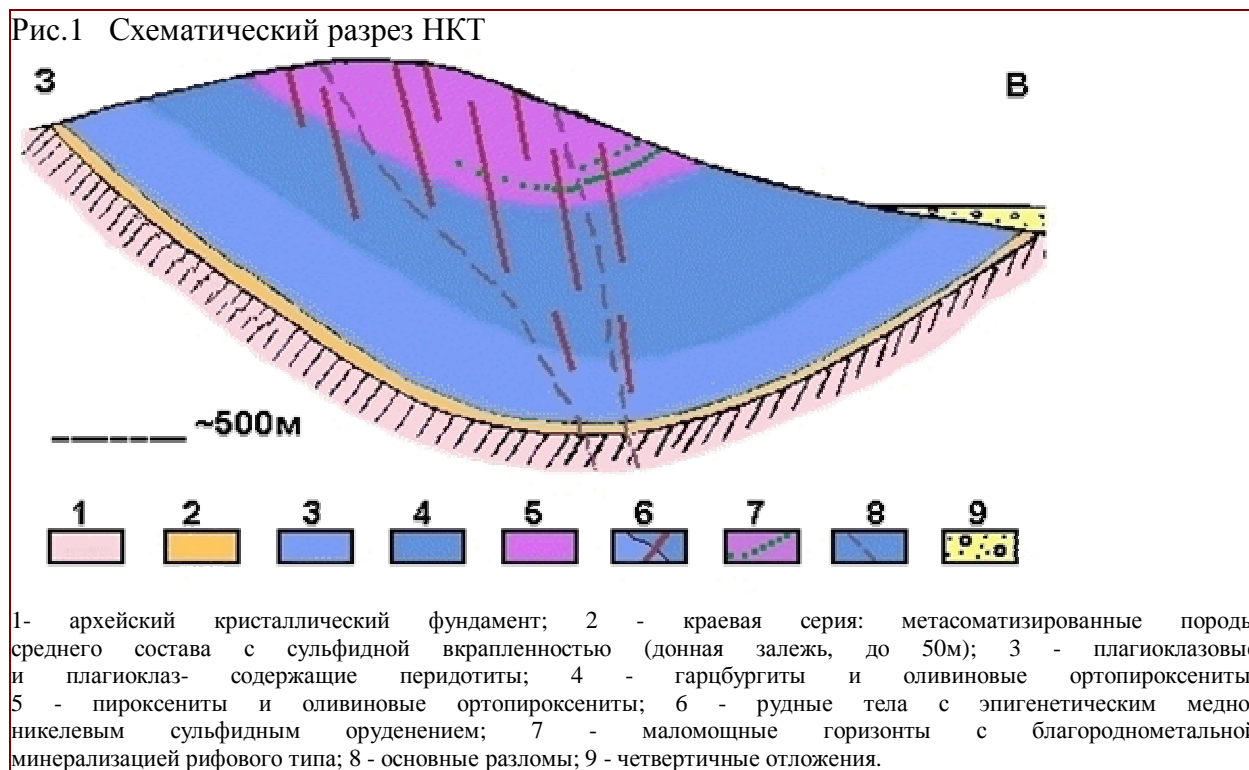


В.В.Кнауф, А.С.Галкин

## МПП в разрезе НКТ - меридиональной ветви Мончегорского плутона (Кольский полуостров)

### Введение

Меридиональная ветвь Мончегорского плутона (НКТ) получила свое название по сопкам Ниттис, Кумужья и Травяная, на которых на дневную поверхность выходит перидотит-пироксенитовая часть разреза Мончегорского плутона. Генерализованный схематический разрез НКТ приведен на рисунке 1.



Благороднометаллическая (БМ) минерализация в большей или меньшей степени была изучена по разрезам более чем 20 скважин, однако, наиболее всесторонняя и полная информация получена по опорной скважине М17, вскрывающей разрез НКТ от основания толщи пироксенитов до кристаллических пород архейского основания (мощность по буровым этикеткам ~550м). Разрез по скважине изучен очень детально: все петрографические разновидности пород, обнаруженные в керне скважины (включая прослои 10-20см и зоны с Cu-Ni рудами), выделены и задокументированы при визуальном описании керна, охарактеризованы минераграфически и петрографически, для каждого выделенного слоя-горизонта произведено определение Pt, Pd и Au атомно-абсорбционным методом с предварительным гравитационным концентрированием (обработано всего - более 1200 проб. Подробнее об анализе см. раздел "[Технология](#)").

