

*IX Научные чтения имени
Галины Петровны
Кудрявцевой
МГУ, Москва, 5 марта 2015
года*

**Минеральные ассоциации золота и
платиноидов Гулинского массива
ультраосновных и щелочных пород с
карбонатитами (Полярная Сибирь)**

К.Н. Малич

*Институт геологии и геохимии академика А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург
(dunite@yandex.ru)*

Краткое содержание доклада

- Введение
- Геология и расположение образцов
- Аналитические методы

- Результаты
- Выводы

Введение

Уникальность связанных с Гулинским массивом золото-платиноидных россыпей определяется выявленными минеральными парагенезисами платиноидов и золота, а также значительными прогнозными ресурсами (первые десятки тонн) благородных металлов и, в частности, осмия, соизмеримыми лишь с имеющими промышленную значимость месторождениями Витватерсранда в Южной Африке (*Малич, Лопатин, 1997; Малич и др., 1998 и др.*).

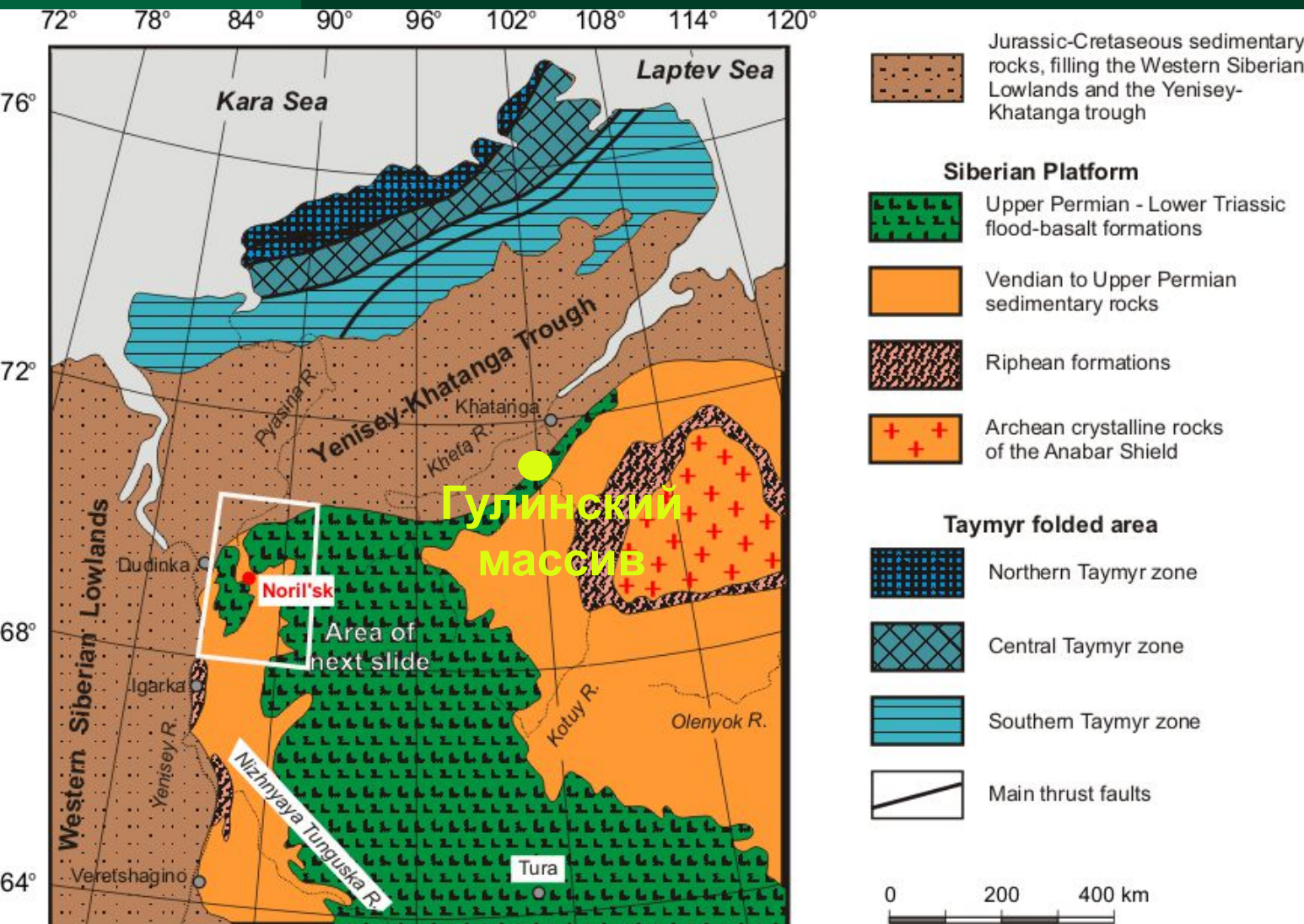
Введение

Ранее было показано, что платиноидная минерализация россыпей Гулинского массива генетически связана с дунитами и хромититами (Малич, Лопатин, 1997 и др.); вопрос о коренном источнике золота оставался **ДИСКУССИОННЫМ**.

Предметом сообщения являются новые данные о необычных минеральных ассоциациях золота и платиноидов и включениях цирконолита в золоте из аллювиальных отложений реки Гулэ.

Также сопоставляется гранулометрический состав минералов платиновой группы (МПГ) и золота из россыпей Гулинского массива.

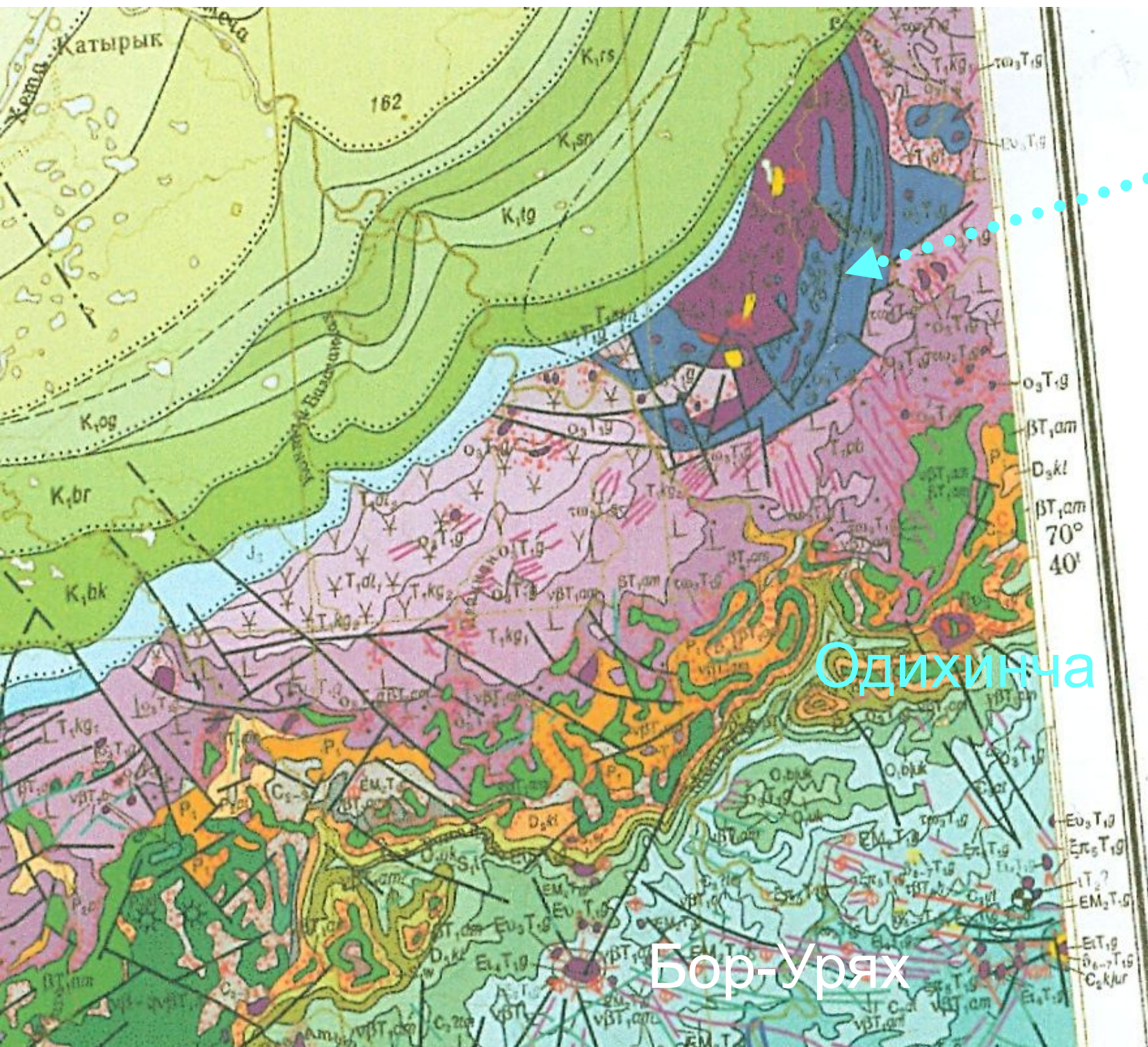
Расположение



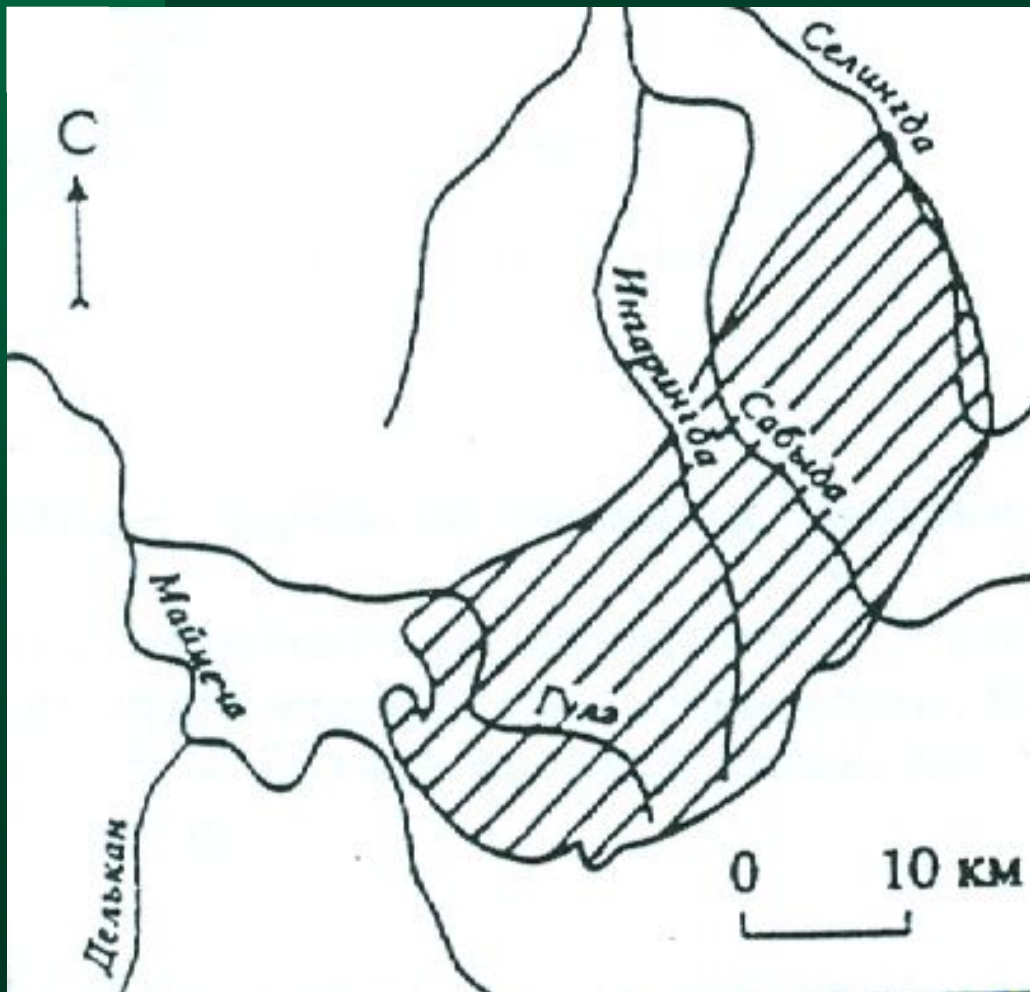
■ Гулинский массив расположен на севере Сибирской платформы и контролируется субмеридиональной Таймыро-Байкальской и субширотной Енисей-Котуйской палеорифтогенными структурами.

