

# **РАЗДЕЛ 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Лебедев Генрих Васильевич**  
кандидат геол.-мин.наук, доцент  
E-mail: [gvl@front.ru](mailto:gvl@front.ru)

**Пермский государственный национальный  
исследовательский университет  
Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых**

# Понятия: поисковые предпосылки и поисковые признаки

- Прогнозирование месторождений полезных ископаемых ведется на основе поисковых критериев (критериев потенциальной рудоносности).
- **Поисковые критерии** представляют собой совокупность эмпирически установленных геологических факторов, определяющих потенциальную возможность выявления разномасштабных скоплений полезных ископаемых (тел, месторождений, полей, узлов, районов, областей, провинций) в пределах изучаемых участков недр. Включают в себя поисковые предпосылки и поисковые признаки.
- **Поисковые предпосылки** – геологические данные, **указывающие на возможность образования месторождений** и локализации их в данной геологической обстановке.
- **Поисковые признаки** – геологические тела или присущие им свойства, **указывающие на наличие или возможность выявления месторождений** полезных ископаемых в определенном месте.

## 2.1. Поисковые предпосылки

- 1. Стратиграфические
- 2. Литолого-фациальные
- 3. Тектонические
- 4. Магматические
- 5. Геохимические
- 6. Геоморфологические
- 7. Геолого-формационные

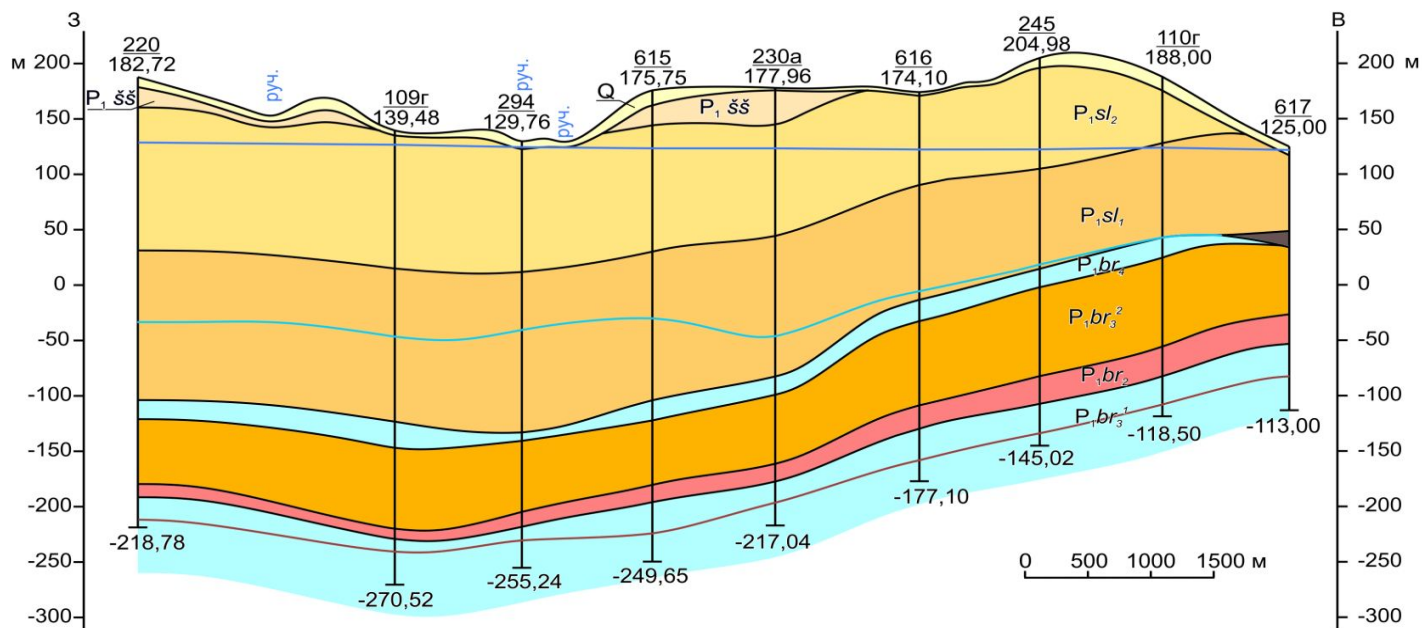
## 2.1.1. Стратиграфические предпосылки

- Заключаются в приуроченности месторождений к горным породам определенного возраста.
- Являются важнейшими при прогнозировании осадочных, остаточных и вулканогенно-осадочных месторождений (уголь, железные и марганцевые руды, бокситы, соли фосфориты) .
- При локальном прогнозировании точность биостратиграфических методов недостаточна. Поэтому широко используются литологические методы расчленения осадочных толщ.
- Значительное число месторождений приурочено к стратиграфическим перерывам (месторождения Fe, Mn, бокситов, фосфоритов, известняков, песков, глин и др.).
- Для месторождений эндогенной серий имеют опосредованный характер через литологический состав горных пород : залежи полезных ископаемых локализируются в слоях, благоприятных для рудообразования (например, скарновые, сурмяно-ртутные месторождения).



# Геологический разрез Верхнекамского месторождения

А.И. Кудряшов, 2011



Условные обозначения

Q	Четвертичные отложения	$P_1 sl_1$	Соляно-мергельная толща	$P_1 br_3^1$	Сильвинитовая пачка		Уровень подземных вод
$P_1 šš$	Пестроцветная толща	$P_1 br_4$	Покровная каменная соль	$P_1 br_2$	Подстилающая каменная соль		Соляное зеркало
$P_1 sl_2$	Терригенно-карбонатная толща	$P_1 br_3^2$	Карналлитовая пачка		Глинисто-гипсовая шляпа		Пласт МГ

Продуктивные пачки (сильвинитовая и карналлитовая) являются составной частью березниковой свиты иренского горизонта кунгурского яруса

# Стратиграфический разрез калийной залежи Верхнекамского месторождения солей

А.И. Кудряшов, 2006

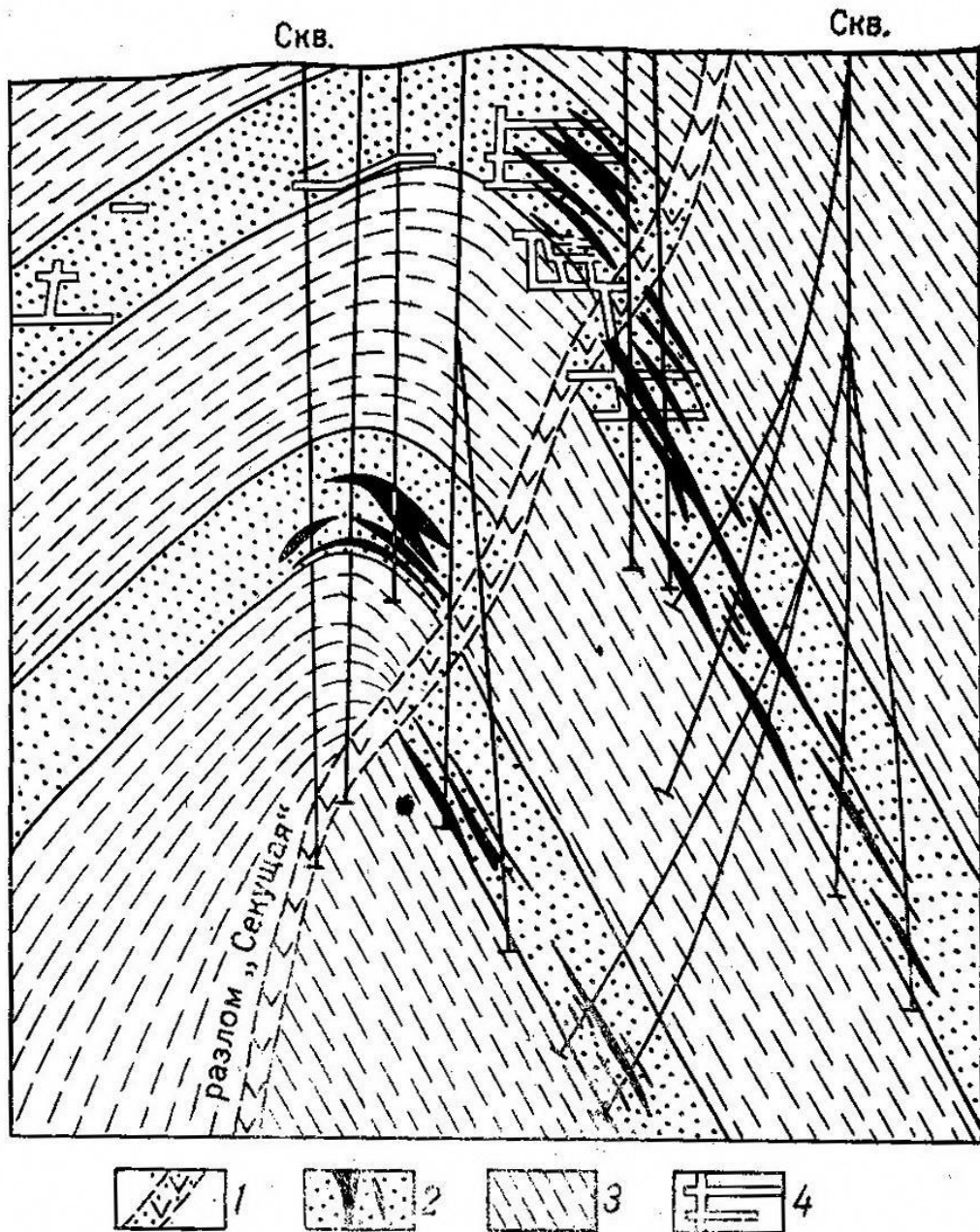
Зона	Индекс пласта	Лито-логия	Средняя мощность, м
Карналлитовая	К		1,0
	И-К		6,1
	И		1,3
	З-И		2,2
	З		0,7
	Ж-З		3,2
	Ж		0,8
	Е-Ж		4,2
	Е		5,7
	Д-Е		3,4
	Д		6,0
	Г-Д		2,9
	Г		5,5
	В-Г		2,2
	В		5,1
Сильвинитовая	Б-В		1,6
	Б		1,9
	А		1,4
	А-КрI		2,0
	КрI		1,1
	КрI-КрII		1,4
	КрII		4,1
	КрII-КрIIIa		1,8
	КрIIIa		1,0
	КрIIIa-КрIIIб		0,8
	КрIIIб		1,4
КрIIIб-КрIIIв		1,6	
КрIIIв		0,8	



- 1 – каменная соль;
- 2 – карналлитовая порода;
- 3 – пестрый сильвинит;
- 4 – красный сильвинит;
- 5 – полосчатый сильвинит

## 2.1.2. Литолого-фациальные предпосылки

- **Выражаются в связи** пространственного размещения месторождений **с литологическим составом и фациями** стратифицированных горных пород. **Осадочные** месторождения (Fe, Mn, бокситы, фосфориты, каменный уголь, соли и т.д.) образуются в определенных фациальных обстановках.
- При этом большую роль играет климат (гумидный, аридный и т.д.). В условиях теплого гумидного климата образуются месторождения угля, бокситов, силикатных никелевых руд. В аридных лагунах – месторождения калийных, поваренных солей, мирабилита, гипса, ангидрита и др.
- В специфических обстановках образуются **вулканогенно-осадочные месторождения** (Cu, Fe, Mn).
- Многие **гидротермальные месторождения локализируются в горных породах, благоприятных** для рудообразования по литологическому и минеральному составу, химическим и физико-механическим свойствам. При этом существенную роль играет присутствие экранирующих горных пород. **Рудообразование** может происходить либо **по способу метасоматического замещения**, либо по способу **выполнения** трещин и пустот.
- Тесно связаны со стратиграфическими предпосылками.



## Пластовые залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения, Донбасс

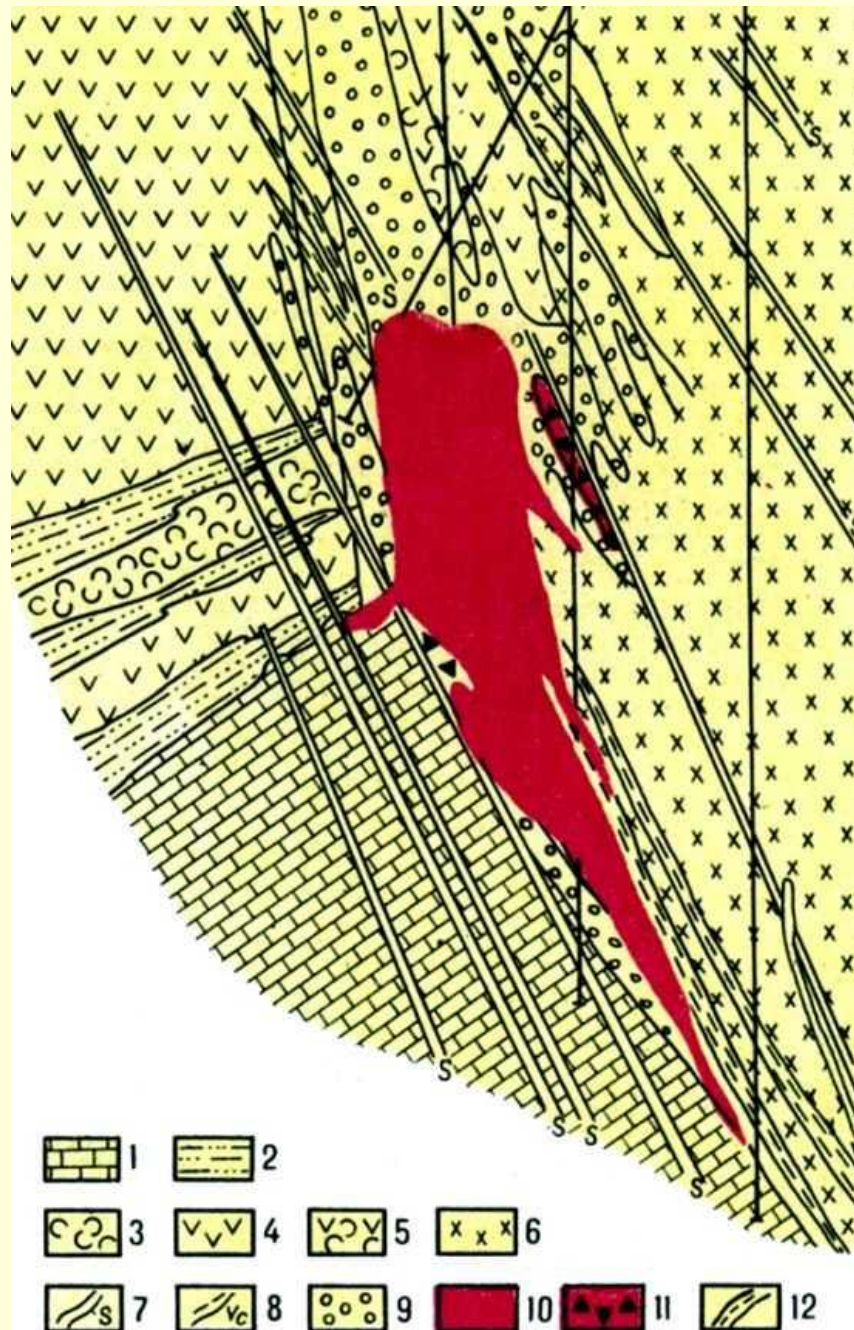
По А. Добрянскому

- 1 – зона брекчирования разлома «Секущая»;
- 2 – оруденение в песчаниках; 3 – безрудные сланцы; 5 – подземные горные выработки

