



**ФГБУ «ВИМС»**

# **ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ХРОМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В АЛЬПИНОТИПНЫХ ГИПЕРБАЗИТАХ**

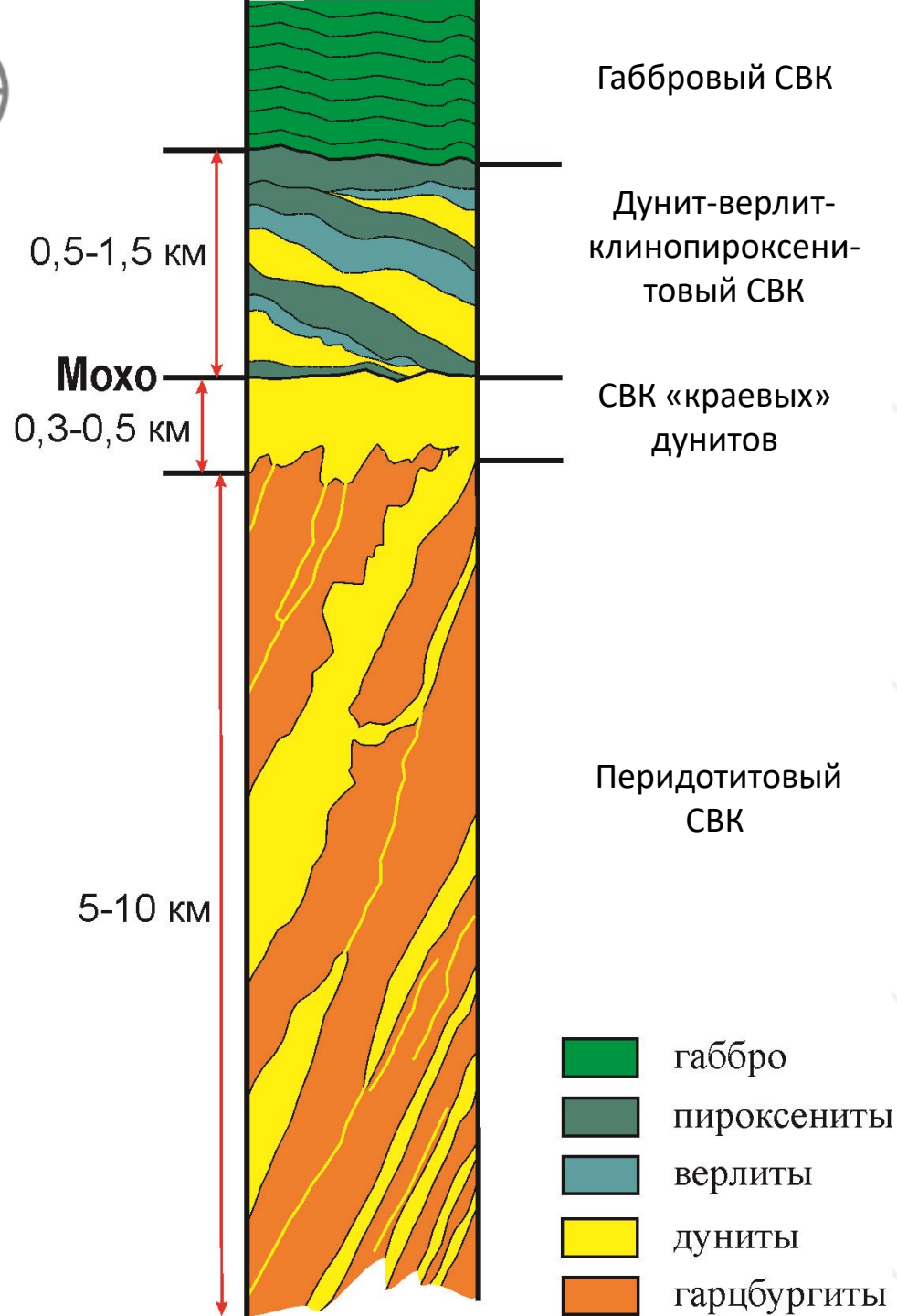
**ОТДЕЛ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

вед. специалист ФГБУ «ВИМС» **И.А. Прудников**  
вед. специалист ФГБУ «ВИМС» **М.М. Гайкович**



# Обобщенная геолого-поисковая модель хромовых руд в альпинотипных гипербазитах

	Прогнозные элементы (критерии и признаки)	Геолого-промышленный тип - альпинотипный (подиформный)
региональные	Геотектоническая позиция	литосфера океанического и переходного типа в областях складчатости (аллохтонные и протрузивные блоки вдоль крупных шовных зон орогенов)
	Геохронологический	преимущественно фанерозой (каледониды и альпиды), реже протерозой
	Формационный	офиолитовая ассоциация дунит-перидотитовая формация
	Магматический	каналы миграции базальтовых и пикробазальтовых расплавов в мантии и коре
	Форма и размеры	линзо-, трубо- и плитообразные тела (от мелких до крупных- первые десятки км <sup>2</sup> )
	Структурно-вещественный	<b>сложены перидотитовыми структурно-вещественными комплексами (СВК) с выраженной зональностью</b>
	Геофизический	в магнитном поле массивы выделяются пониженными значениями магнитного поля, со сложным рисунком, наличием интенсивных аномалий на контакте с вмещающими породами за счет зон серпентинизации в эндоконтактах. Повышенными значениями эффективной плотности выделяются части массивов обладающие значительной мощностью.
	Дистанционный	в открытых районах (степные и тундровые) на АФК и МАКС уверенно дешифрируются массивы, тектонические структуры, дунитовые тела, реже структурно-вещественная зональность
	Геоморфологический	положительные формы рельефа для массивов в целом; рудоносные зоны – отрицательные формы (ложбины) (неоднозначно)
	Петрографический (рудовмещающие породы)	вмещающие породы дуниты
	Петрохимический	высокомагнезиальный состав дунитов; состав акцессорной хромшпинели дунитов
локальные	Структурный	<b>рудные тела приурочены к контакту дунит/гарцбургит и тяготеют к структурным неоднородностям дунитовых тел</b>
	Морфология рудных тел	большое разнообразие (сложные линзообразные, жилообразные, столбообразные и др. ); рудные тела невыдержанные по простиранию, падению и мощности
	Размеры тел	протяженность десятки м - первые сотни м, мощность первые м , реже десятки м
	Масштаб оруденения	для дунит-гарцбургитового СВК – от мелких до крупных и уникальных месторождений; для гарцбургитового СВК – мелкие и средние, реже крупные; для дунит-верлит-клинопироксенитового СВК – мелкие и средние
	Влияние пострудных процессов	прогрессивный региональный или локальный метаморфизм в целом ухудшает качество руд и влияет на петрофизические свойства пород и руд. Пострудная тектоника усложняет форму рудных тел
	Минералого-петрографические (состав рудного хромшпинелида)	для дунит-гарцбургитового СВК – высокохромистый магнезиальный; для гарцбургитового СВК – глиноземистый; для дунит-верлит-клинопироксенитового СВК – высокохромистый повышенной железистости
	Геофизические признаки	рудные объекты фиксируются повышенными значениями гравиметрических измерений и пониженными магнитного поля (неоднозначно)
	Комплекс ГИС	рудные интервалы отражаются в разрезе аномалиями, фиксируемые ядерно-геофизическими методами (НГК-С, ГГК-С, ГГК-П, НК-Н)
	Прямые признаки	наличие повышенной вкрапленности и оруденения в коренных выходах и рудных обломков в элювиально-делювиальных развалах и россыпях
	Геохимический (первичные ореолы)	<b>повышенные содержания Ni и пониженные содержания Co, Fe, Mn, V в околорудных дунитах, на фоне широкого колебания содержания Cr</b>
	Петрофизические	<b>пониженная магнитная восприимчивость руд и околорудных пород, повышенная плотность</b>