Гулинский массив

С юга и востока массив вмещают вулканы поздне-палеозойского-раннемезозойского возраста, с севера и северо-запада массив перекрыт континентально-морскими осадочными юрско-меловыми (J_3-K_1) отложениями

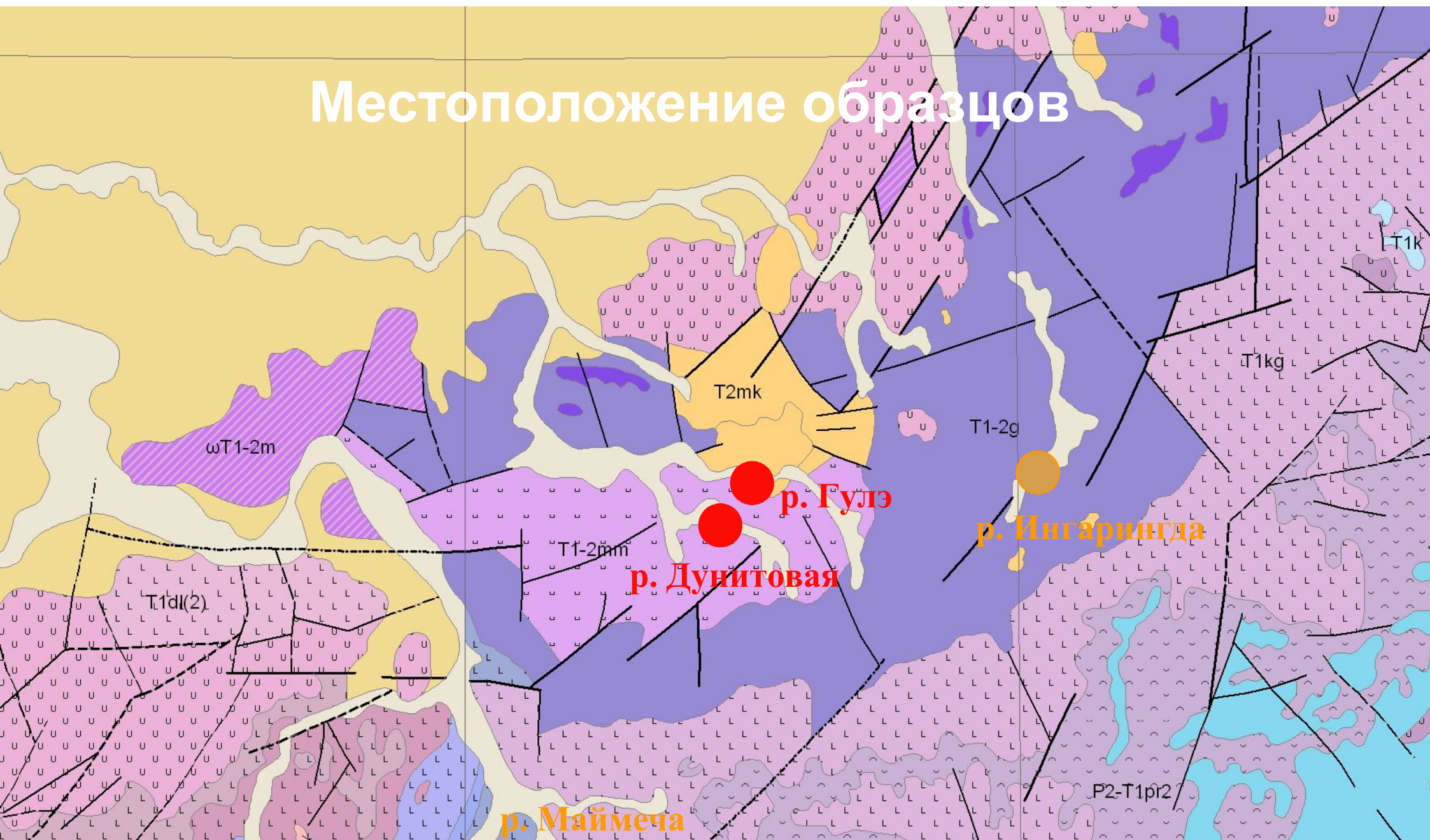


Гидросеть района Гулинского массива



Основными
россыпеобразующими
структурами являются
долины рек и ручьев,
дренирующих
ультраосновные
породы Гулинского
массива

Местоположение образцов



Комплекс современных и верхнечетвертичных аллювиальных отложений рек и их притоков осмиеносны и золотоносны на всем их протяжении. Продуктивны русловые и террасовые пласты. Наибольшее значение имеют пласты террасового комплекса. Минералы платиноидов и золота сосредоточены в песчано-галечниковом глинистом с валунами слое, особенно в его нижней части, достигая наибольших концентраций на границе рыхлых отложений и плотика.

■ ГУЛИНСКИЙ МАССИВ

- ДУНИТЫ
- ХРОМИТИТЫ
- ВЕРЛИТЫ
- КЛИНОПИРОКСЕНИТЫ

- КАРБОНАТИТЫ
- МЕЙМЕЧИТЫ

- ДУНИТЫ
- Os-Ir сплавы преобладают над Pt-Fe сплавами
- Золотая минерализация (Au, AuAg и AuCu)

р. Маймеча

Карбонатиты

Дуниты

р. Гулэ

Дуниты

Истоки р. Ингарингда

Дуниты

Меймечиты

Базальты коготокской свиты

Север

Дуниты

Карбонатиты

Разведочная линия 350

река Гулэ

Место отбора золотой минерализации



Дуниты

Дуниты

Дуниты

Дуниты

Верховья р.
Иггарингда

Место отбора платиноидной минерализации

Гранулометрический состав МПГ и золота

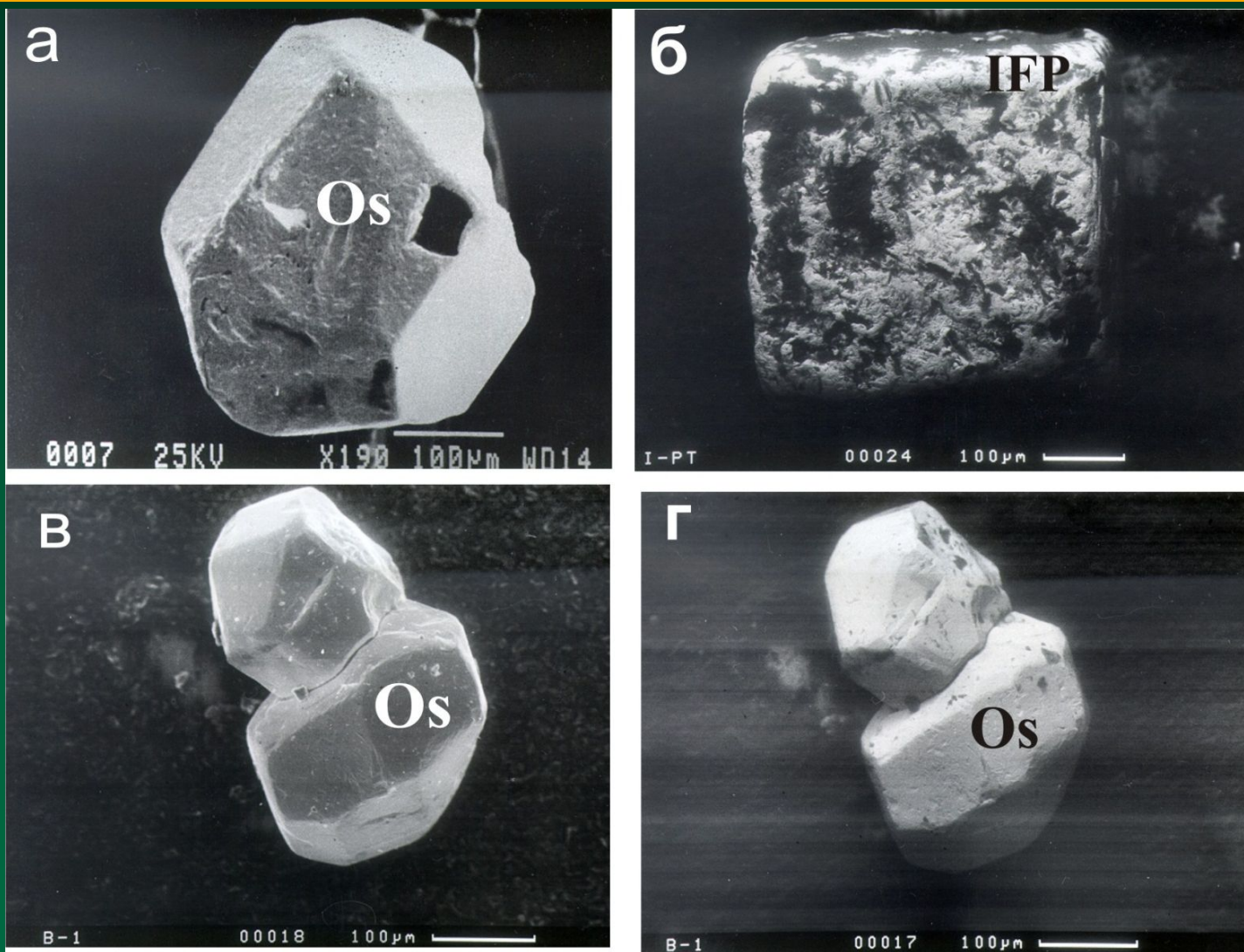
Участки	Класс крупности, мм				
МПГ р. Ингарингда	-0.5+0.25 (60 %)	-0.25 +0.125 (30 %)	-1 +0.5 (около 10 %)		
Золото р. Гулэ	-2 +1 (26 %)	+4 (22 %)	-4 +2 (20 %)	-1+0.5 (20 %)	-0.5 +0.25 (11 %)

Гранулометрический состав шлиховых МПГ определяется тремя классами крупности, золота - пятью.

