



**МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА
МЕТАЛЛОВ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**
ОСВОЕНИЕ, ВОСПРОИЗВОДСТВО, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Москва, ФГБУ «ВИМС», 21–22 ноября 2023

Поиски порфирово-эпитермального оруденения методом портативной инфракрасной спектроскопии

Рабочие диапазоны

- VIS - видимый (390- 750 нм)
- NIR - ближний инфракрасный (750 – 1300 нм)
- SWIR - коротковолновой инфракрасный (1300-2500 нм)

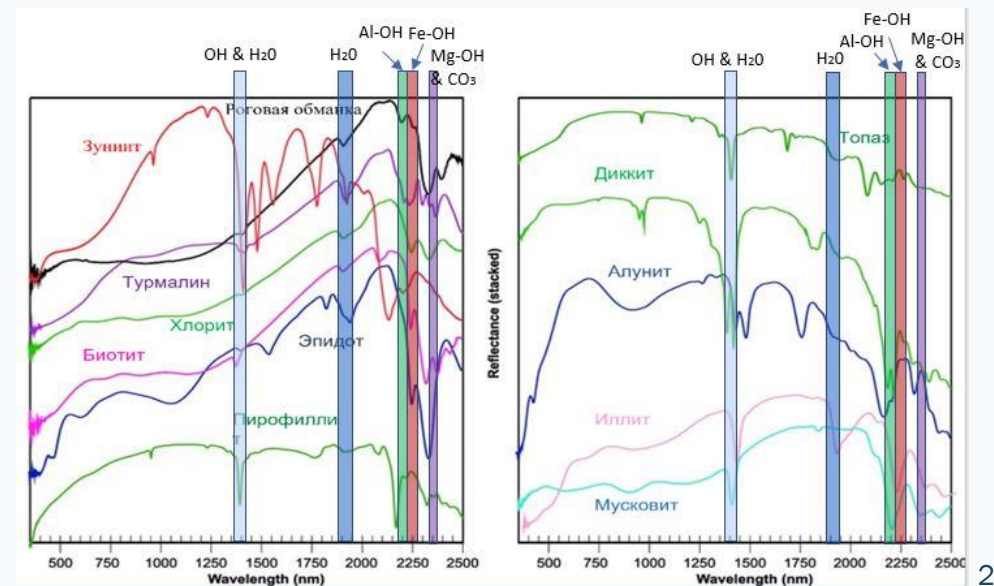
Особенности метода

- Породонеразрушающий.
- Мобильный.
- Анализ носит точечный характер замера – диаметр окна светового зонда с датчиками составляет 0.5 дюйма (1.27 см).
- Время измерения - 1 секунда.
- Время получения результата - оперативно.

Результаты анализа

- Идентификация 3-х минеральных видов в диапазоне SWIR и 2-х минеральных видов в диапазоне Vis-NIR, с данными по их процентному отношению в спектре.
- Спектральные характеристики для более детальных исследований

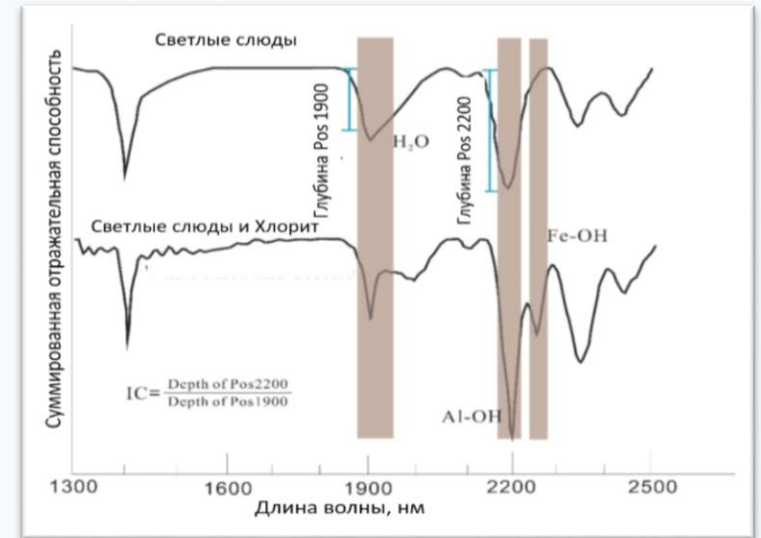
Минералы группы SWIR (1300-2500 nm)					
Минералы Al (OH)		Минералы Mg (OH)		Группа	Минерал
Группа	Минерал	Группа	Минерал		
Светлые слюды	Мусковит	Темные слюды	Биотит	Карбонаты	Кальцит
	Фенгит		Флогопит		Доломит
	Парагонит	Хлориты	Хлорит-Fe		Анкерит
	Мусковитовый иллит		Хлорит-FeMg		Магнезит
	Фенгитовый иллит		Хлорит-Mg	Сидерит	
Парагонитовый иллит	Амфиболы	Тремолит	Сульфаты	К алунит	
Каолинит WX		Актинолит		Na алунит	
Каолинит PX		Рибекит		NH алунит	
Диккит		Роговая обманка		Ярозит	
Накрит				Гипс	
Смектиты	Монтмориллонит	Минералы группы Vis-NIR (320-1300 nm)		Эпидоты	Эпидот
	Нонтронит				Цоизит
	Магнезианальные глины	Гематит		Турмалины	Турмалин
	Пальгорскит	Гетит			Турмалин-Fe



Первичные данные полученные при помощи портативных спектрометров, также могут быть проанализированы на основании уникальных особенностей спектров поглощения разных минеральных видов.