## Структурно-вещественные комплексы (СВК) альпинотипных массивов

Типы СВК коровой части разреза:

- 1) габбровый;
- 2) дунит-верлит-клинопироксенитовый;
- 3) троктолит-габбро-норитовый;

Типы СВК мантийной части разреза:

- 1) дунит-гарцбургитовый;
- 2) гарцбургитовый;
- 3) лерцолитовый;
- 4) «краевых» дунитов

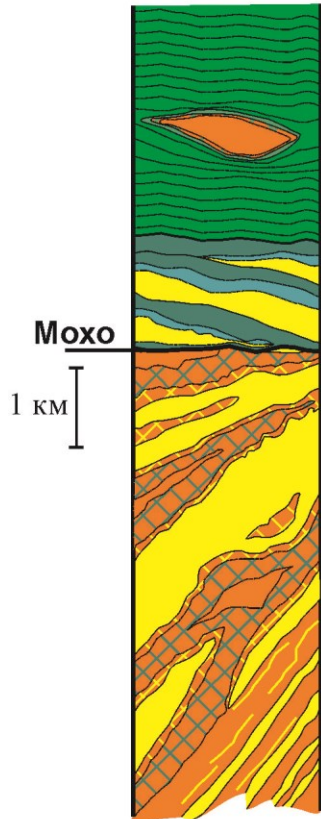


## Различные типы структурно-вещественных комплексов

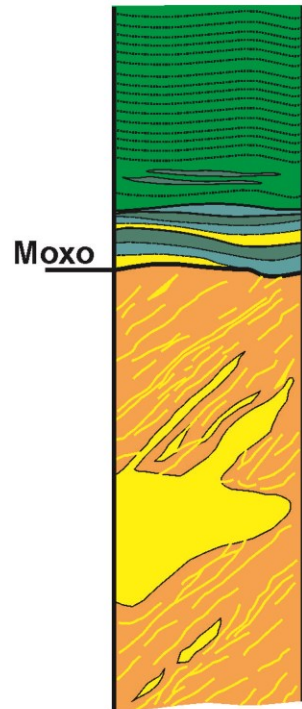
### Дунит-гарцбургитовый тип

*молодые островные дуги*

Войкаро-Сыньинский массив  
(западный склон)



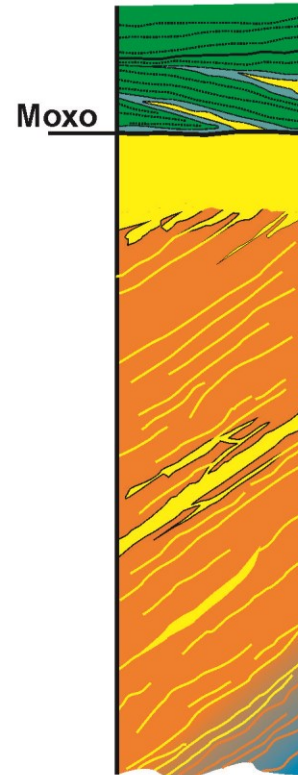
массив Рай-Из



### Гарцбургитовый тип

*зоны спрединга  
океанов и задуговых бассейнов*

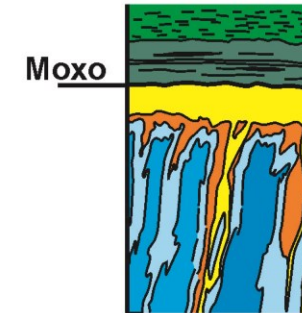
Войкаро-Сыньинский массив  
(восточный склон)



### Лерцолитовый тип

*континентальные окраины и  
микроконтиненты  
океанических пространств*

Нуралинский массив



лерцолиты

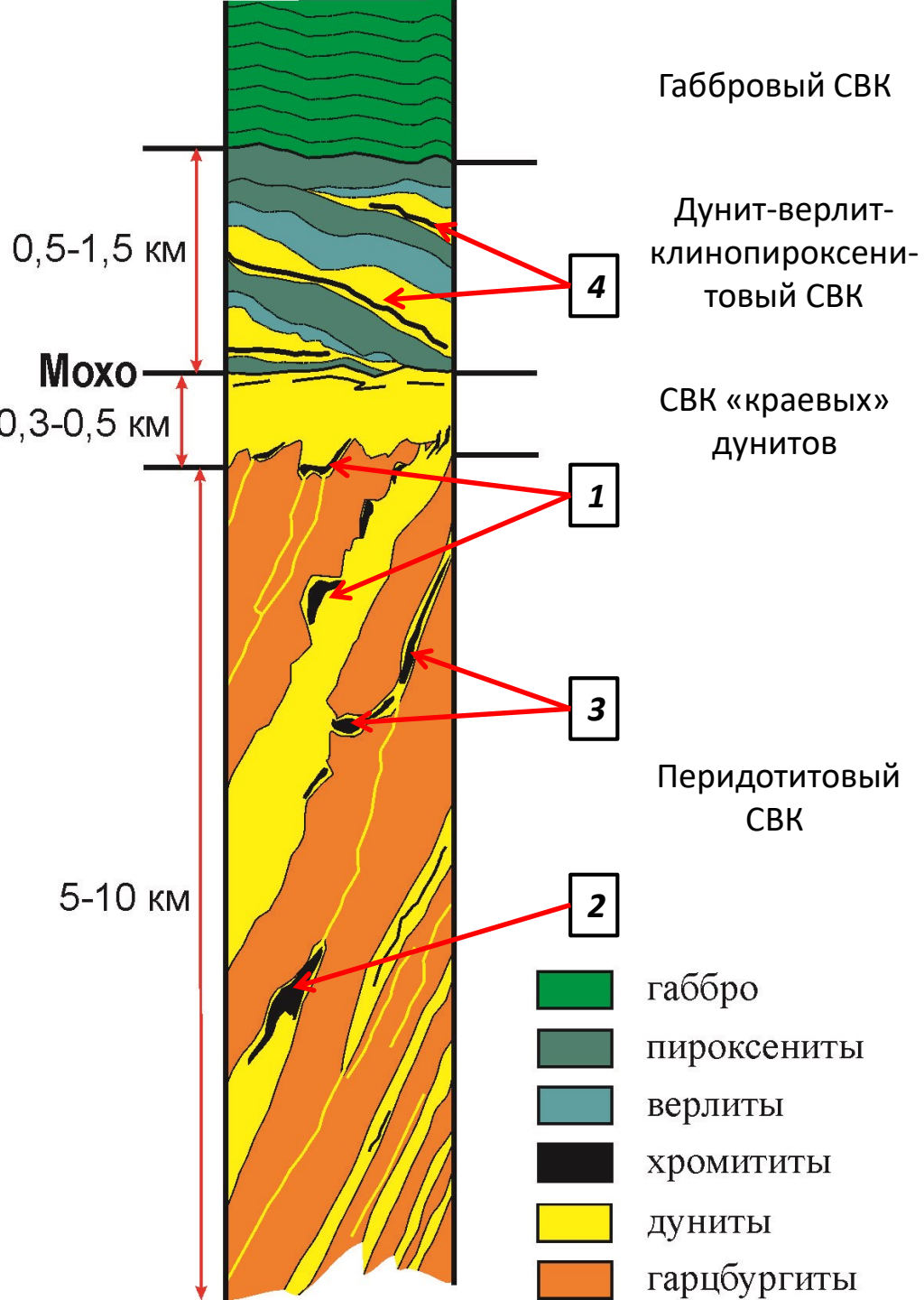
гарцбургиты

дуниты

верлиты

пироксениты

габбро



## Структурный контроль оруденения

Положение рудных тел в мантийной части разреза контролируется структурными неоднородностями контакта дунит/гарцбургит.

