

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/м³.

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

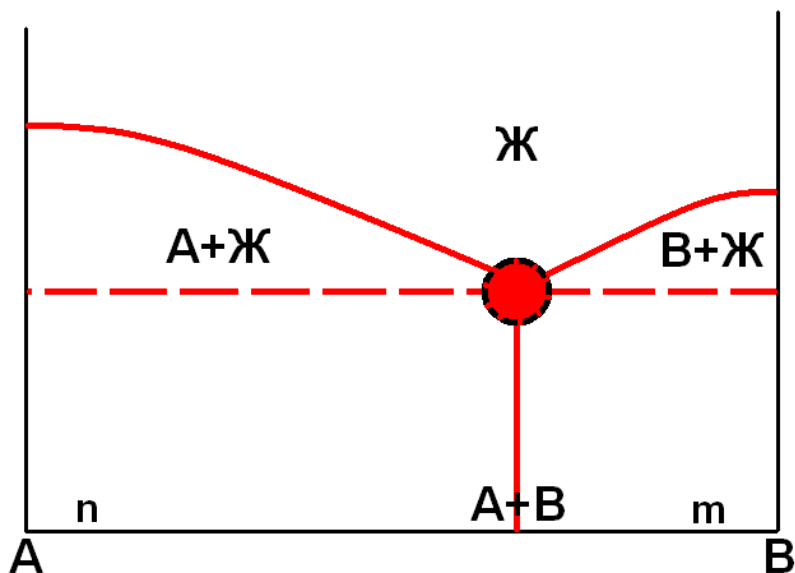
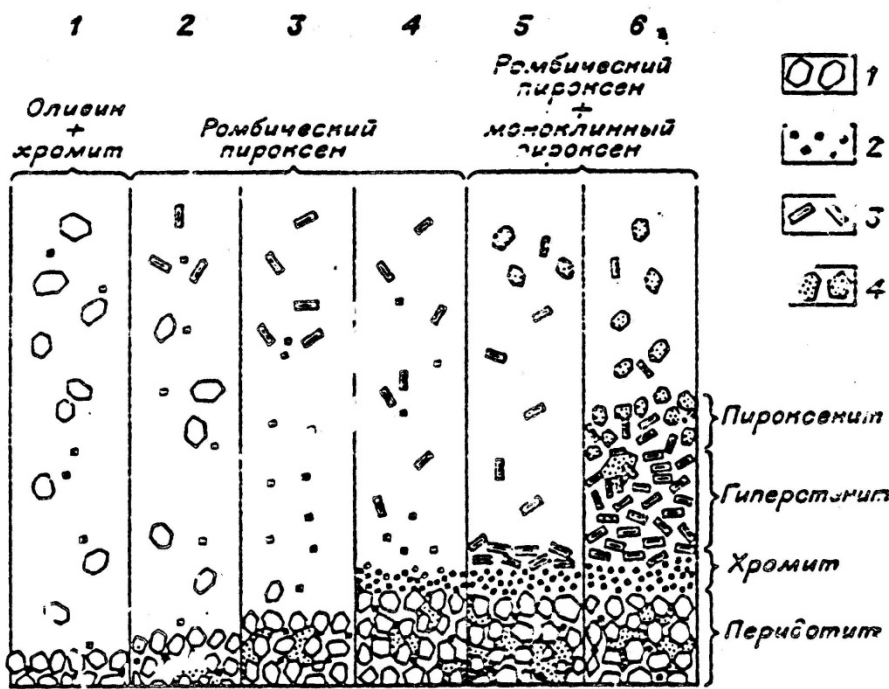


Диаграмма системы 2х компонентов, застывающей с образованием эвтектики (по А.Н. Заварницкому)