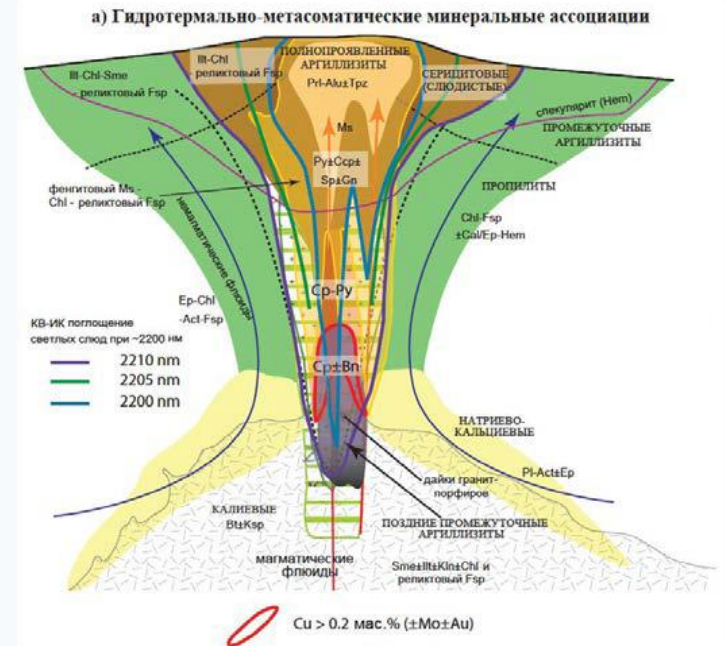
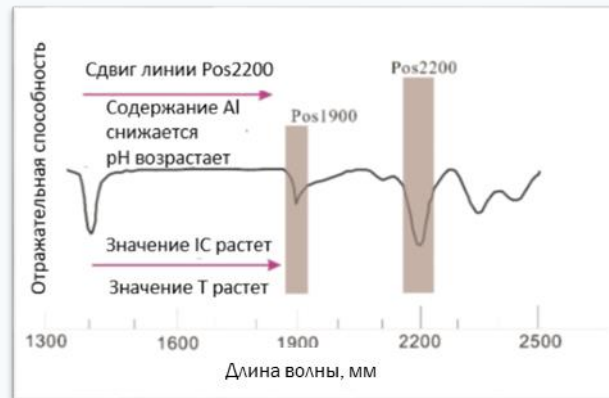
Светлые слюды

- Сдвиги значений пика в полосе поглощения **2200 нм** отражает замещение Si и Al в тетраэдрическом положении и замещение Al, Mg и Fe в октаэдрической кристаллической решетке. Значение пика в полосе поглощения 2200 нм уменьшается с увеличением содержания Al в решетке.
- Состав светлых слюд варьирует :
2184 нм (парагонит) – 2200 нм (мусковит) – 2225 нм (фенгит)
- Индекс кристалличности (IC)** выражается отношением глубины пика 2200 нм к глубине пика поглощения воды около 1900 нм. Значение IC можно использовать для идентификации относительной температуры образования. Чем выше значение IC, тем меньше воды содержит минерал и выше температура образования.



