

# ПРИМЕНЕНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Саранчин А.В., Несмеянова А.И., Рассулов В.А., Таришка А.Е. (ФГБУ «ВИМС»)

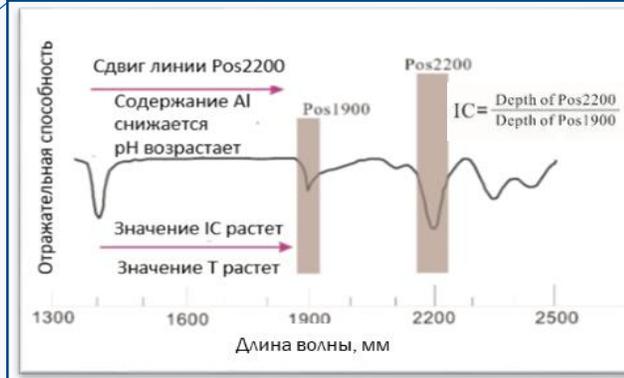
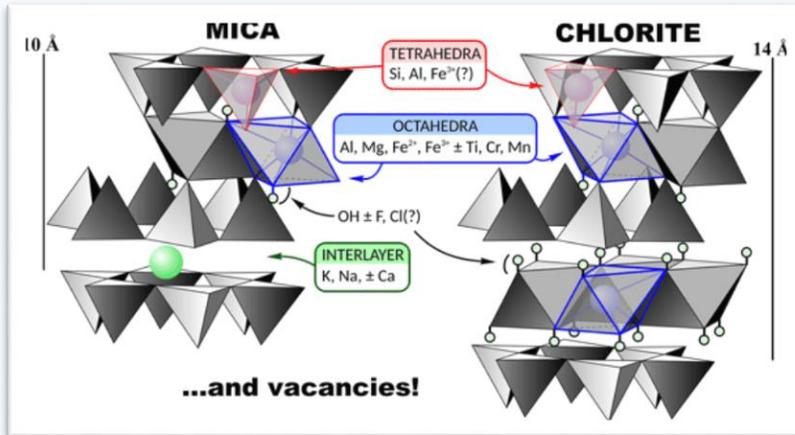


## Основные характеристики

- Метод основан на измерении спектров диффузного отражения электромагнитного излучения в диапазоне 400 – 2500 нм.
- Время измерения - 1 секунда.
- Моментальное получение результата.
- Анализ носит точечный характер замера - 0.5 дюйма (1.27 см).
- Мобильный, породонеразрушающий
- Точность определений подтверждается рентгеновским количественным фазовым анализом (сходимость 80-90%)
- Уникальные особенности спектров отражения позволяют значительно расширить количество получаемой информации

