения апатита, нефелина, лантаноидов (редких земель) иногда с магнетитом в щелочных породах типа нефелиновых сиенитов.

Для этих месторождений характерен эпигенетический характер рудных тел (жилы, линзы, трубки), хотя очень часто рудные тела расположены стратифицировано, образуя обогащенные горизонты.

**Месторождения, как правило, имеют весьма крупные запасы**

Тела интрузивных пород, с которыми связаны месторождения, часто имеют стратифицированный облик (**стратифицированные интрузии**).



# Хибинский массив

план



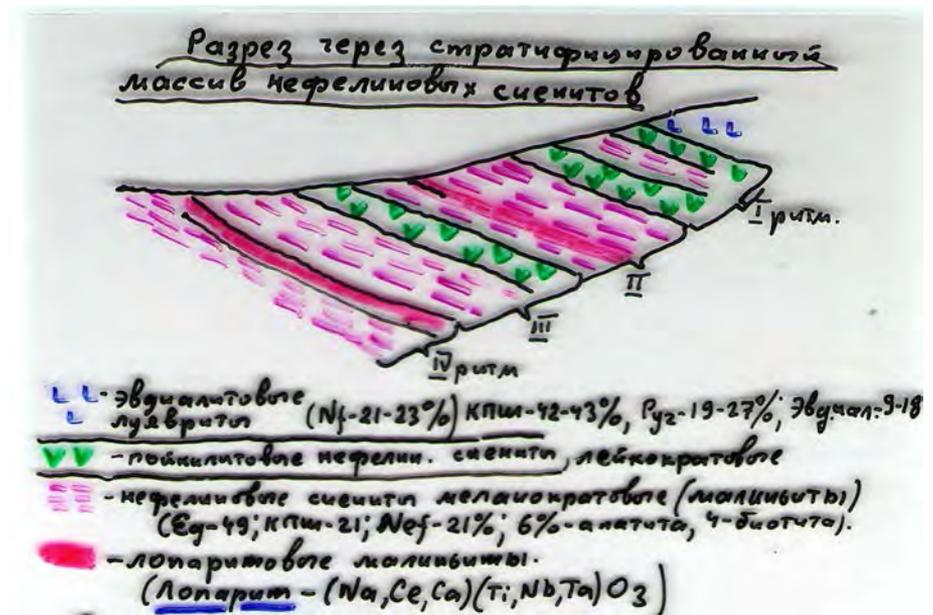
Концентрация некоторых элементов в обогащенной апатитовой фракции составляет:

$\text{SrO}_2$  – 5,8%

$\text{TR}_2\text{O}_3$  – 4,9%

**Это комплексные апатит-нефелиновые руды.**

В этом же комплексе известны собственные циркониевые и тантало-ниобиевые месторождения.



## **Существует несколько точек зрения на образование стратифицированных интрузивных комплексов:**

1. Ликвационное расслоение магмы на глубине с последовательной инъекцией расплавов разного состава.
2. Ликвационная или кристаллизационная дифференциация на глубине и одноактное внедрение магмы.
3. Ликвационная дифференциация рудоносных магм на месте залегания массивов со стратификацией вещества при кристаллизации.
4. Метасоматическая природа стратифицированных толщ.

Стратификация характерна не только для **щелочных**, но и для **габбро-пироксенитовых комплексов** (Бушвельдский массив).



Массив г. Патын (Кузнецкий Алатау).

Месторождения **хромитов** залегают в **ультраосновных** породах (Сарановское месторождение, Урал).

**Титаномагнетитовые** месторождения залегают в **дифференцированных породах основного состава** (Кусинское, Качканарское, Урал, Патынское, Восточный Саян).

# Ликвационные месторождения

Типичными месторождениями являются **Cu-Ni** с **Pt, Co, Au, Ag** и др. месторождения Норильского района, Сёдбери (Канада), Риф Меренского в Бушвельдском массиве (ЮАР) и др.

Месторождения образуются только на активизированных платформах.

Рудоносными интрузиями являются породы габбрового состава, **входящие в состав длительно развивающихся магматических комплексов.**

История формирования месторождений:

1. Формируются осадочно-вулканогенные породы
2. Внедряются рудоносные габбро, габбро-диабазы. Происходит ликвация, формирование сульфидных залежей
3. Внедряются дайки базальтоидов, которые могут перекристаллизовывать руду.