*Песчаники являются пористыми горными породами, что обеспечивает рудообразование по способу выполнения*



## Разрез Песчанского месторождения. Сев.Урал (по А.И. Усенко):

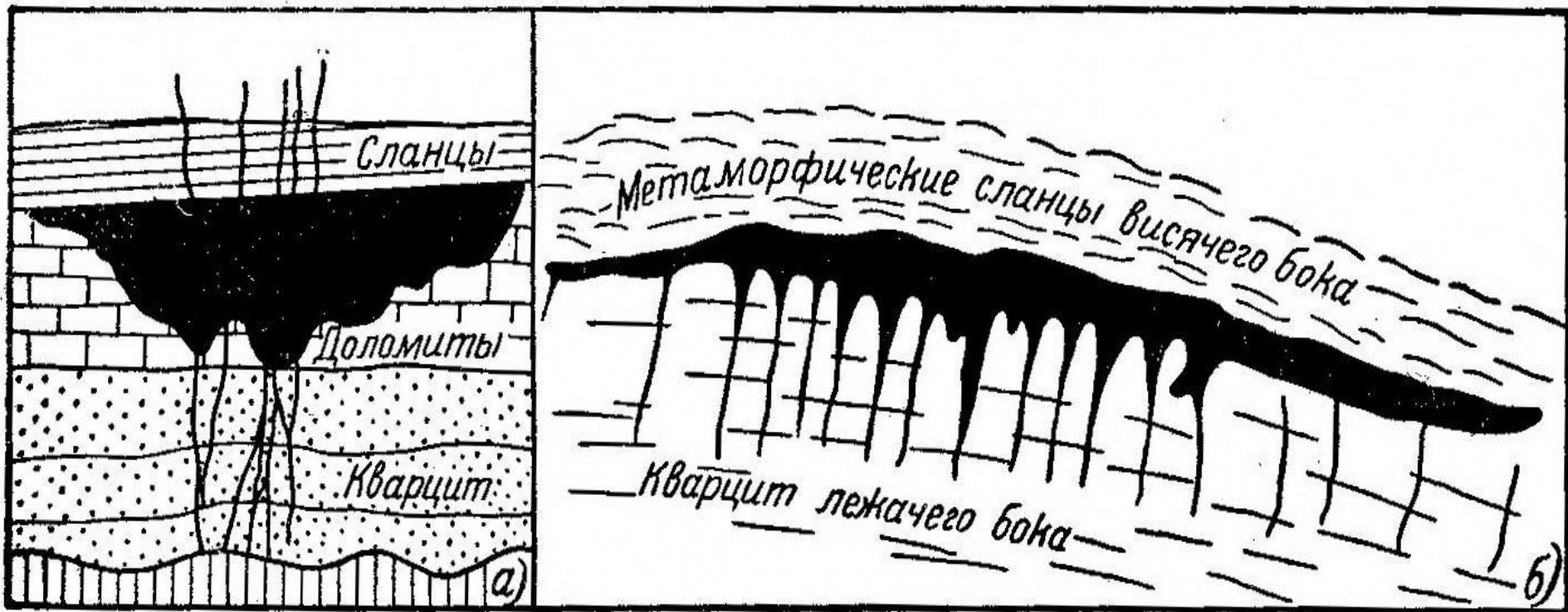


1 - известняки мраморизованные; 2 - слоистые туффиты, туффопесчаники; 3 - туфы роговообманково-плагиоклазовых порфиритов; 4 - роговообманково-плагиоклазовые порфириты;

5 - туфы и порфириты эпидотизированные; 6 - диориты; 7 - дайки диабазовых порфиритов; 8 - дайки спессартитов; 9 - скарны гранатовые; 10 - руда магнетитовая; 11 - скарново-халькопиритовая руда (вкрапленность и прожилки халькопирита в пироксен-гранатовом скарне); 12 - хлорит-серицит-кварц-карбонатные породы.

*Контактово-метасоматические скарны, сопровождающие оруденение, образовались по вулканогенно-карбонатным горным породам*

# Рудные тела под экранами: а) по Ирвингу, б) по Спенсеру



Гидротермальные руды образовались в трещиноватых доломитах под экраном сланцев (а), в трещиноватых кварцитах под экраном метаморфических сланцев (б)

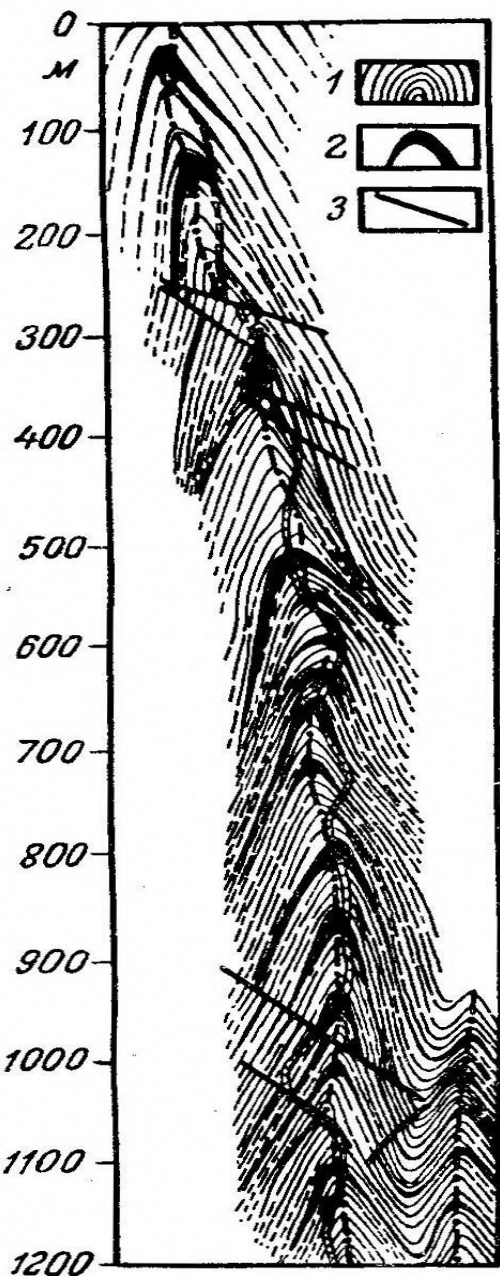
## 2.1.3. Тектонические предпосылки

- **Выражаются в приуроченности месторождений к тектоническим структурам** (пликативным, дизъюнктивным, массивам магматических пород, метаморфическим образованиям). Могут проявляться на различных тектонических уровнях.
- **Региональные тектонические структуры контролируют размещение минерагенических провинций, бассейнов, поясов, рудных районов, полей, месторождений.**
- **Региональное прогнозирование** осуществляется путем **составления мелко- и среднемасштабных прогнозно-минерагенических карт**, карт закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых (крупномасштабное прогнозирование). При этом следует иметь в виду, что **набор полезных ископаемых** в существенной степени **зависит от тектонической принадлежности территории** к той или иной тектонической области (платформа и ее структурные элементы; складчатая область и ее структурные элементы). Например, складчатые области характеризуются широким развитием эндогенных и метаморфогенных месторождений, платформенные плиты – месторождений осадочного происхождения, выветривания, месторождений, связанных с тектономагматической активизацией.
- **Локальные тектонические структуры** (складки, разломы, трещины и т.п.) контролируют локализацию **минерализованных зон, залежей** полезных ископаемых, их **внутреннее и внешнее строение.**



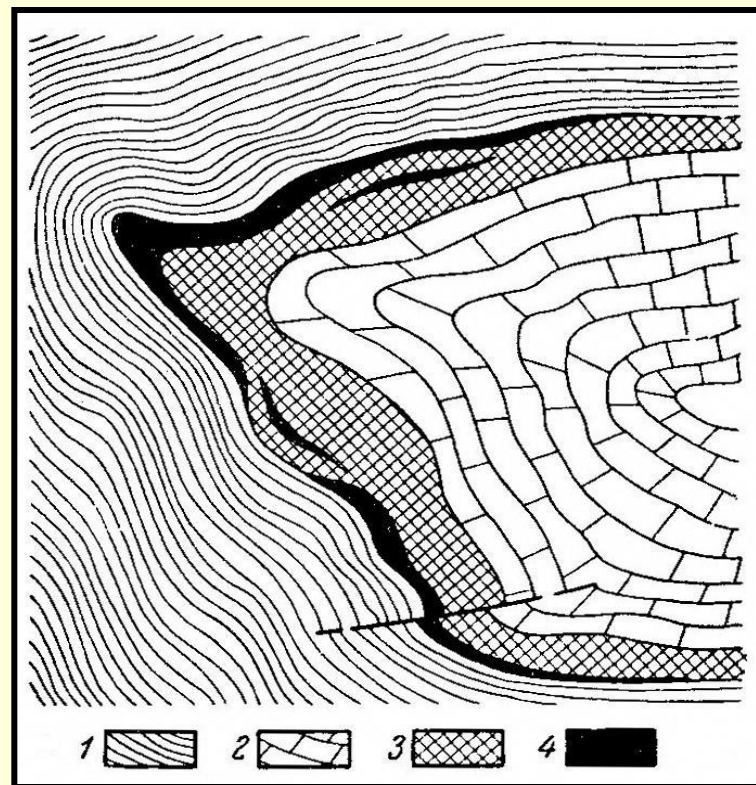
# Рудные тела, приуроченные к замковым частям складок

В.И. Смирнов, 1954



**Седловидные  
кварцево-  
золоторудные залежи  
месторождения  
Бендиго. Австралия.  
Разрез**

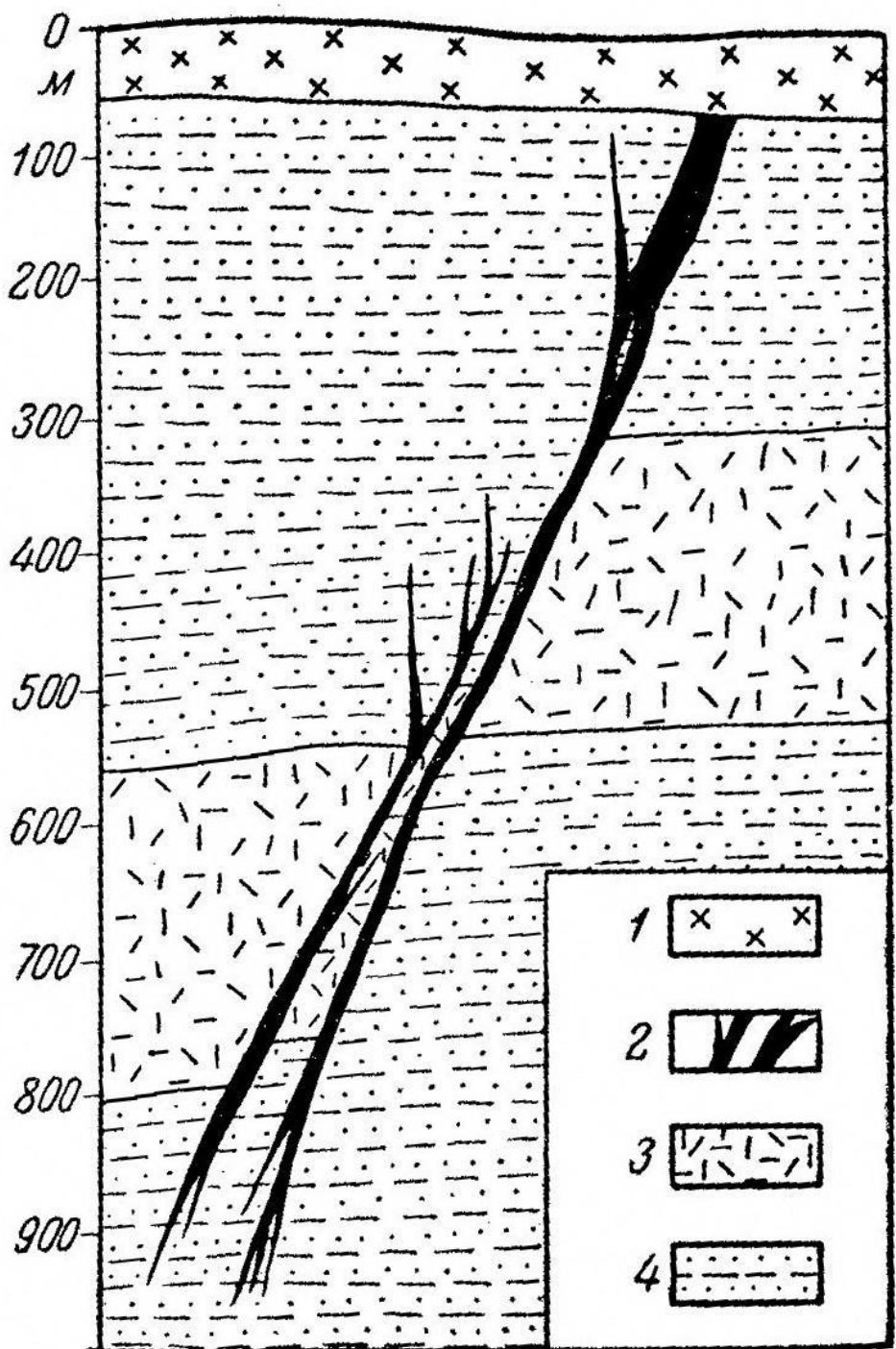
1 – сланцы и песчаники;  
2 – руда; 3 - сбросы