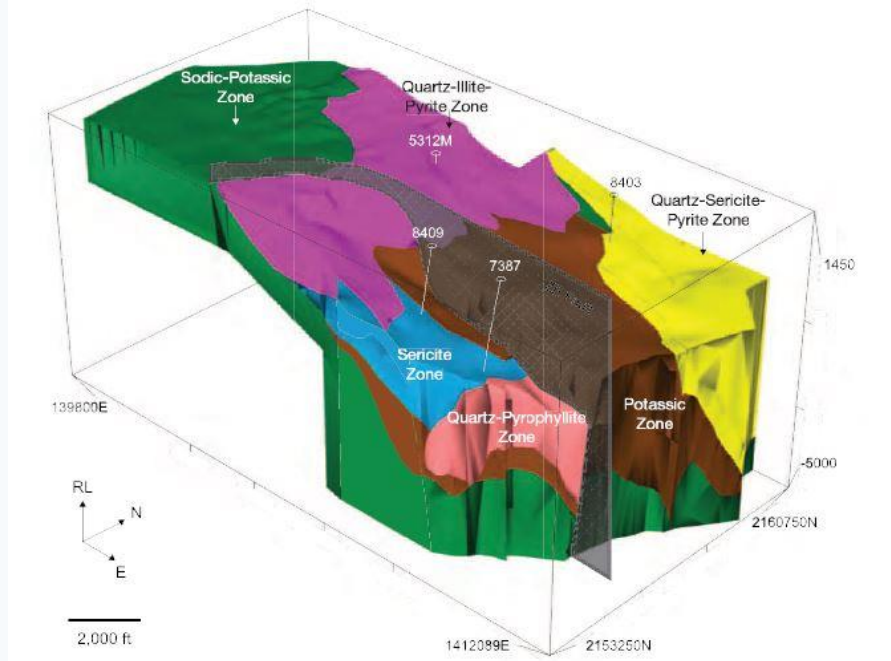
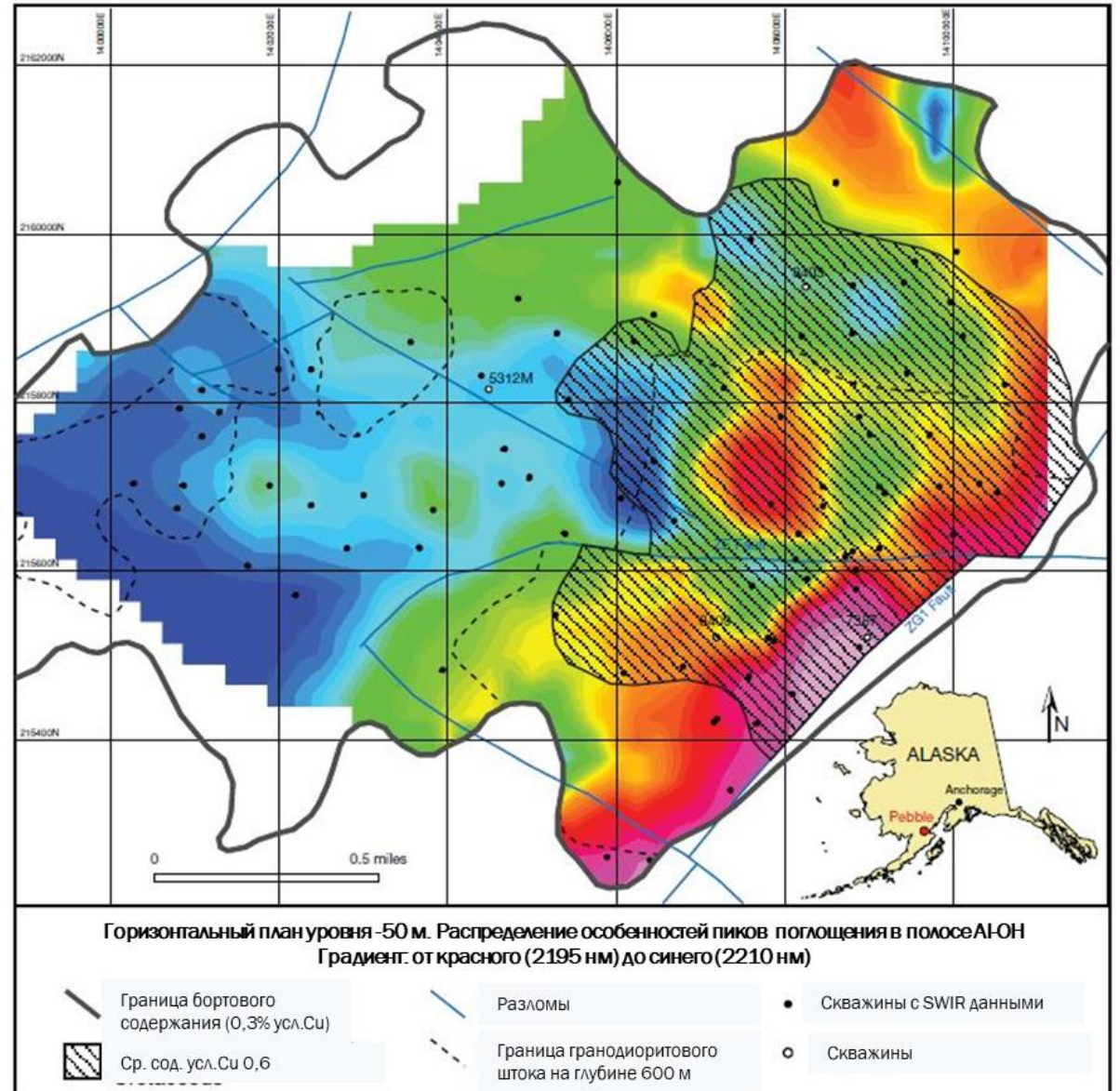
Хлориты