Для выяснения характера БМ минерализации в различных частях разреза НКТ обработано около 200 проб, причем цели минералогических работ на БМ были разными: выяснение "фоновой минералогии БМ" (минералогические работы с чувствительностью по фазовым эквивалентам концентраций (ФЭК) от 0.05г/т), минералогическая заверка повышенных и аномальных концентраций БМ (ФЭК ~0.3 - п\*1г/т) и работы по определению технологических свойств различных типов потенциальных БМ руд на предмет оценки их по параметрам (минеральная форма БМ) : (рассеянная форма БМ) и для БМ в минеральной форме - по характеру поэлементно-поминерального распределения БМ по гранулометрическим классам. (Подробнее о метрологии, технологии и видах минералогических работ смотри в разделе "[Технология](#)", а также "[Обогащение МПП...](#)"). Весь комплекс аналитических работ был выполнен в течение полутора лет.

## Минералогия

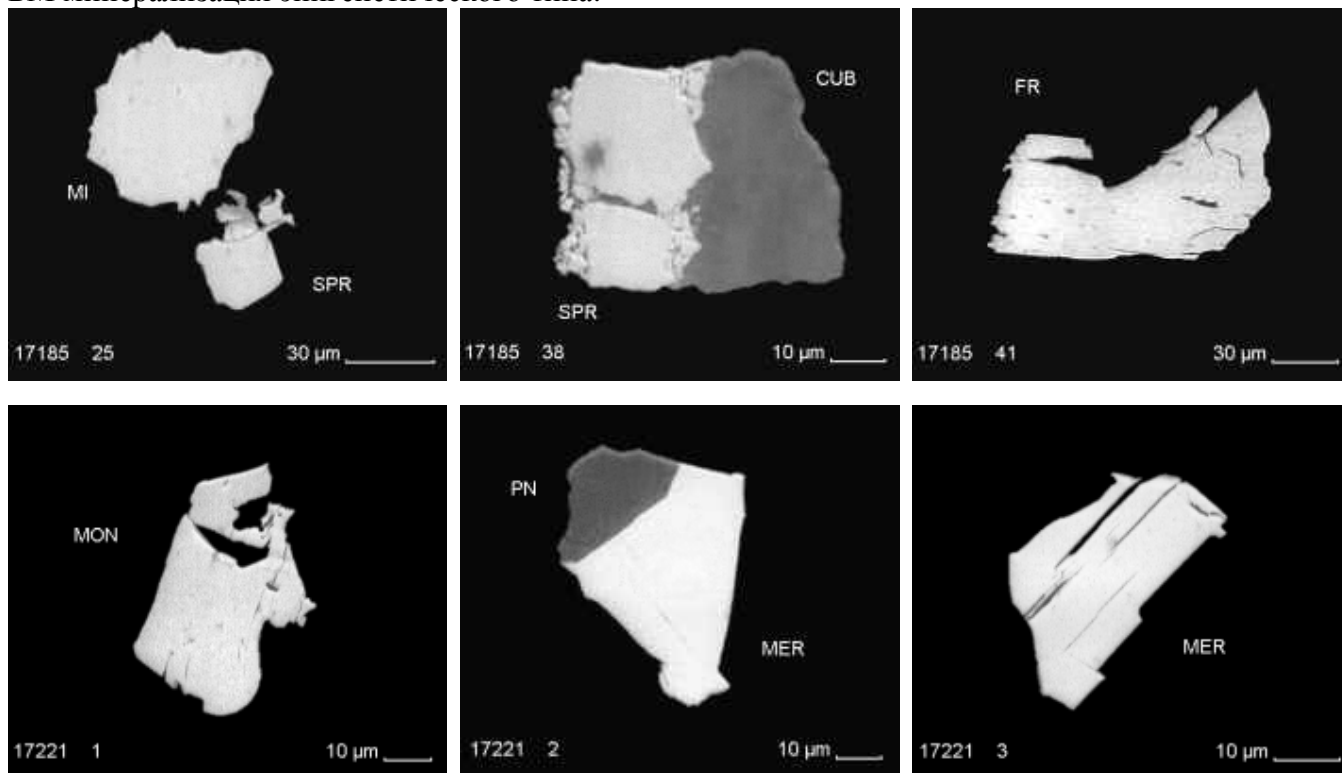
Анализ полученных минералогических данных позволяет выделить три основных типа БМ минерализации в разрезе НКТ. Два из них могут быть отнесены ко времени кристаллизации основной массы пород НКТ и времени формирования расслоенной структуры плутона (сингенетические, кристаллизационные типы БМ минерализации), а третий тип БМ минерализации оторван от времени кристаллизации плутона и обусловлен более поздними термальными процессами, приводящими к перераспределению БМ и формированию геологических тел, секущих расслоенную структуру НКТ, часто в ассоциации с медно-никелевой сульфидной минерализацией (эпигенетический тип БМ минерализации).