**Седловидная  
антимонитовая залежь на  
месторождении Средней  
Азии (план)**

1 – сланцы; 2 – известняки; 3 –  
бедная руда; 4 – богатая руда



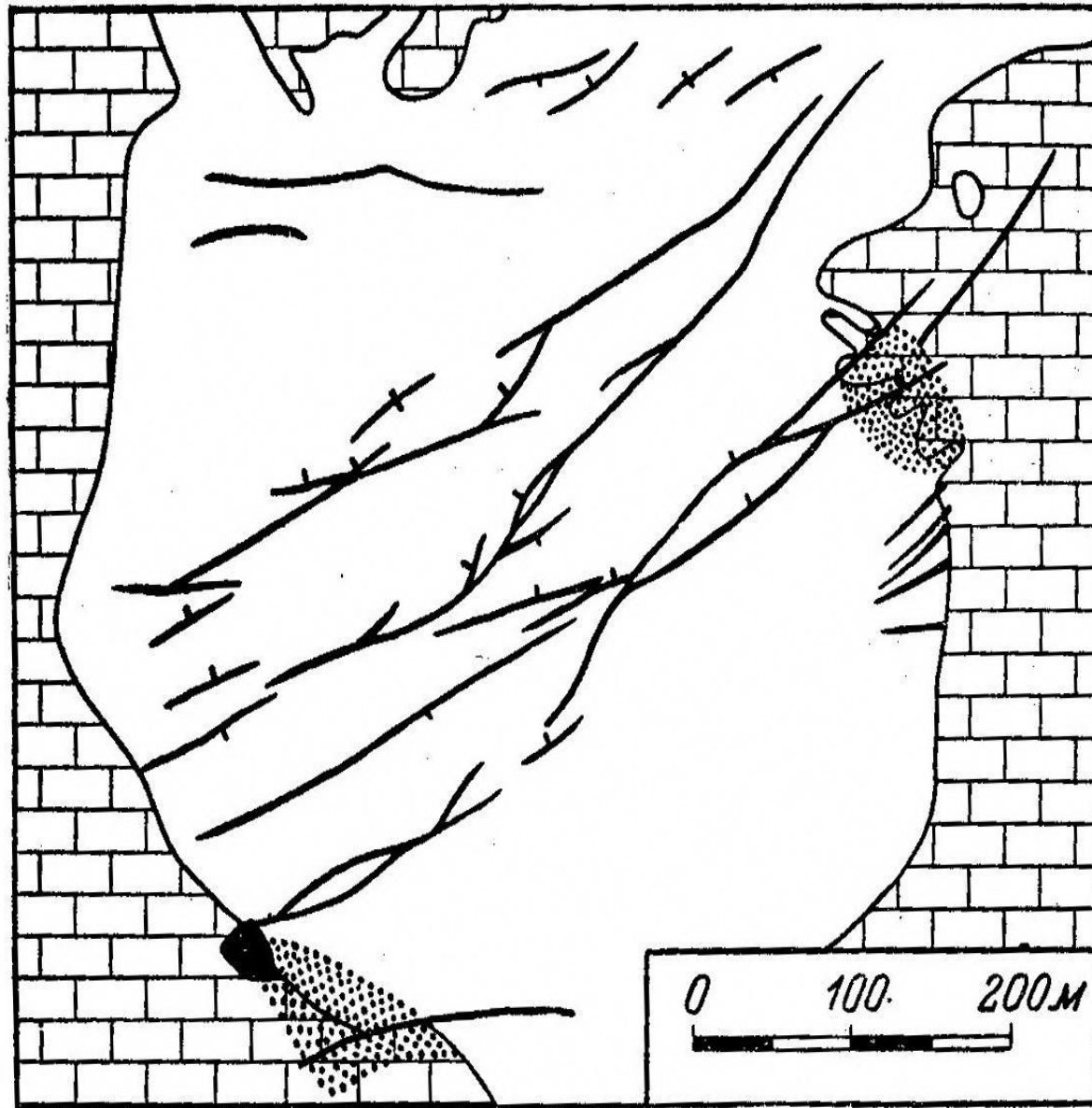


**Золото-серебряная  
жила Сан-Рафаэль  
(Мексика),  
приуроченная к сбросу  
(по В. Линдгрену)**

- 1 – покров кайнозойских андезитов;
- 2 – рудная жила; 3 – миоценовые андезиты; 4 – юрские сланцы и песчаники

**Медные жилы  
Морокоча в Перу,  
приуроченные к  
двум системам  
трещин скола  
(по Е. Трефцжеру)**

- 1 – вкрапленные руды;
- 2 – массивные руды;
- 3 – рудные жилы;
- 4 – кварцевые монцониты;
- 5 - известняки



## 2.1.4. Магматические предпосылки

- Основаны на связи месторождений с магматическими процессами. Особое значение имеют для месторождений эндогенной серии (магматических, карбонатитовых, пегматитовых, альбитит-грейзеновых, скарновых, гидротермальных, колчеданных).
- При их анализе необходимо обращать внимание на:
  - связь с составом,
  - закономерности пространственного размещения оруденения относительно материнского массива.

**Связь с составом.** С дунитами перидотитами связаны месторождения хрома, платины; с кимберлитами и лампроитами – алмазов; с пироксенитами - титаномагнетитовых руд; с габбро-норитами – сульфидных медно-никелевых руд с платиноидами; с породами среднего и кислого состава – широкий ряд пегматитовых, скарновых, альбитит-грейзеновых и гидротермальных месторождений преимущественно цветных, редких и благородных металлов; с нефелиновыми сиенитами – апатита, ниобия, редкоземельных элементов; с карбонатитами - железа, флогопита, вермикулита, циркония, апатита, редкоземельных элементов и др.; с базальт-андезит-липаритовыми вулканогенными постройками – серно- и медноколчеданные и колчеданно-полиметаллические.

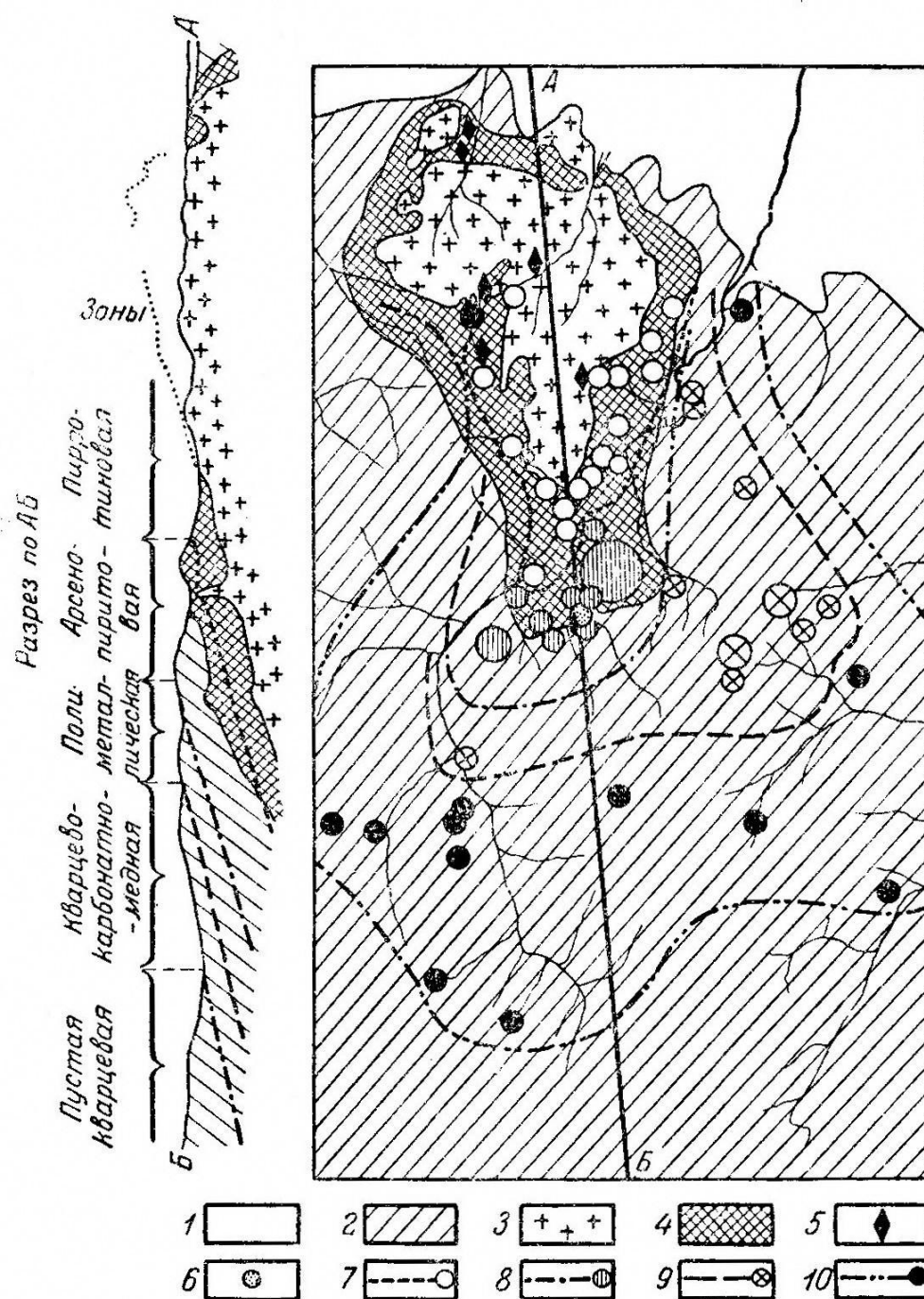
**Общая закономерность размещения.** По мере удаления от материнского массива высокотемпературные месторождения сменяются низкотемпературными.

**Условия локализации месторождений различных генетических типов** относительно материнского массива изверженных пород и глубина эрозионного среза.

- Магматические предпосылки **используются при прогнозировании осадочных** (например, россыпных – платина, алмазы) **и остаточных** (коры выветривания ) месторождений, например, силикатные никелевые руды, латеритные бокситы.



## Зональное размещение месторождений вокруг гранитного массива В.И. Смирнов, 1954



1 – третичные и четвертичные отложения; 2 – нижнепалеозойские породы; 3 – граниты; 4 – роговики; 5 – пегматитовые жилы; 6 – везувиан-гранатовые скарны с шеелитом, молибденитом, арсенопиритом и висмутином; 7 – пирротин-халькопиритовые, пирротиновые и халькопиритовые жилы; 8 – арсенопиритовые жилы; 9 – полиметаллические жилы; 10 – кварц-карбонатные жилы с халькопиритом и галенитом.

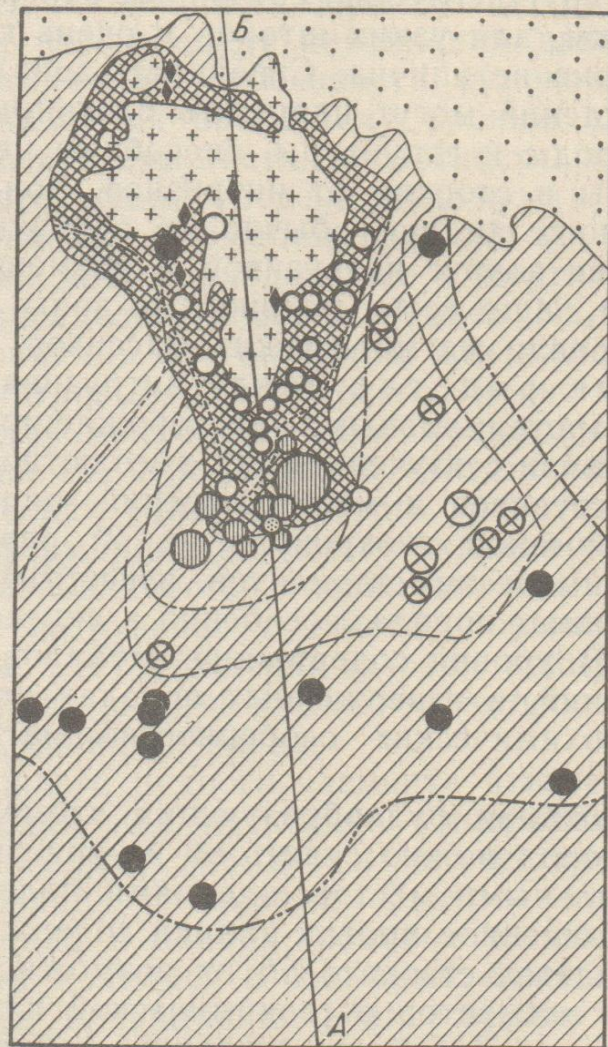
Размер знака пропорционален размеру месторождения.

*По мере удаления от гранитного массива высокотемпературное оруденение сменяется низкотемпературным*



# Зональное размещение месторождений вокруг Кумыштагского гранитного массива в Таласском Алатау

В.И. Смирнов, 1989



- 1 - [dots] 1
- 2 - [diagonal lines] 2
- 3 - [plus signs] 3
- 4 - [cross-hatch] 4
- 5 - [diamond] 5
- 6 - [circle with dots] 6
- 7 - [circle with dashed line] 7
- 8 - [circle with solid line] 8
- 9 - [circle with cross] 9
- 10 - [circle with solid dot] 10

- 1 – третичные и четвертичные отложения; 2 – нижнепалеозойские породы; 3 – граниты; 4 – роговики; 5 – пегматитовые жилы; 6 – везувиан-гранатовые скарны с шеелитом, молибденитом, арсенопиритом и висмутином; 7 – пирротин-халькопиритовые, пирротиновые и халькопиритовые жилы; 8 – арсенопиритовые жилы; 9 – полиметаллические жилы; 10 – кварц-карбонатные жилы с халькопиритом и галенитом.

Размер знака пропорционален размеру месторождения.

По мере удаления от гранитного массива высокотемпературное оруденение сменяется низкотемпературным

Разрез по линии АБ

Зоны

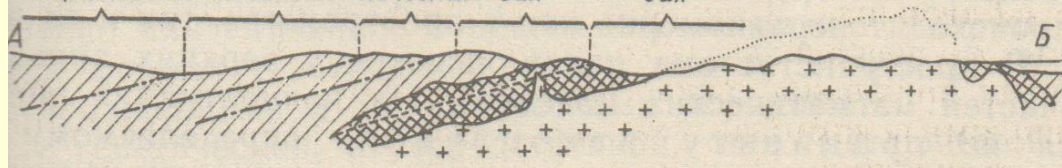
Пустая кварцевая

Кварц-карбонатно-медная

Полиметаллическая

Арсенопиритовая

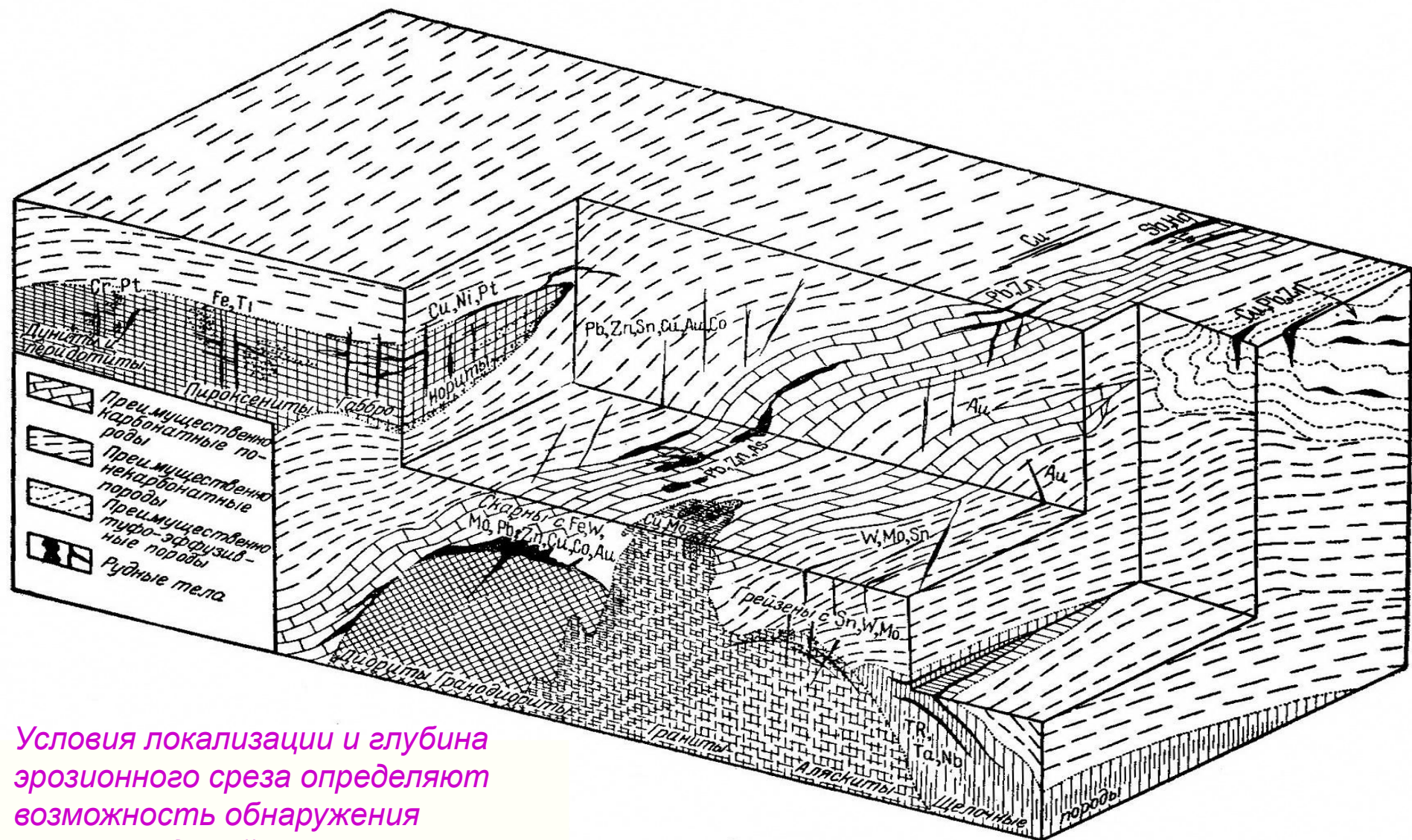
Пирротиновая





# Схема расположения различных магматогенных месторождений по отношению к изверженным породам разного состава

В.И. Смирнов, 1954



Условия локализации и глубина эрозионного среза определяют возможность обнаружения месторождений