Стадии
мне 12.17-
обр 11.19.-
н.д

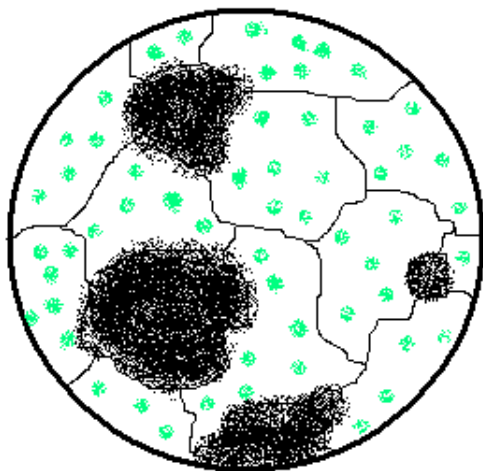


Расплав
+
кристаллы

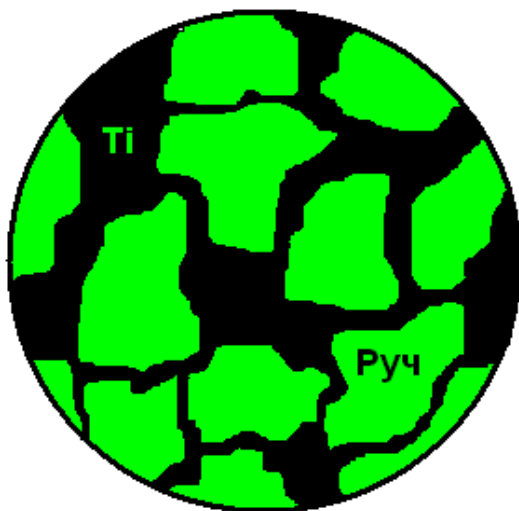
они
мед-
лю-
пр-

Пироксенит
Гиперстезит
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 жилообразные 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

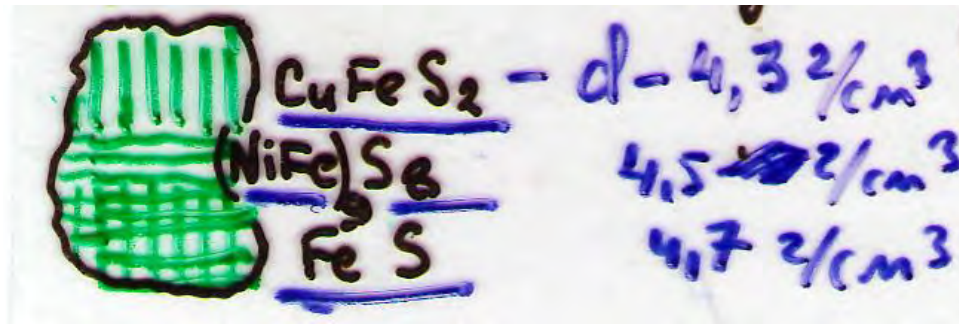
Liquatio – разделение жидкости на две несмешивающиеся составляющие. Например, установлено разделение магмы на **силикатную** и **сульфидную** составляющие, в дальнейшем кристаллизующиеся по своим законам, образуя **породы** и **руды**.



| 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:

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

Месторождения Бушвельдского массива (ЮАР)



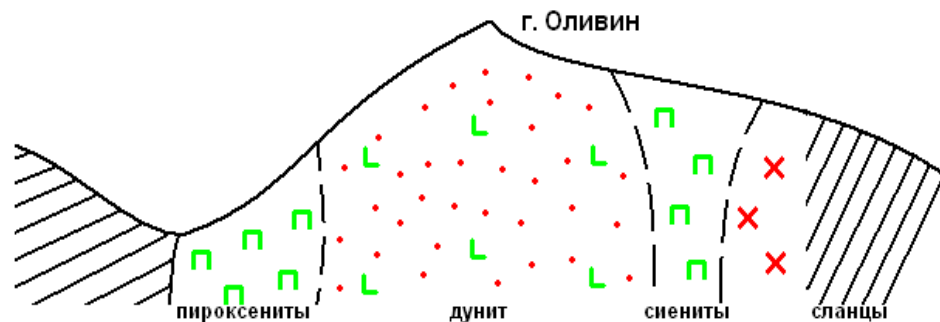
Содержание Pt от 1,5 до 1650 г/т в оливиновых породах (гортонолиты). Размер от 0,1 до 1 мм.