Аналитические методы

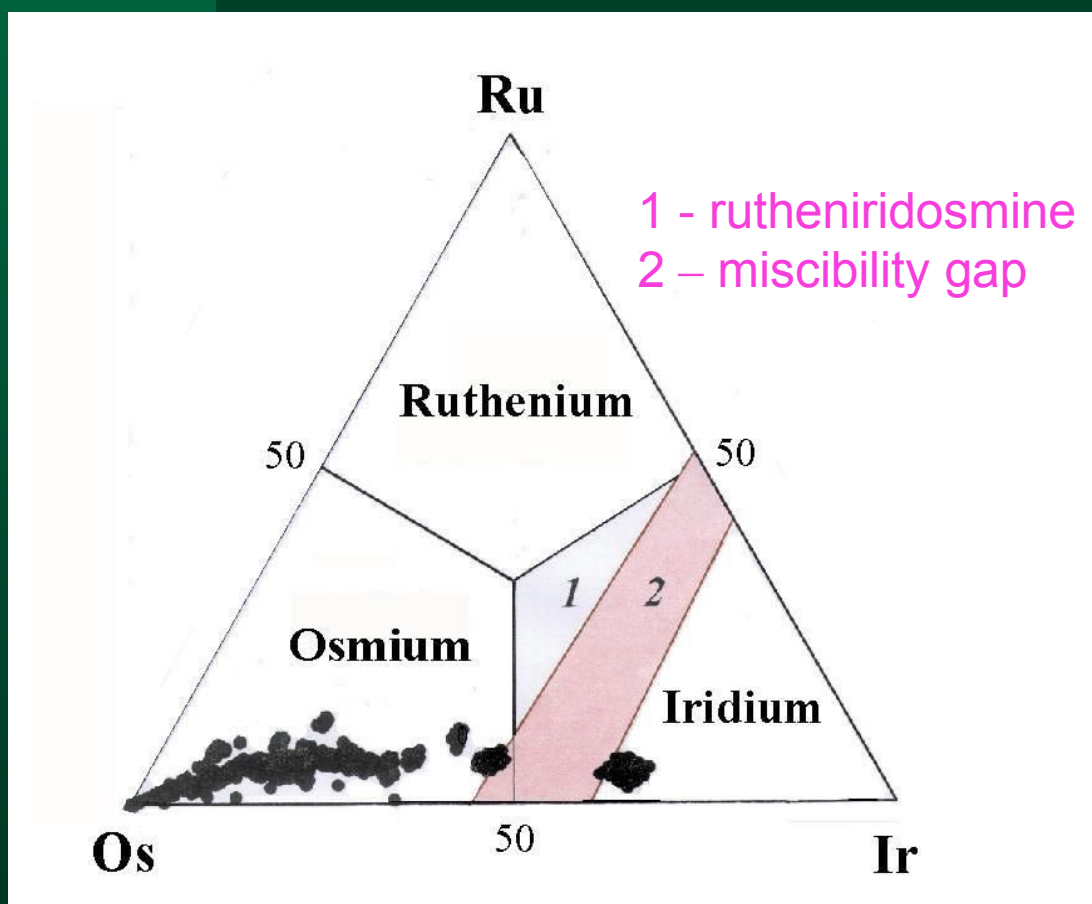
- Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), рентгеноспектральный микроанализ (РСМА)
 - ☑ Морфология (CamScan MX2500S, Санкт-Петербург)
 - ☑ Внутреннее строение и химический состав (Camesa SX 100, Москва, Екатеринбург; ARL-SEMQ, Леобен)

Морфология МПГ Гулинского массива

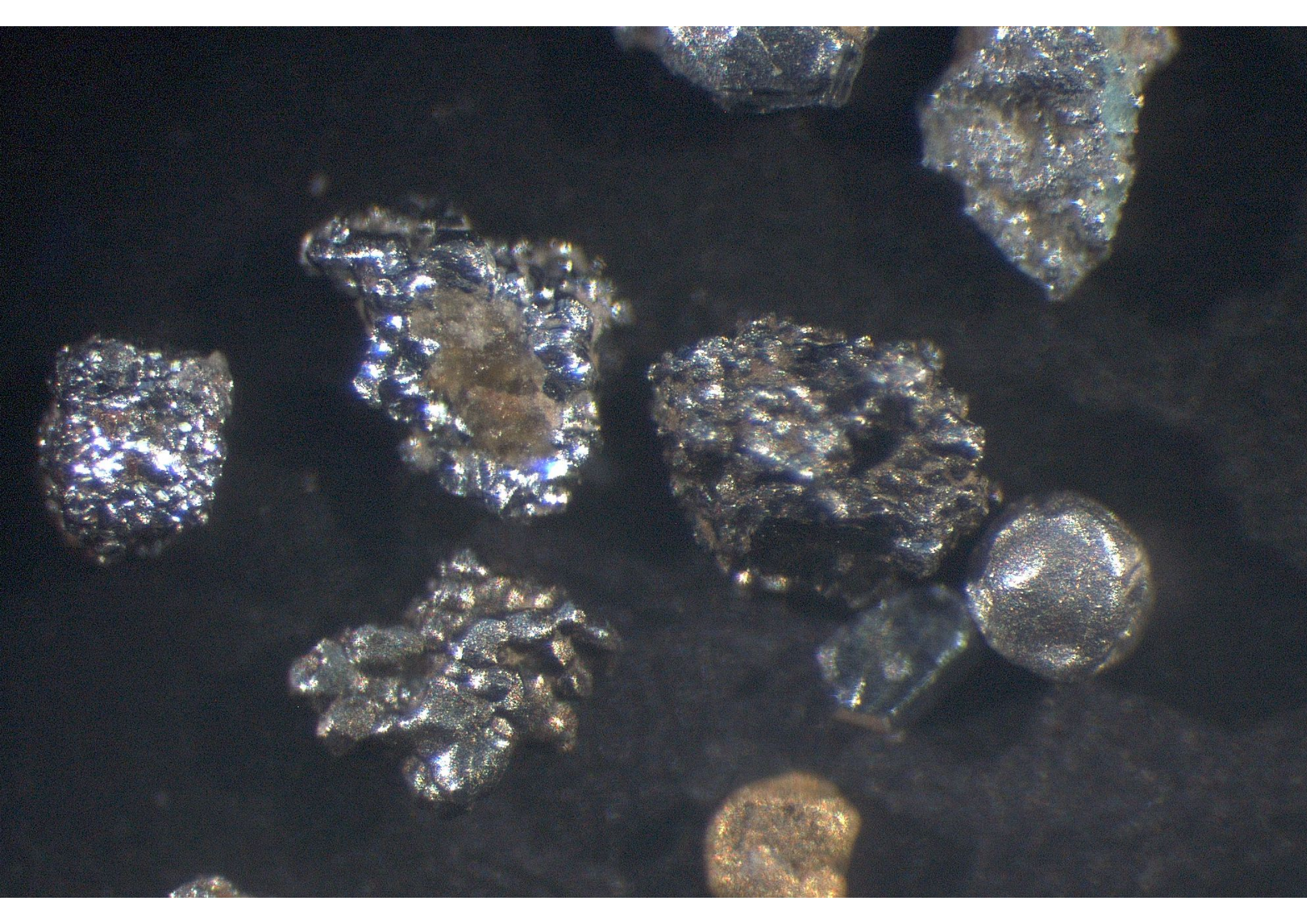


Избражения: (а, в) во вторичных электронах и (б, г) в обратно-рассеянных электронах

Морфология и состав Os-Ir твердых растворов Гулинского массива



Подавляющее большинство МПГ образованы гомогенными Os-(Ir-Ru) твердыми растворами или минералами осмия согласно классификации Д. Харриса и Л. Кабри (Harris, Cabri, 1991). Изменчивость состава осмиевых минералов обусловлена замещением в твердом растворе осмия иридием и реже рутением.



Срастания силикатов и оксидов с минералами осмия

Феррихромит

(Os,Ir)

Форстерит

50.000µm

4 G 70-29 Os-Ir + CRT + OL 800x

Феррихромит

Лаурит

(Os,Ir)