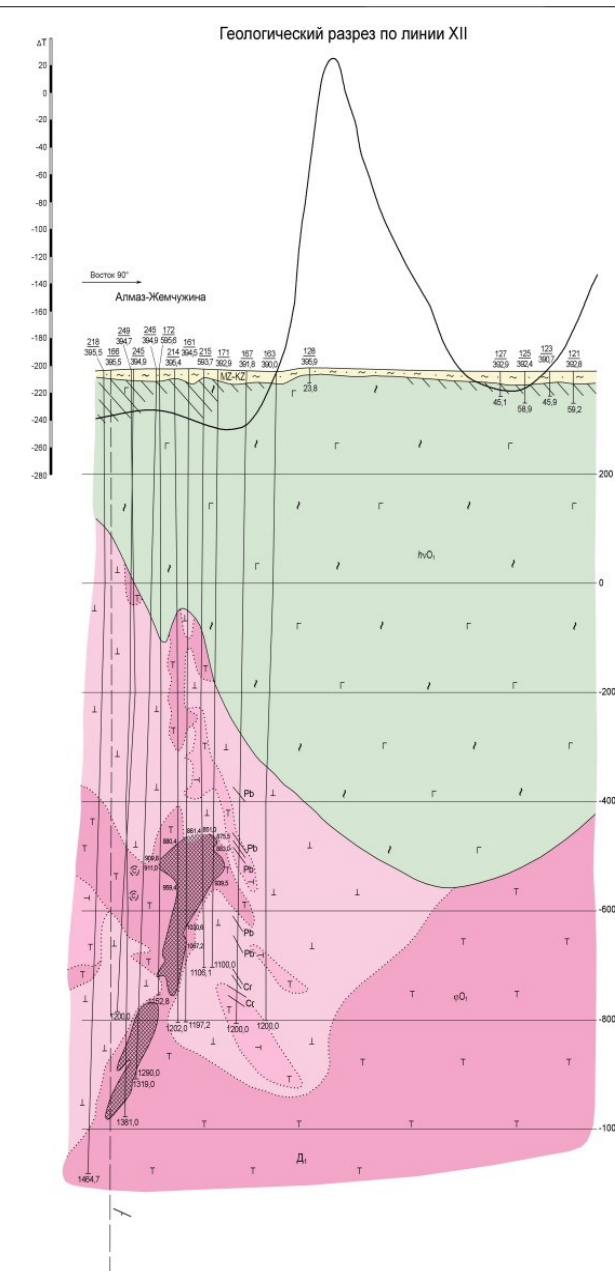
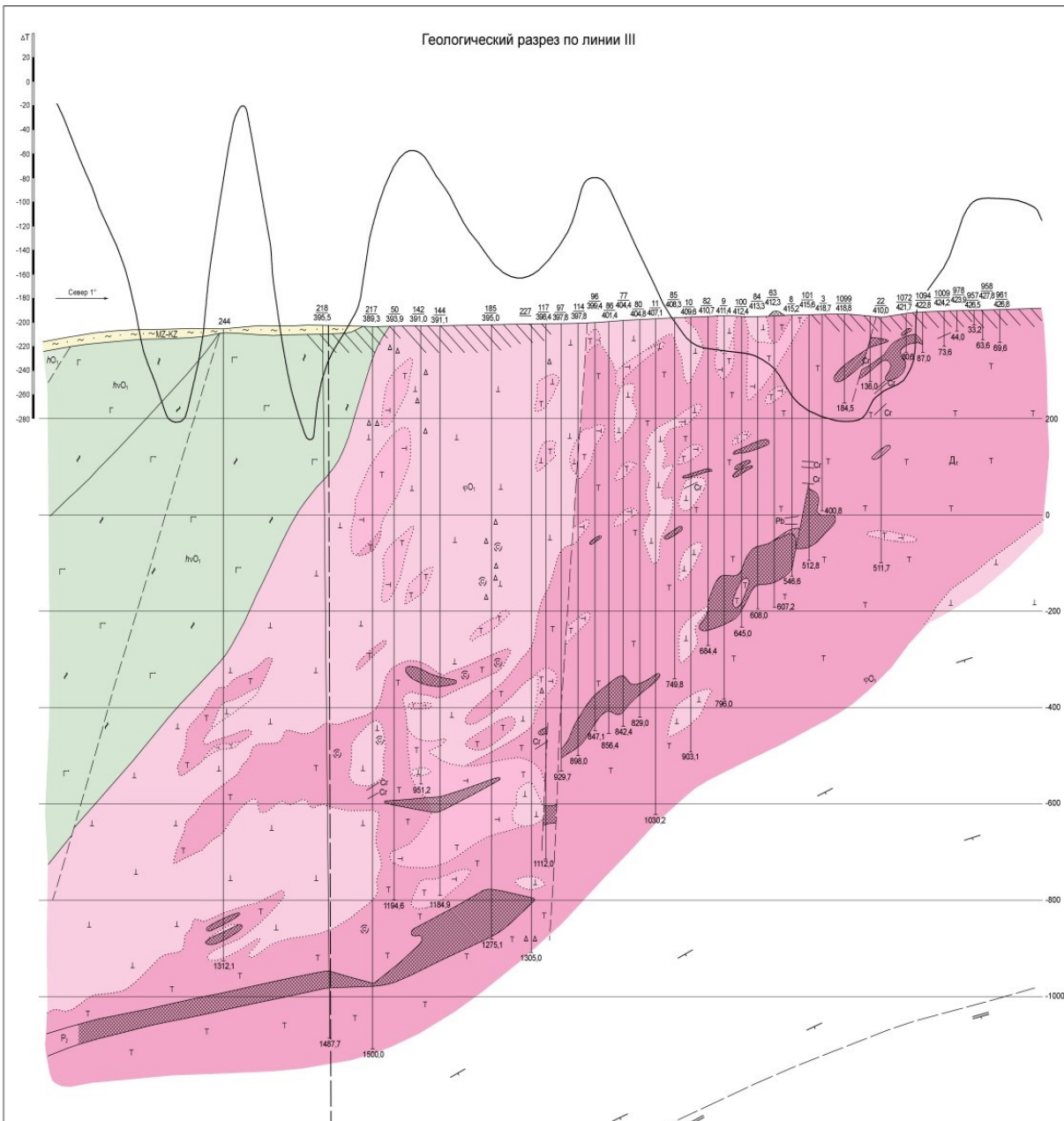
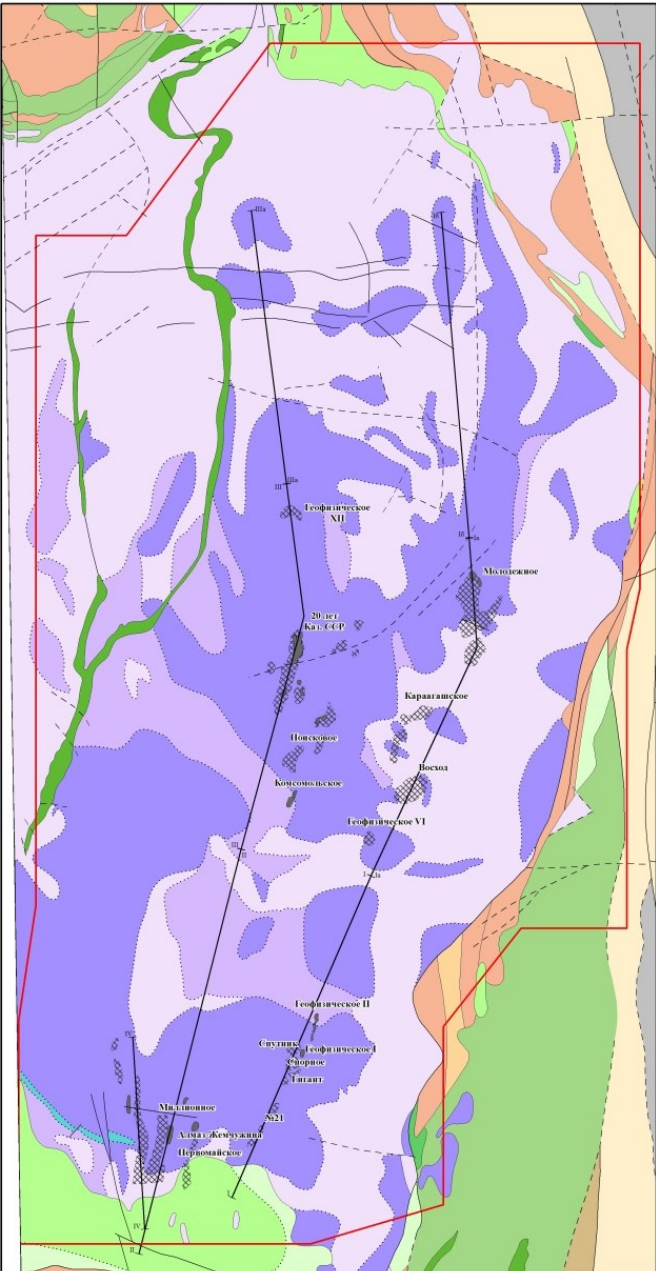
Можно выделить три основных типа рудолокализирующих структур:

- 1) Карманообразный изгиб контакта
- 2) Резкое изменение мощности дунитового тела
- 3) Ответвление апофиз от крупного дунитового тела

Для хромититов дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса характерно залегание в приподошвенных частях дунитовых тел полосчатых серий (4)



# Кемпирсайский массив





зона безплагиоклазовых  
лерцолитов  
зона клинопироксеновых  
гарцбургитов

зона неистощенных  
гарцбургитов

зона пироксенитового  
прожилка  
подзона слабого  
пироксенитового прожилка  
подзона умеренного  
пироксенитового прожилка  
подзона интенсивного  
пироксенитового прожилка

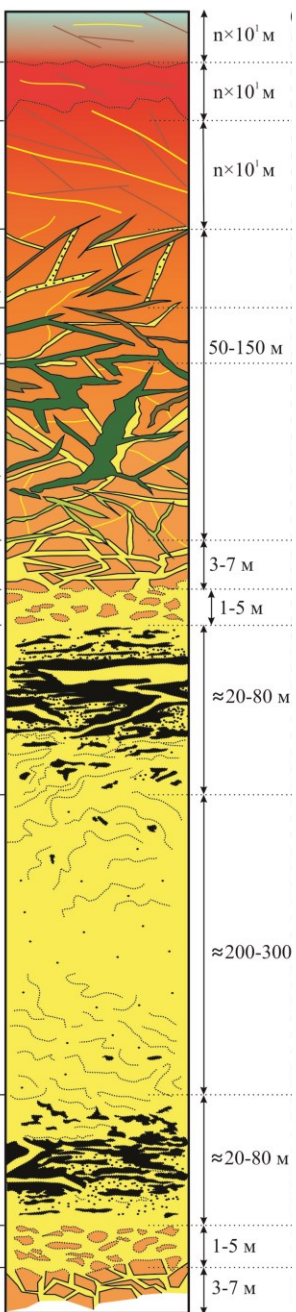
зона дунитового штокверка  
зона “тневых” гарцбургитов

рудная зона

зона дунитового ядра

рудная зона

зона “тневых” гарцбургитов  
зона дунитового штокверка



- Условные обозначения
- дуниты
  - зональные жилы дунитов
  - хромититы
  - гарцбургиты различной степени истощенности
  - клинопироксеновые гарцбургиты
  - безплагиоклазовые лерцолиты
  - клинопироксениты
  - вебстериты
  - ортопироксениты (бронзититы)
  - жилы дунитов
  - жилы ортопироксенитов (энстатититов)
  - вкрапленность хромшпинелида
  - струйчато-шлировые выделения хромшпинелида
  - границы резкие
  - границы постепенные

## Структурно-вещественная зональность

### Позволяет:

- проводить картирование на основе структурно-вещественного строения ультрабазитовых комплексов, увеличивая детализацию карт и упрощая понимание структуры разреза мантии;
- косвенно оценить уровень эрозионного среза и положение в разрезе структурно-вещественного комплекса.
- разбраковать разрезы мантии по степени продуктивности

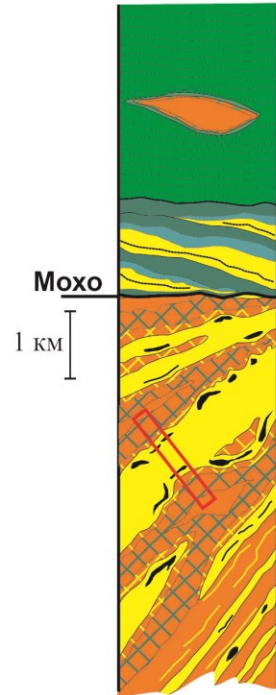
### Ограничения:

- зональность симметричная, что не позволяет определить тип залегания;
- некоторые зоны часто сильно редуцированы по мощности, что затрудняет их выявление, особенно в участках перекрытых четвертичными образованиями;
- для каждого структурно-вещественного комплекса или его подтипа характерна собственная зональность, что не позволяет разработать общие критерии картирования гипербазитов альпинотипных массивов.