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.

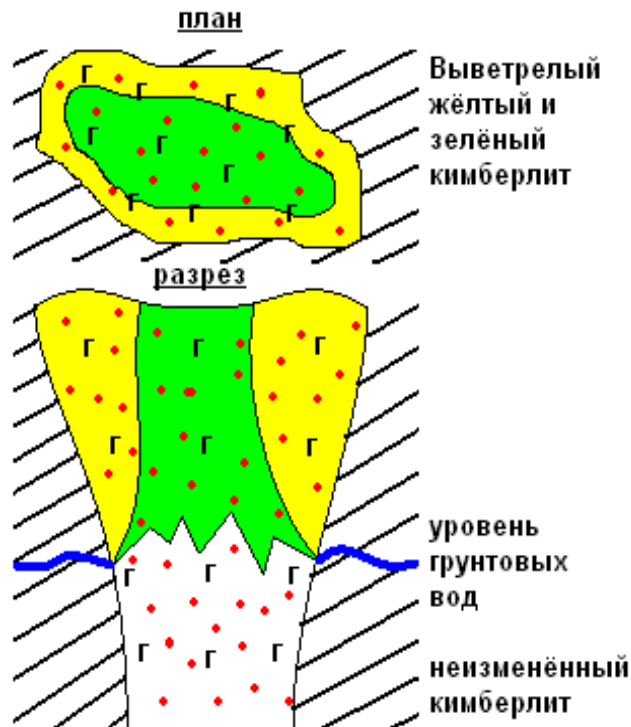
Алмазоносные кимберлиты

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.

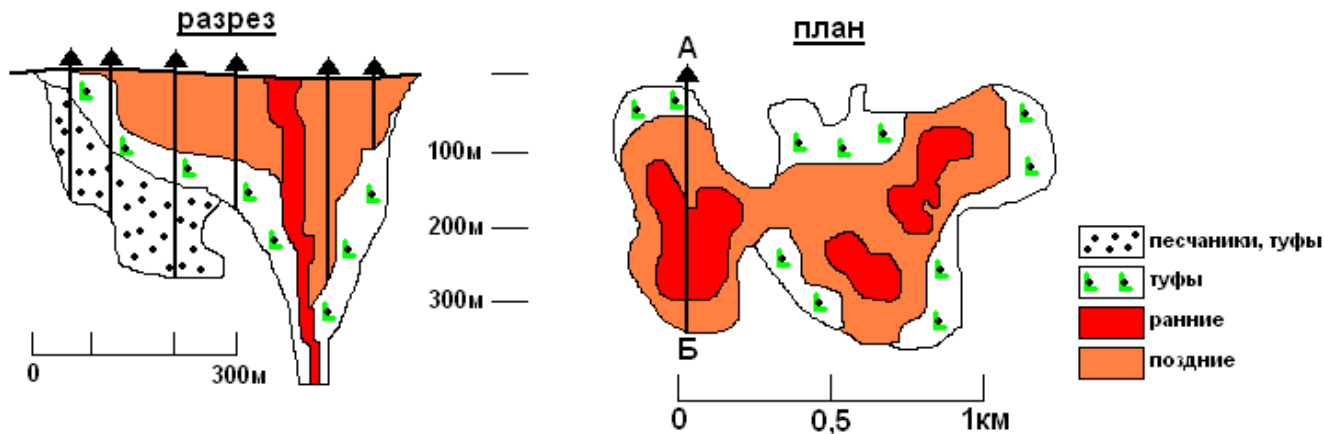
В Якутии алмазоносными являются эксплозивные фации кимберлитов. Fe = 7,33%, K = 0,36%, малое содержание Al_2O_3 , TiO_2 (1,36%). Мантийных включений 21 – 43%.