## 2.1.5. Геохимические предпосылки

- Их сущность заключается в использовании закономерностей поведения химических элементов в земной коре.
- Сравниваются концентрации компонентов в горных породах района с мировыми кларковыми содержаниями, а также с региональными кларками; определяется соответствие содержаний компонентов литогенному или рудогенному уровням. При содержаниях химического элемента в петротипе в 1,5 и более раза больше кларкового петротип считается благоприятным для рудообразования. Если же его содержание ниже кларкового, то петротип считается неблагоприятным для рудообразования (*Российская геологическая энциклопедия. Т2, с.651*)
- На основе анализа литолого-петрографического состава оценивается возможность формирования геохимических барьеров (восстановительных, окислительных, щелочных, кислотных и т. д.).
- На размеры ореолов рассеяния и расстояние проникновения элементов оказывает влияние их миграционная способность.
- При прогнозировании месторождений учитываются парагенетические ассоциации элементов, минералов, месторождений с учетом их генезиса.

# Примеры парагенетических ассоциаций

- **Элементов:**

Zn-Pb-Cu-Cd-Ag (колчеданно-полиметаллические месторождения);

Cr-Pt, Ni-Co-Cu-Pt (магматические м-ния);

Sn-W-Mo (грейзеновые месторождения);

Fe-Mn (осадочные и вулканогенно-осадочные месторождения).

- **Минералов:**

сфалерит-галенит-халькопирит-пирит (первичная ассоциация колчеданных месторождений);

смитсонит-церуссит-азурит-малахит-лимонит (вторичная ассоциация колчеданных месторождений);

хромшпинелид-платина, пентландит-кобальтин-халькопирит-пирротин-платина (магматические месторождения);

касситерит-вольфрамит-молибденит (грейзеновые месторождения).

- **Месторождений:**

Fe-Zr-Nb-апатит-флогопит-вермикулит (каронатитовые месторождения);

уголь-Ge, U-V, соли K, Na, Mg (осадочные месторождения).



## 2.1.6. Геоморфологические предпосылки

- Основаны на использовании закономерностей пространственного распределения **месторождений, обусловленных формами рельефа**.
- Особенно **важны для поисков остаточных и осадочных, включая россыпных, месторождений**, образование которых связано с формированием рельефа земной поверхности. Это остаточные месторождения никеленосных кор выветривания, железа, бокситов, россыпи золота, платины, касситерита, вольфрамита, алмазов и др., а также песчано-гравийные месторождения.
- При геоморфологическом прогнозировании (в зависимости от масштаба исследований) следует учитывать **иерархическую соподчиненность форм рельефа: мега-, макро-, мезо- и микроформы**.
- Для **эндогенных месторождений** большое значение имеет определение **глубины эрозионного среза** – мощности горных пород, денудированных после завершения складчатых и магматических процессов. Это обусловлено тем, что многие типы эндогенных месторождений имеют вполне определенную глубину формирования относительно поверхности рельефа. По данным В.И. Смирнова глубины формирования гранитных пегматитов составляют от 1,5 – 2 до 16 – 20 км; грейзенов – от 1 – 1,5 до 4 – 5 км, скарнов – от 0,5 до 2,5 км, гидротермальных жил – от 0,5 до 4,5 км.
- Нужно учитывать, что месторождения закономерно размещаются относительно материнского массива.

## 2.1.7. Геолого-формационные предпосылки

- Основаны на связи полезных ископаемых с геологическими формациями. Геолого-формационные предпосылки являются синтезирующим критерием прогнозирования.
- Геологическая формация – естественное закономерное сочетание горных пород, связанных общностью условий образования при определенном тектоническом режиме. Выделяются формации осадочные, интрузивные, вулканогенные, метаморфические.
- Наблюдается закономерная связь отдельных рудноформационных (геолого-промышленные) типов месторождений связаны с конкретными геологическими формациями.

# Примеры связи рудных формаций с геологическими формациями

- Хромшпинелидовая в альпинотипных гипербазитах – дунит-перидотитовая;
- Сульфидная медно-никелевая – габбро-норитовая;
- Титаномагнетитовая – дунит-клинопироксенит-габбровая;
- Хрусталеносных пегматитов – лейкогранитовая;
- Молибденит-вольфрамитовая – лейкогранитовая;
- Скарново-магнетитовая – плагиогранит-диорит-сиенитовая + вулканогенно-карбонатная;
- Кварц-касситерит-вольфрамитовая – гранитовая;
- Самородной меди – базальт-долеритовая;
- Галенит-сфалеритовая стратиформная – морская карбонатная;
- Колчеданно-полиметаллическая – базальт-андезит-риолитовая;
- Силикатных никелевых руд – гипербазитовая;
- Калийных, натриевых и магниевых солей – галогенная;
- Каменноугольная – угленосная;
- Железистых кварцитов – амфиболит-зеленосланцевая.

При прогнозировании месторождений полезных ископаемых **должен учитываться весь комплекс геологических предпосылок.**

**Не все из них могут играть определяющую роль при прогнозировании** месторождений конкретных типов в конкретном регионе.

**Задача геолога** заключается **в выборе важнейших** из них и оценке степени влияния на локализацию оруденения в конкретной геологической обстановке.

## 2.2. ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

- **Поисковые признаки** – геологические тела или присущие им свойства, указывающие **на наличие или возможность** выявления **месторождений** полезных ископаемых в определенном месте.
- **Подразделяются** на:
  - **прямые,**
  - **косвенные.**
- **Прямые поисковые признаки** – непосредственно указывают на наличие полезного ископаемого.
- **Косвенные поисковые признаки** – косвенно свидетельствуют о возможности присутствия оруденения.

# 2.2.1. Прямые поисковые признаки

1. **Выходы полезных ископаемых** на поверхность или обнаруженные в горных выработках (скважинах).
2. **Ореолы и потоки рассеяния** рудного вещества
  - 2.1. **Первичные** ореолы рассеяния
  - 2.2. **Вторичные** ореолы и потоки рассеяния
    - 2.2.1. **Механические**:
      - крупнообломочные,
      - шлиховые,
      - тонкодиспергированные (глинистые)
    - 2.2.2. **Солевые**
    - 2.2.3. **Смешанные** (литогеохимические)
    - 2.2.4. **Водные** (гидрохимические)
    - 2.2.5. **Газовые** (атмохимические)
    - 2.2.6. **Биогеохимические**
3. **Некоторые геофизические аномалии.**
4. **Следы старых разработок, исторические (архивные) данные о горном промысле.**

# 1. Выходы полезных ископаемых на поверхность или обнаруженные в горных выработках (скважинах)

- Это - наиболее достоверный поисковый признак.
- Выявление полезного ископаемого в обнажении или вскрытие его с помощью горных выработок (скважин) – важнейшая поисковая задача. В результате этого появляется возможность выявить минеральный состав, химические, технические и др. свойства полезного ископаемого, определить условия залегания и локализации оруденения, оценить потенциальные размеры скопления полезного ископаемого и др.
- Следует иметь в виду, что в зоне гипергенеза свойства (вещественный состав, мощность и условия залегания) залежей полезных ископаемых могут существенно отличаться от их строения на глубине. В первую очередь это относится к изменениям полезных ископаемых, сложенных неустойчивыми в зоне окисления минералами (месторождения сульфидных руд, солей, каменного угля и др.).

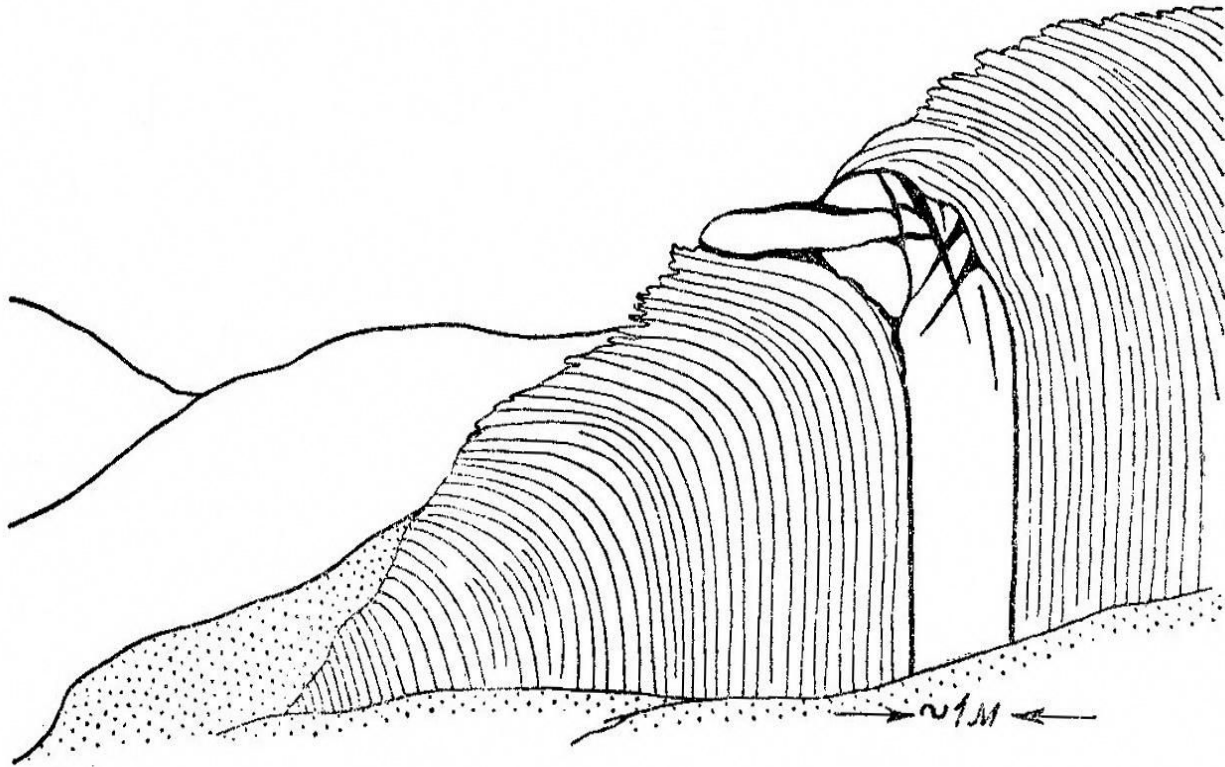
# Примеры изменения рудных тел

## в приповерхностной зоне

**Минеральные ассоциации колчеданно-полиметаллических месторождений**

*Первичная:* сфалерит, галенит, халькопирит, пирит

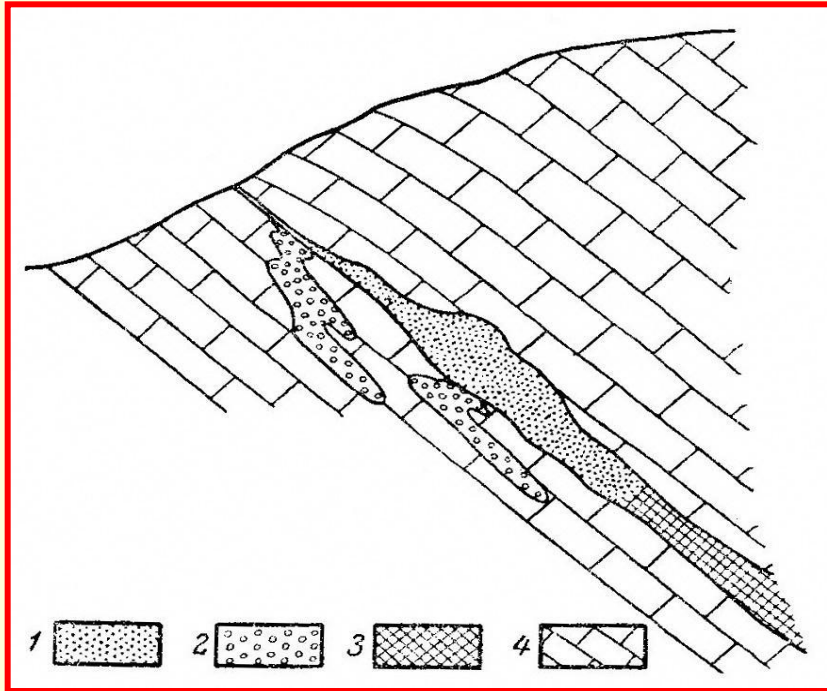
*Вторичная зоны окисления:* смитсонит, церуссит, малахит, азурит, лимонит