- Сдвиги значений пика в полосе поглощения **2250 нм (Fe-OH)** и **2350 нм (Mg-OH)** отражает замещение Al, Mg и Fe в октаэдре решетки хлорита. Смещение пика увеличивается с увеличением содержания Fe в решетке.
- Состав хлоритов варьирует :
2325-2332 нм (Mg) – 2332-2340 нм (Mg-Fe) – 2340-2347 нм (Fe-Mg) – 2347-2355 (Fe)

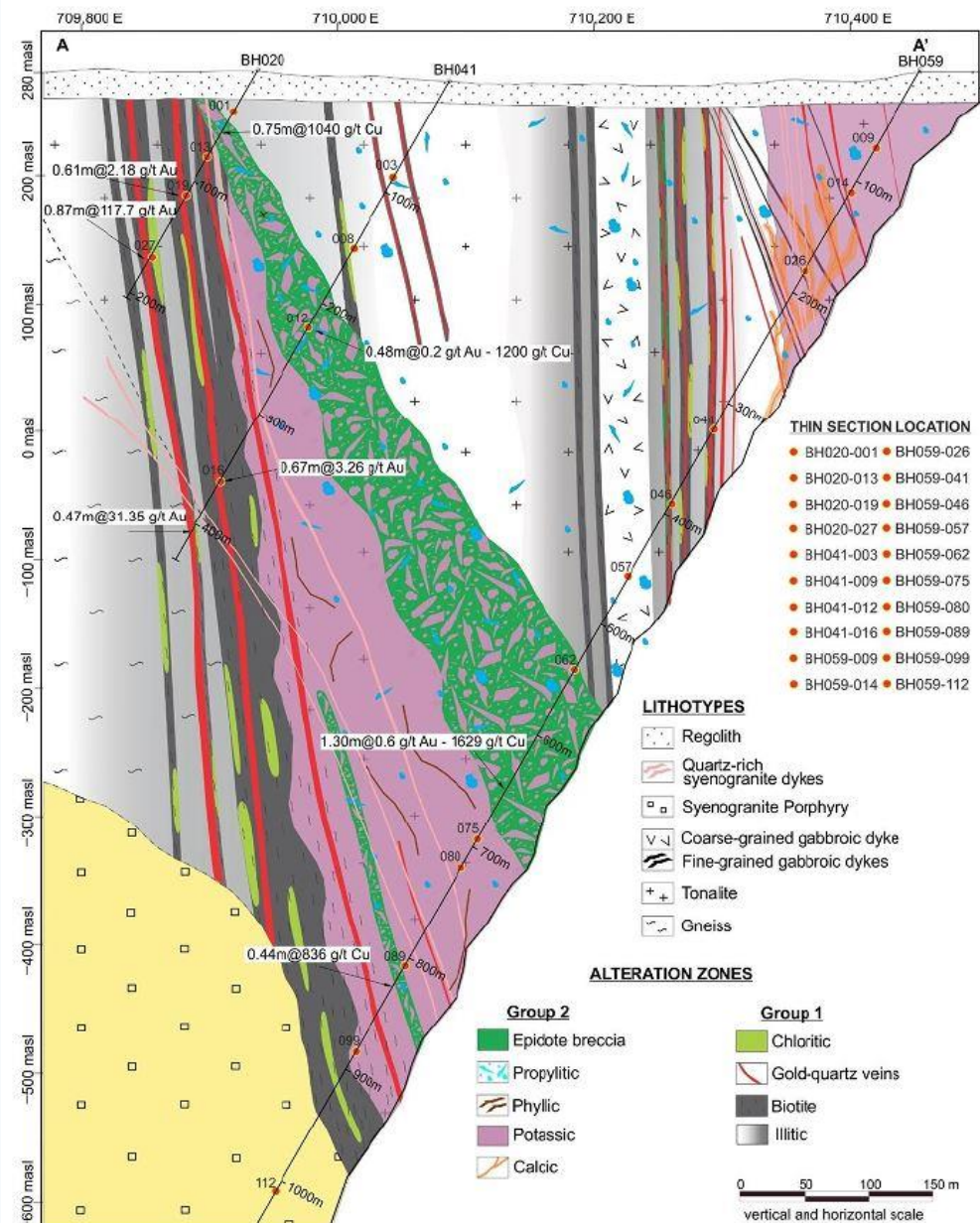


Опыт использования портативных систем гиперспектральной ИК-спектроскопии на Cu-Au-Mo порфировом месторождении