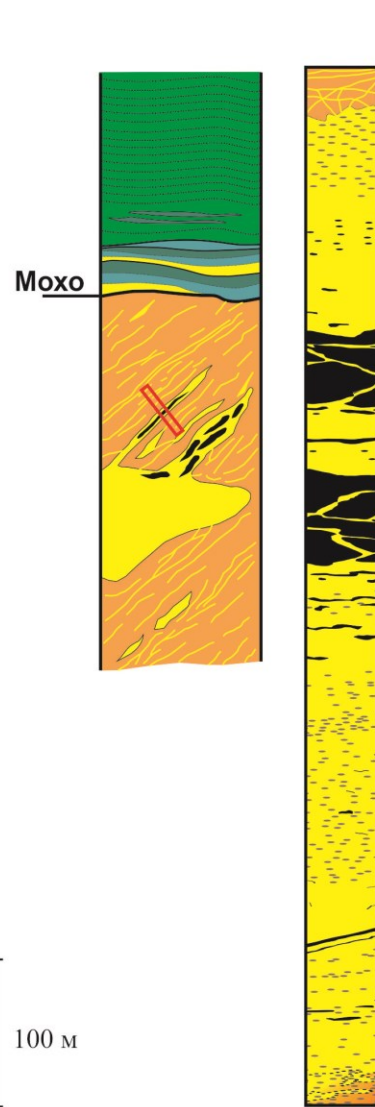


### Дунит-гарцбургитовый СВК

Войкаро-Сыньинский массив

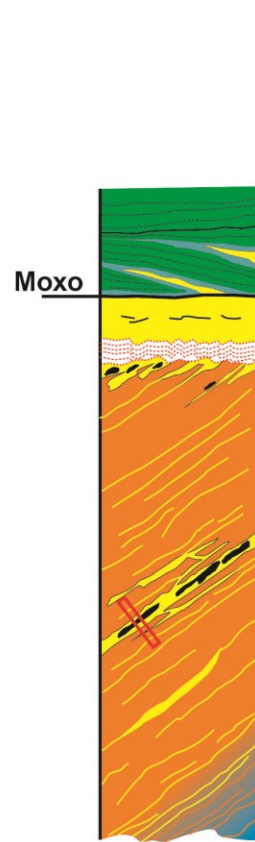


массив Рай-Из



### Гарцбургитовый СВК

Войкаро-Сыньинский массив



### Лерцолитовый СВК

Нуралинский массив



лерцолиты

гарцбургиты

дуниты

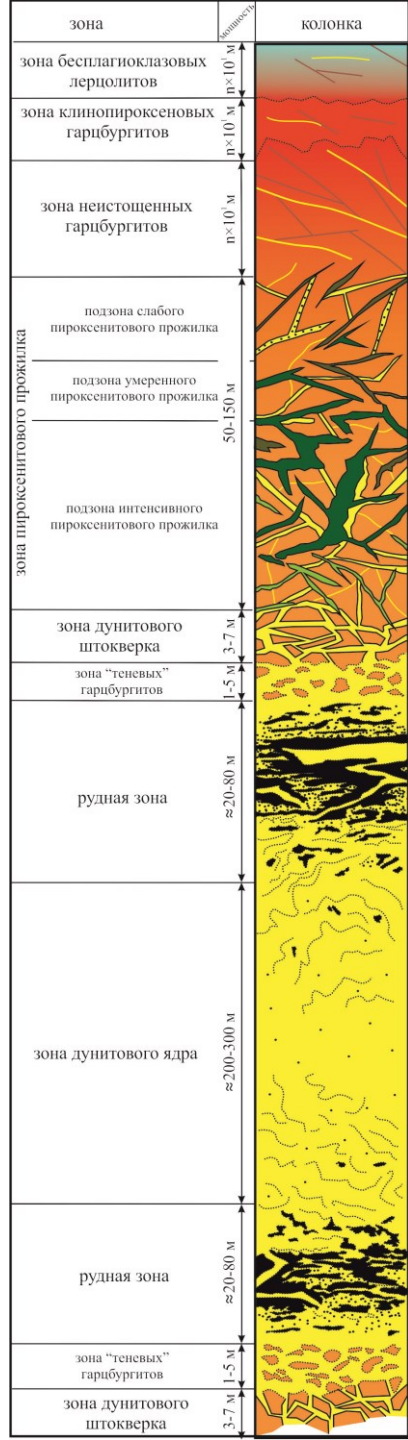
хромититы

верлиты

пироксениты

габбро

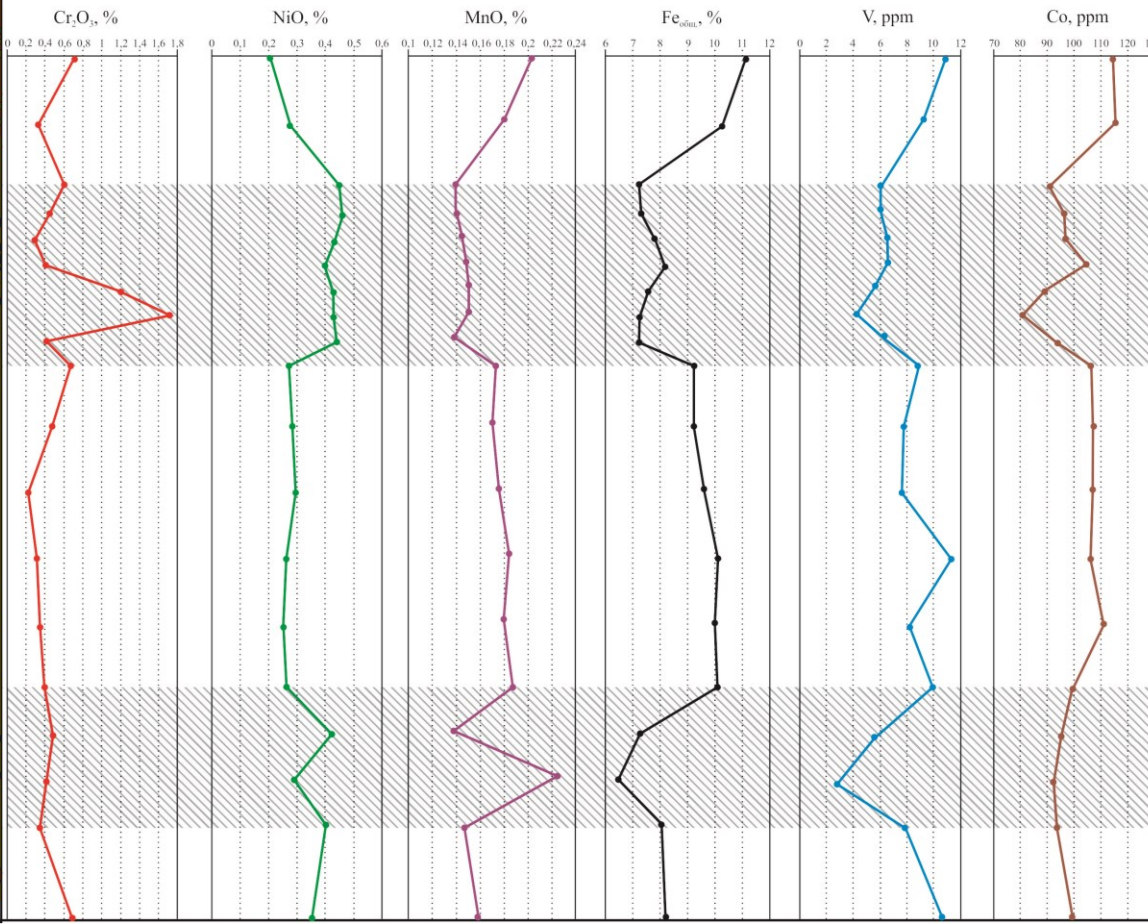




Валовые содержания характерных сидерофильных и халькофильных элементов в дунитах различных структурно-вещественных зон

Элементы	Содержания в дунитах различных структурно-вещественных зон (в скобках среднее, жирным выделены наиболее характерные показатели)				Метод анализа
	дунитового ядра	рудной зоны	интратрудных	пироксенитового прожилка	
NiO, %	≤0,4 (0,288)	≥0,4 (0,410)	0,4-0,43 (0,415)	0,2-0,35 (0,292)	РСА
MnO, %	0,16-0,20 (0,18)	0,13-0,15	0,12-0,13	0,16-0,24 (0,19)	РСА
Fe <sub>общ.</sub> , %	8,5-11 (9,4)	7-8,5 (8,4)	6-7 (6,5)	9-11 (9,9)	РСА
V, ppm	7-12,4 (9,2)	3-7 (6)	4-5	9-20 (13,2)	ИСП-МС
Co, ppm	100-120 (110)	80-100 (90)	65-74 (70)	100-116 (110)	ИСП-МС
Zn, ppm	≥50 (55,5)	≤50 (40,1)	19-38	37-87 (54,5)	ИСП-МС
Магнитная восприимчивость (×10 <sup>-6</sup> ед. СИ)	1,5-5,7 (1,6-2,2)	0,3-0,7	0,3-0,7	7,6-10	