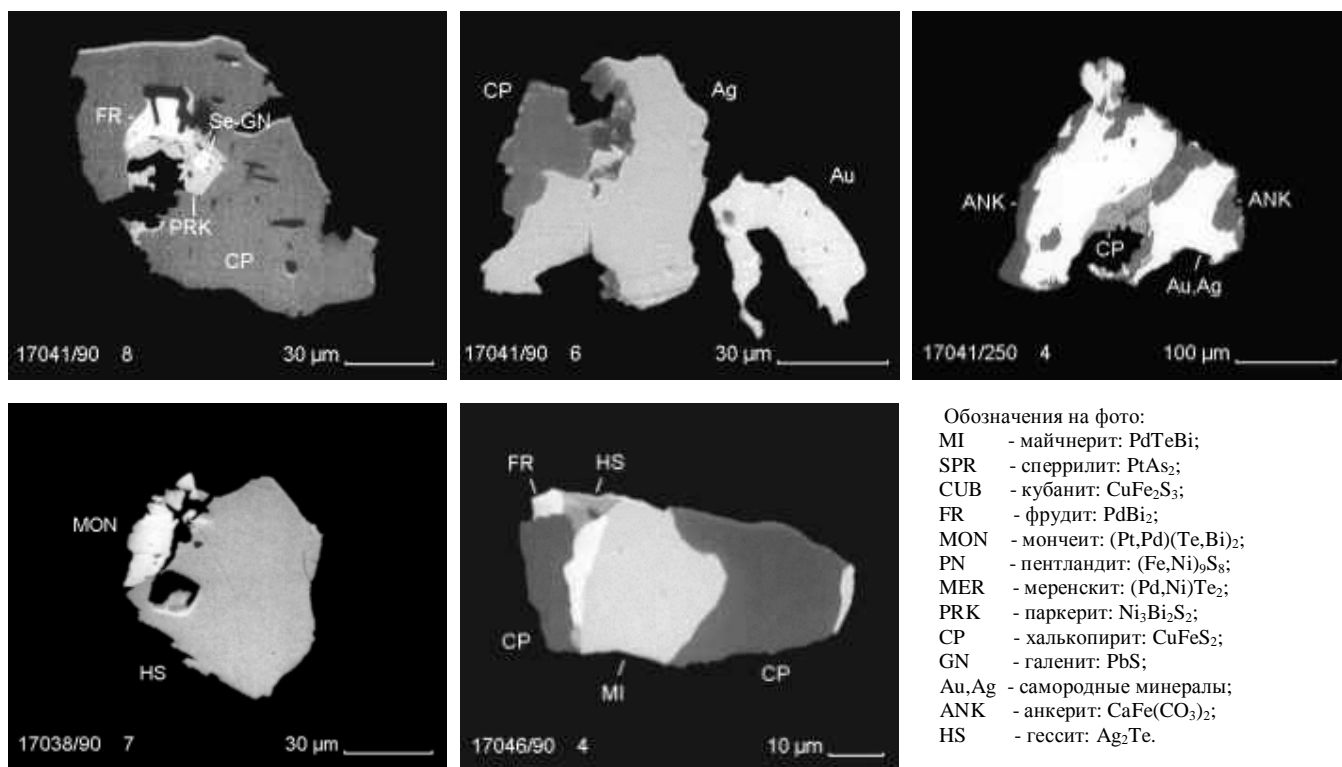
Среди двух сингенетических типов выделим БМ минерализацию краевой серии (включая "донную залежь") и БМ минерализацию рифового типа. Первая тесно ассоциирует с вкрапленной сульфидной минерализацией, возникшей как результат термального взаимодействия масс "горячего" плутона с "холодными" вмещающими толщами архея, а БМ минерализация рифового типа обнаружена в нескольких маломощных горизонтах в основании пироксенитовой части разреза НКТ (мощности горизонтов ~0.5м, концентрации Pt+Pd 2.3г/т), причем сульфидная минерализация в этих горизонтах акцессорная: менее 0.05 об.%. (В настоящее время обнаружена, но еще не изучена БМ минерализация, вероятно, рифового типа в горизонте мощностью около 30м со средним содержанием Pt+Pd 0.8г/т и с пятью интервалами мощностью ~1м с концентрацией более 1.7г/т).