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

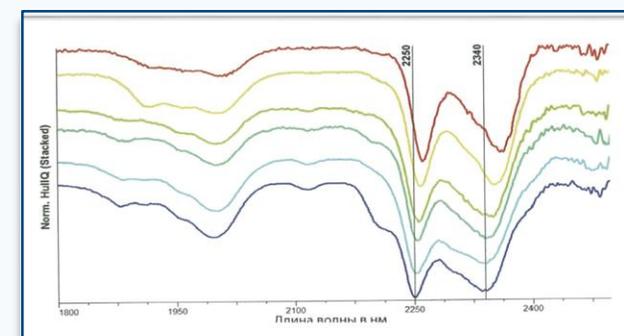
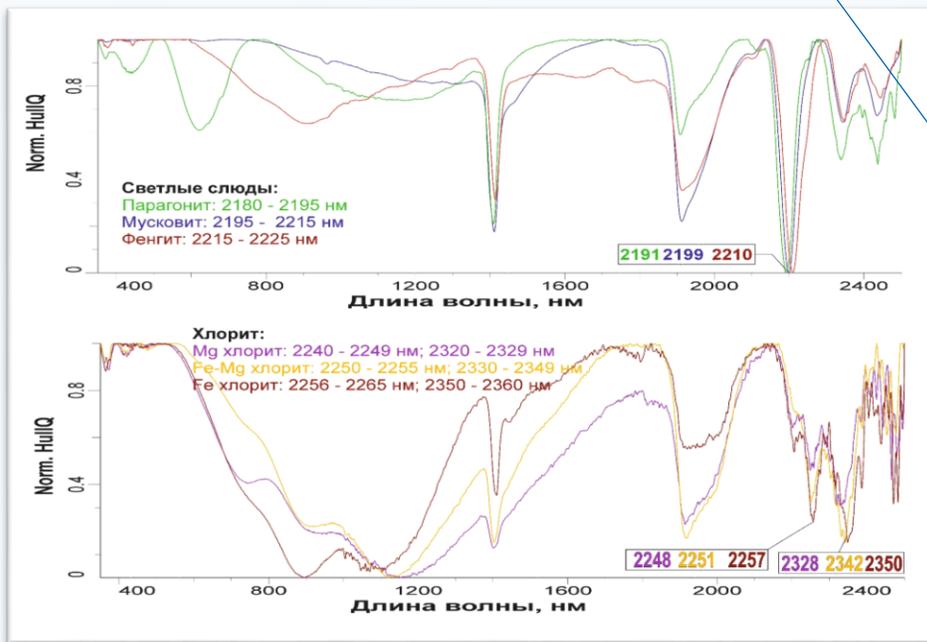
Минералы группы SWIR (1300-2500 nm)					
Минералы Al (OH)		Минералы Mg (OH)			
Группа	Минерал	Группа	Минерал	Группа	Минерал
Светлые слюды	Мусковит	Темные слюды	Биотит	Карбонаты	Кальцит
	Фенгит		Флогопит		Доломит
	Парагонит	Хлориты	Хлорит-Fe		Анкерит
	Мусковитовый иллит		Хлорит-FeMg		Магнезит
	Фенгитовый 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



- Сдвиги значений пика в полосе поглощения **2200 нм** отражает замещение Si и Al в тетраэдрическом положении и замещение Al, Mg и Fe в октаэдрических узлах.
- Значение положения пика в полосе поглощения 2200 нм уменьшается с увеличением содержания Al в решетке.
- **IC** - отношение глубины поглощения в полосе ~ 2200 нм, к поглощению в полосе ~ 1900 нм (Chang et al. 2011; Tian et al. 2019).
- Значения SWIR-IC в первую очередь контролируются температурами (Frey 1987). Чем выше значение IC, тем меньше воды содержит минерал и выше температура образования.



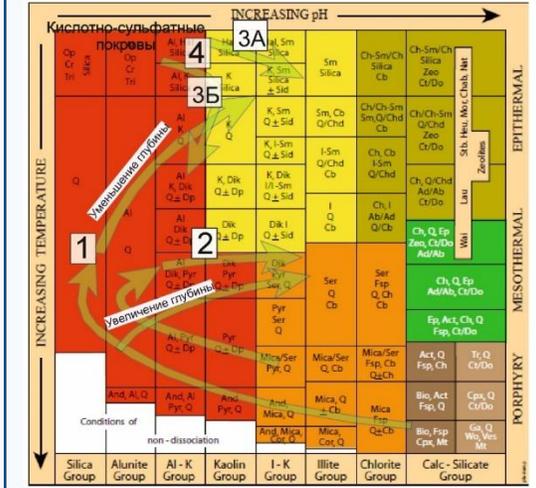
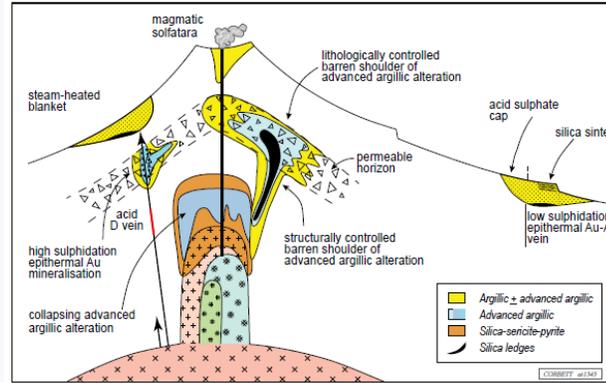
- Параметры SWIR для хлорита представляют собой положение длины волны поглощения Fe-OH (~ 2250 нм) и Mg-OH (~ 2350 нм), отражает замещение Al, Mg и Fe в октаэдрических узлах.
- Значения хлорита wFe-OH контролируются температурой, pH и составом хлоритов
- wFe-OH имеет тенденцию смещаться в сторону более длинных волн с уменьшением соотношения Mg / (Mg + Fe) и увеличением температуры (King and Clark 1989; Bishop et al. 2008).