**Изгиб слоев сланцев  
и залегающей в них  
кварцеворудной  
жилы вниз по склону**

**В.И. Смирнов, 1954**



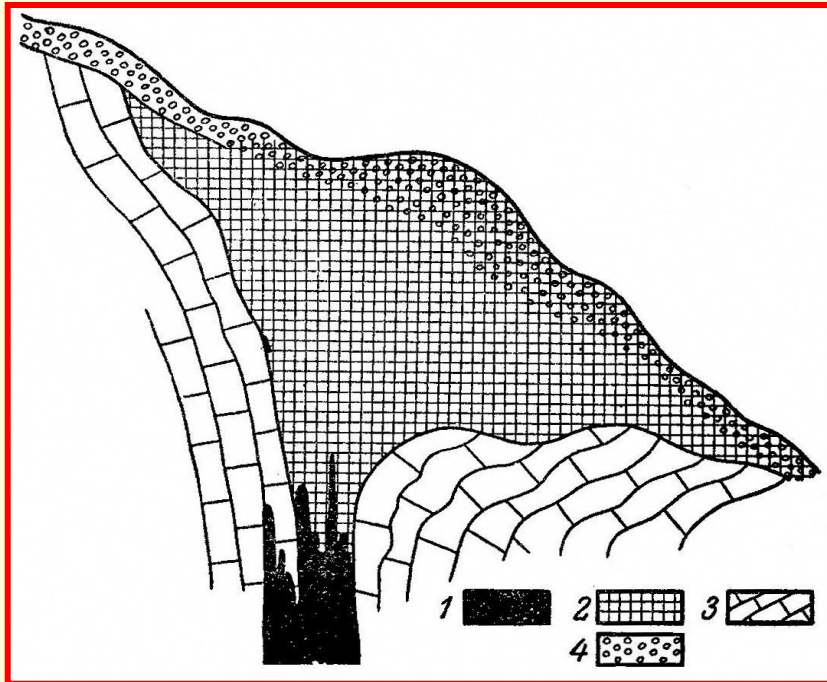


## Уменьшение мощности окисленной части полиметаллического рудного тела у выхода

В.И. Смирнов, 1954

- 1 – англезитово-церусситовая руда;  
 2 – смитсонитовая руда;  
 3 – сульфидная полиметаллическая руда; 4 – известняки

*Уменьшение мощности произошло за счет выщелачивания*



## Увеличение размеров окисленной части мышьякового рудного тела на выходе

В.И. Смирнов, 1954

- 1 – арсенопиритовая руда; 2 – скородитовая руда; 3 – известняки; 4 – делювий

*Увеличение произошло за счет замещения арсенопирита  $\text{FeAsS}$  скородитом  $\text{Fe}[\text{AsO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , которое сопровождается увеличением объема в 2,5 раза*

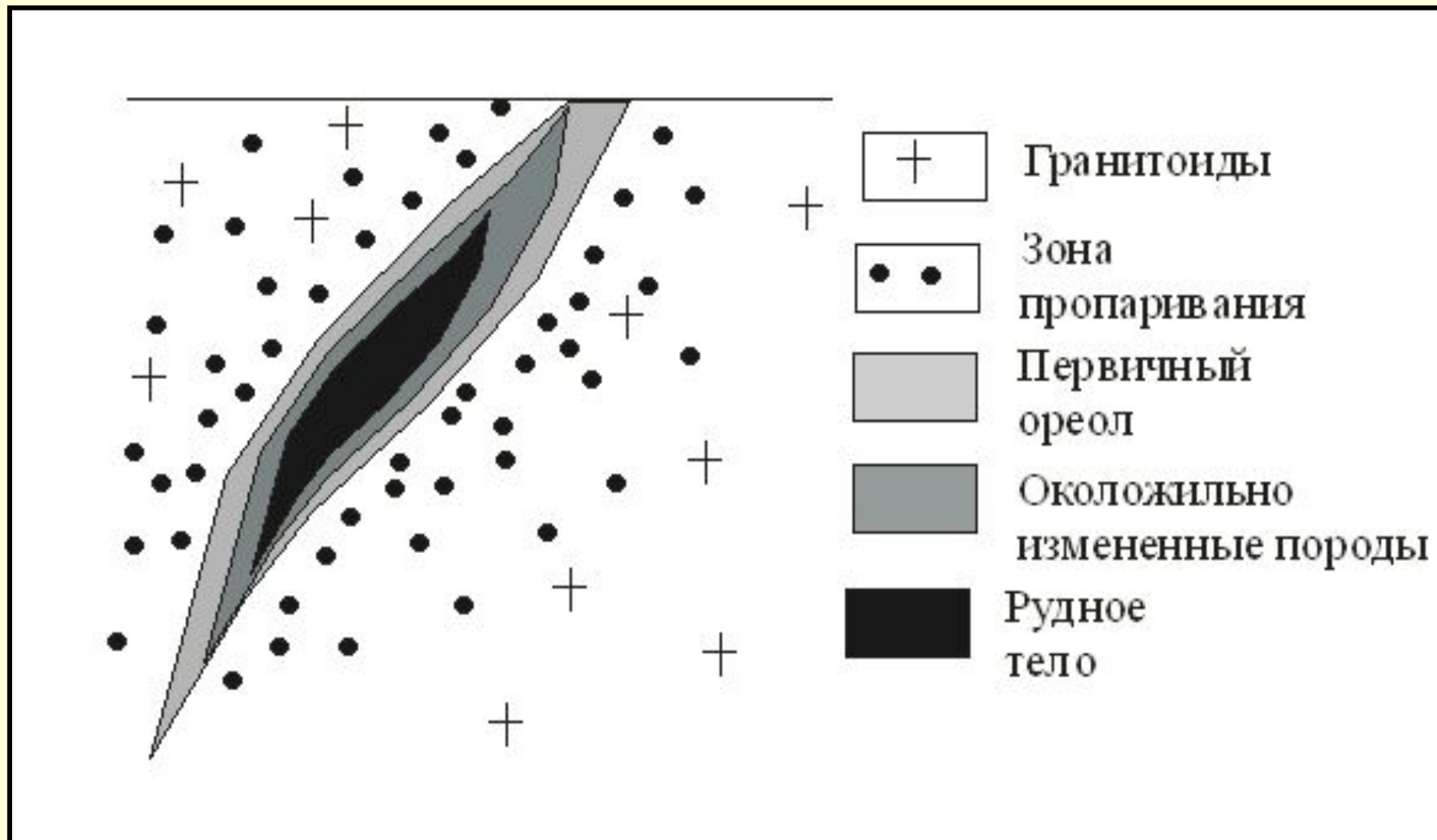
## 2. Ореолы рассеяния

- Ореолы рассеяния – зоны повышенных концентраций (относительно фоновых) минералов или элементов вокруг залежей полезных ископаемых.
- Они имеют большие размеры, чем рудные тела. Поэтому их обнаружить проще. На их изучении основаны визуальные, шлиховой и геохимические методы поисков.
- По происхождению ореолы рассеяния подразделяются на:
  - - первичные,
  - - вторичные.

## 2.1. Первичные ореолы рассеяния

- Размещаются в коренных породах.
- Формируются в процессе образования месторождения (или при его метаморфизме) вследствие диффузии и инфильтрации элементов.
- На их изучении основан **геохимический метод** поисков месторождений по первичным ореолам рассеяния.
- **Состав, форма, размеры ореолов зависят от:**
  - **состава** рудообразующих **флюидов** и **геохимических** особенностей (миграционной способности) слагающих их **элементов**,
  - **формы, состава** и **условий залегания рудных тел**,
  - **физико-химических** особенностей и **условий залегания** вмещающих пород.

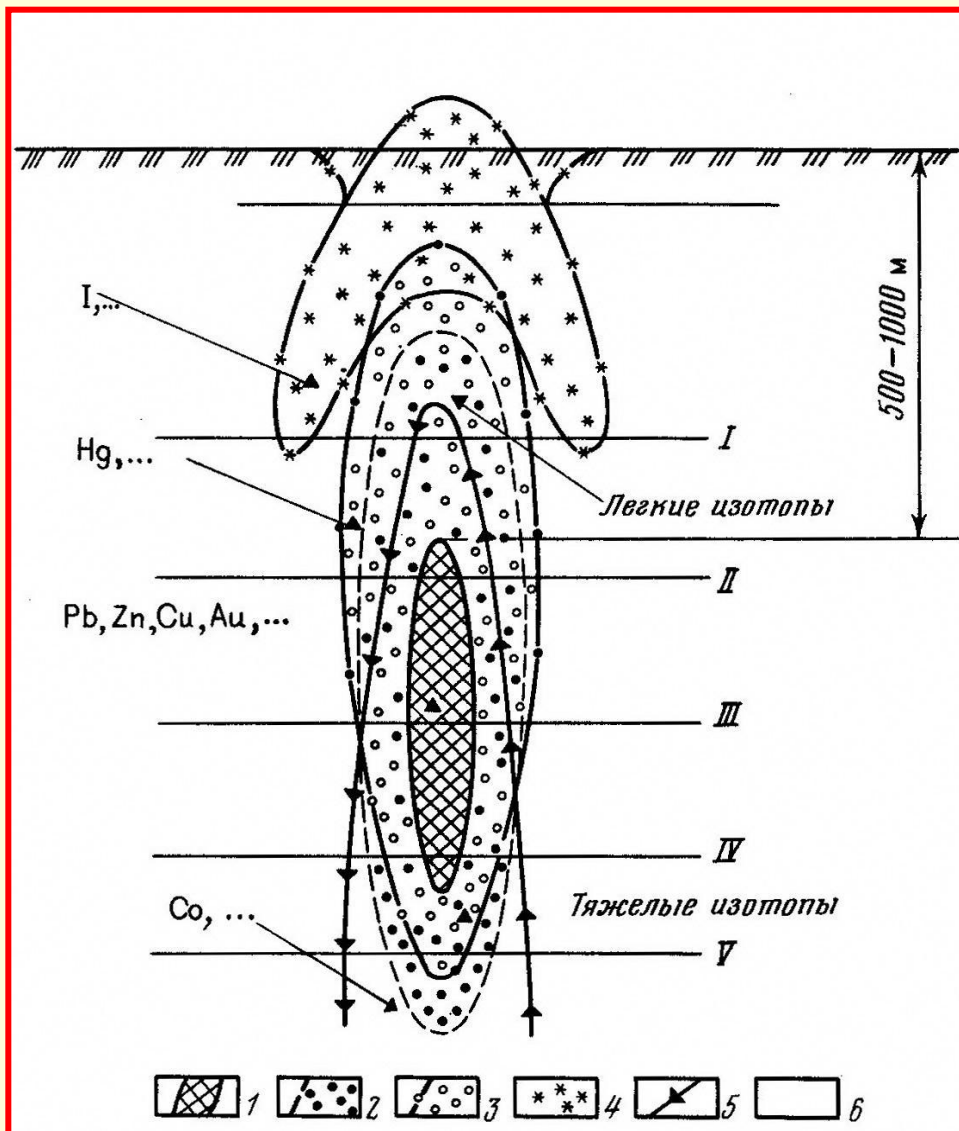
# Схема строения первичного ореола рассеяния



## Зональность первичных ореолов рассеяния

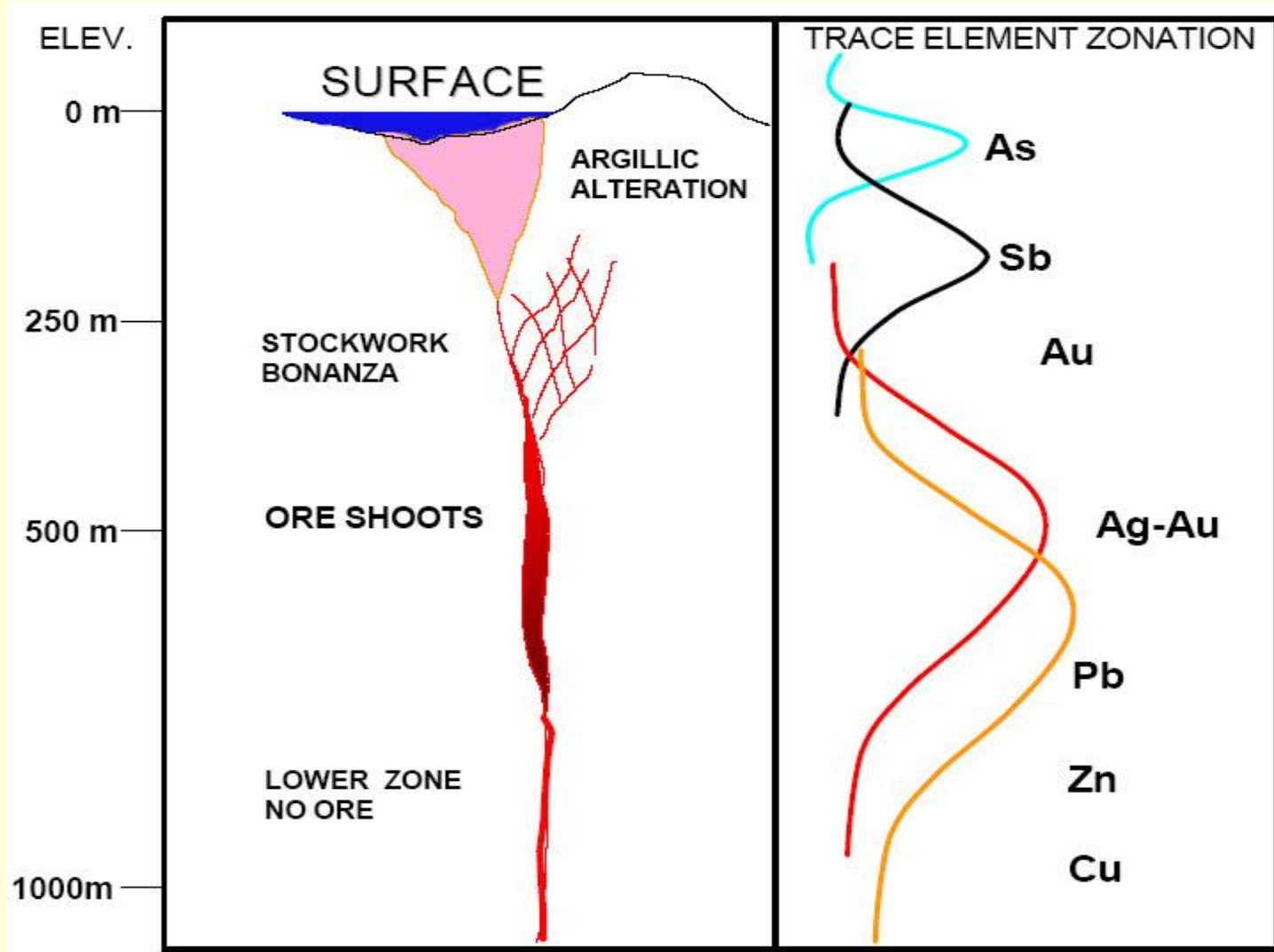
- Первичные ореолы рассеяния имеют зональное строение, обусловленное г/х особенностями элементов.
- Выделяют ореолы:
- **подрудные,**
- **околорудные,**
- **надрудные.**
- В пределах отдельных **генетических типов** элементы-индикаторы образуют достаточно устойчивые **ряды зональности.**
- Обобщенный **ряд зональности** сульфидных **гидротермальных** месторождений С.В. Григоряна (от подрудных к надрудным):  
**W – Be – Sn – U – Mo – Co – Ni – Bi – Cu – Au – Zn – Pb – Ag – Cd – Hg – As – Sb – Ba – I.**