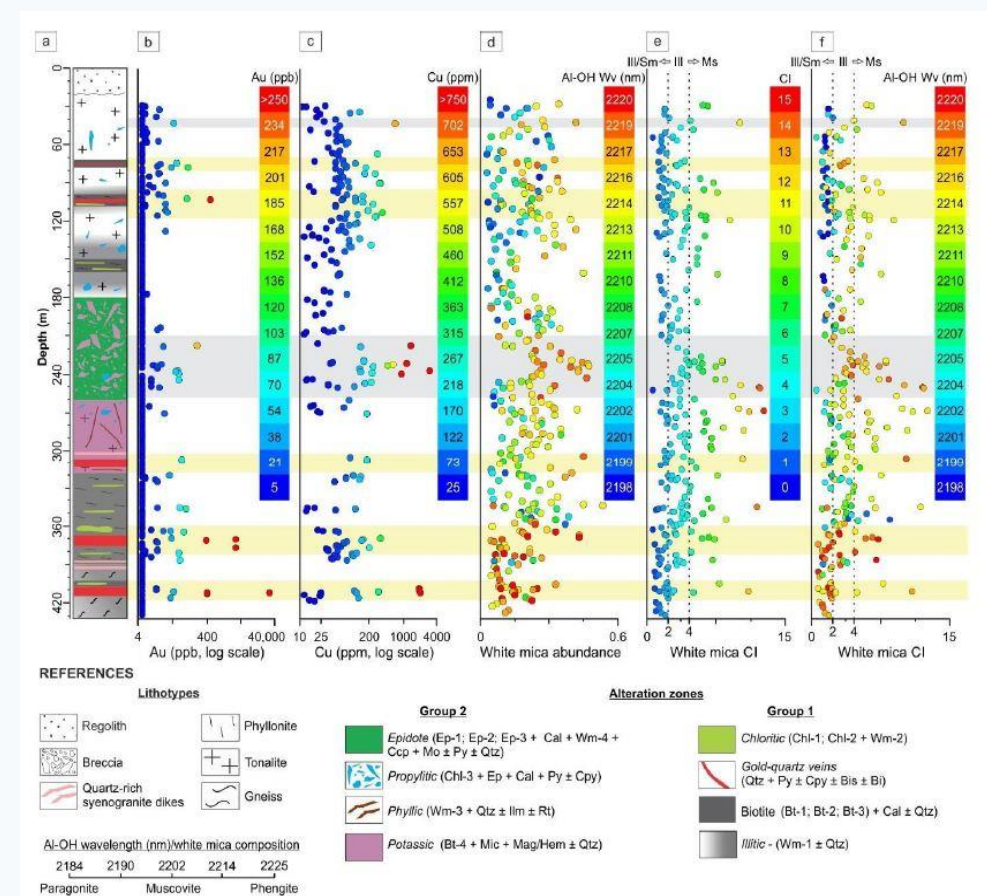
- Исследования методом ИКС на месторождении Pebble были направлены на улучшение разграничения ассоциаций гидротермальных минералов, состоящих из иллита и серицита, каолинита и пирофиллита, которые было трудно идентифицировать визуально.
- Методом ИКС проанализировано 3900 образцов из 150 скважин;
- Образцы охватывают вертикальный диапазон более 1700 м;
- Интервал замеров 3 м, но локально интервалы составляли до 30 м.
- Развитие аргиллизитовых изменений, фиксируемых по гидротермальному серициту, демонстрирует отчетливое низкое содержание Al-OH и совпадает с более высокими содержаниями усл. Cu, поэтому значения Al-OH можно использовать в качестве инструмента разведки.