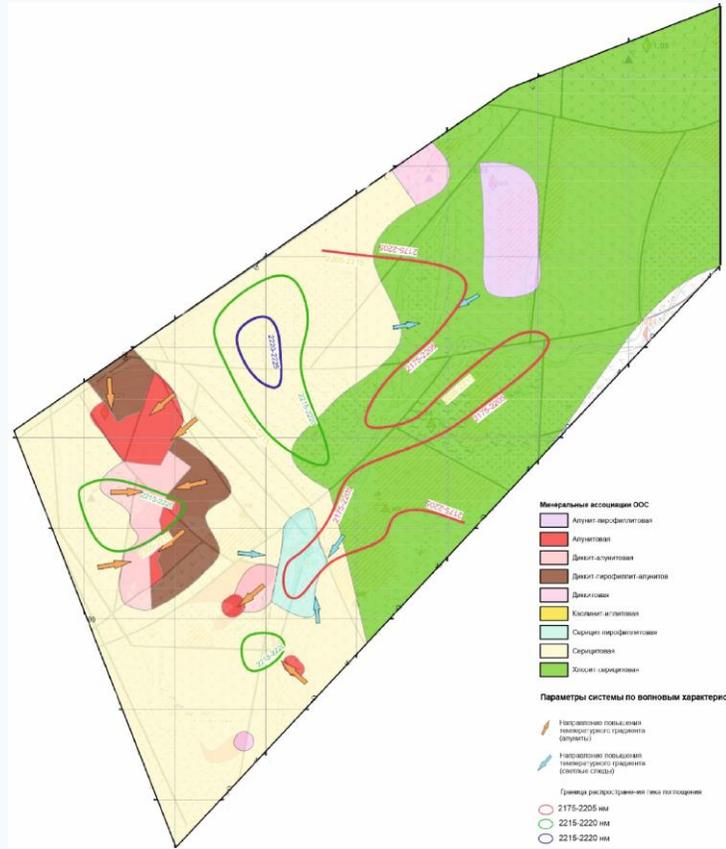
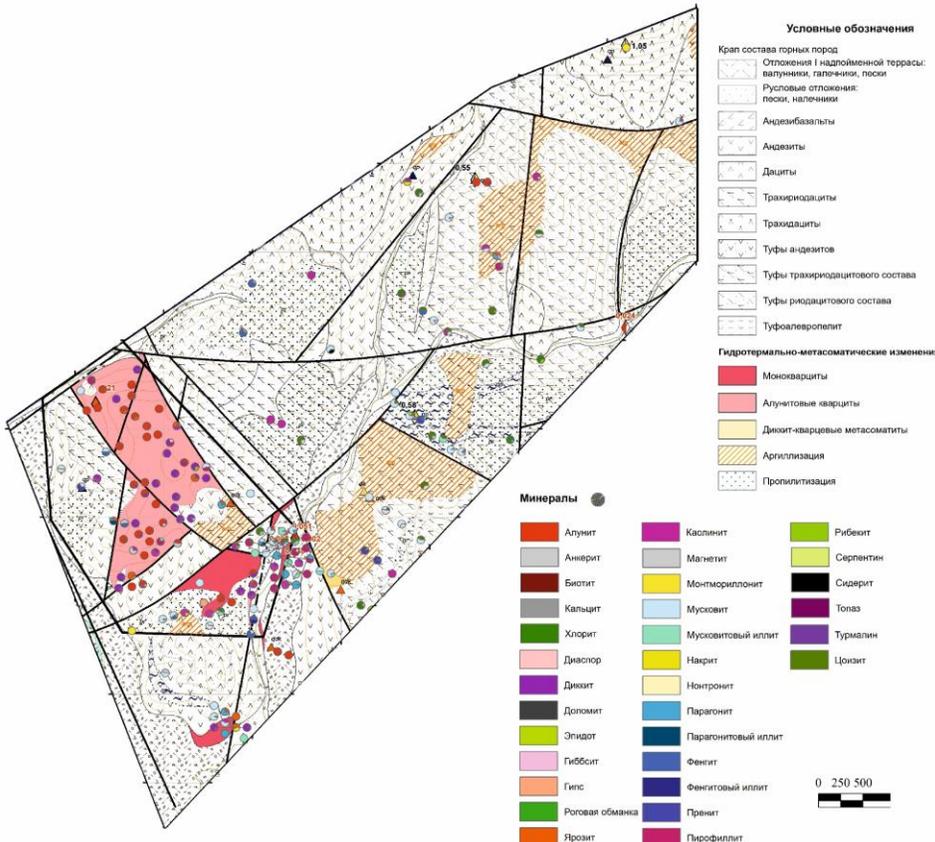
Спектры хлоритов. Сдвиг минимума в полосе поглощения Fe-OH (2250 нм) от собственно 2250 (синий спектр) до 2260 нм (красный спектр)