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, пироба, 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 ₂ | 42,6 | 35,2 | 27,9 |
| TiO ₂ | 3,43 | 2,32 | 1,67 |
| Al ₂ O ₂ | 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 ₂ O | 0,52 | 0,32 | 0,23 |
| K ₂ O | 4,45 | 0,98 | 0,80 |
| P ₂ O ₅ | 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 H₂O. 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“

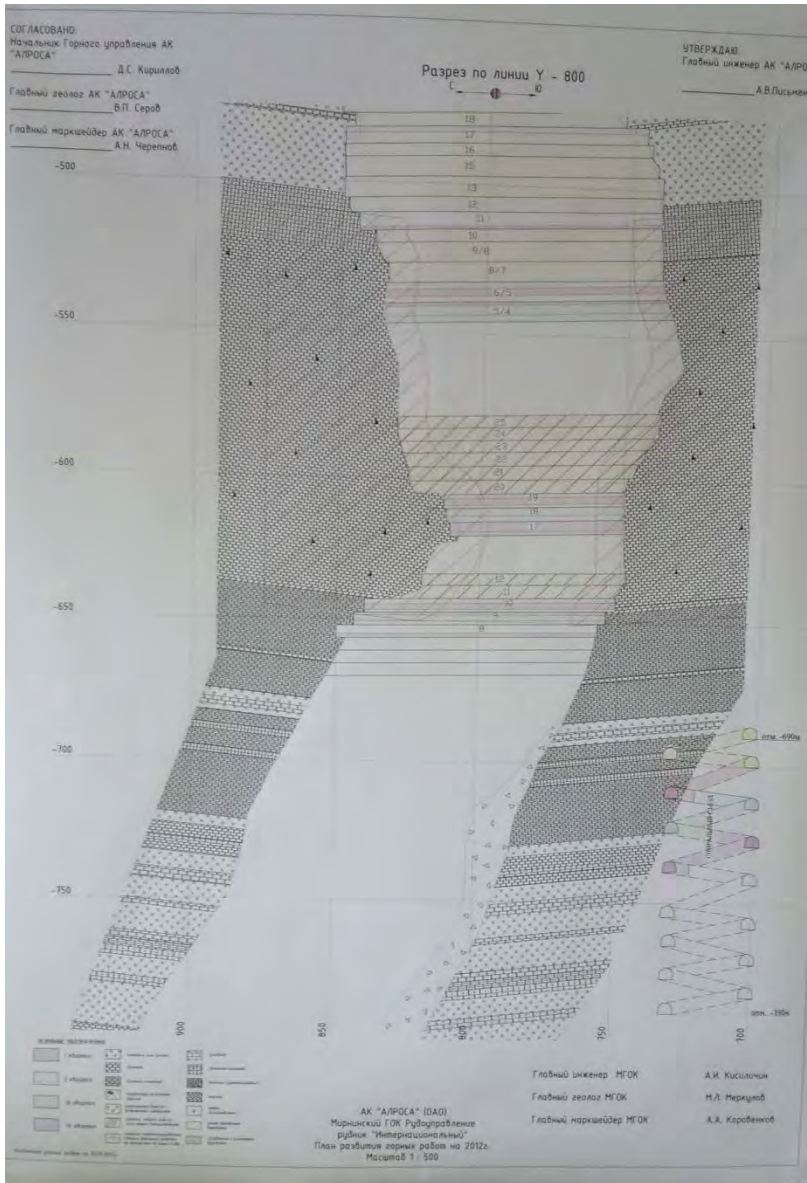
• **11.06.1957** г. образован карьер „Мир“

• **12** января **1958** г. Б.П.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.