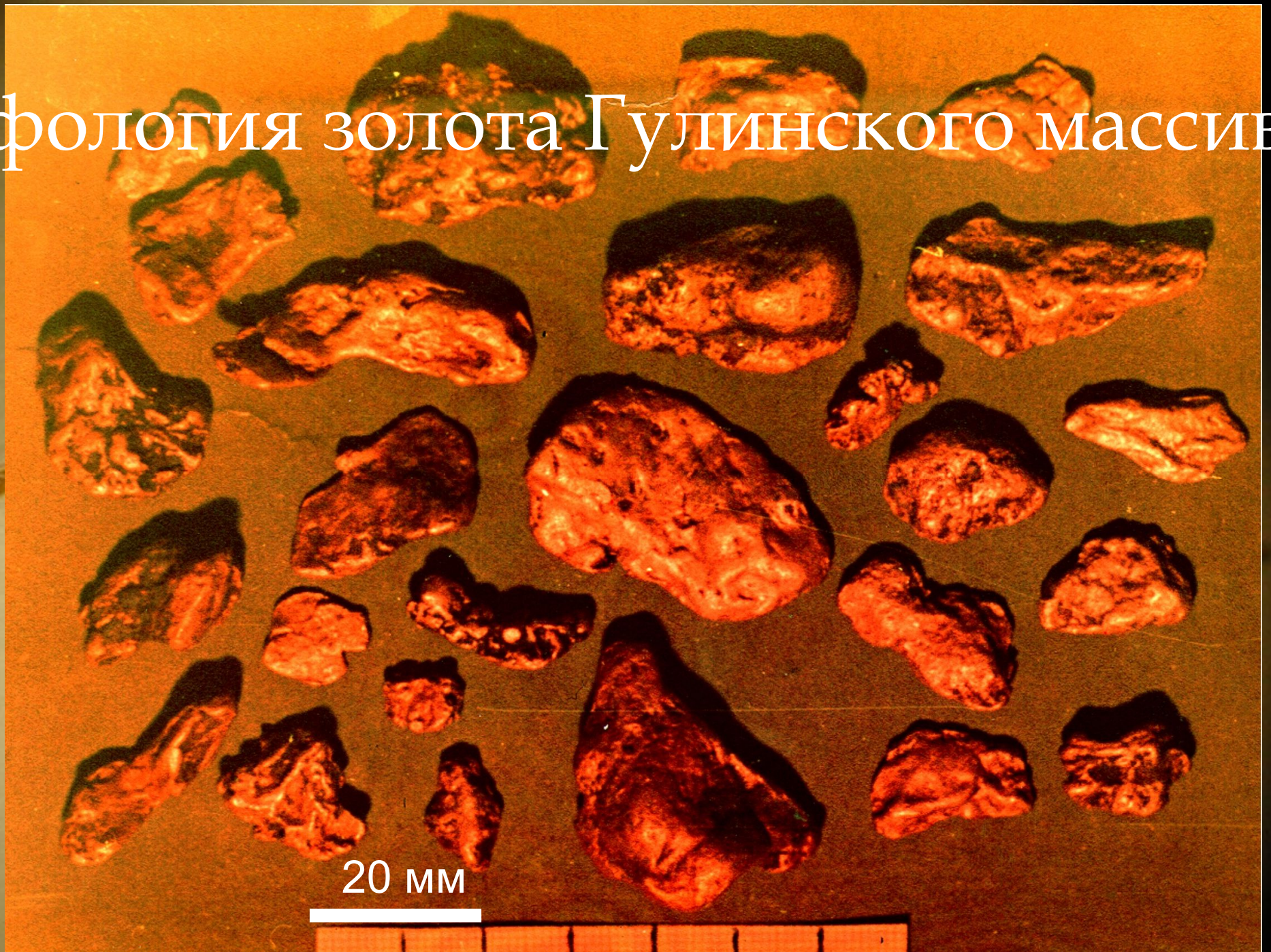
61.500µm

36.000µm

61.000µm

4 G3 Os-Irm + LR + CRT (darkest) 400x

Морфология золота Гулинского массива



Морфология золота Гулинского массива



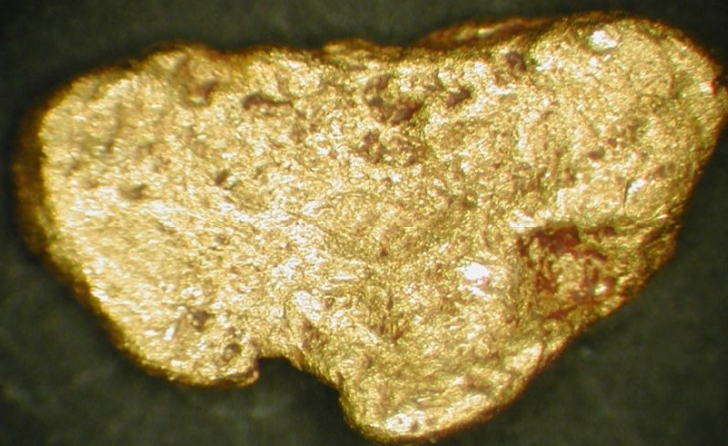
3 mm



Морфология золота Гулинского массива



G-21



G-22

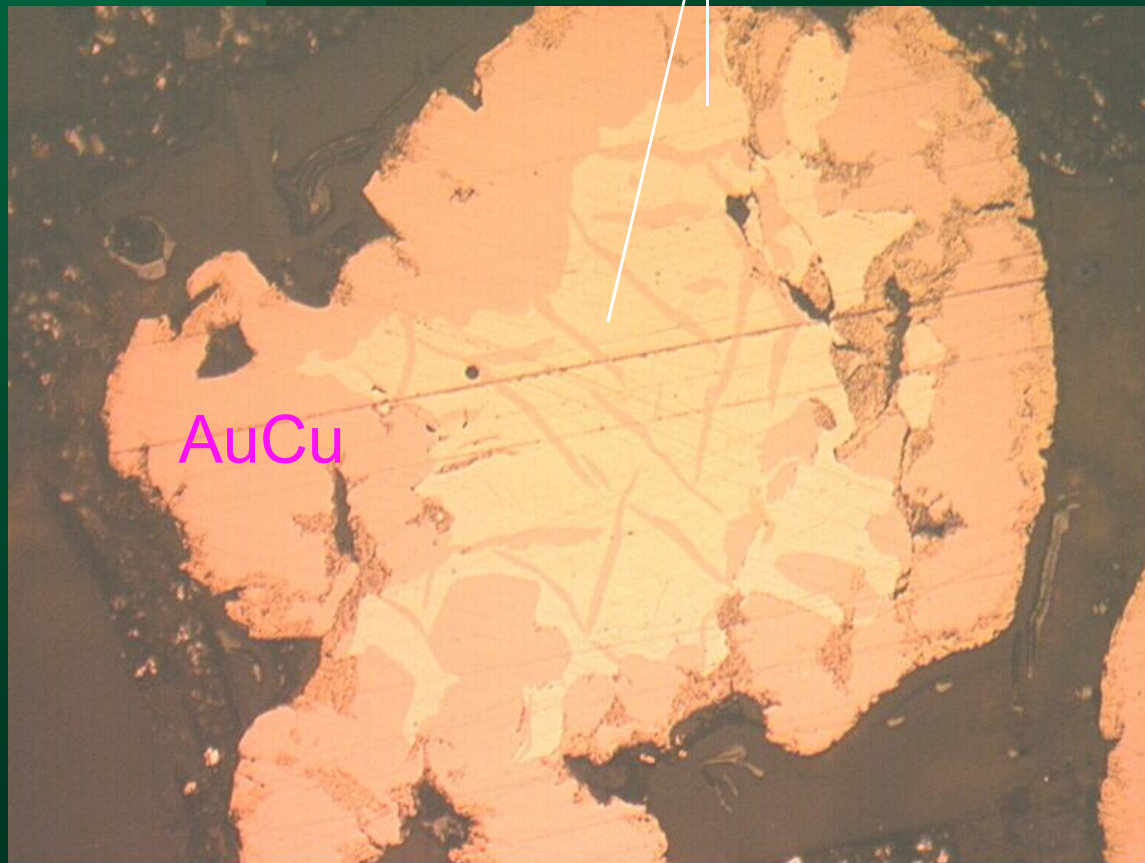
Минералогия золота Гулинского массива

Детальное изучение золотой минерализации (реки Гулэ и Дунитовая), основанное на 290 шлиховых зернах размером от 0.25 до 30 мм, позволило выявить разнообразие их минеральных типов. По составу нами выделено четыре разновидности, среди которых доминирует (80%) электрум (Au,Ag) с содержанием серебра 20-60 мас.%. Электрум входит в состав монофазных и полифазных минеральных агрегатов, сложенных также тетрааурикупритом (AuCu) и самородным золотом (Au).

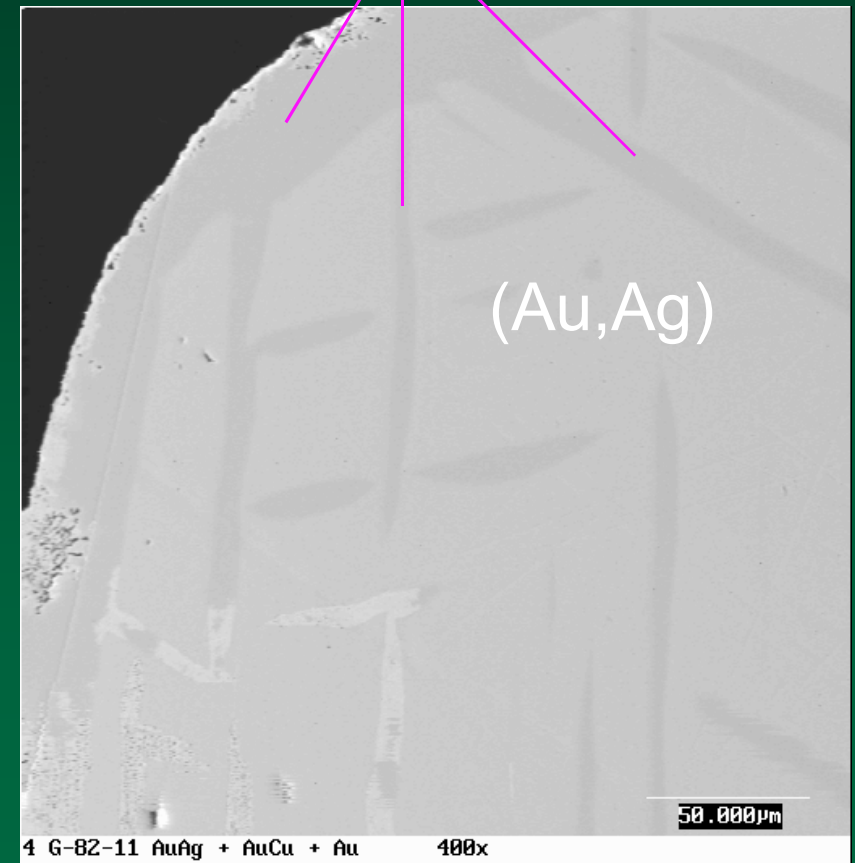
В подчиненных количествах выявлено серебрясодержащее золото (Au_xAg , где $x > 6$) и палладистое золото (с содержанием Pd 8-11 ат. %).

Внутреннее строение и состав минералов золота Гулинского массива

электрум (Au,Ag) + тетраурикуприт (AuCu)