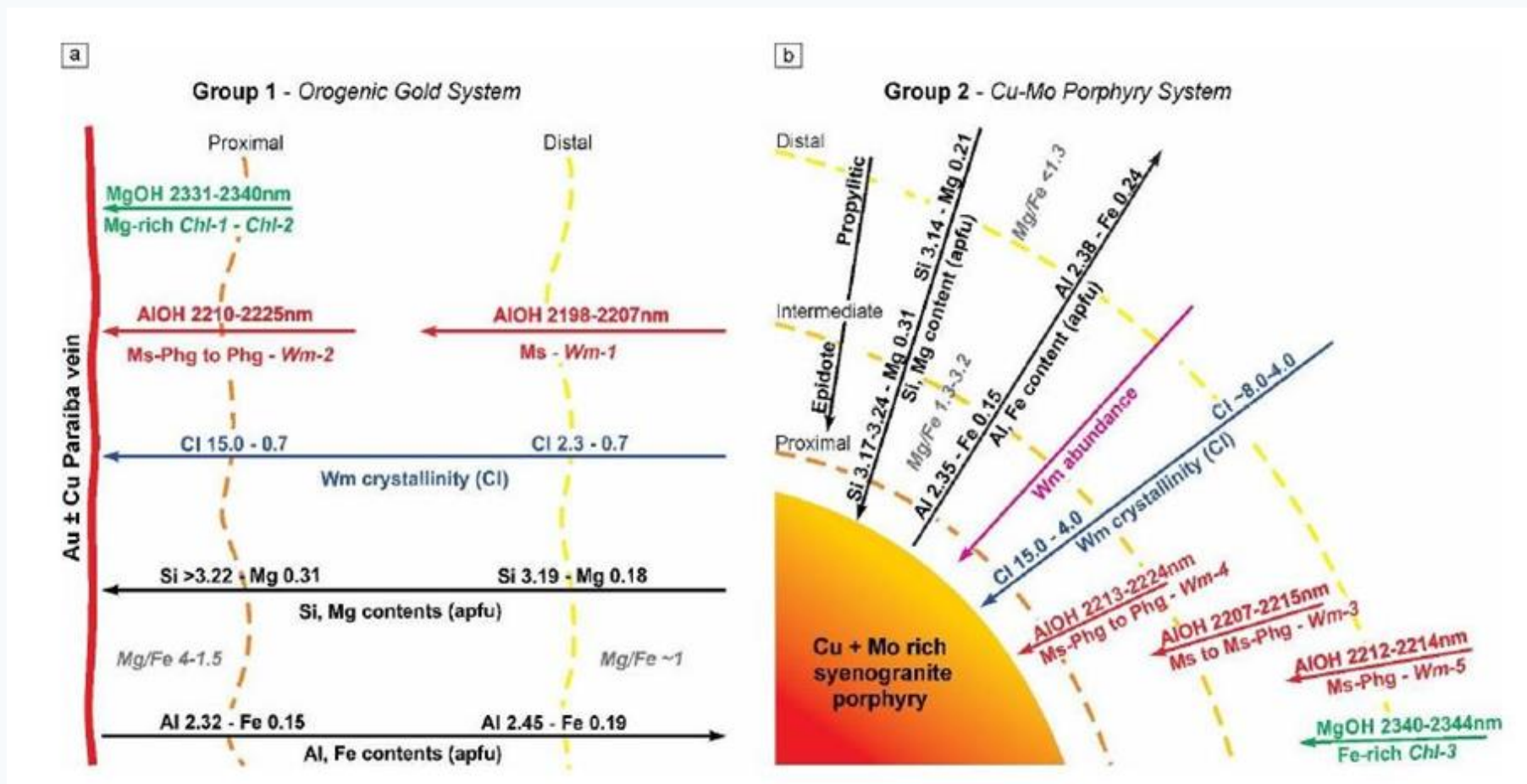
Опыт использования портативных систем гиперспектральной ИК-спектроскопии на месторождении Парамба золото-орогенного и наложенного Cu-Mo порфирового оруденения



- Было выполнено около 1400 точечных спектральных измерений скважин ВНО20, ВНО41 и ВНО59 с интервалом 1,3 м
- Произведены петрографические описания 40 образцов.
- Рудные минералы были дополнительно анализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа со связанным энергодисперсионным рентгеновским спектрометром (EDS)

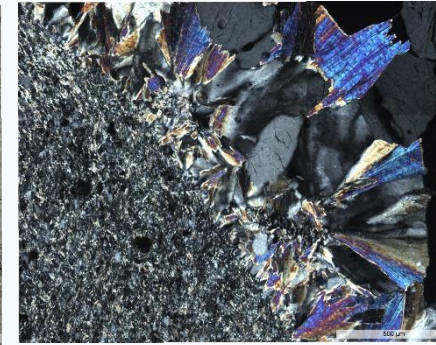
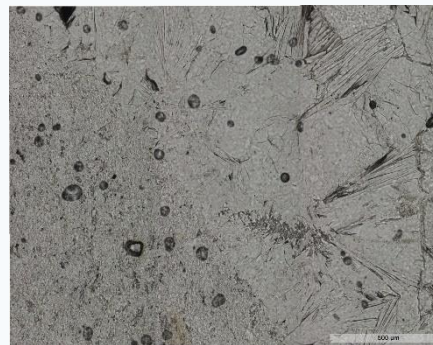
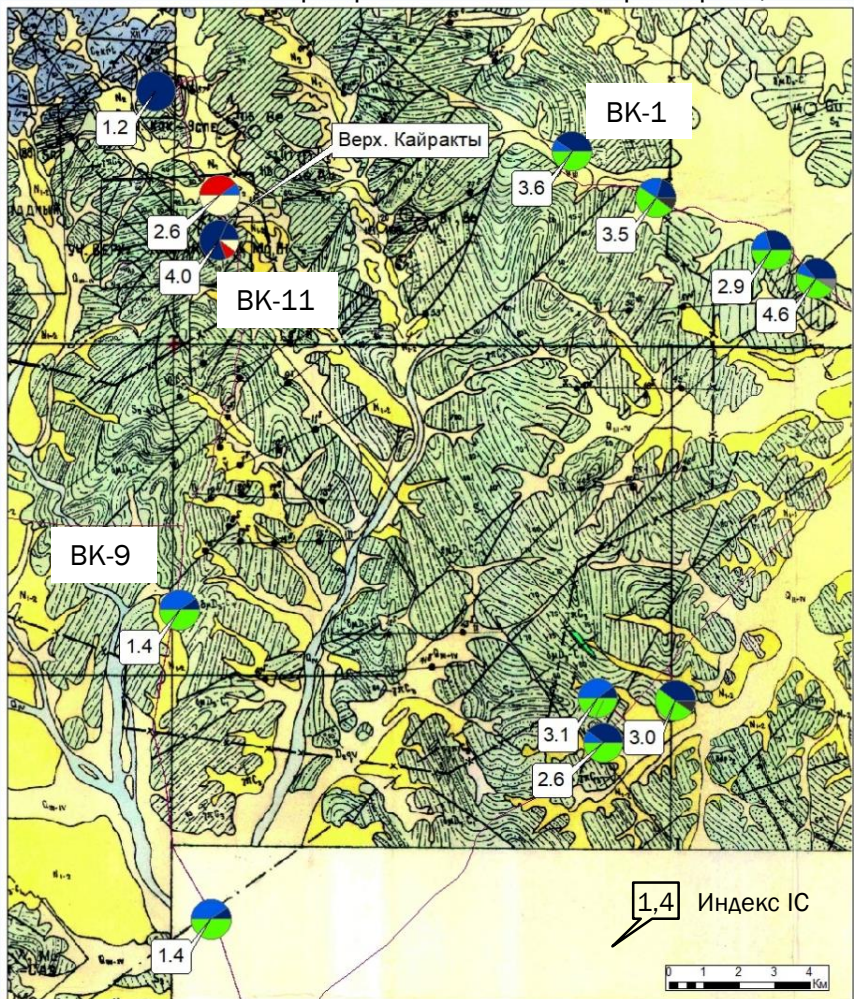