Для эпигенетической БМ минерализации характерны минералы Pt и Pd со стехиометрией 1 : 2 и анионами Bi+Te: мончеит -  $(Pt,Pd)(Te,Bi)_2$ , майчнерит -  $PdTeBi$ , фрудит -  $PdBi_2$ , меренскит -  $(Pd,Pt,Ni)(Te,Bi)_2$ . Из арсенидов характерен только сперрилит -  $PtAs_2$ . Эпизодически отмечаются соболевскит -  $Pd(Bi,Te)$  и высоцкит  $(Pd,Ni)S$ . Золото и серебро - типичны для этого типа БМ минерализации: золото присутствует в самородной форме (золото, электрум), а для серебра наиболее характерен гессит ( $Ag_2Te$ ), однако, встречается и самородное серебро. Подчеркнем, что золото и серебро могут выступать в качестве ведущих минералов БМ и встречаться даже в ассоциации с актинолитом-тремолитом, карбонатами и хлоритом, подчеркивая эпигенетический (гидротермально-метасоматический) генезис БМ минерализации этого типа.

Эпигенетический тип БМ минерализации тесно ассоциирует с медно-никелевым оруденением и значительная часть Pd (в меньшей степени Pt) заключена не в собственных минералах БМ, а в виде изоморфной примеси в сульфидах Cu и Ni.

БМ минерализация эпигенетического типа:

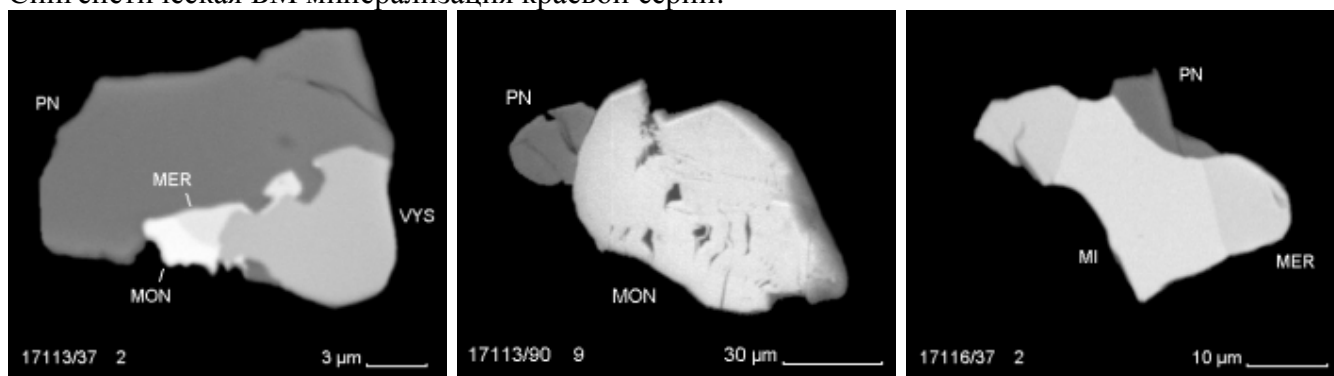


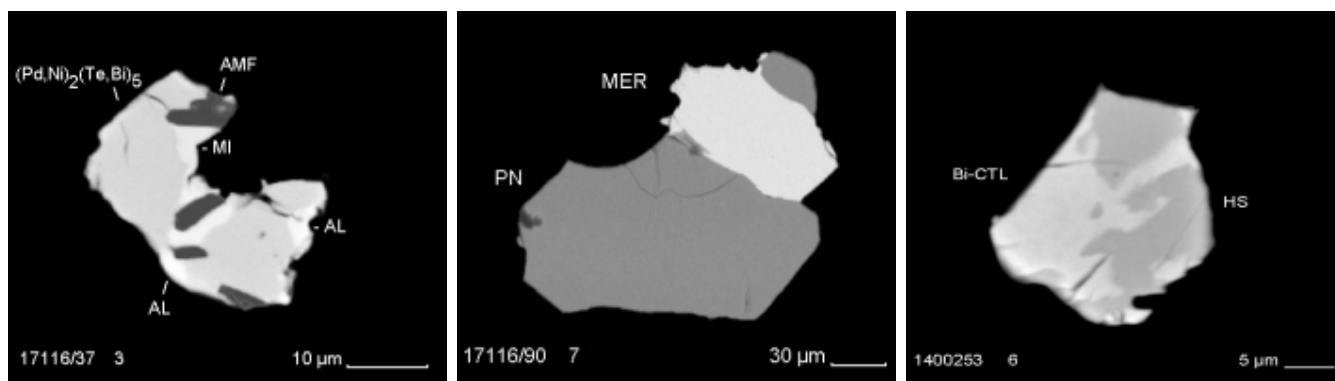


Сингенетическая БМ минерализация краевой серии (включая донную залежь) не имеет очень ярких и однозначных отличий от эпигенетической БМ минерализации, что объясняется тем, что этот тип БМ минерализации локализован в основании разреза Мончегорского плутона и в наибольшей степени был подвержен эпигенетическим термальным воздействиям, преобразовавшим и сформировавшим вторичный, эпигенетический тип БМ минерализации.

Однако, некоторые отличительные черты следует отметить. Прежде всего следует указать на то, что среди минералов Pd и Pt статистически преобладают теллуриды и подчиненное значение в составе анионов имеет висмут, хотя стехиометрия БМ минералов остается прежней: отношение (катион) : (анион) равно 1 : 2. В этом типе БМ минерализации среди минералов БМ резко преобладают мончеит - PtTe<sub>2</sub> и меренскит - PdTe<sub>2</sub>, хотя систематически отмечается и майчнерит - PdTeBi. Сперриллит не столь характерен (но встречается) и практически вся платина заключена в мончеите, что является одной из отличительных черт БМ минерализации краевой серии. Такая БМ минерализация очень характерна для разреза по скважине М17, однако, данные по другим скважинам позволяют расширить список типичных минералов БМ и добавить высокоцит - (Pd,Ni)S (VYS), иногда замещающий брэггит (Pt,Pd,Ni)S (BR), и котульскит PdTe (CTL) - относительно высокотемпературный теллурид палладия со стехиометрией 1:1.

Сингенетическая БМ минерализация краевой серии:

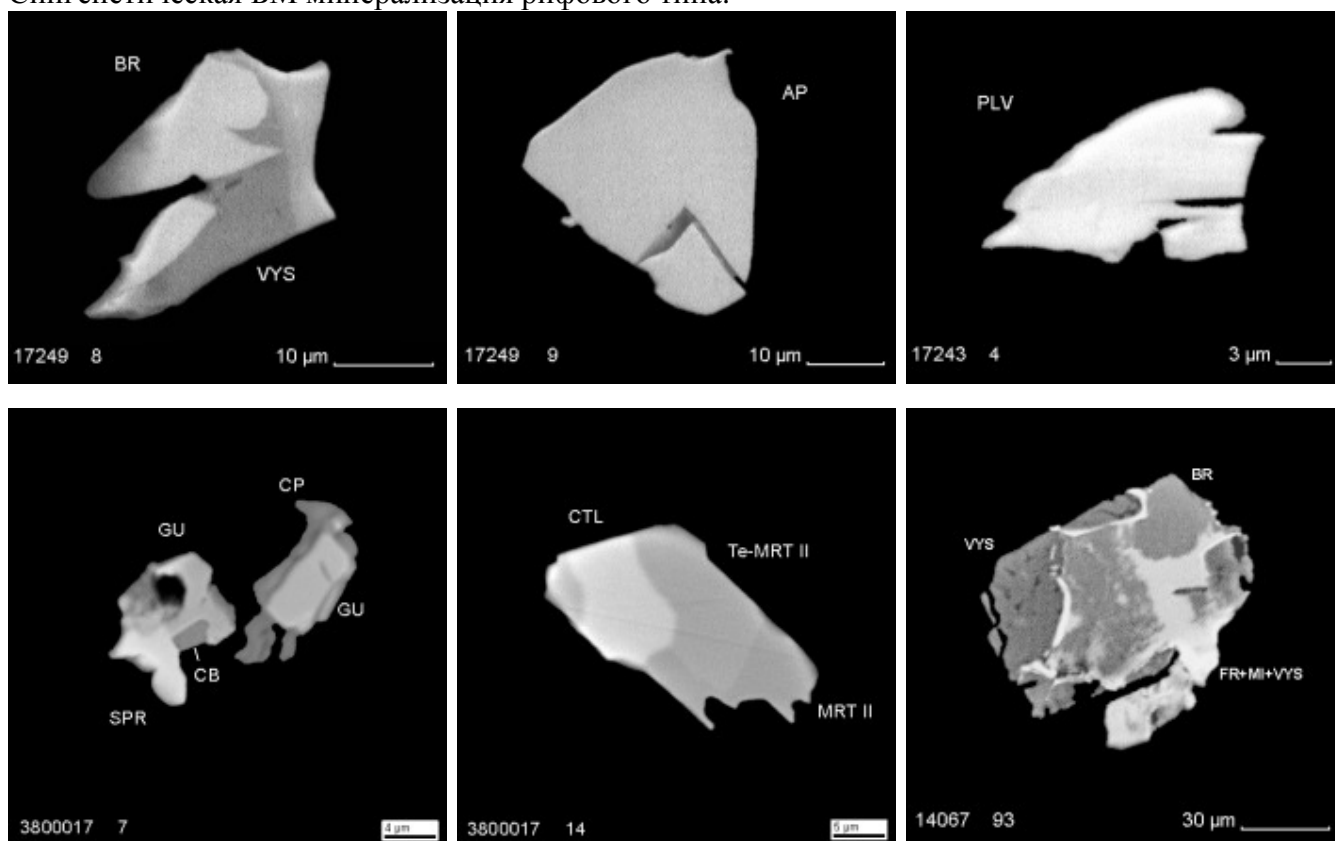


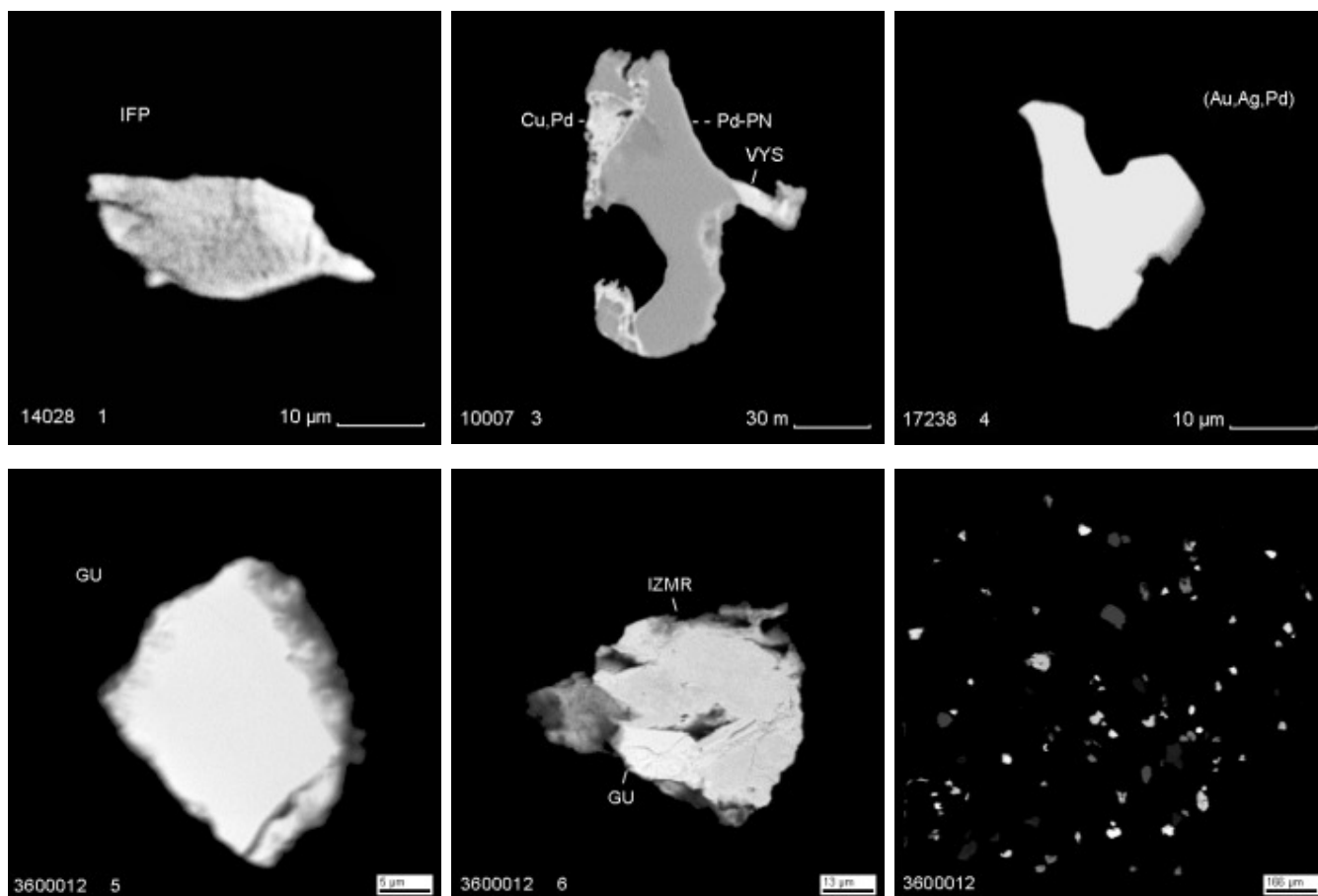


Сингенетическая БМ минерализация рифового типа обнаружена в основании пироксенитовой части разреза НКТ, но это не означает, что она не может быть встречена и в ассоциации с габброидами, которые, по устоявшимся представлениям, занимают еще более высокое положение в обобщенном теоретическом разрезе расслоенных комплексов.

БМ минерализация рифового типа имеет яркие отличия от эпигенетической БМ минерализации, несмотря на то, что присутствие более поздней эпигенетической БМ минерализации почти всегда можно обнаружить. Типичными минералами Pd и Pt являются: сульфиды (брэггит -  $(Pt,Pd,Ni)S$ , высокоцит -  $(Pd,Pt,Ni)S$ ), арсениды (арсенопалладинит -  $Pd_8(As,Sb)_3$ , палладоарсенид -  $Pd_2As$ , гуанглинит -  $Pd_3As$ , сперрилит,) арсениды-антимониды (мертиит I и II, изомертиит, палладобисмутарсенид -  $Pd_2(As,Bi)$ , ферроплатина (часто в ассоциации с самородными фазами Cu, Zn, Fe, Sn, Pb, Sb), теллуриды со стехиометрией 1:1. Редко, но встречаются станиды (атокит -  $(Pd,Pt)_3Sn$ , паоловит -  $Pd_2Sn$ ).

Сингенетическая БМ минерализация рифового типа:





Сокращения на фото: BR - брэггит, VYS - высокоцит, AP - арсенопалладинит, PLV - паоловит, GU - гуанглинит, SPR - сперрилит, CP - халькопирит, CB - кобальтин, CTL - котульскит, MRT - мертиит, FR - фрудит, MI - майчнерит, IFP - ферроплатина, PN - пентландит, IZMR - изомертиит, Cu,Pd,Au,Ag - самородные минералы и интерметаллиды.