Распределение валовых содержаний сидерофильных элементов в дунитах различных структурно-вещественных зон



## Геохимические аномалии связанные с околорудным пространством

### Позволяют:

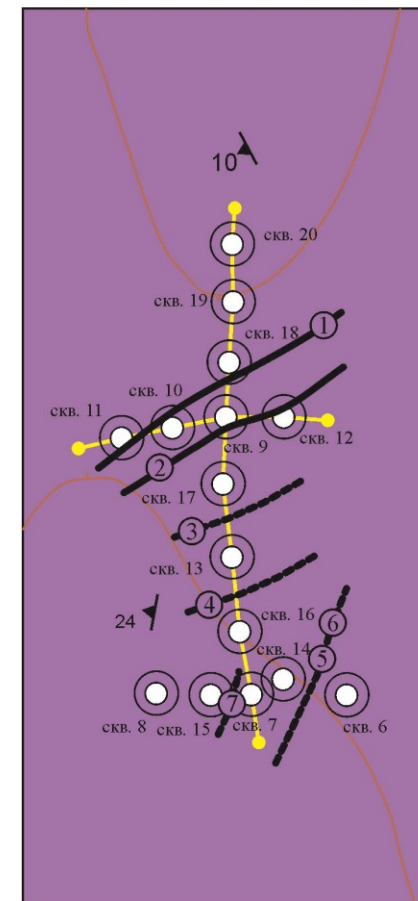
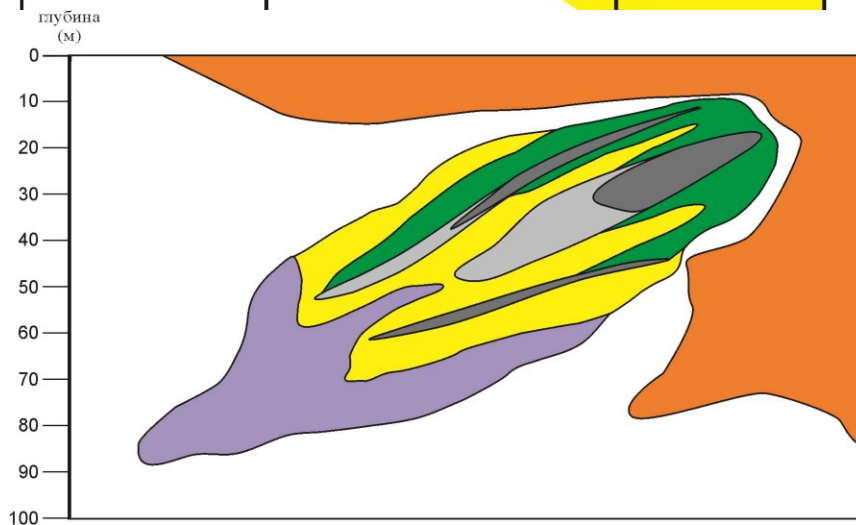
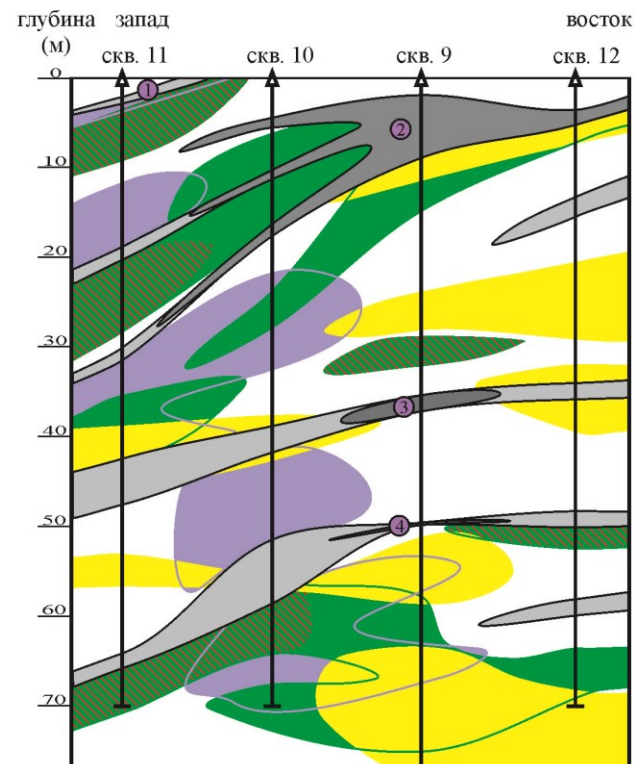
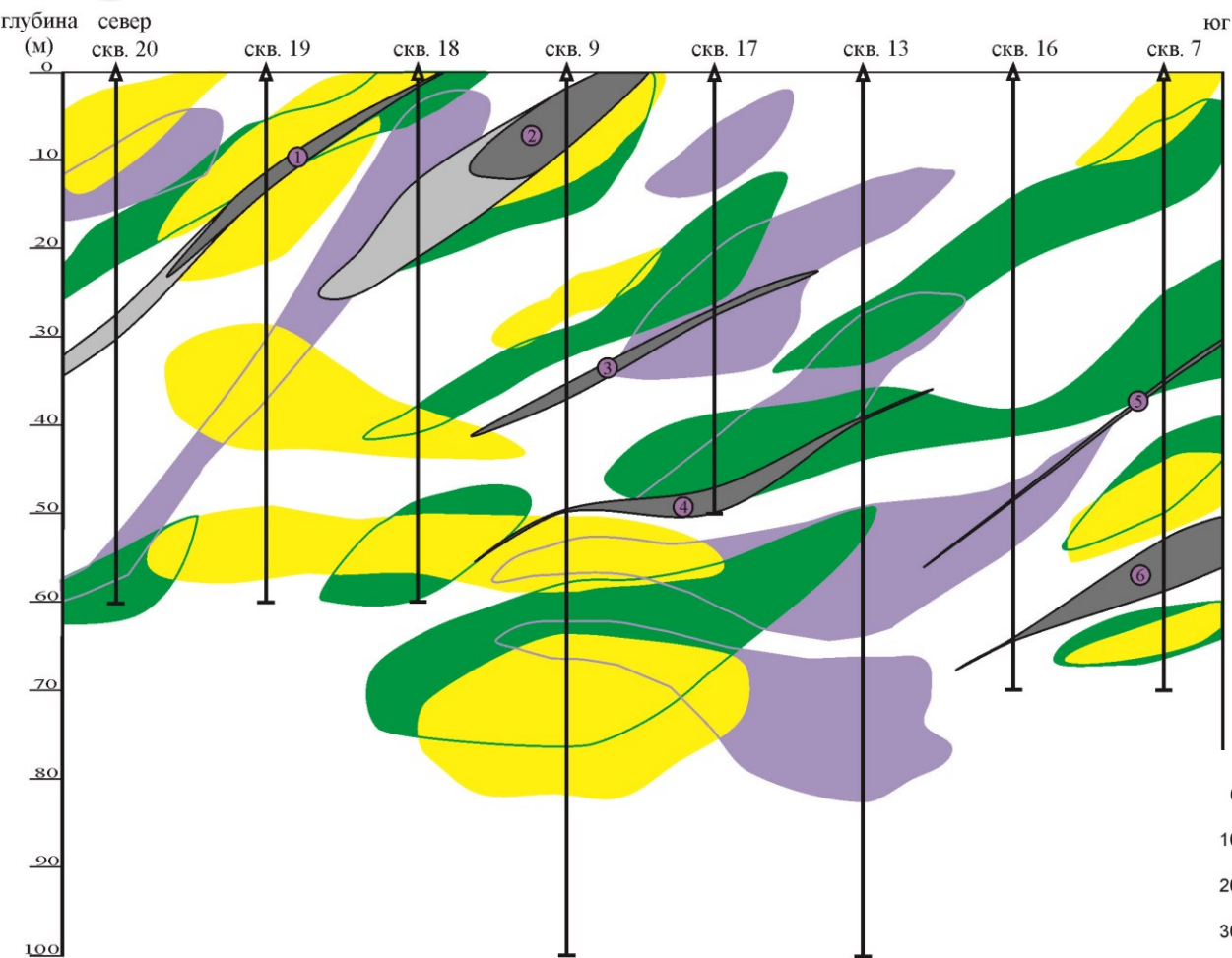
- выявить и оконтурить рудные зоны в пределах крупных дунитовых тел.