# Обобщенная схема первичного ореола рассеяния гидротермального месторождения. А.П. Соловов, 1985



# Geochemical Model of Rosario Gold Veins...

[http://surfmazatlan.com/Gold.htm&docid=6CIDVqaJoA\\_s8M&imgurl=http://surfmazatlan.com/images/geochemical](http://surfmazatlan.com/Gold.htm&docid=6CIDVqaJoA_s8M&imgurl=http://surfmazatlan.com/images/geochemical)

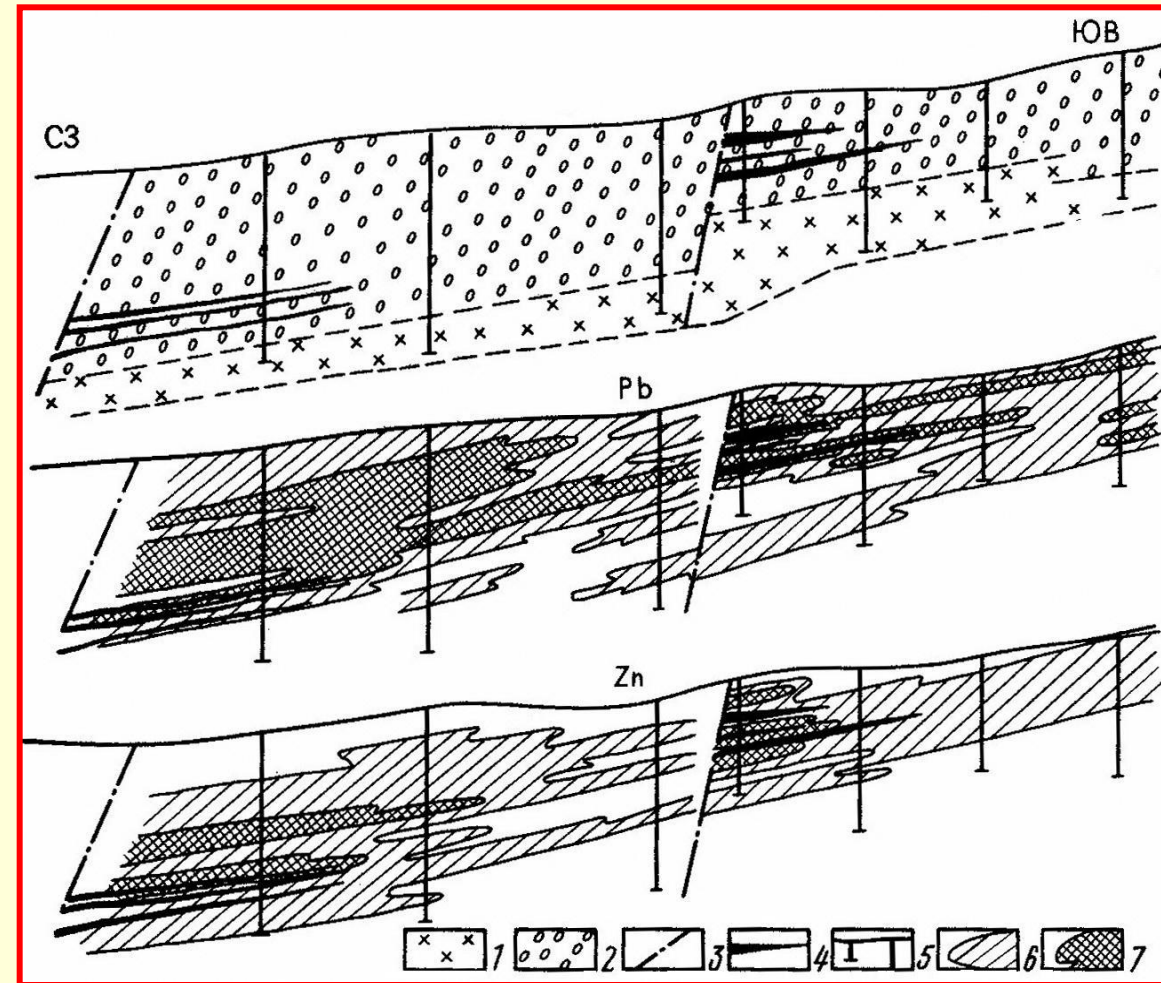




**Первичные ореолы обычно залегают субсогласно с рудными телами, вытягиваясь вдоль них и существенно превосходя по размерам.**

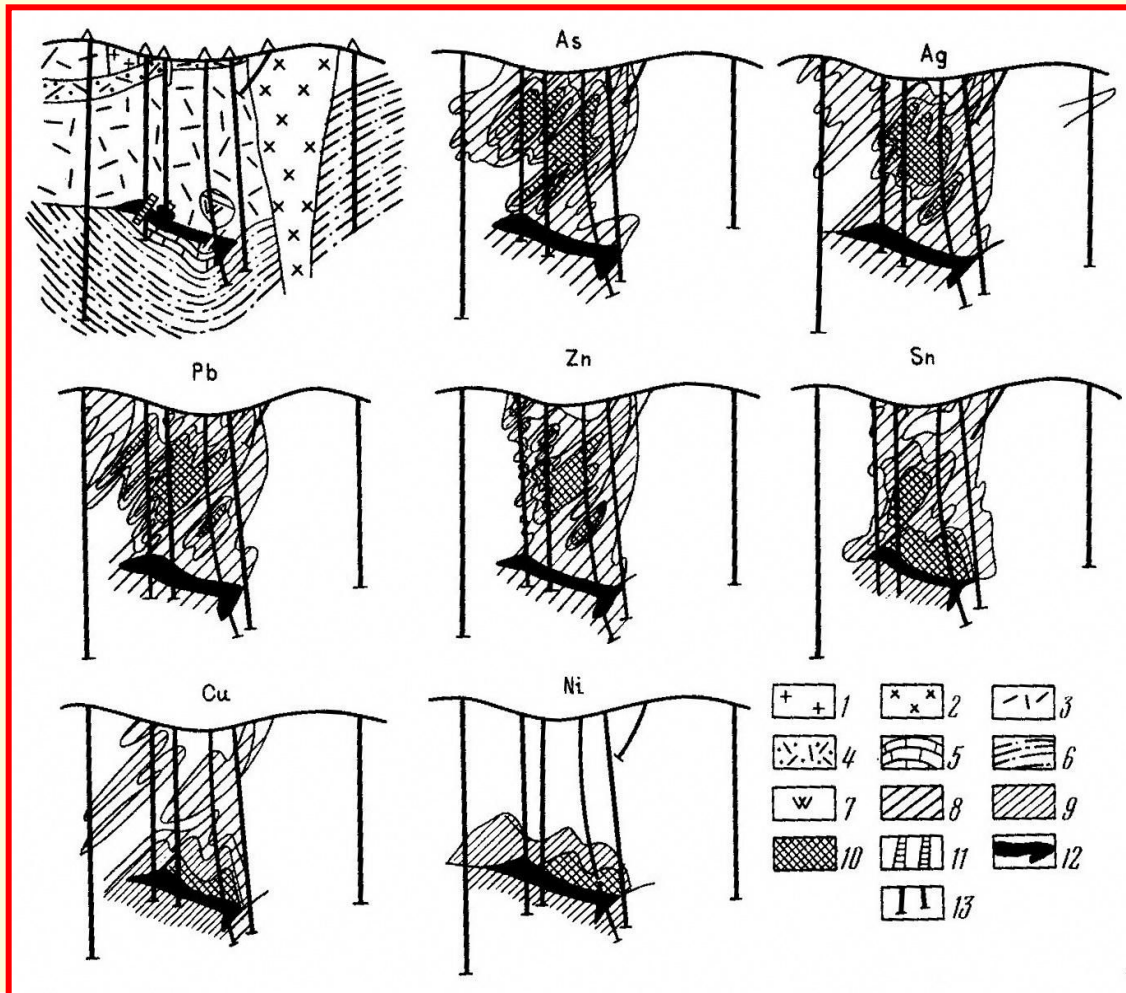
**Первичные геохимические ореолы месторождения Тулы-1. Курусайское рудное поле. Таджикистан**  
Справочник по геохимическим методам поисков..., 1990

1- андезит-дацитовые порфиры;  
2 – известково-аркозовые конгломераты; 3 – разрывные нарушения; 4 – рудные тела; 5 – скважины; 6 – первичные ореолы; 7 – поля повышенных концентраций





# Геолого-структурные условия (трещиноватость, разломы) могут существенно повлиять на форму и положение ореола относительно рудных тел



1- кварцевые порфиры; 2 – габбро-диорты; 3 – туфы и туфобрекчии кварцевых порфиров; 4 – туффиты; 5 – известняки; 6 – алевролиты, песчаники; 7 – кремнистые породы; 8, 9 - первичные ореолы (8 – менее интенсивные, 9 – более интенсивные); 10 – поля максимальных концентраций; 11 – дайки порфиров; 12 – рудные тела; 13 - скважины

**Первичные геохимические ореолы скарново-полиметаллического месторождения Николаевское**

Справочник по геохимическим методам поисков..., 1990

## 2.2. Вторичные ореолы и потоки рассеяния

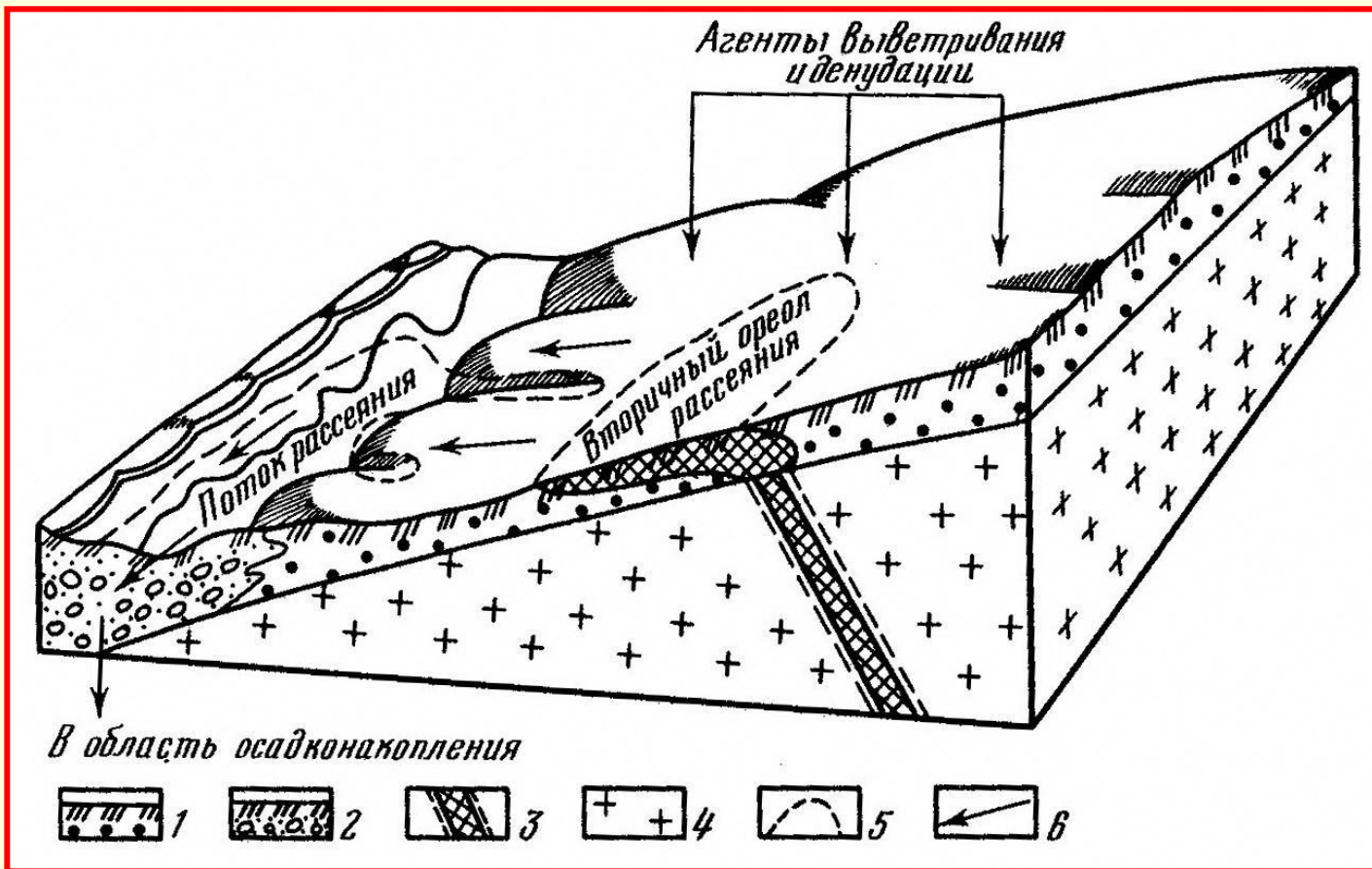
- Формируются в результате разрушения месторождений и первичных ореолов.
- Образуются в:
  - почвах и рыхлых отложениях,
  - растительности,
  - поверхностных и грунтовых водах,
  - приповерхностном и почвенном воздухе.
- Различают ореолы и потоки вторичного рассеяния.  
**Ореолы** более или равномерной каймой **окружают рудные тела.**  
**Потоки** имеют вытянутую форму, обусловленную течением водного потока.