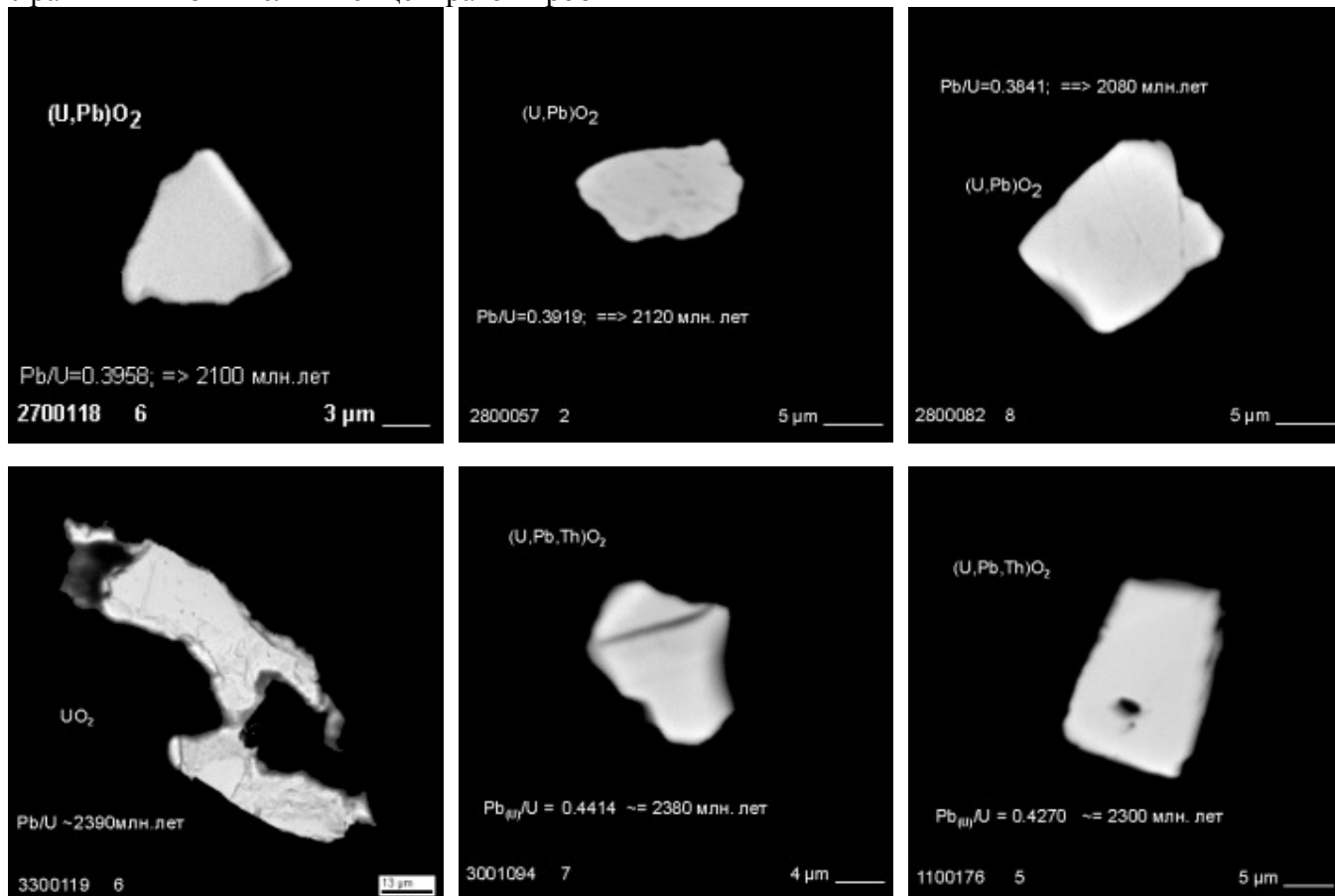
БМ минерализация рифового типа не связана с эпигенетической сульфидной: сульфиды присутствуют, но в качестве аксессуарных минералов. После дальнейшего изучения может оказаться более вероятной ассоциация БМ минералов с аксессуарными самородными минералами и оксидами: магнетитом и хромитом.

Важной особенностью БМ минерализации рифового типа является то, что, судя по предварительным данным, основная часть благородных металлов находится в собственных минералах (в минеральной форме), что делает этот тип минерализации перспективным для выделения минералов БМ в собственный концентрат в обогащательном процессе, если будут обнаружены рудные тела с промышленным оруденением. Гравитационный концентрат пробы 3600012 показан на фотографии, где минералы с высокой и средней яркостью - минералы благородных металлов. (При просмотре полного изображения оксиды Fe-Cr самые темные и едва различимы).

## Заключение

Принятая технология минералогических работ с выделением и изучением гравиконцентратов в исследуемых пробах позволяет получить предварительные данные о возрасте минерализации: в тяжелых концентратах проб кроме минералов благородных металлов иногда обнаруживается уранинит  $(U,Pb)O_2$ , в котором присутствуют значимые количества свинца. Исходя из предположения, что весь свинец в минеральном зерне образован в результате радиоактивного распада урана можно по отношению свинца к урану определить модельный возраст образования уранинита (последнего этапа перекристаллизации породы).

## Ураниниты из тяжелых концентратов проб



После накопления статистики определения возраста по уранинитам обнаружилось, что наиболее часто возрастные датировки группируются в интервалах 2.3-2.5 и 1.9-2.1 миллиарда лет. Как принимается многими исследователями, возраст формирования Мончегорского плутона составляет 2.45 млрд. лет, поэтому, по отношению к БМ минерализации естественно сделать предположение, что сингенетическая БМ минерализация (как краевой серии, так и рифового типа), связана с временем и процессами кристаллизации плутона и отвечает датировке 2.3-2.5 млрд. лет, а эпигенетическая БМ минерализация, парагенетически связанная с более поздними термальными воздействиями и формированием Cu-Ni оруденения, образована в интервале 1.9-2.1 млрд. лет. В заключение подчеркнем, что технология "ррт-минералогия", как инструмент проведения высокочувствительных минералогических работ на благородные металлы вполне применима не только для решения теоретических и генетических задач, но и для вполне производственных целей: для выявления типов БМ минерализации (с присущим каждому из них потенциалу запасов БМ), а также для обнаружения минерализованных зон в мафит-ультрамафитовых комплексах.