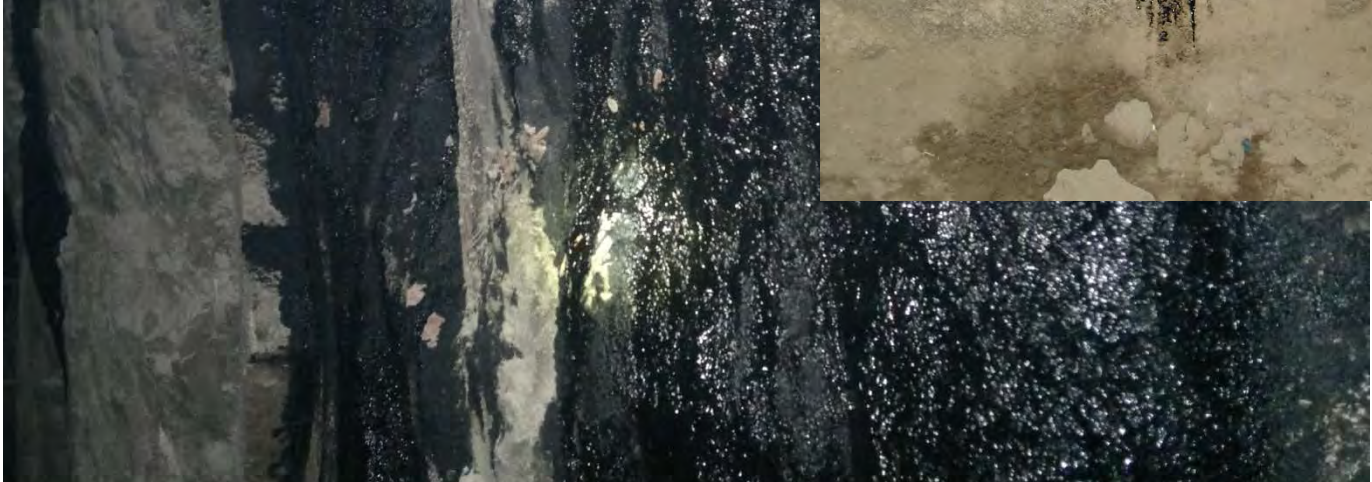
Трубка МИР

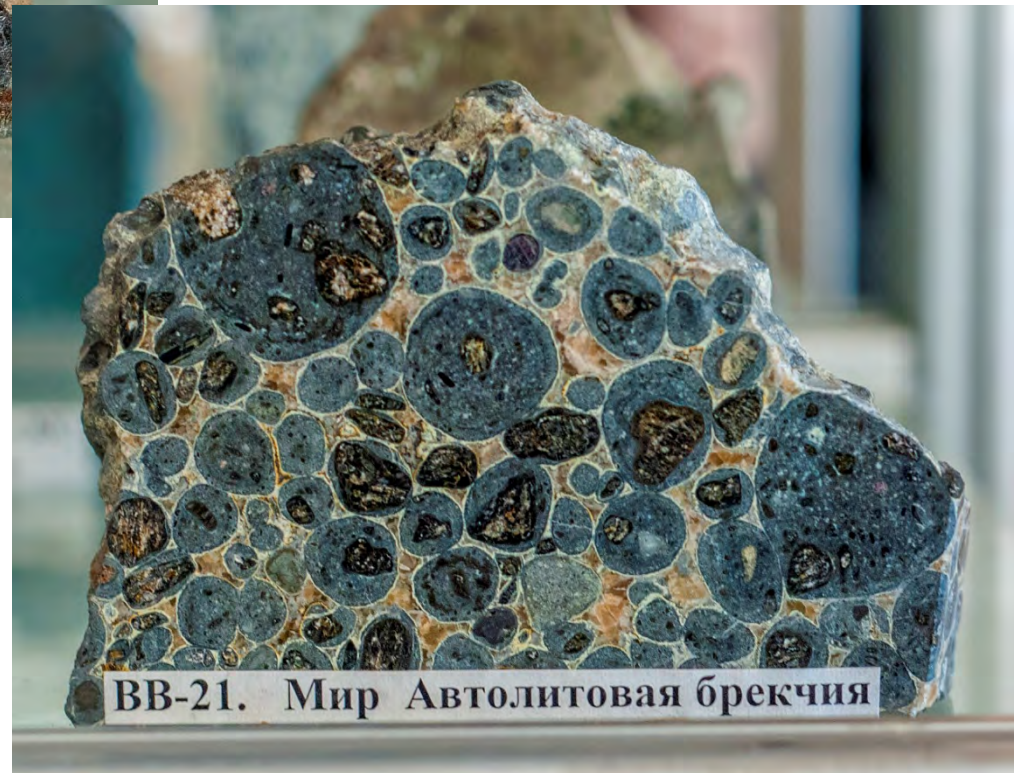