**Комбинация векторов SWIR и химических анализов может использоваться для поисков центров минерализации, источников тепла, определения местоположения рудных тел и изучения свойств гидротермальных флюидов и типов минерализации.**

- Проведены точечные замеры 245 штучных проб.
- В результате на площади выделены следующие минеральные ассоциации метасоматической зональности:
  - «продвинутые» аргиллизиты: алунитовая, алунит-пирофиллитовая, диккит-алунитовая, диккит-пирофиллит-алунитовая;
  - аргиллизиты: диккитовая, каолинит-иллитовая;
  - филлиты: серицит-пирофиллитовая, серицитовая;
  - пропилиты: хлорит-серицитовая.
- По выборке по светлым слюдам был рассчитан индекс IC, получены данные по сдвигам пиков поглощения в полосе Al-OH, а также для алунитов в полосе поглощения Na-OH



Abbreviations: Ab - albite, Act - actinolite, Ad - adularia, Al - alunite, And - andalusite, Bio - biotite, Cb - carbonate, (Ca, Mg, Mn, Fe), Ch - chlorite, Chab - chabazite, Chd - chalcodite, Ch-Sm - chlorite-smectite, Cor - corundum, Cps - clinopyroxene, Cr - cristobalite, Cr - calcite, Do - dolomite, Dik - dickite, Dp - diasporite, Ep - epidote, Fsp - feldspar, Ga - garnet, Hal - halloysite, Heu - heulandite, I - illite, I-Sm - illite-smectite, K - kaolinite, Lau - laumontite, Mt - magnetite, Moc - moissanite, Nat - natrolite, Op - opaline silica, Pfr - pyrophyllite, Q - quartz, Ser - sericite, Sid - siderite, Sm - smectite, Sbb - subanite, Tl - tremolite, Ts - tschermakite, Ves - vesuvianite, Wai - wairakitite, Wo - wollastonite, Zoo - zoisite.



Модель формирования зональных изменений и направление кислых флюидов при охлаждении и нейтрализации и образование различных типов структур эпитермального рудообразования:

1. HS эпитермальные месторождения Au и безрудные разноглубинные структуры.
2. Наложённые продвинутое аргиллизиты на филлиты.
- 3А. Нейтрализация (и охлаждение) на кислотно-сульфатном покрове.
- 3Б. Ослабленные кислотно-сульфатные покровы в активную HS эпитермальную систему.
4. Вулканические сольфатары.