### Ограничения:

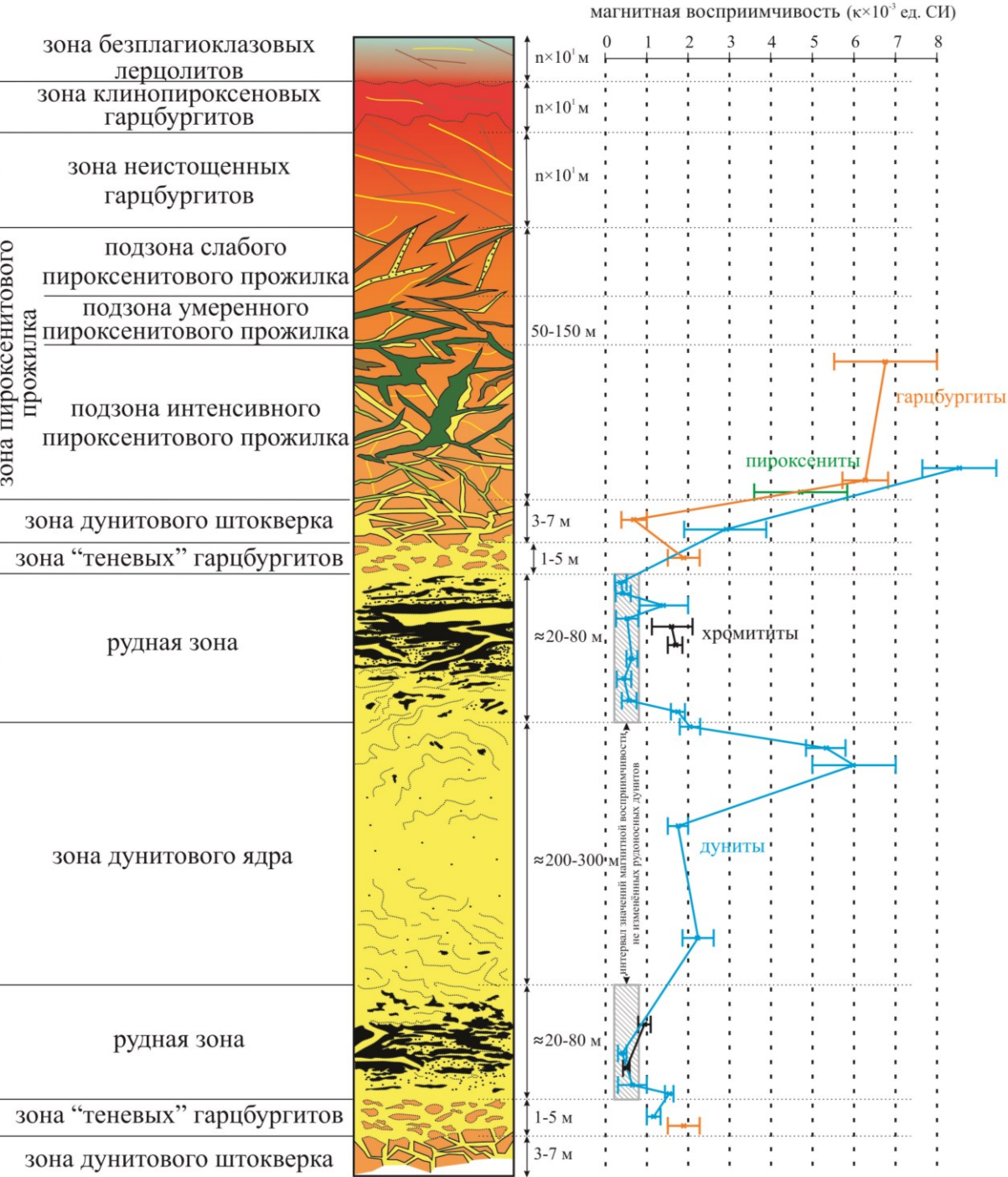
- мощность участков развития геохимических аномалий в ряде случаев не превышает нескольких метров и они расположены непосредственно на контакте с рудными телами;
- участки развития геохимических аномалий нередко пространственно смещены относительно реального положения рудных тел;
- на содержания индикаторных элементов сильно влияет степень метаморфизма.



# Распределения геохимических аномалий в пределах рудной зоны участка Егартинский (Войкаро-Сыньинский массив)



1 – средне и густовкрапленные руды; 2 – убоговкрапленные руды; 3 – аномалии повышенного содержания никеля ( $Ni > 2500$  ppm); 4 – аномалии пониженного содержания сидерофильных элементов ( $Fe_2O_{3\text{общ.}} < 8,5\%$ ,  $MnO < 0,12\%$ ,  $Co < 100$  ppm); 5 – ложные аномалии сидерофильных элементов, образованные за счет прогрессивной серпентинизации пород; 6 – аномалии повышенных отношений  $La_N/Yb_N (> 3)$ ; 7 – дуниты; 8 – положение рудных тел в плане и их номера: а – выходящих на поверхность, б – слепых; 9 – элементов залегания отдельных рудных шпиров; 10 – скважины и их номера; 11 – линии профилей



## Магнитная восприимчивость пород

### Позволяет:

- выявить и оконтурить рудные зоны внутри крупных дунитовых тел.