Опыт использования портативных систем гиперспектральной ИК-спектроскопии на месторождении Параиба золото-орогенного и наложенного Cu-Mo порфирового оруденения

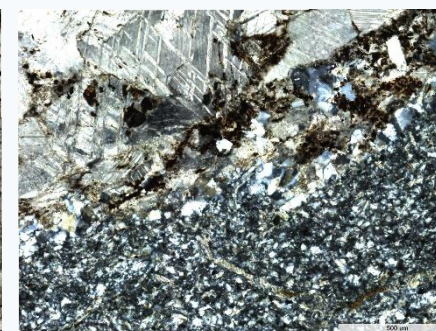


Гипотетическая модель с поисковыми критериями двух типов минерализации

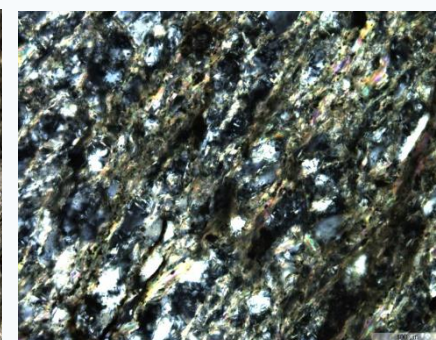
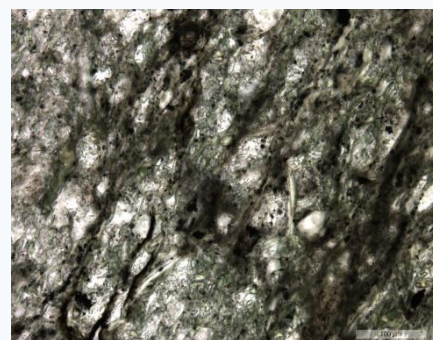
Схематическая карта расположения отбора образцов



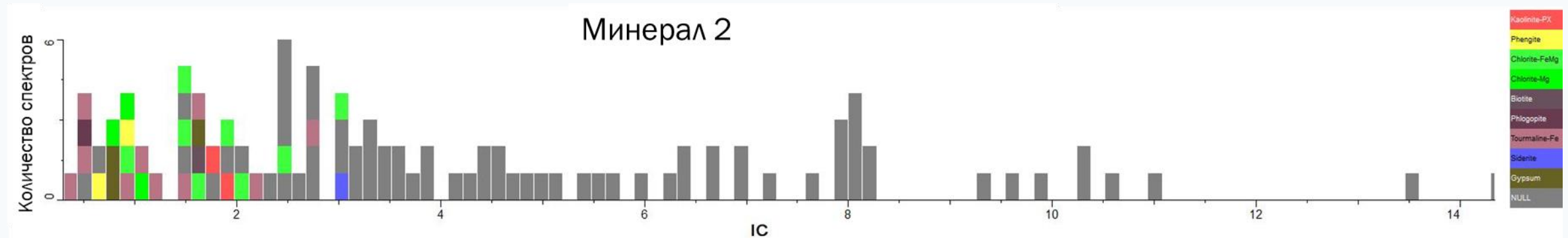
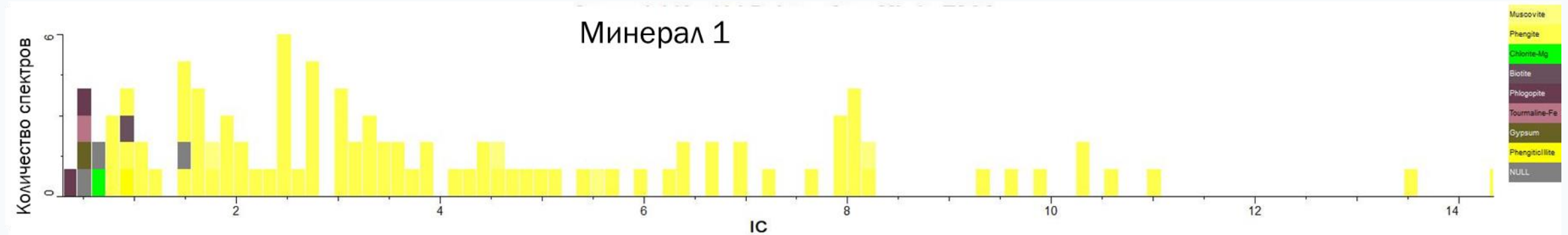
Бiotитовый метасоматит с фенгит-флюоритовыми прожилками и незначительной примесью мусковита и турмалина (7x7 см), карьер месторождения (ВК-11)