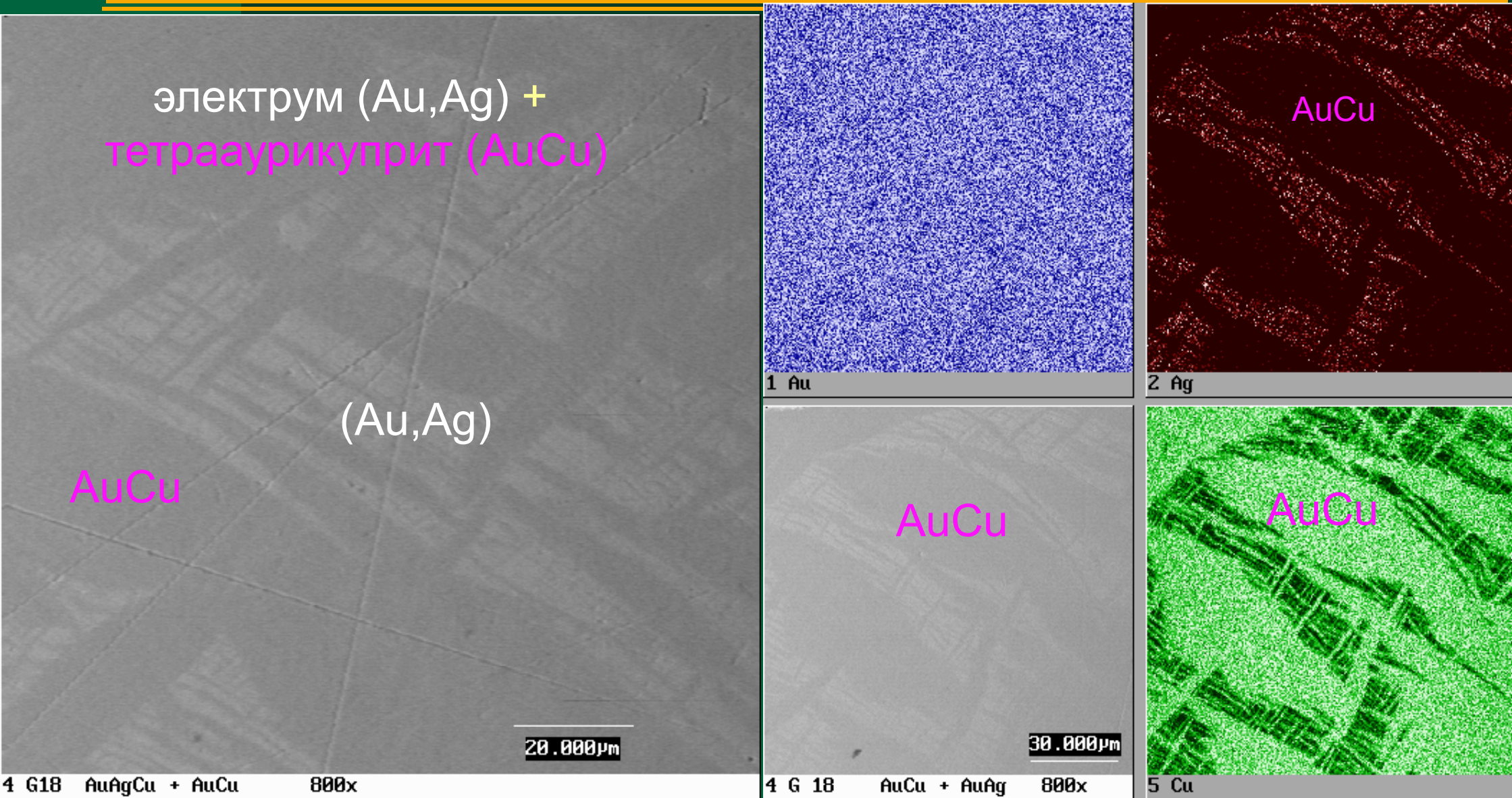


отраженный свет

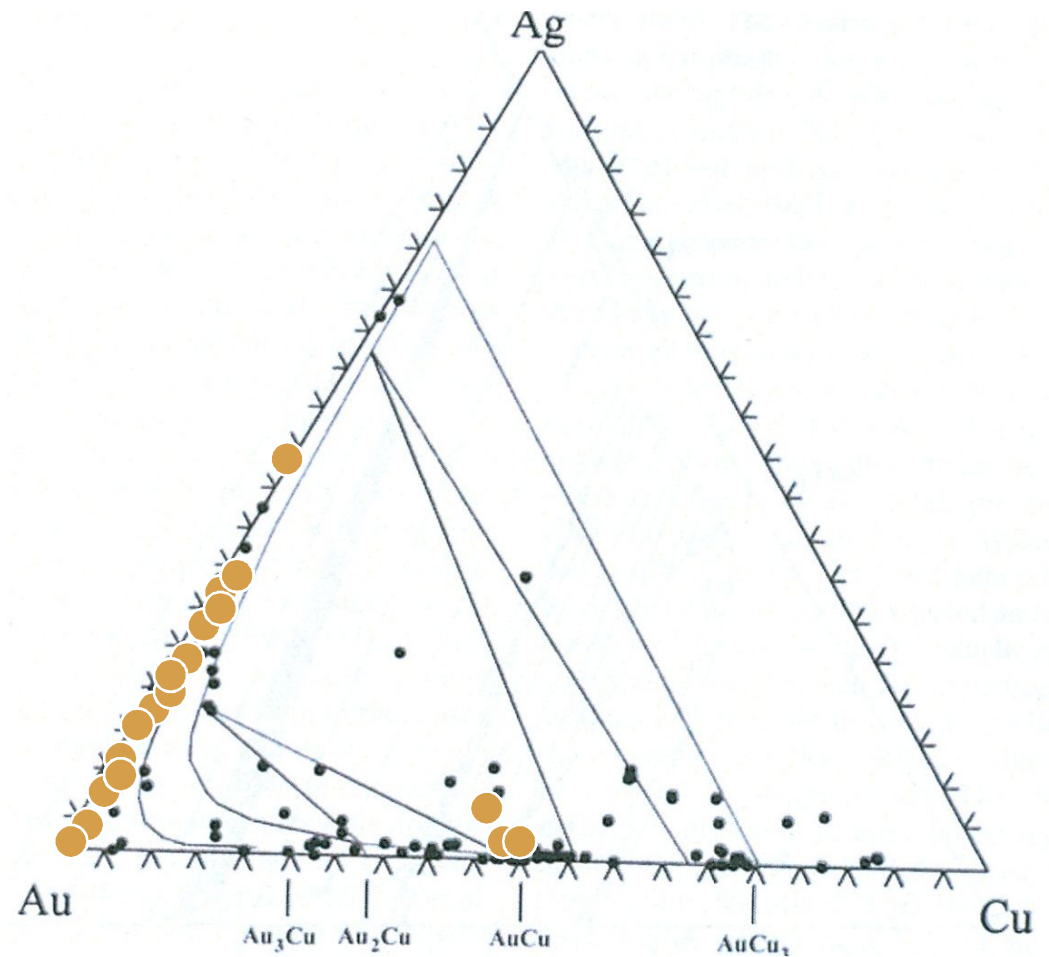
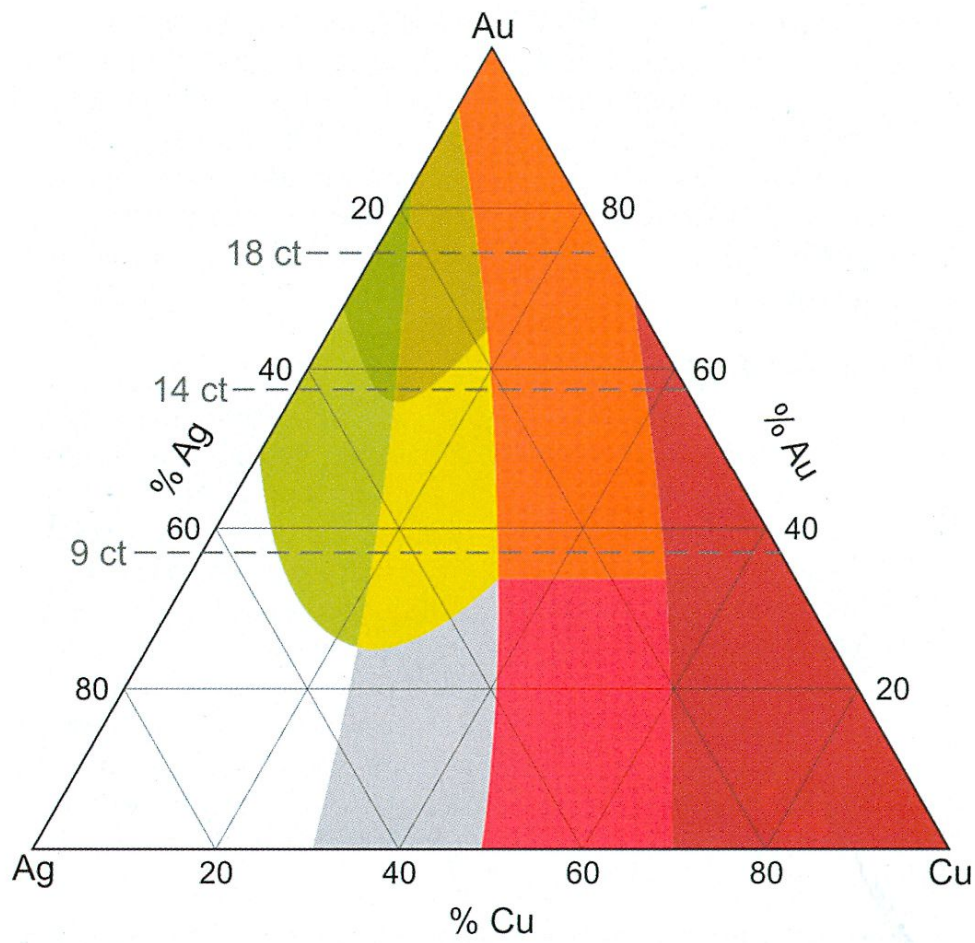


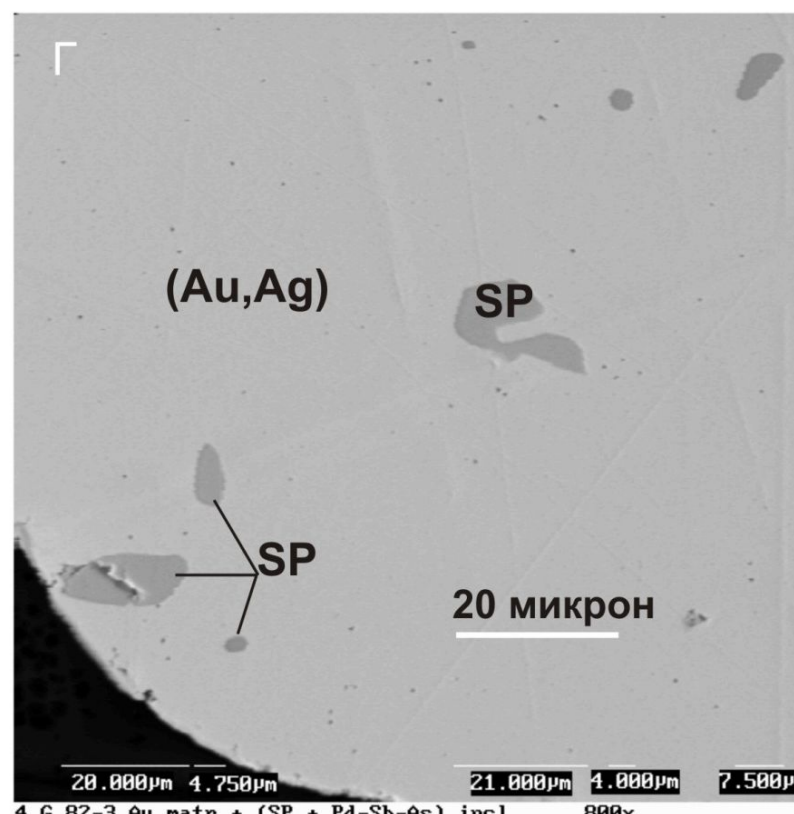
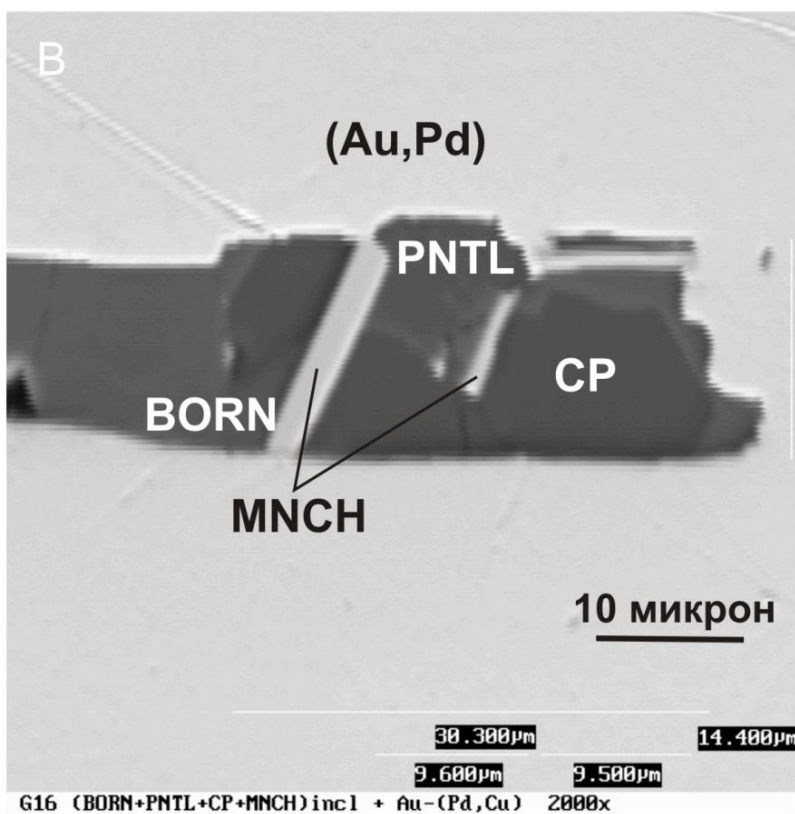
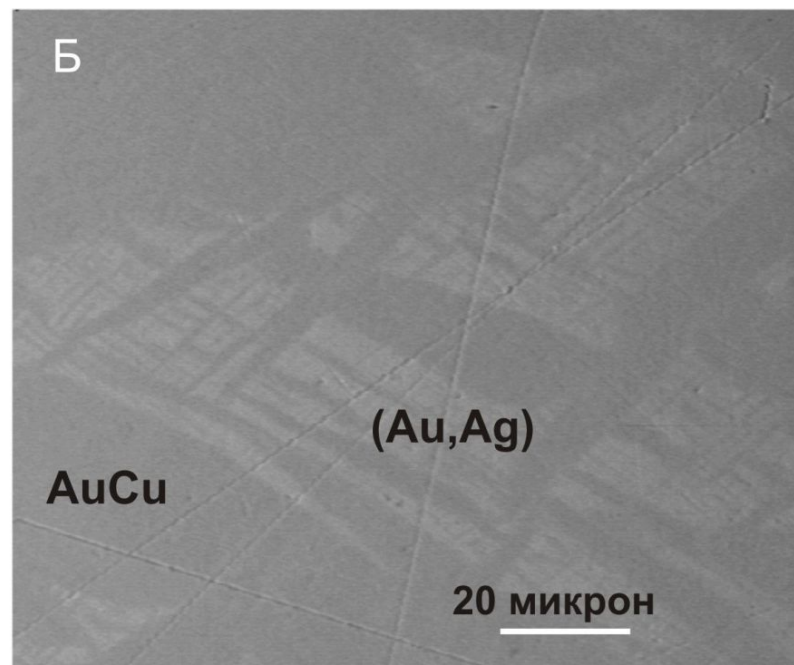
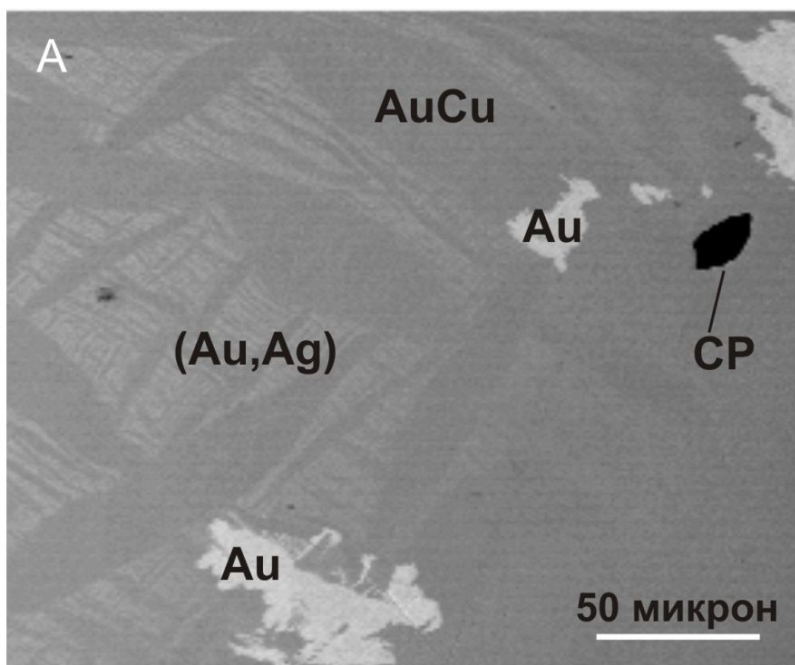
обратно-рассеянные электроны