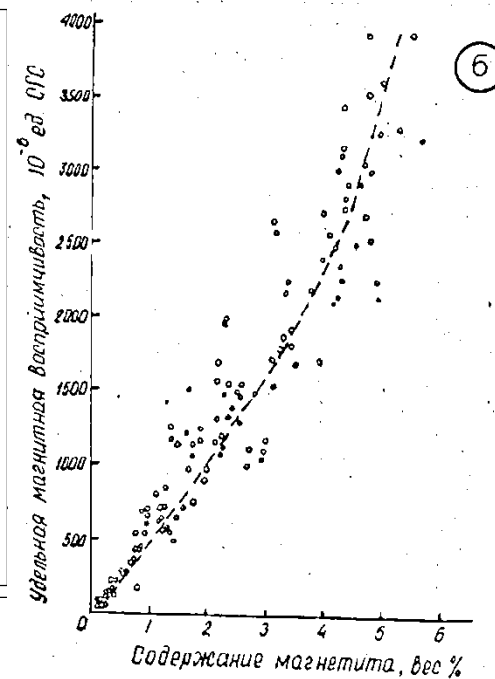
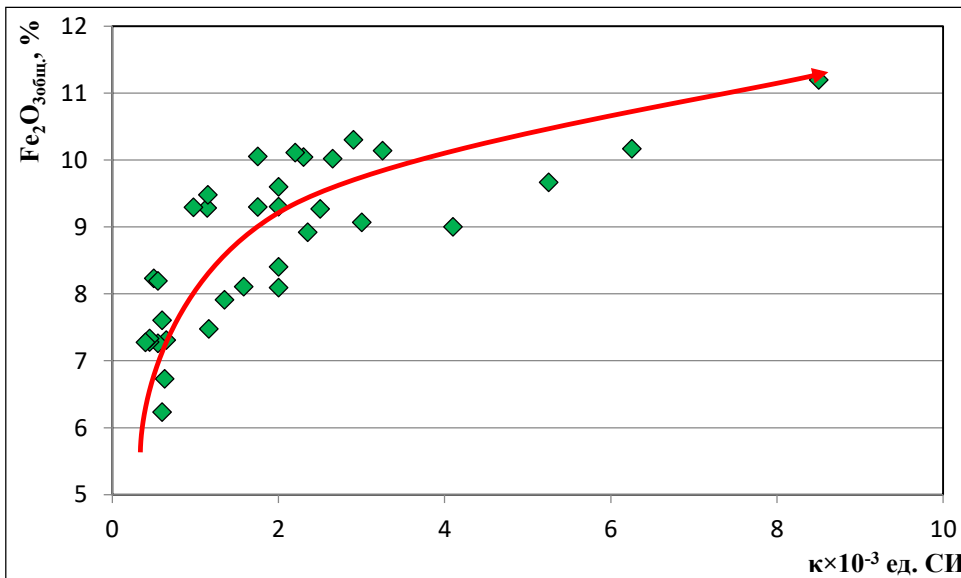
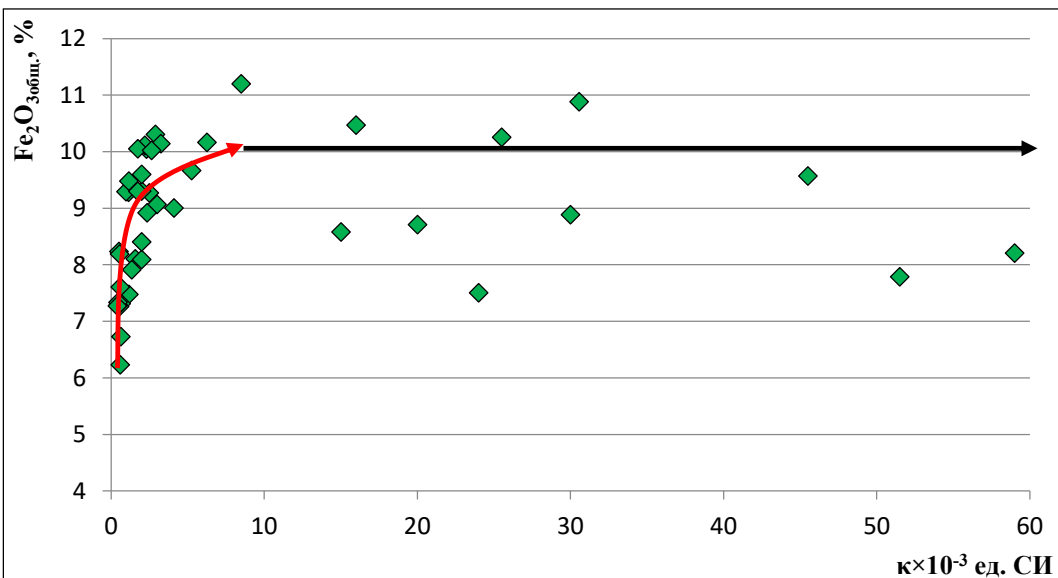
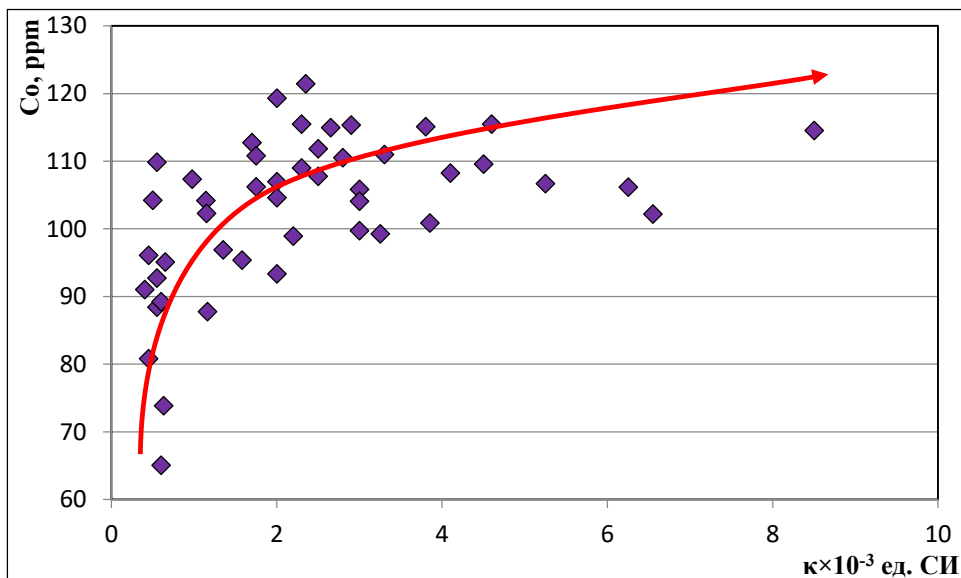
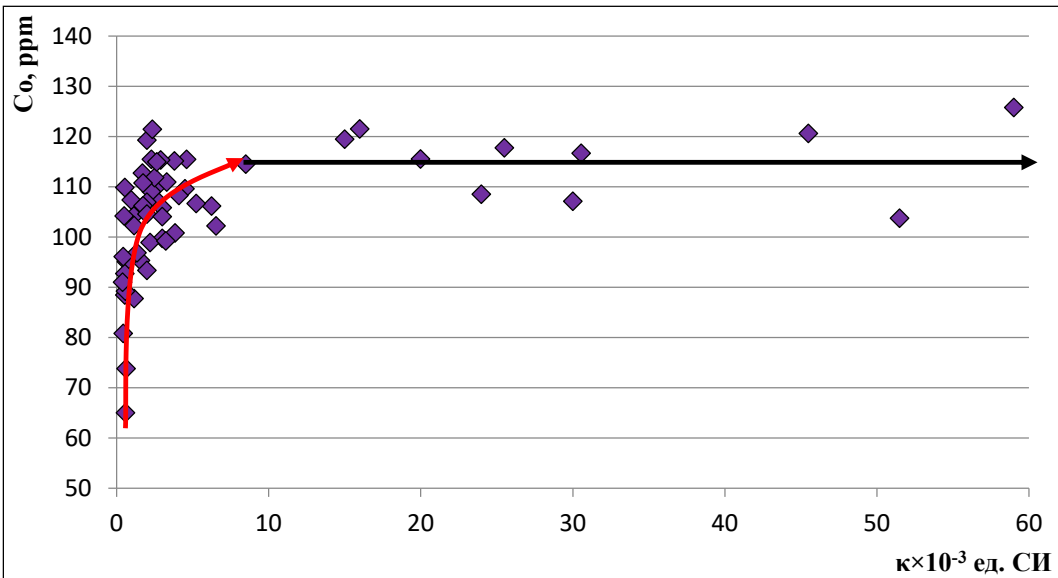
### Ограничения:

- значения магнитной восприимчивости сильно зависят от степени наложенного метаморфизма, часто развитого неравномерно как в пространстве, так и по интенсивности процессов.



# Магнитная восприимчивость ультрабазитов

Графики зависимости магнитной восприимчивости от сидерофильных элементов в дунитах дунит-гарцбургитового СВК



Зависимости магнитной восприимчивости от содержания магнетита в образцах ультрабазитов (по А.С. Варлакову, 1973)

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**