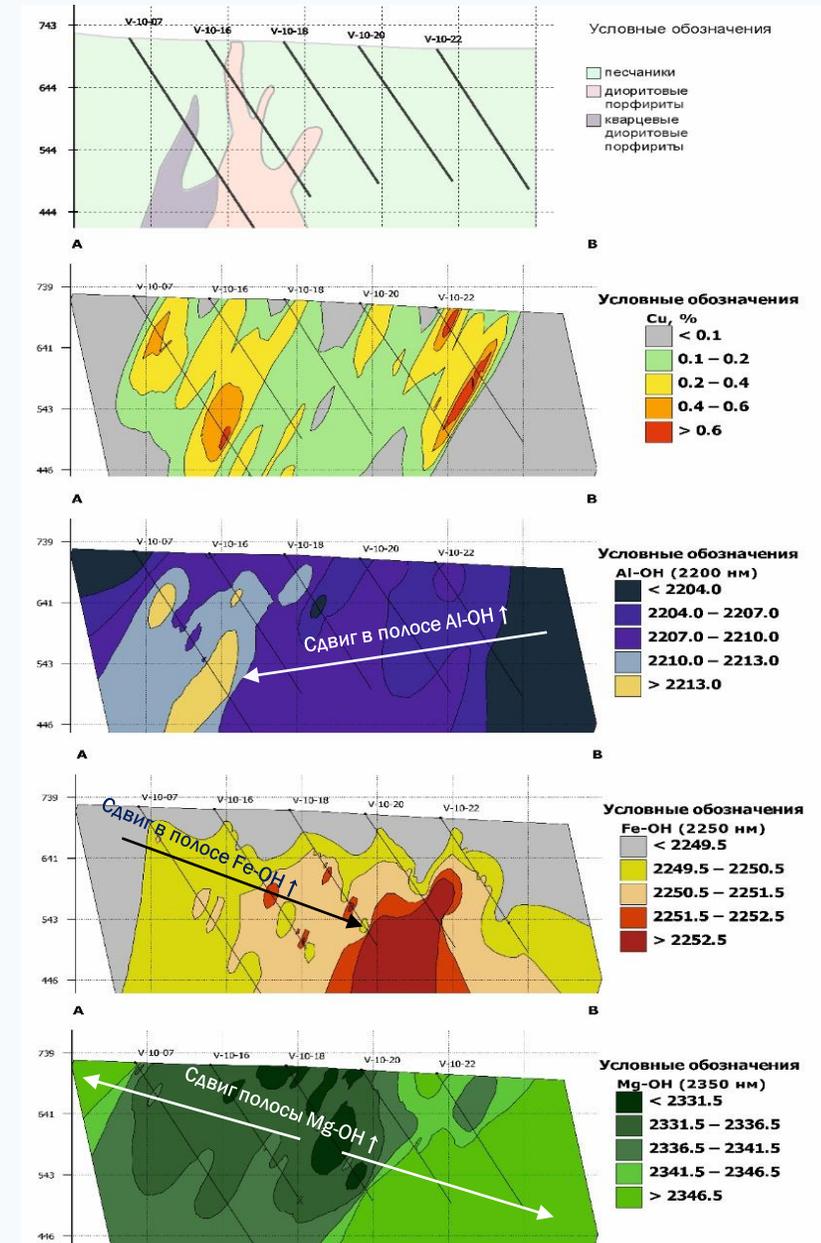
**Оперативная идентификация минералов в полевых условиях позволяет корректировать границы распространения метасоматических образований на поисковых площадях**

- На участке Долина месторождения Малмыж методом Vis-NIR-SWIR ранее были выделены три основные группы глинисто-гидрослюдистых минералов, характеризующие зональный облик изменений: 1) хлорит-калиевая зона (фенгит, фенгит-иллит, хлорит, флогопит); 2) каолинитовая зона (каолинит, диккит); 3) мусковит-натровая зона (мусковит, парагонит-иллит);
- Данный участок месторождения характеризуется прожилково-вкрапленным типом оруденения с неравномерным распределением меди.

На основании 5394 замеров по 5 скважинам выделены характеристические особенности хлорита, светлых слюд, каолинита:

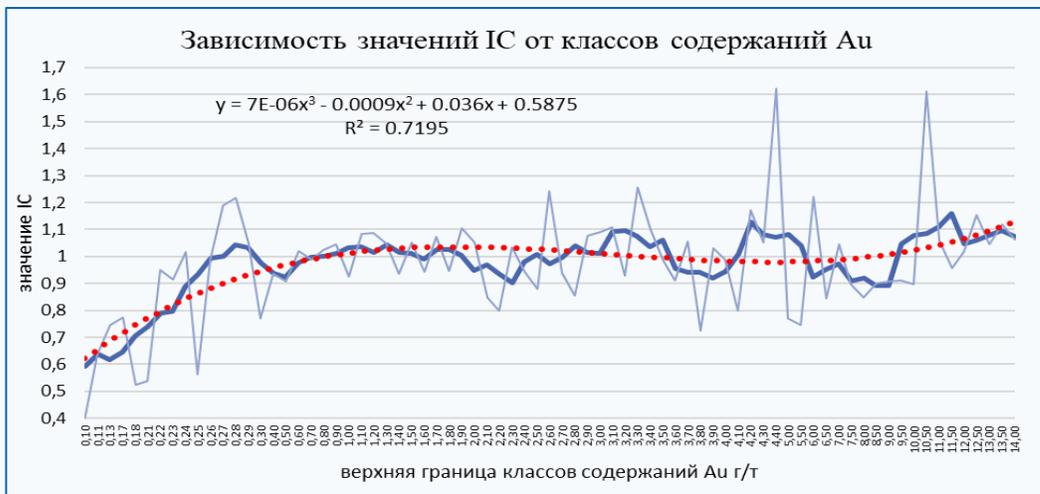
- Положение длины волны поглощения Al-OH (2200 нм) на изучаемом профиле указывает на приближение к гидротермальному центру.
- Положение длины волны поглощения хлорита Mg-OH (Pos2250) уменьшается по направлению к гидротермальному центру.