Полифазная ассоциация минералов золота Гулинского массива (BSE и X-ray images)



Химический состав минералов золота



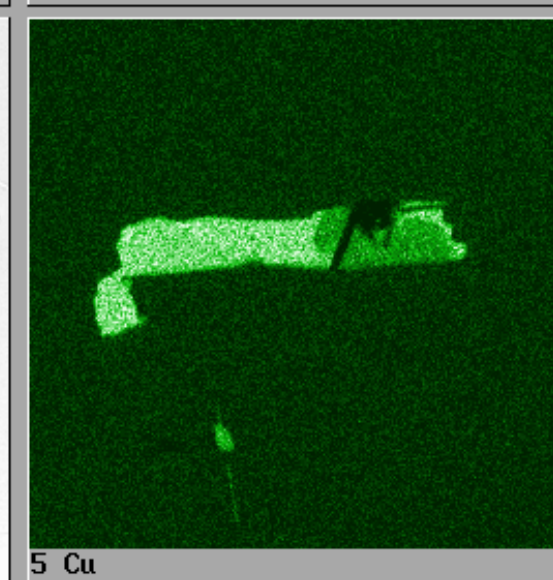
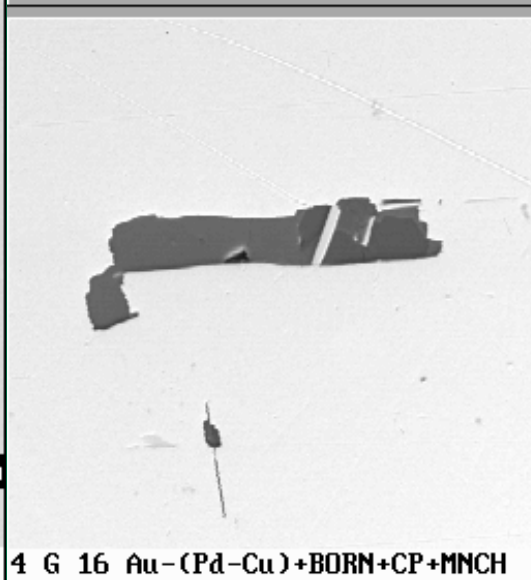
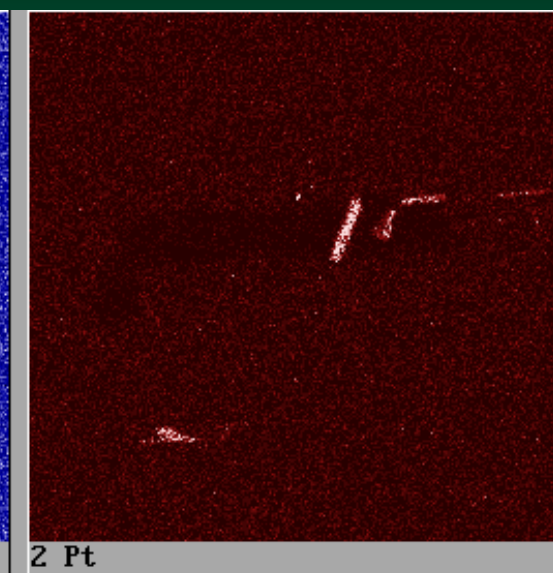
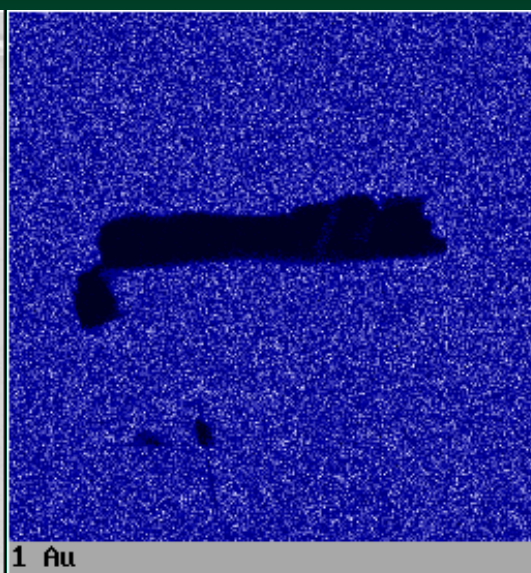
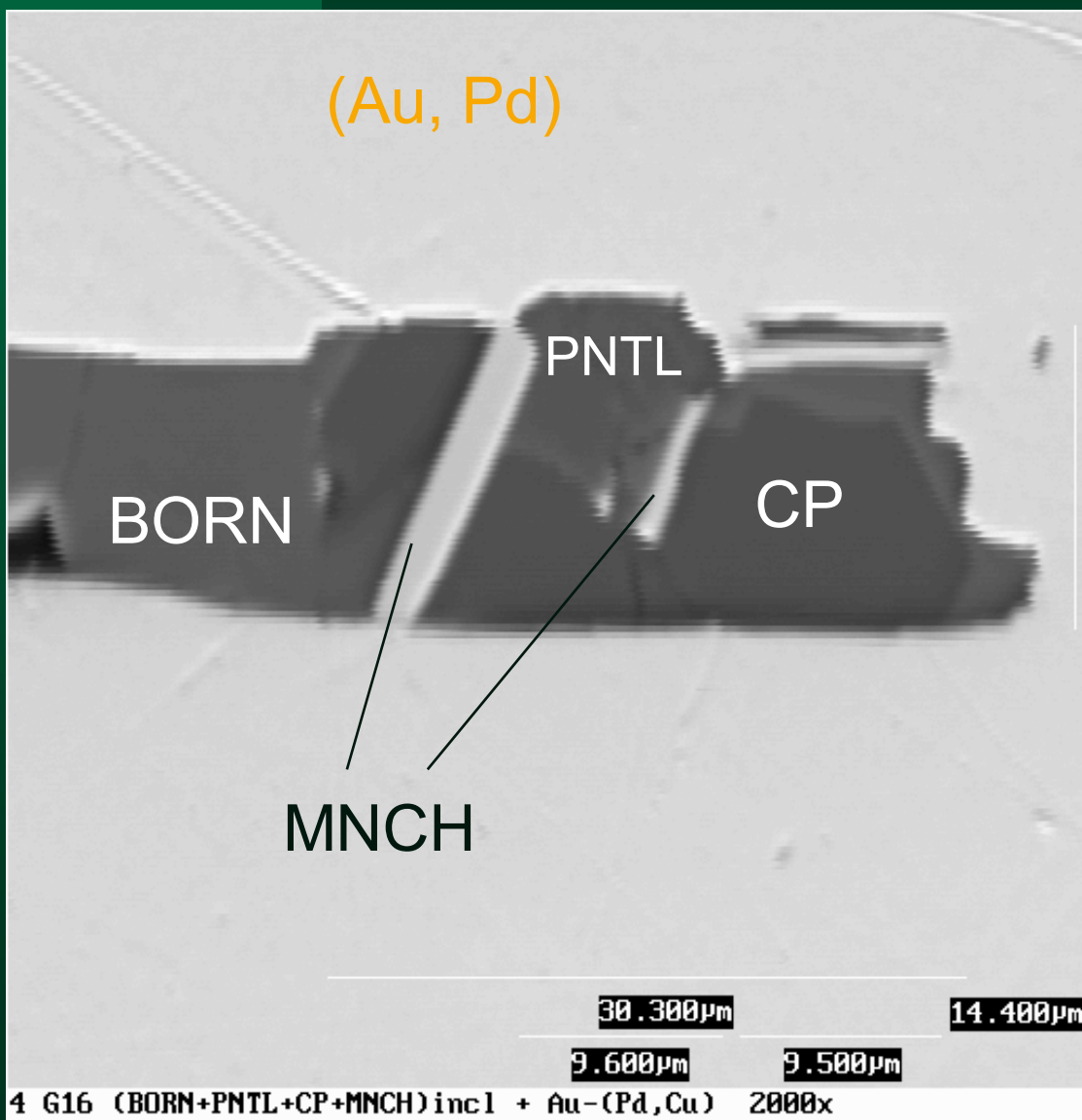


■ Au+(Au,Ag)+
AuCu

Изображения в
обратно-
рассеянных
электронах

■ Мончит
(PtTe₂) и
сперритит,
(PtAs₂) в
минералах
золота

Полифазное включение мончеита и 'ВМ'-сульфидов в палладистом золоте Гулинского массива

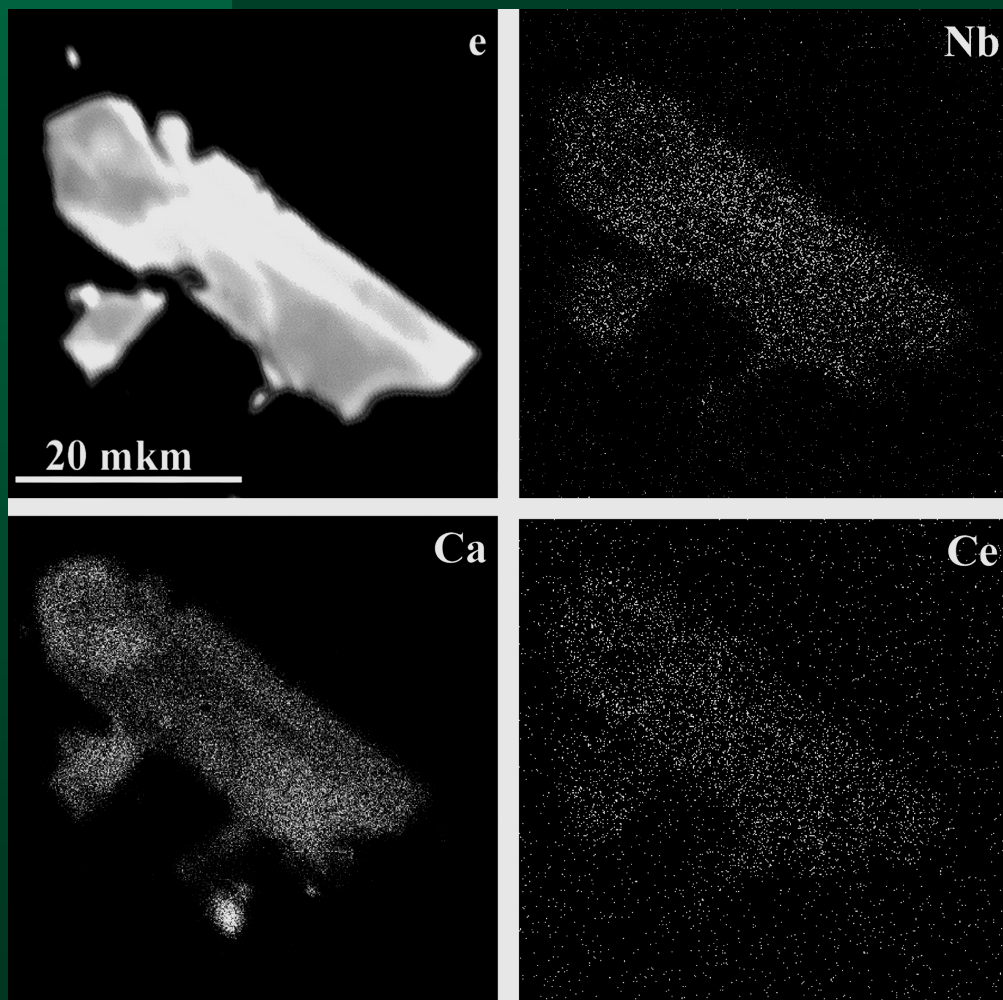


Минералы золота характеризуются значительным спектром включений:

- сульфидов (пентландита, пирротина, халькопирита, борнита, кубанита, никелина, галенита),
- силикатов (оливина, диопсида, флогопита, серпентина, сфена, эгирина, хлорита) и
- оксидов (феррихромита, ильменита, магнетита, рутила и бадделеита).