## Группировка вторичных ореолов и потоков рассеяния

В зависимости от фазового состояния продуктов разрушения подразделяются на:

- **Механические,**
- **Солевые,**
- **Смешанные (литогеохимические)**
- **Водные (гидрохимические),**
- **Газовые (атмохимические),**
- **Биогеохимические**

# Схема формирования вторичных ореолов и потоков рассеяния А.П. Соловов, 1985

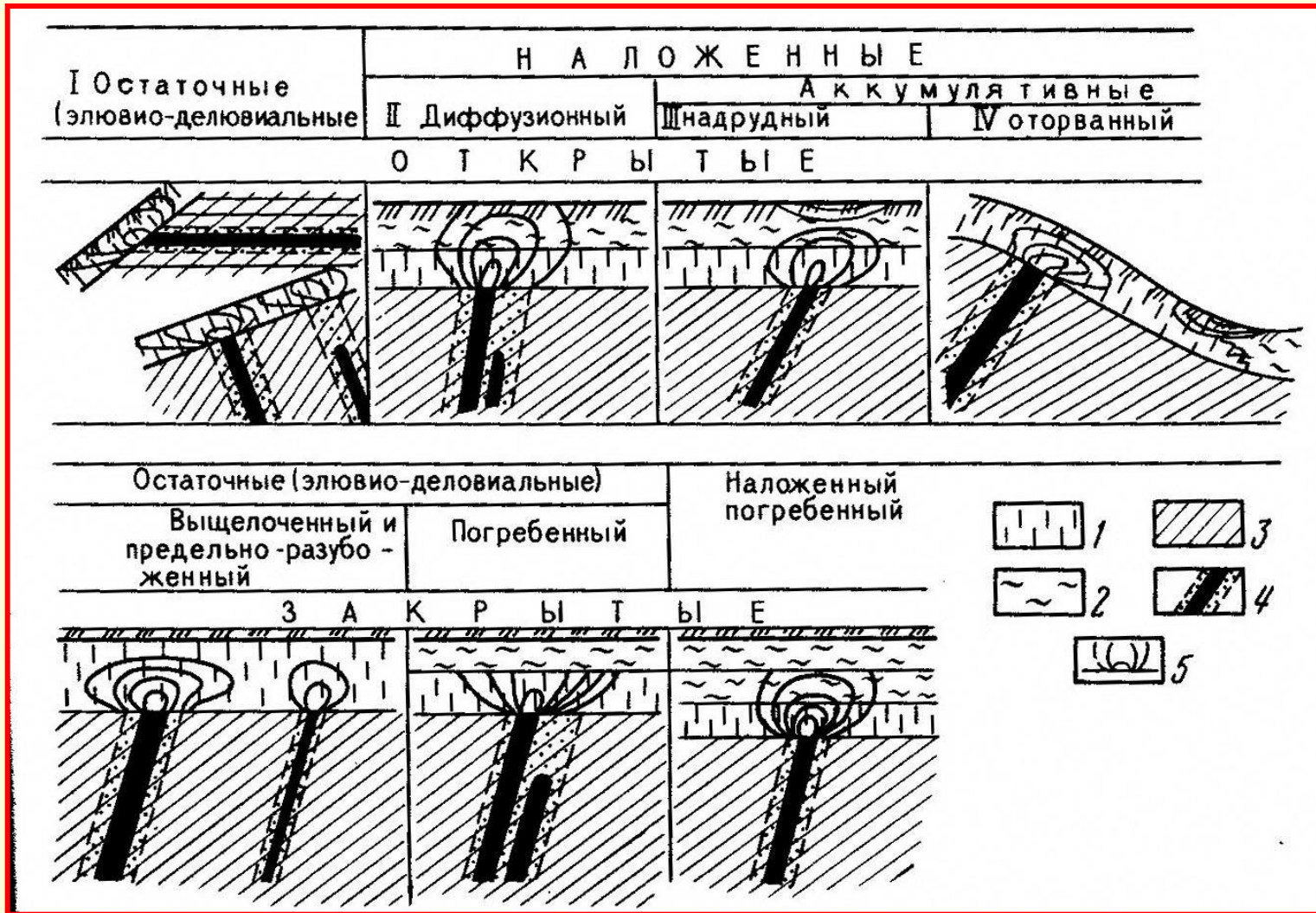


1 – элювиально-делювиальные отложения; 2 – аллювий; 3 - рудное тело и его первичный ореол; 4 – рудовмещающие породы; 5 – контур аномальных содержаний элементов в продуктах выветривания, в речной воде и растительности; 6 – направление стока



# Главнейшие типы вторичных литохимических ореолов рассеяния

Справочник по геохимическим методам поисков..., 1990



1 – элювиоделювий ; 2 – перекрывающие отложения; 3 – рудовмещающие породы; 4 – рудные тела и их первичные ореолы; 5 – вторичные ореолы

## 2.2.1. Механические ореолы рассеяния

- Образуются **при физическом разрушении** химически устойчивых полезных ископаемых.
- Подразделяются на:
  - крупнообломочные** (см – дес. см);
  - шлиховые** (доли мм – первые мм);
  - тонкодиспергированные** (глинистые) (сотые – тыс. доли мм).

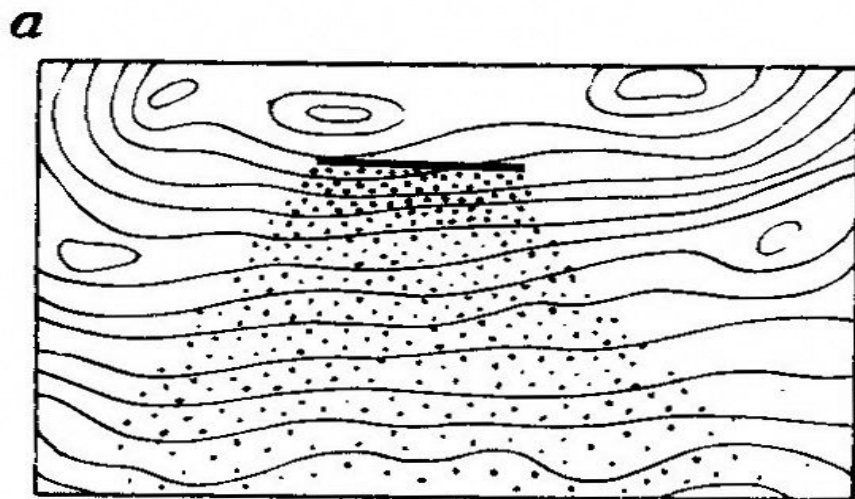
Могут находиться в **элювиальных, коллювиальных, делювиальных, пролювиальных, аллювиальных, гляциальных** отложениях.

**Размер и окатанность обломков** обусловлены физико-механическими свойствами полезного ископаемого, вмещающих пород и дальностью переноса.

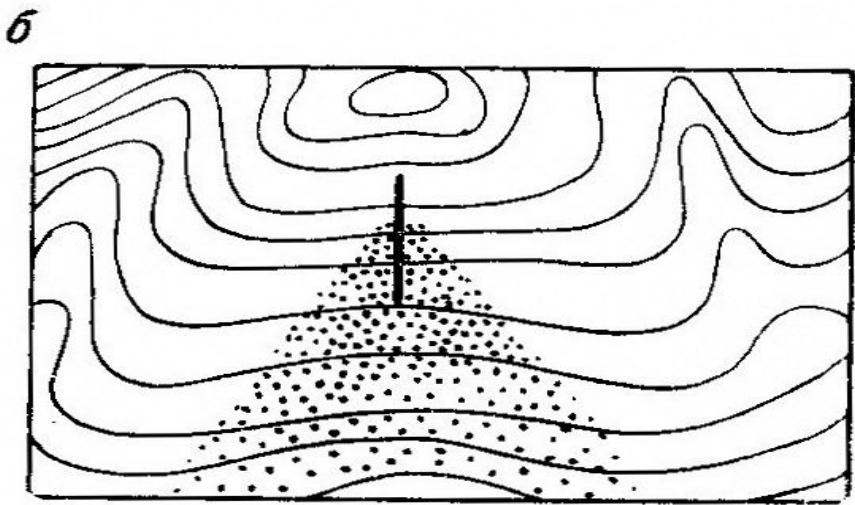
**Конфигурация ореолов** определяется формой выхода рудного тела, крутизной склона, **характером рельефа**.

# Форма крупнообломочных ореолов рассеяния

В.М. Крейтер, 1964

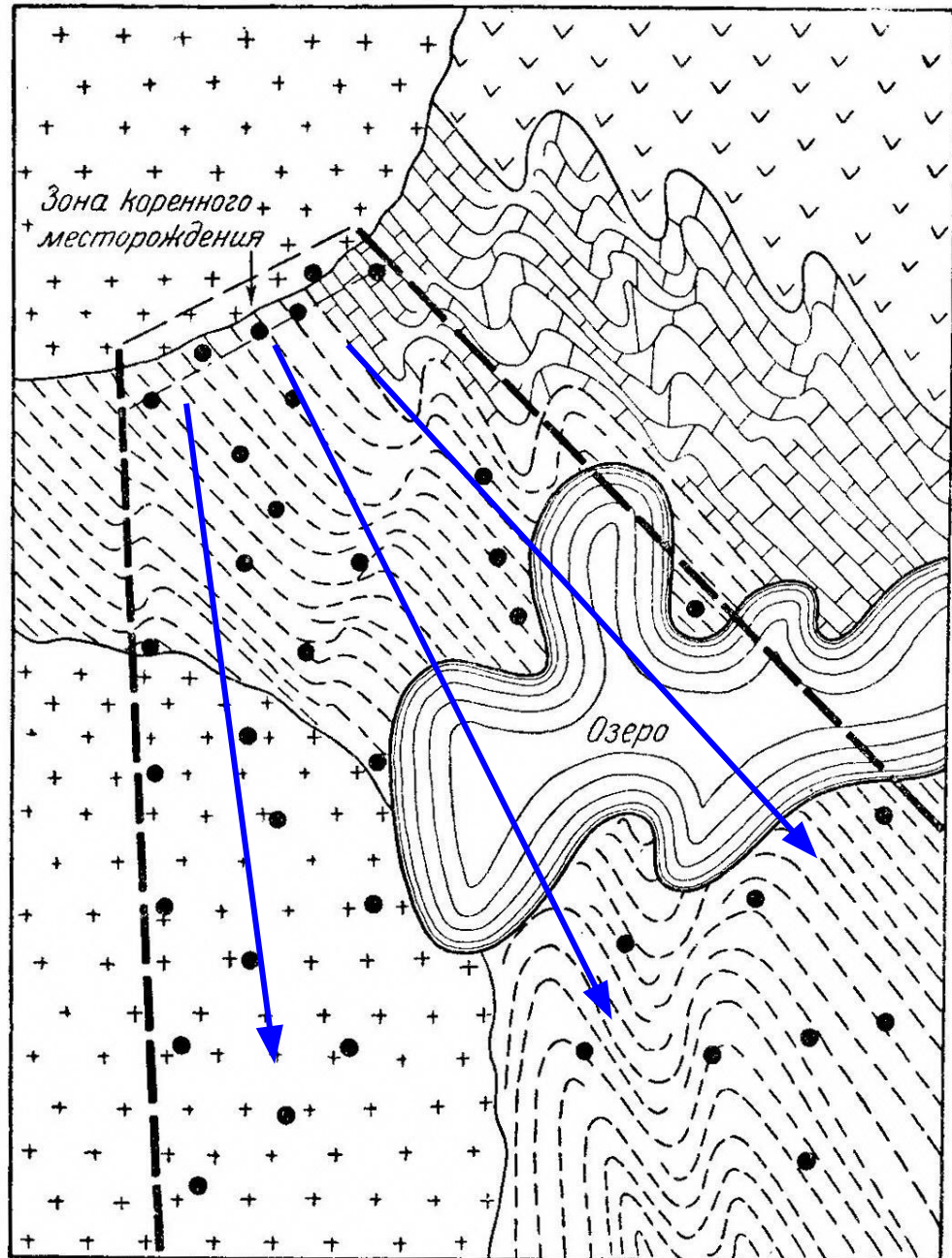


*а* – рудное тело  
ориентировано  
вдоль склона;



*б* – рудное тело  
ориентировано  
поперек склона





## Ореол рудных валунов в ледниковых отложениях В.И. Смирнов, 1954

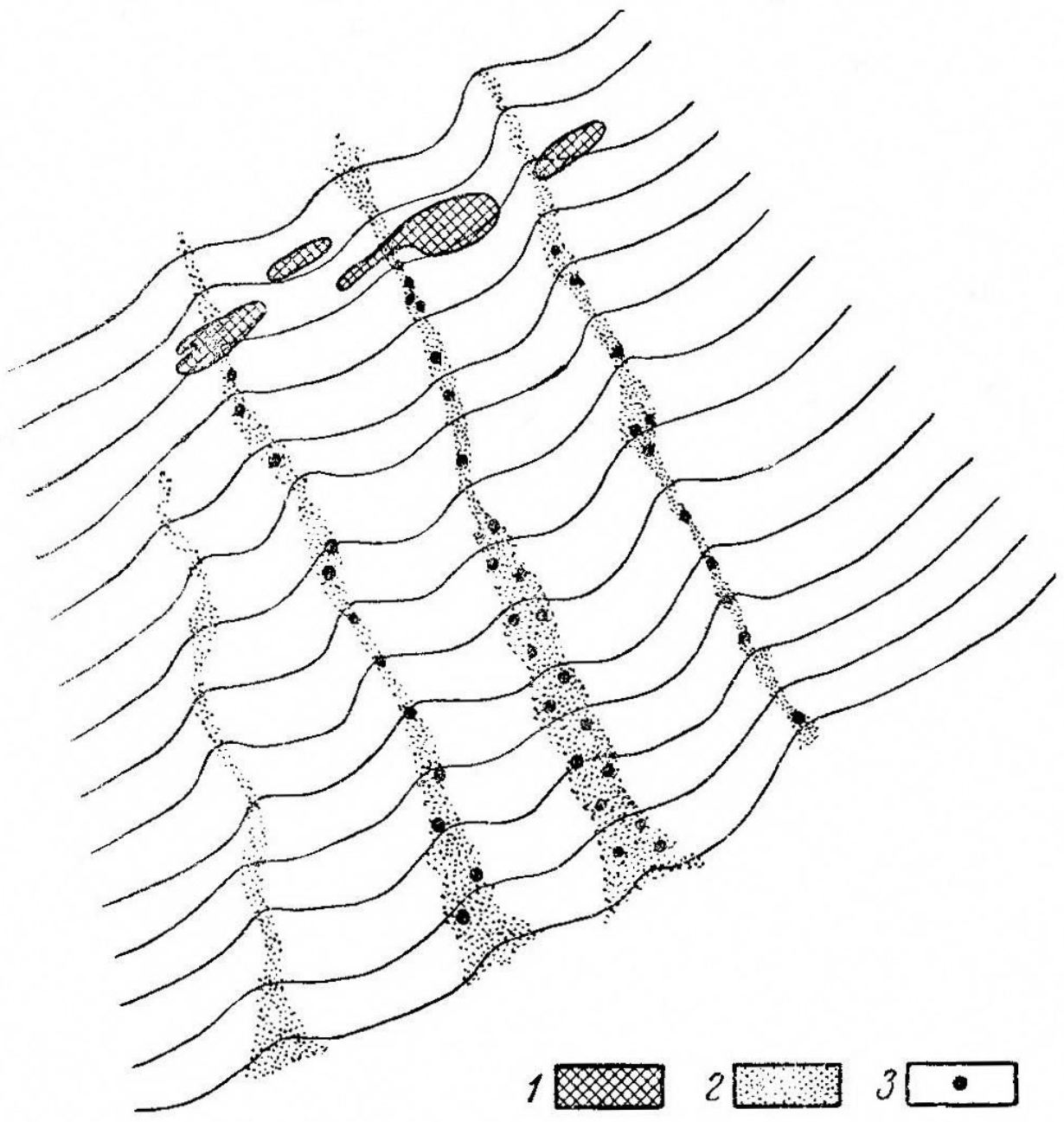
- 1 – граниты; 2 – диабазы;
- 3 – сланцы; 4 – доломиты;
- 5 – рудные валуны; 6 – границы  
рудного веера

*Стрелками показано  
направление движения ледника*

150 0 300 600 м







**Линейно  
вытянутые ореолы  
рудных валунов  
вдоль оврагов**

**1 – рудные тела; 2 –  
каменные россыпи  
(курумы); 3 – рудные  
валуны**

## 2.2.2. Солевые ореолы и потоки рассеяния

- **Образуются в результате разложения, растворения, переноса и переотложения** рудного вещества в виде элементов или солей.
- **Выпадение солей** происходит вследствие :
  - а) **изменения pH и Eh** среды,
  - б) **пересыщения** растворов при испарении,
  - в) **обменных реакций** с окружающей средой,
  - г) **сорбции**.
- Большую роль играет **климат**. В условиях **гумидного** климата образуются **погребенные ореолы**; в условиях **аридного** климата – **открытые ореолы**, в средних широтах – **полузакрытые** (неглубокие).