Способностью к ликвации на сульфидную и силикатную составляющие обладают не все магмы, а только те, в которых соблюдаются определенные соотношения:

1. Сульфидная составляющая магмы начинает отделяться при содержании  $S=0,01\%$  и  $Cu=0,02\%$

2. Ликвируют те магмы, которые богаты Mg и Fe, но бедны  $SiO_2$

Присутствие Fe повышает растворимость сульфидов в магме. Когда Fe связывается с Mg в оливине  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ , то происходит отделение сульфидной составляющей.

Никеленосные интрузии можно рассматривать как продукты **разделения хондритового вещества мантии**. На это указывает и изотопный состав **S** в большинстве **Cu-Ni месторождений** (за исключением Норильского района).

$\delta S^{34}$  = от +0,23 до - 0,26 Это соответствует  $\delta S^{34}$  метеоритов.

В Норильском районе  $\delta S^{34} = +0,82 \div 13,09$ . Это связано с ассимиляцией серы ангидритсодержащих и карбонатсодержащих пород

## Геологическое строение Талнахской рудноносной интрузии.



- Процесс ликвации в магматический этап происходит в несколько стадий:
  1. Отделение сульфидной жидкости
  2. Кристаллизация силикатов. Сульфиды в жидком состоянии.
  3. Кристаллизация сульфидов (600-800°C)
  4. Процесс сульфуризации и инъекции сульфидных расплавов в трещины. При этом рудный расплав эволюционировал к водному сульфидсодержащему раствору, из которых впоследствии происходит отложение борнит-миллеритовых руд.
  5. Кристаллизация сульфидного расплава начинается с пирротинового твердого раствора, затем выделяется пентландит и халькопирит.

# Сёдбери

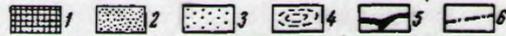
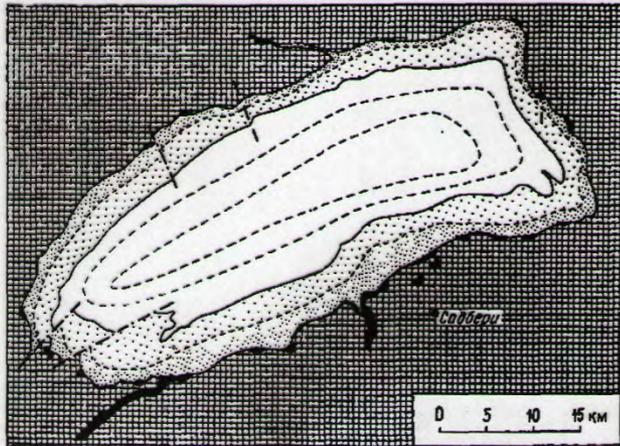
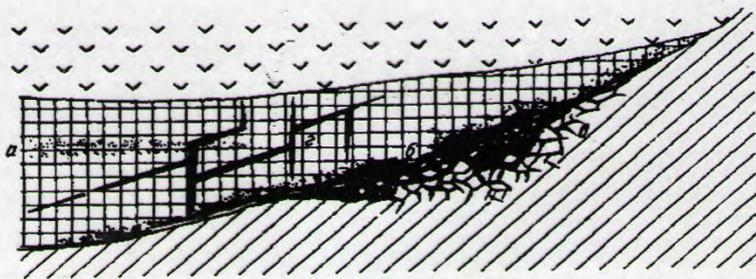


Схема геологического строения рудоносного лополита Садбери в Канаде. По П.

Колеману.

1 — нижнегуронские и лавэнтэвские подстилающие породы подошвы; 2 — габбро; 3 — нориты; 4 — верхнегуронские вулканогенно-осадочные породы кровли; 5 — сульфидные месторождения; 6 — тектонические нарушения



Принципиальная схема размещения рудных тел сульфидных медно-никелевых месторождений:

a — висячие вкрапленные руды; b — донные залежи; v — приконтактные брекчиевые руды; z — жилы; породы: 1 — подстилающие, 2 — перекрывающие, 3 — вмещающие