Изменение характеристических показателей длин волн отражения идентифицированных минералов могут быть использованы для построения закономерностей зонирования и векторных схем, которые указывают на расположение гидротермальных центров и связанных с ними систем для поиска рудной минерализации

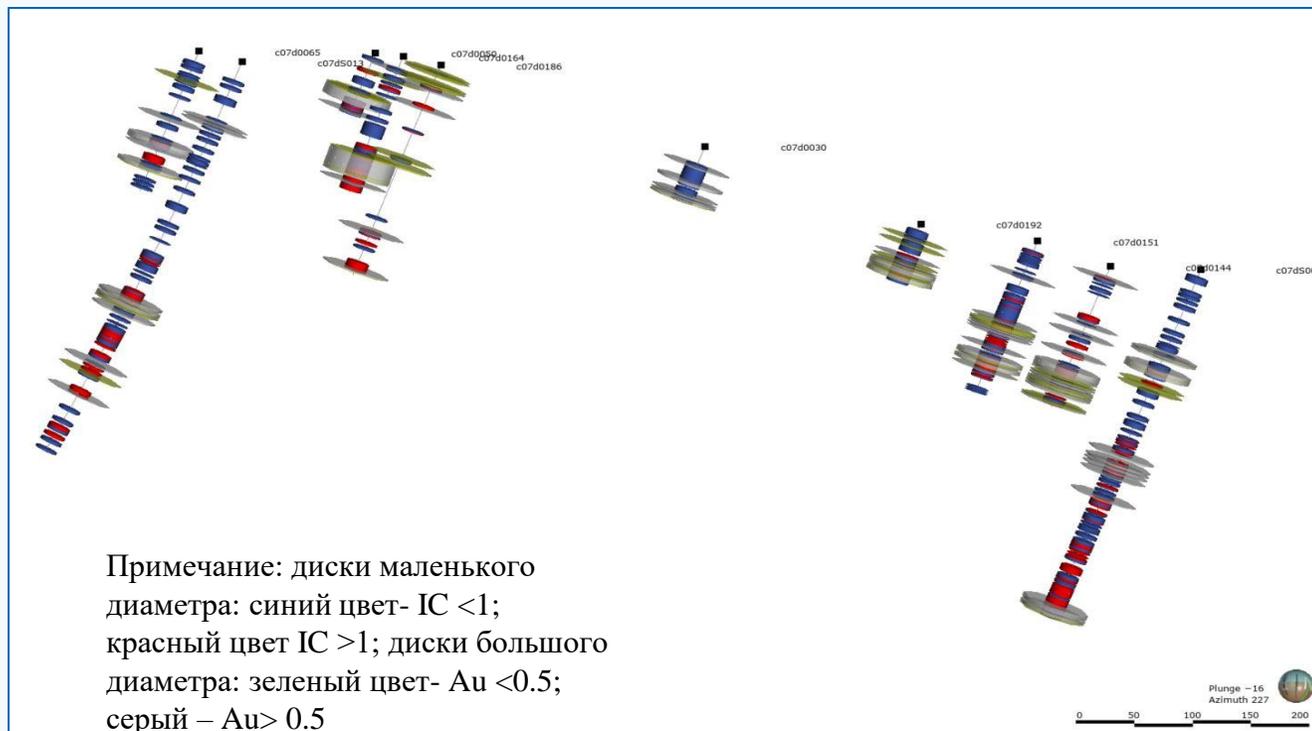


Месторождение представлено стратифицированными образованиями юры, верхнего мела, сложенными разнозернистыми песчаниками, прорванными интрузивными телами различного состава от гранодиоритов до гранитов. Рудные зоны пространственно приурочены к экзо- и эндоконтактовым зонам массива, но имеют секущий характер. Рудные тела тяготеют к областям развития светлых слюд (кварц-серицитовые метасоматиты).