Кроме того, установлены перовскит (CaTiO_3), цирконолит $(\text{Ca,Th,Ce})\text{Zr}(\text{Ti,Nb})\text{O}_7$, Ti-содержащий гранат.

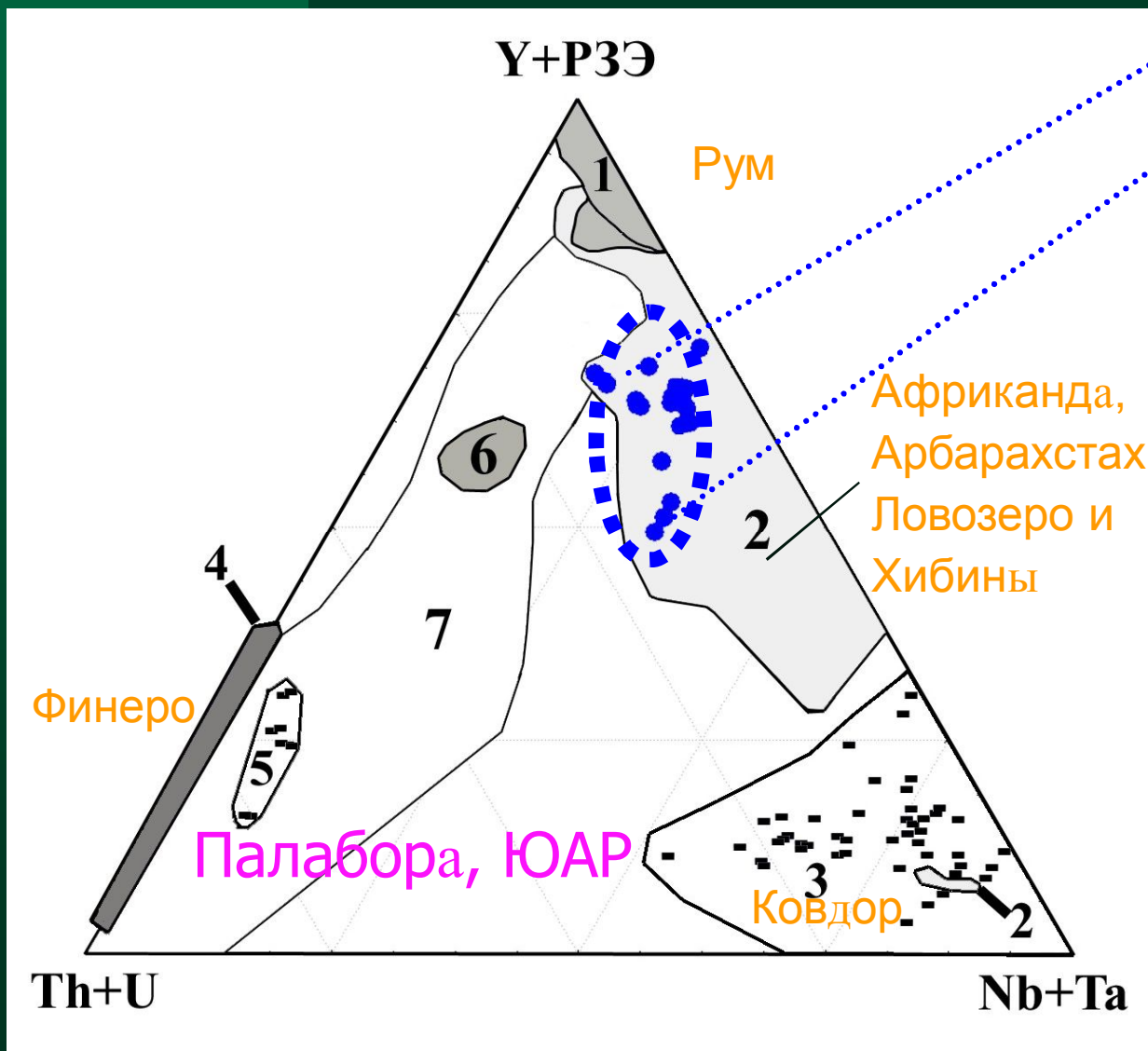
Включение цирконолита в аллювиальном золоте



Цирконолит в золоте образует уплощенно-призматические кристаллы размером до 50 мкм.

Зональное распределение кальция и церия в цирконолите Гулинского массива. Изображения в отраженных электронах и характеристическом излучении ниобия, кальция и церия

Вариации состава цирконолита Гулинского (синие круги) и других магматических комплексов в координатах Y+PЗЭ – Th+U – Nb+Ta (ат. %).



Химический состав цирконолита из включений в шлиховом золоте варьирует по всем основным и примесным компонентам и характеризуется умеренным содержанием ниобия и повышенным – редкоземельных элементов (PЗЭ).

По составу он сходен с таковым из кальцитовых карбонатитов Гулинского массива [Сорохтина и др. 2012].

Цирконолит Гулинского массива попадает в поле составов цирконолитов из карбонатитов Африкандского, Арбарастахского, Ловозерского и Хибинского массивов

Выводы

1. Анализ выявленных ассоциаций минералов золота и минеральных включений в Au-Ag и Au-Pd сплавах позволил сделать вывод о длительном процессе формирования благороднометального оруденения, от высокотемпературной магматической, до низкотемпературной метасоматической стадии.

2. Верхний температурный предел постмагматического рудообразования определен по температуре формирования тетрааурикуприта (400-300°C). Выявленный набор минералов-узников в золоте свидетельствует о том, что в золотом рудообразовании, в отличие от платиноидного, значительное участие принимали производные ийолит-карбонатитового магматизма.

3. При этом, наличие таких минералов как хлорит, гранат, рутил и магнетит указывает на формирование минералов золота при участии метасоматических процессов на завершающей стадии образования щелочных пород.

Выводы

4. Выявленные отличия набора минералов-узников в шлиховых МПГ и минералах золота, морфологических и гранулометрических особенностей благороднометалльных минерализаций россыпей Гулинского массива согласуются с выводом об их разных источниках. Для шлихового осмия основным коренным источником являются дуниты и хромититы, для шлихового золота – карбонатиты.

5. Карбонатиты в массивах ультраосновных и щелочных пород являются новым перспективным источником золота.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке
Министерства образования и науки
России (Гос. контракт 02.740.11.0726),
программы Президиума РАН № 27
(проект 12-П-5-2015 УрО РАН) и
проекта 12-5-6-019-АРКТИКА

(Os,Ir)

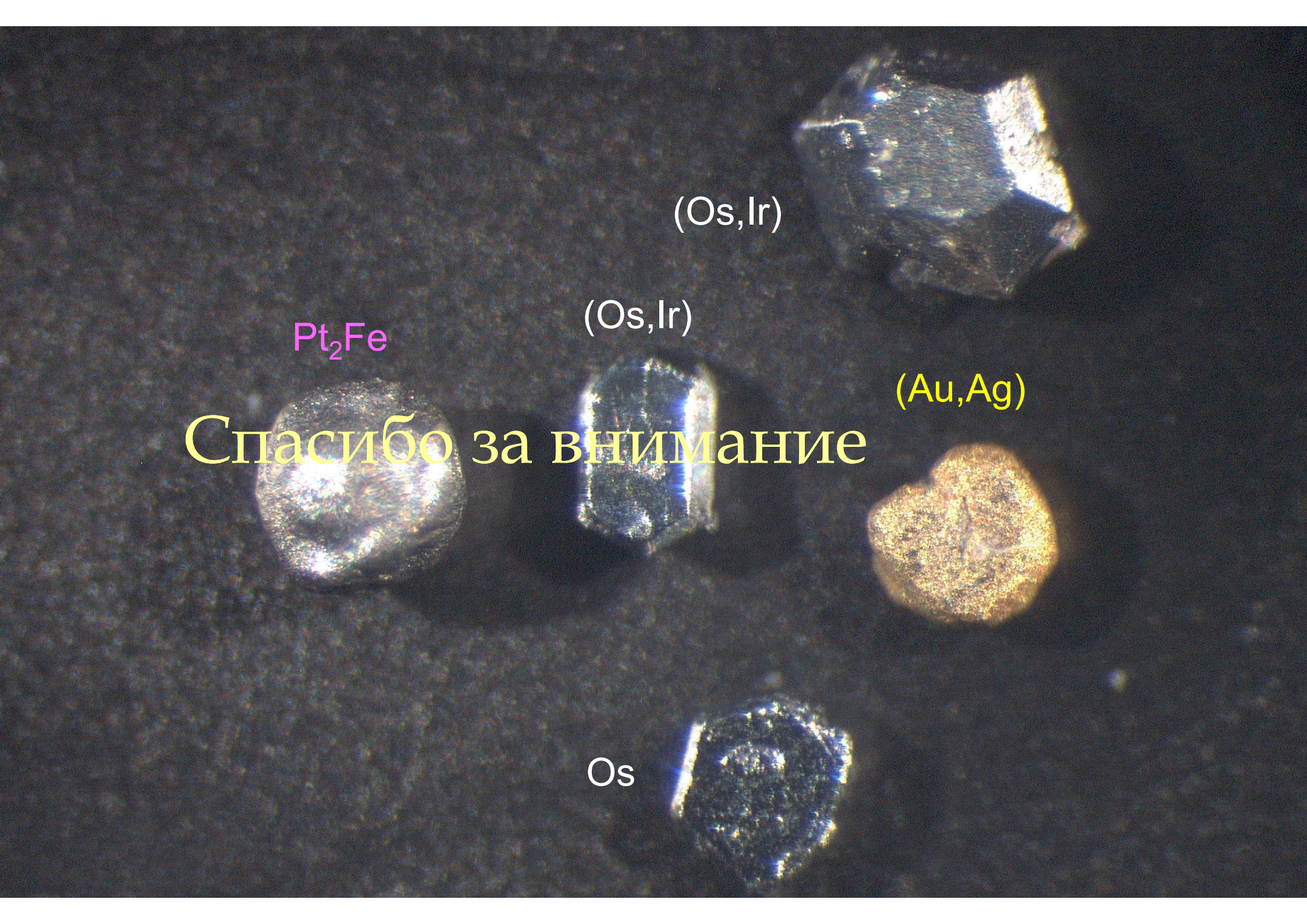
(Os,Ir)

Pt₂Fe

(Au,Ag)

Спасибо за внимание

Os



Вариации состава цирконолита Гулинского (синие круги) и других магматических комплексов в координатах $Y+P3Э - Th+U - Nb+Ta$ (ат. %).