Хлорит-иллит-фенгитовый сланец (5x5 см), 10 км на юг от месторождения (ВК-9)

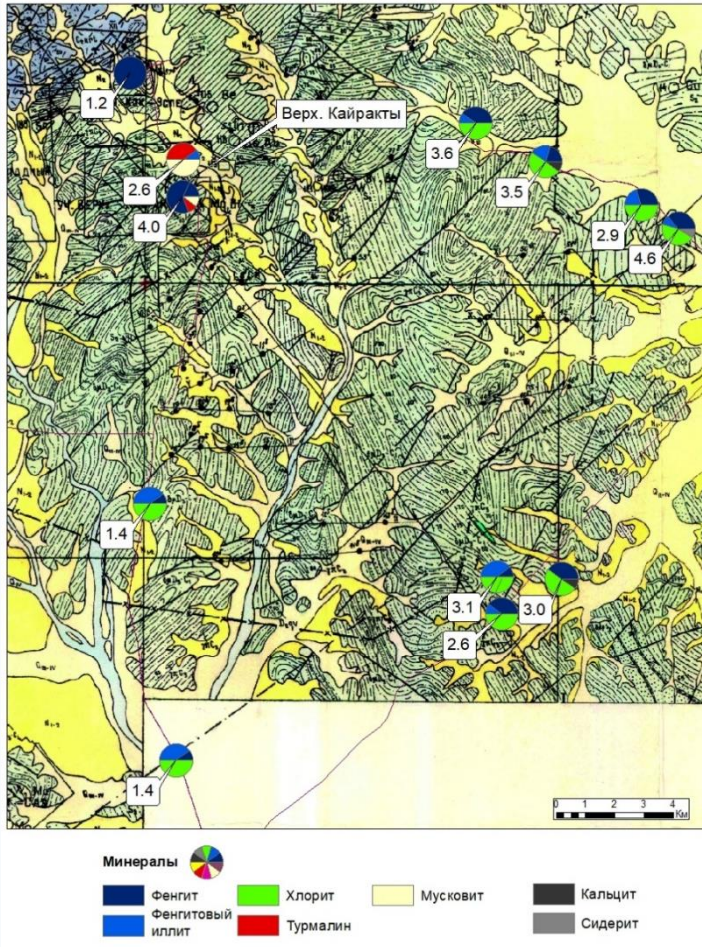


Фенгит-хлоритовый сланец (6x7 см), 10 км на восток от месторождения (ВК-1)



Распределение индекса кристалличности по спектрам скважины

ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО АНАЛИЗУ ДАННЫХ ИКС ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОИСКОВЫХ КРИТЕРИЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЛУТОНОГЕННОГО ТИПА



	Восточная часть площади (штуфные пробы)	Месторождение В.Кайракты (кern и штуфные пробы)	Южная часть площади (штуфные пробы)
Минеральная ассоциация SWIR диапазон	Хлорит Фенгит Фенгитовый иллит (+ кальцит, сидерит)	Фенгит Хлорит Биотит Мусковит Турмалин	Хлорит Фенгит
Индекс кристалличности	2,9-4,6 (для спектров фенгит-хлорит)	По kernу скважины: 4,8 (в спектрах только фенгит) 1,4 (в спектрах фенгит-хлорит)	Штуфы: 3,3 (фенгит, мусковит) 1,4 (для спектров фенгит-хлорит)

- Количественная информация, полученная с помощью спектральных методов, позволяет определить относительное содержание и физико-химические свойства минералов. Метод косвенно предоставляет информацию о гидротермальных флюидах, температуре и минеральном составе метасоматической зональности.
- Хлорит и светлые слюды наиболее широко используются в качестве индикаторов рудной минерализации при поисках месторождений ТПИ, так как являются наиболее распространёнными минералами гидротермально-метасоматических изменений и характеризуются уникальными спектральными параметрами, выявляемые методом ИКС.
- Комплексование традиционных методов (минералого-петрографические, микрозондовые, химико-аналитические) и метода ИКС дает превосходный результат в выявлении зон метасоматических изменений и обоснования поисковых критериев.