- Проведены точечные замеры керна порядка 12 км скважин.
- По выборке светлых слюд был рассчитан индекс IC.
- При повышении содержания Au наблюдается тенденция к увеличению значения тренда IC до 1,12.
- В большей степени рудную минерализацию характеризуют светлые слюды со следующими параметрами:
  - IC > 1
  - wAl-OH: < 2205 нм

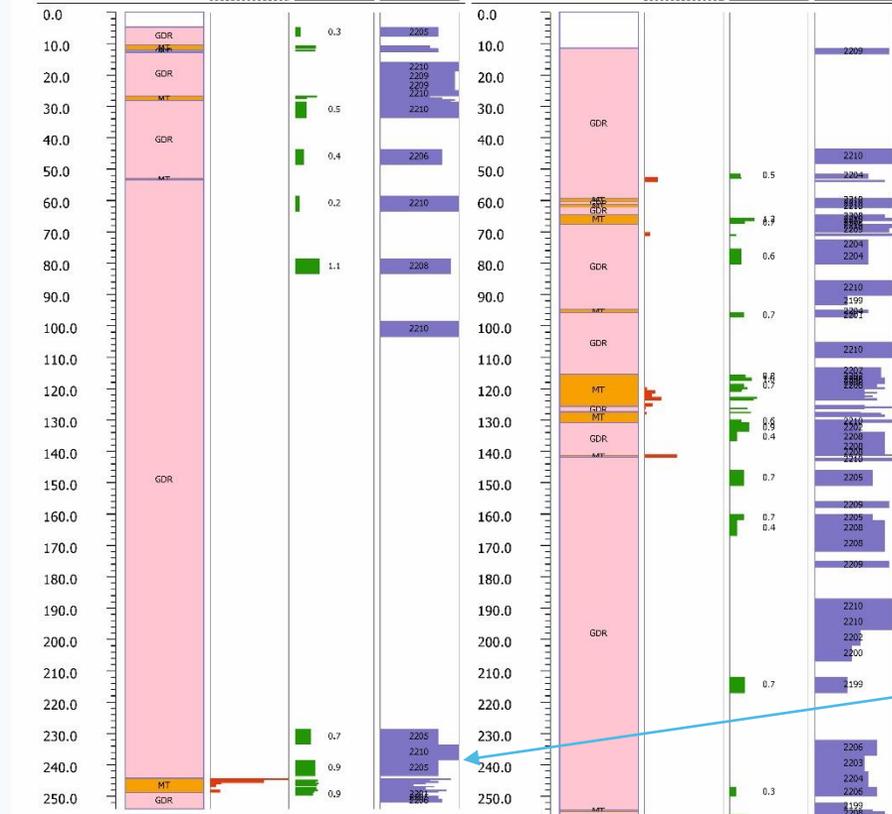


**Оконтуривание зон с выявленными параметрами может являться поисковым критерием для выявления зон с промышленной минерализацией для месторождений данного типа**