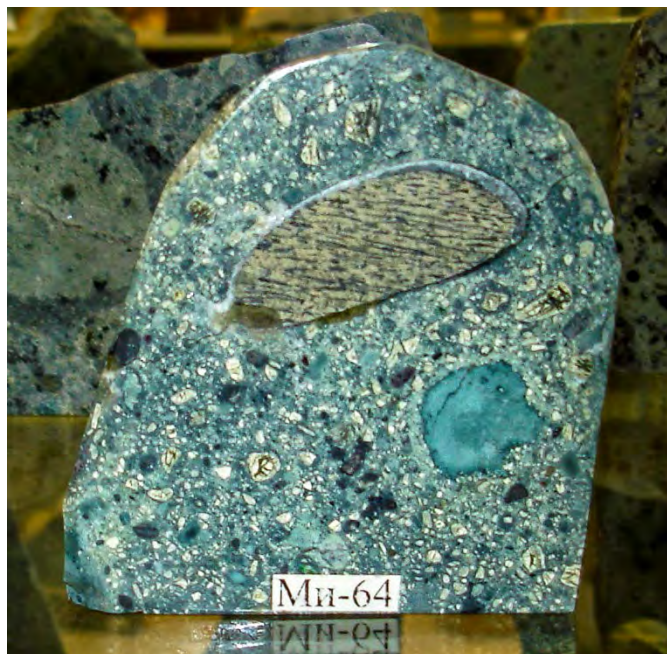
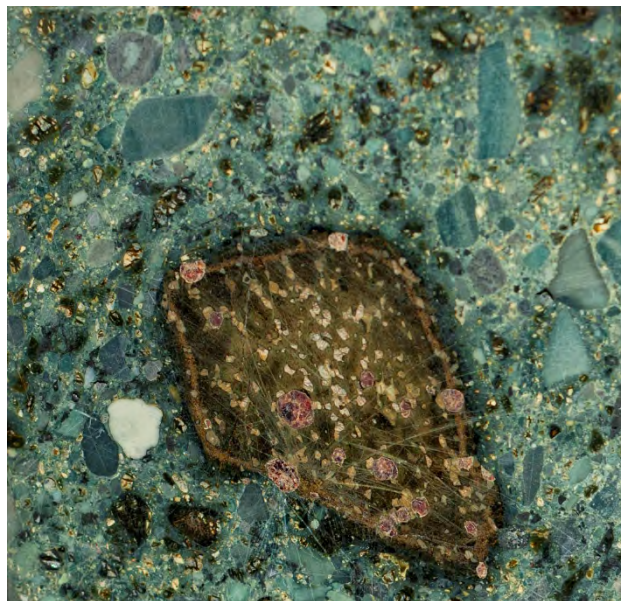
