Поля составов 1-7 по [*Williams, Giere, 1996; Malitch et al., 2011*]:

1 – лунные породы и ультрамафиты интрузивов Лайони, Алжир;

Рум, Шотландия; 2 – щелочные и карбонатитовые массивы Аракса, Бразилия; Африканда, Арбарастах, Ловозеро, Россия; Самчампи, Индия; Кимберли, Африка; Чилва, Малави, Айфель, Германия;

3 – карбонатитовые массивы Себлявр, Ковдор, Вуориярви, Сокли, Россия; Кайзерштуль, Германия, Якупиранга, Бразилия; Капе Верди;

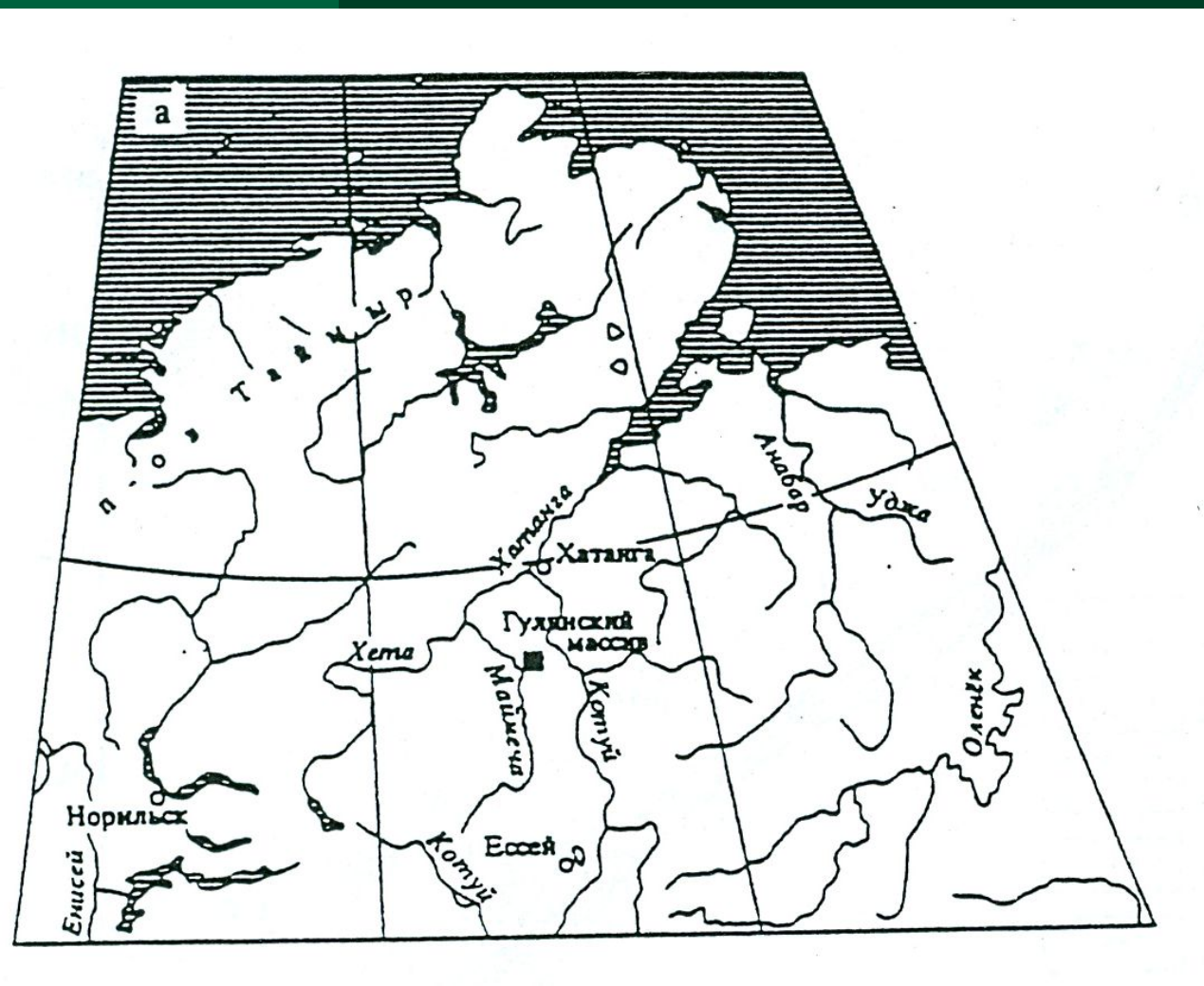
4 – хромититы Финеро, Италия; 5 – карбонатиты Палаборы, ЮАР;

6 – лампроиты Альтиплано, Перу; 7 – метасоматиты Адамелло, вулканические сиениты Вико, Италия и Бергель, Швейцария; калиевые лавы Левотолло, Индонезия.

Выводы

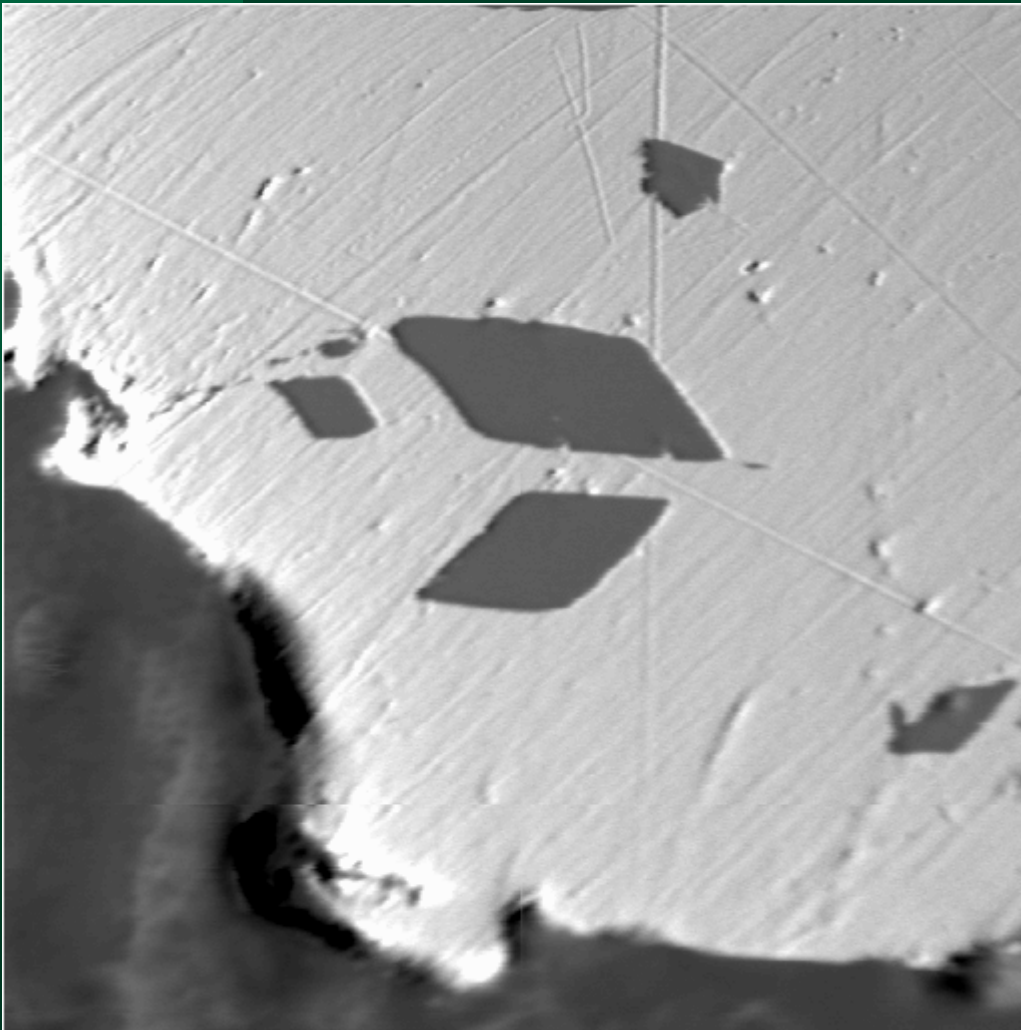
Значительная роль в расшифровке эволюции благороднометальной рудной системы принадлежит (1) анализу выявленных разновидностей минералов платиновой группы и золота, (2) включениям минералов-узников в минералах осмия и золота, (3) структурам распада тетрааурикуприта в электролите (Au,Ag), свидетельствующими в пользу многостадийной эволюции благороднометального рудообразования.

Расположение Гулинского массива

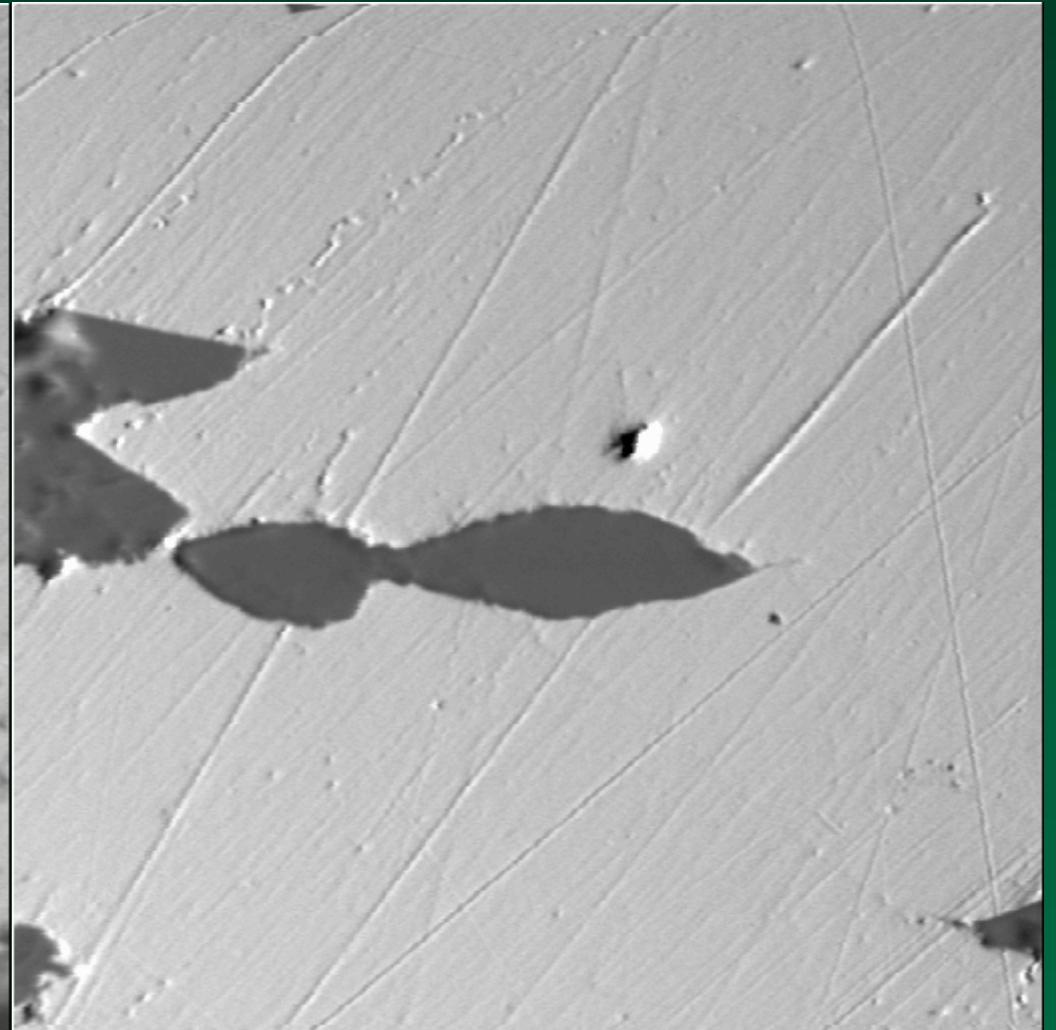


- Гулинский массив находится в пределах Маймеча-Котуйской провинции между рек Маймеча и Котуй

Пример включений клинопирксена в золоте



4 G14 Di incl2 in Au22



4 G14 Di incl in Au22