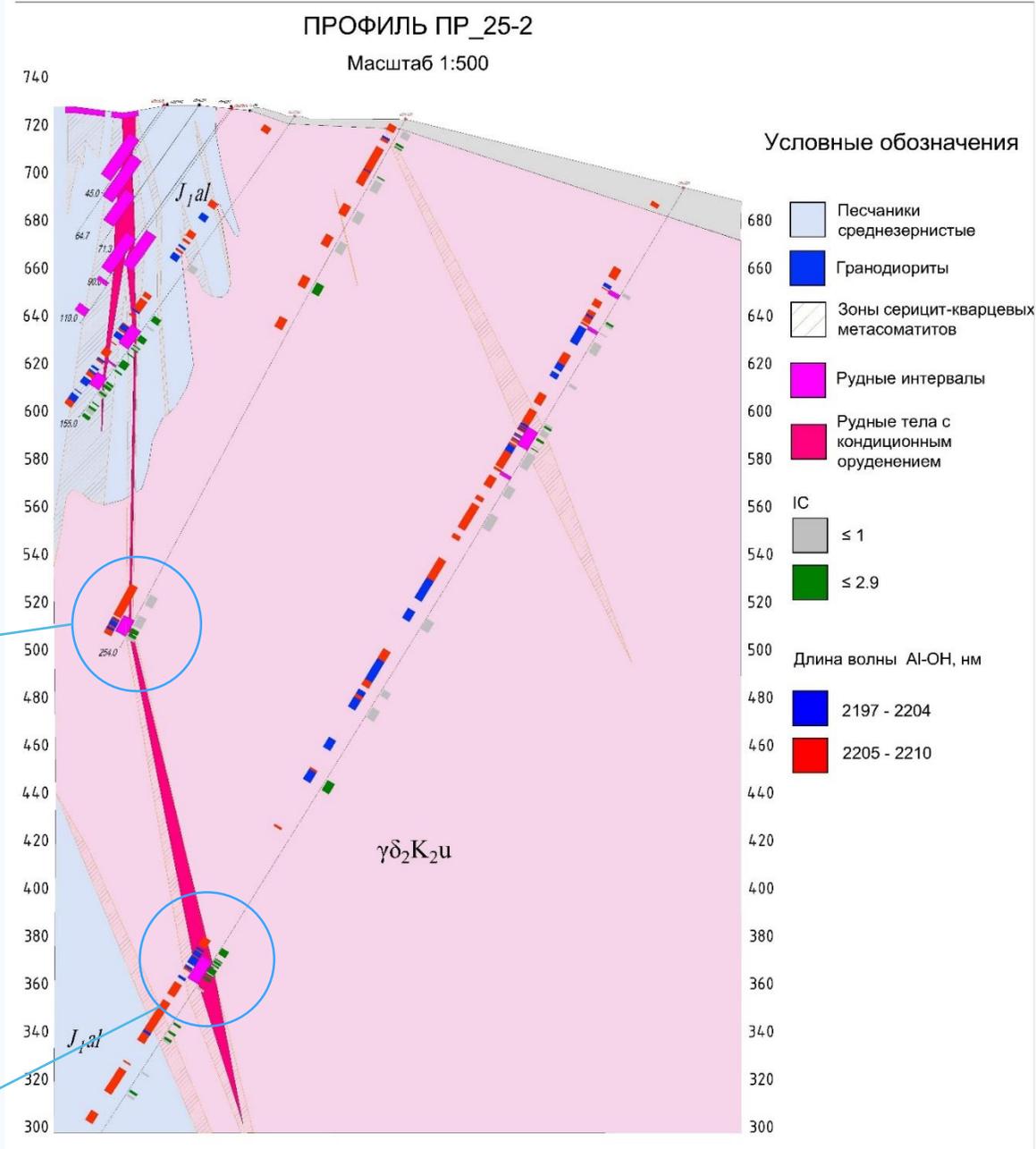


Примечание: диски маленького диаметра: синий цвет- IC <1; красный цвет IC >1; диски большого диаметра: зеленый цвет- Au <0.5; серый – Au > 0.5

**скв 1** Глубина Порода AU IC  $\lambda$ , Al-OH, нм **скв 2** Глубина Порода AU IC  $\lambda$ , Al-OH, нм



- Условные обозначения**
- GDR Гранодиориты
  - MT Метасоматиты
  - Au среднее содержание золота, г/т
  - IC значения IC
  - $\lambda$ , Al-OH, нм значения сдвига пика поглощения в полосе Al-OH (2200 нм)



- Метод оперативной оптической спектроскопии является относительно простым в реализации, неразрушающим и оперативным, что позволяет получать результаты параллельно с ведением геологической документации и опробованием.
- Минералы, идентифицированные с помощью коротковолновой инфракрасной спектрометрии, такие как слюды, карбонаты, хлорит, глины и амфиболы можно использовать для картирования зональности метасоматических изменений.
- Изменение характеристических показателей длин волн отражения идентифицированных минералов могут быть использованы для построения закономерностей зонирования и векторных схем, которые указывают на расположение гидротермальных центров и связанных с ними систем для поиска рудной минерализации

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