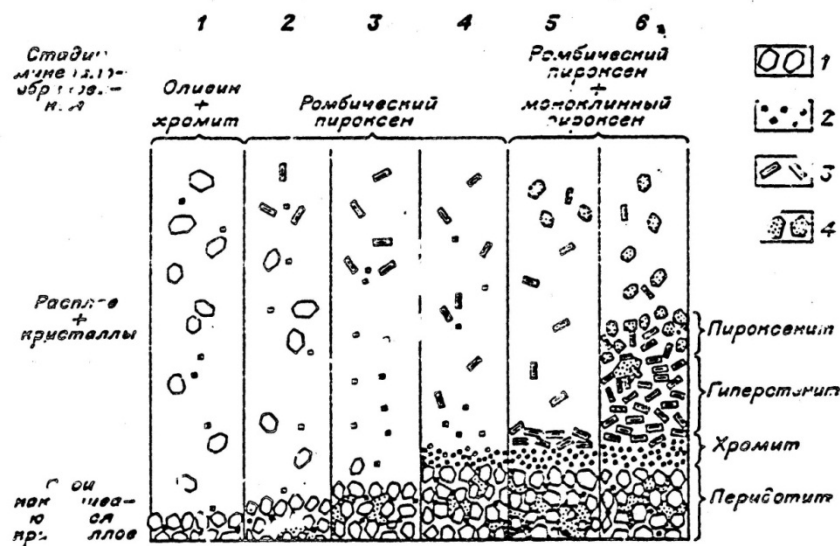
Позднекристаллизационные месторождения

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



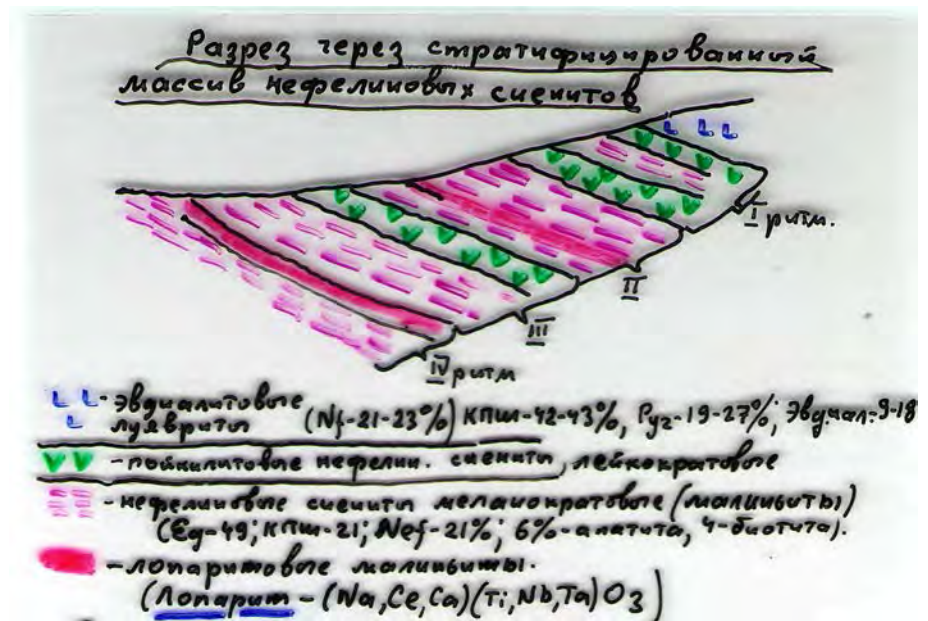
Концентрация некоторых элементов в обогащенной апатитовой фракции составляет:

SrO_2 – 5,8%

TR_2O_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

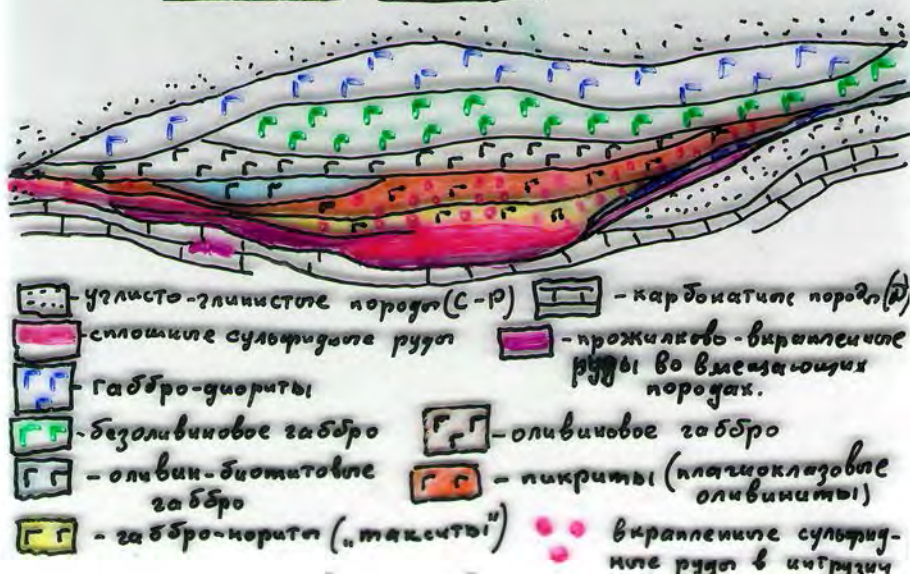
Присутствие Fe повышает растворимость сульфидов в магме. Когда Fe связывается с Mg в оливине $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$, то происходит отделение сульфидной составляющей.

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).

δS^{34} = от +0,23 до - 0,26 Это соответствует δS^{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

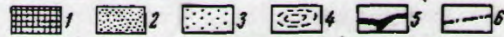
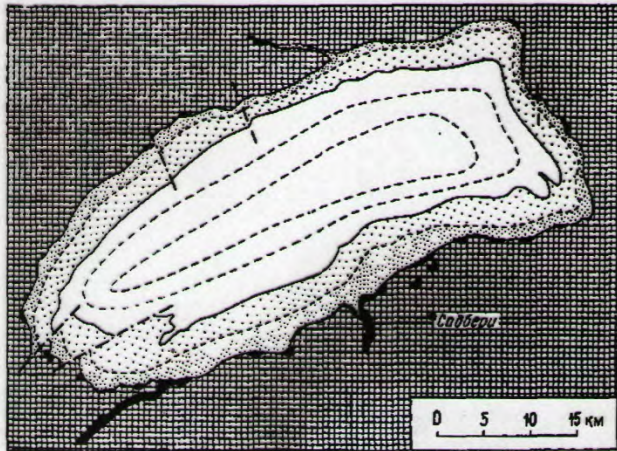
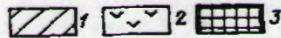
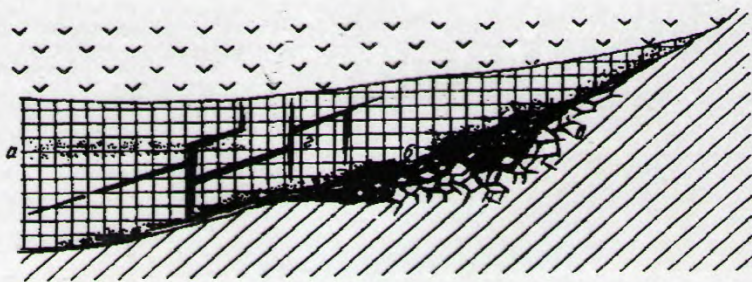


Схема геологического строения рудоносного лополита Садбери в Канаде. По П.

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:

а — висячие вкрапленные руды; б — донные залежи в — приконтактные брекчиевые руды; г — жилы; породы: 1 — подстилающие, 2 — перекрывающие, 3 — вмещающие