## 2.2.3. Смешанные (литогеохимические) ореолы и потоки рассеяния

- Чисто солевые и механические ореолы встречаются редко.
- Чаще образуются **смешанные ореолы, называемые литогеохимическими.**
- Большинство элементов-индикаторов оруденения концентрируется **в мелких фракциях.**
- **Повышенные концентрации** компонентов **в крупных фракциях** наблюдаются **лишь близ залежей полезных ископаемых.**

## 2.2.4. Водные (гидрохимические) ореолы

- **Образуются за счет растворения** и выноса химических элементов и их соединений из рудных тел **подземными и поверхностными водами**.
- Для их формирования важное значение имеет:
  - 1) **наличие растворимых минералов** в рудных телах;
  - 2) **интенсивность водной миграции**;
  - 3) **благоприятные литолого-структурные обстановки**, обеспечивающие доступ подземных вод к рудным телам;
  - 4) **инертность вмещающих пород**, препятствующая возникновению геохимических барьеров.



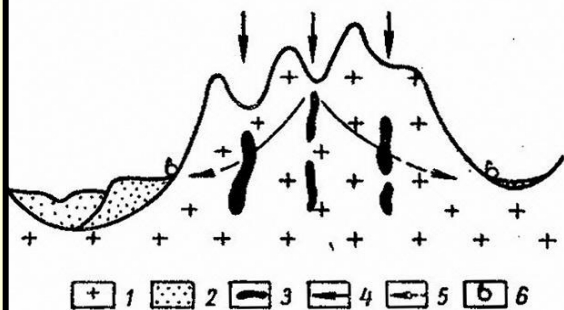


Рис. 17. Гидрохимические аномалии, связанные со слепыми рудными телами в горном районе с глубоко промываемыми структурами (по В. И. Красникову):

1 — коренные породы; 2 — аллювиальные отложения; 3 — слепые рудные тела; 4 — метеорные осадки и фоновые воды; 5 — ореольные воды; 6 — гидрохимические аномалии (выходы ореольных вод)

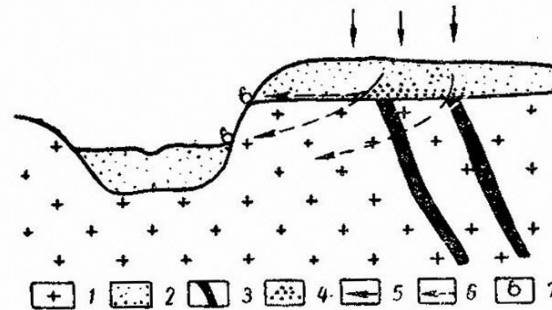


Рис. 18. Гидрохимическая аномалия, связанная с перекрытым месторождением и его погребенным ореолом в условиях расчлененного пенеплена (по В. И. Красникову):

1 — коренные породы; 2 — рыхлые отложения; 3 — рудные тела; 4 — погребенный ореол; 5 — метеорные осадки и фоновые воды; 6 — ореольные воды; 7 — выходы ореольных вод

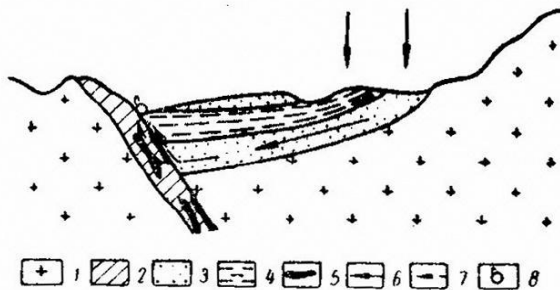


Рис. 19. Гидрохимическая аномалия, связанная с восходящими водами, омывающими слепые рудные тела (по В. И. Красникову):

1 — кристаллические породы; 2 — зона дробления; 3 — водопроницаемые породы; 4 — экранирующий водонепроницаемый горизонт; 5 — рудные тела; 6 — метеорные осадки и фоновые межпластовые воды; 7 — ореольные напорные воды; 8 — гидрохимическая аномалия

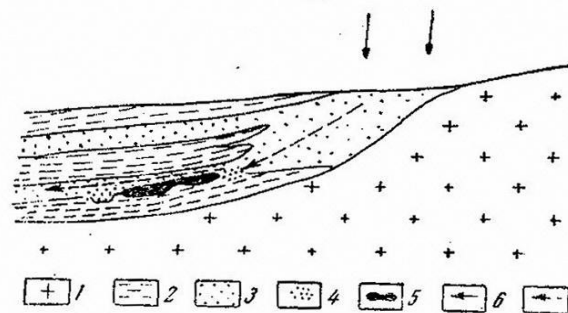


Рис. 20. Погребенный гидрохимический ореол в межпластовых водах (по В. И. Красникову):

1 — кристаллический фундамент; 2 — водонепроницаемые осадочные толщи; 3 — водопроницаемые породы; 4 — первичный рудный ореол; 5 — рудное тело; 6 — метеорные осадки и фоновые межпластовые воды; 7 — ореольные воды

## Схемы образования гидрохимических аномалий

- Содержание элементов в водных ореолах рассеяния рудных месторождений повышается на 1-2 порядка.
- На изучении гидрохимических ореолов рассеяния **основан гидрохимический метод поисков**.
- Широко **используются при поисках** месторождений:
  - солей,**
  - сульфидных руд цветных металлов**
  - бора, урана.**
- **Гидрохимические ореолы** могут формироваться **в надпочвенном льду и снеге** за счет ионной миграции через капилляры льда и пленочную воду, обволакивающую кристаллы снега. С глубиной концентрация элементов увеличивается. Скорость аккумуляции составляет 2-3 месяца. В России и Канаде установлены аномалии Hg, Cu, Zn, Cd, Mn, Ni, Pb.
- **Снеговая съемка** используется **при** составлении геолого-экологических карт и **экологических исследованиях**.

## 2.2.5. Газовые (атмохимические) ореолы рассеяния

- Образуются за счет обогащения почвенного и приповерхностного воздуха паро- и газообразными соединениями, связанными с полезными ископаемыми.
- На изучении газовых ореолов рассеяния основан атмохимический метод поисков.

# Группировка газовых ореолов

- Газовые ореолы создают только месторождения, сложенные компонентами, способными создавать газовые эманации.
- По особенностям формирования подразделяются на три группы:
  1. Ореолы ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , Hg, He, тяжелые углеводороды и др.) над залежами нефти и газа;
  2. Ореолы ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , Hg и др.) над сульфидными месторождениями Pb, Zn, Cu, Hg, Sb и др.;
  3. Ореолы (Rn, He, Ar и др. ), обусловленные распадом радиоактивных элементов в месторождениях U и Ra.

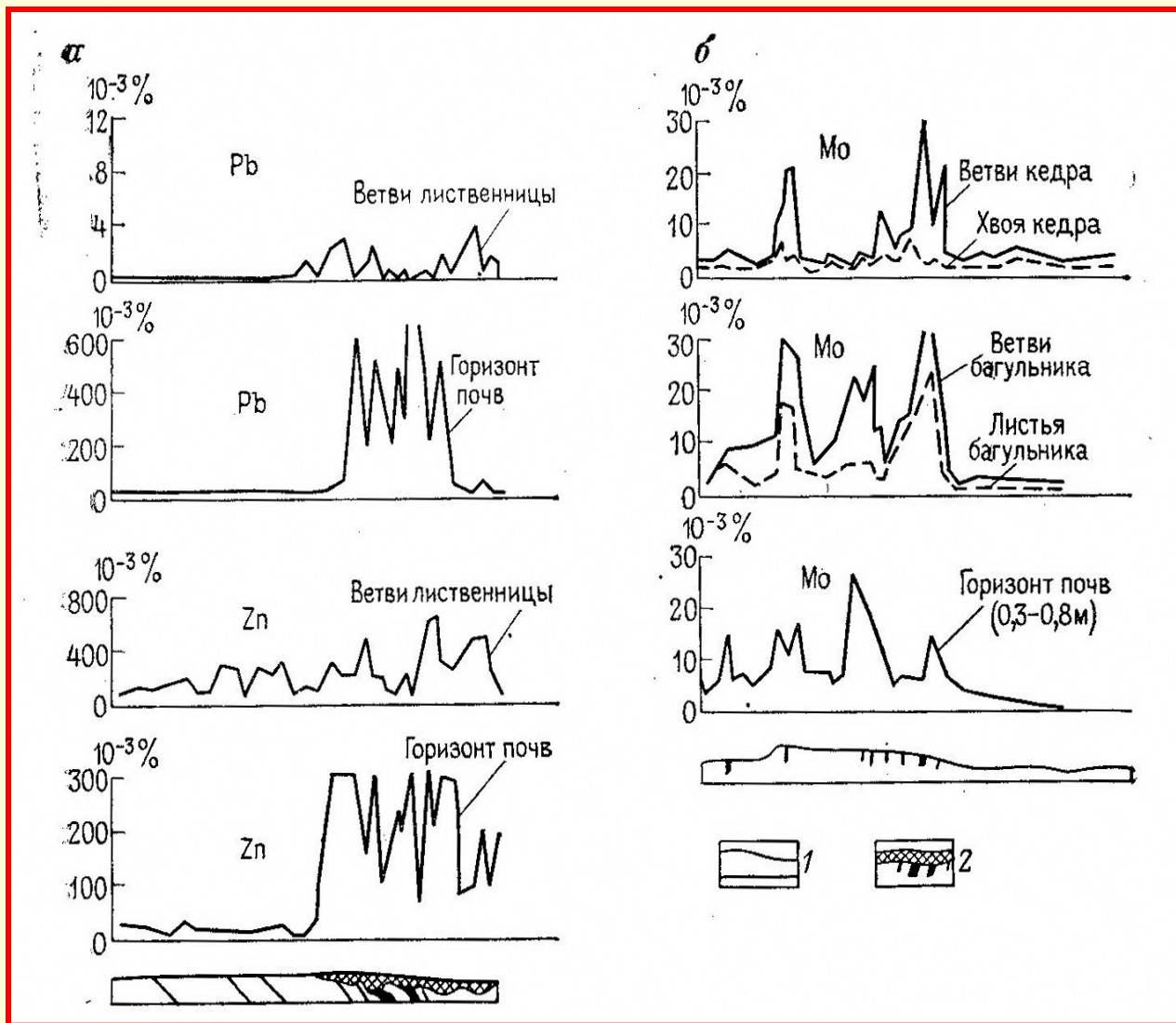


## 2.2.6. Биогеохимические ореолы рассеяния

- Образуются вследствие увеличения концентрации элементов-индикаторов в растениях, произрастающих над залежами полезных ископаемых.
- На их изучении **основан биогеохимический метод поисков.**
- Основные **особенности концентрации** элементов растениями:
  1. Над месторождениями **все растения имеют повышенную концентрацию** элементов-индикаторов.
  2. **Некоторые виды растений** могут селективно концентрировать отдельные элементы.
  3. Отдельные **органы растений** могут избирательно концентрировать элементы-индикаторы.
  4. **Концентрация** элементов-индикаторов **зависит от:**
    - глубины распространения **корневой системы,**
    - возраста** растения,
    - сезонной миграции вод** по органам растений.

# Биогеохимические и литохимические ореолы на Озерном полиметаллическом (а) и Булуктаевском молибден-вольфрамовом (б) месторождениях.

По А.Л.Ковалевскому



- 1 – вмещающие породы;
- 2 – рудные тела (черное) и железная шляпа



### 3. Некоторые геофизические аномалии

- На наличие оруденения указывают интенсивные геофизические аномалии:
  - магнитометрические,
  - радиометрические.
- Остальные геофизические аномалии интерпретируются неоднозначно и относятся к косвенным признакам.



## 4. Следы старых разработок исторические (архивные) данные о горном промысле

- На наличие оруденения указывают **следы разведки, разработки и переработки** полезного ископаемого: старые горные выработки (шурфы, шахты, карьеры, штольни, отвалы, содержащие рудную минерализацию), отвалы шлака, развалины доменных печей и т.п.
- Архивные **материалы экспедиций, фондовые материалы** (старые отчеты о ГРР, включая первичную документацию к ним), **исторические данные о горном промысле** и т.п.

## 2.2.2. КОСВЕННЫЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

### Классификация

1. Измененные околорудные породы
2. Минералы, сопутствующие оруденению (минералы-спутники)
3. Различие физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород (геофизические)
4. Геоморфологические
5. Гидрогеологические
6. Ботанические

# 1. Измененные околорудные породы

- Подразделяются на: гипогенные и гипергенные.
- **Гипогенные**
- **Грейзенизация** (W, Sn, Mo, Be, Li, Ta)
- **Скарнирование** (Fe, Pb, Zn, Cu, Mo, W, Sn, Be, Au, Co, As, B)
- **Окварцевание** – вторичные кварциты
- по кислым эффузивам: алунит, каолинит, корунд и др.;
- по породам среднего состава: Cu, Pb-Zn, Au-Ag и др.;
- по карбонатным породам (джаспероиды): Pb-Zn, Sb-Hg;
- барит, флюорит
- **Серицитизация** (локальная): колч. м-ния Cu, Pb, Zn, Au, As
- **Хлоритизация** (локальная): Cu-колч., колч.-полимет., сульф.-касситерит м-ния
- **Березитизация** (кв., серицит, карбонат, пирит) по породам кислого и ср. состава: Au, Pb-Zn, Mo, U, горн. хр. и др.
- **Лиственитизация** (кв., карбонат, серицит, фуксит, пирит) по породам основного и ультраосновного состава: Au, Pb-Zn, Mo, U, горн. хр. и др.
- **Серпентинизация** по ультраосновным породам: хризотил-асбест
- **Доломитизация** (гидротермальная): Pb-Zn, сидеритов., баритовые м-ния
- **Аргиллизация** (монтмориллонит-гидрослюисто-каолинитовые метасоматиты): Au, Au-Ag, U, W, Be, флюорит, горный хрусталь и т.д.
- **Гипергенные**
- **Обохривание, осветление, образование «железных шляп»** (гетит, гидрогетит, гематит, халцедон, опал, малахит и др.) над месторождениями сульфидных руд
- **«Железные шляпы»** могут иметь промышленное значение (железо, золото, малахит и др.)

## 2. Минералы, сопутствующие оруденению (минералы-спутники)

- Поисковый признак основан на использовании парагенетических ассоциаций минералов как жильных, так и рудных.
- В пределах рудноформационных типов ассоциации достаточно устойчивы. Часто имеют зональное строение.
- Ассоциации могут быть гипогенными и гипергенными
- **Примеры гипогенных ассоциаций:**
- **Медно-никелевые месторождения:** пирротин, пентландит, халькопирит, миллерит, пирит, борнит, магнетит, платиноиды, золото и др.
- **Скарновые железорудные месторождения:** магнетит, пирит, халькопирит, андрадит-гроссуляр, диопсид-геденбергит, эпидот, актинолит, полевые шпаты, скаполит, волластонит и др.
- **Штокверковые вольфрамовые месторождения:** вольфрамит, молибденит, касситерит, висмутин, галенит, сфалерит, кварц, мусковит, флюорит и др.
- **Стратиформные месторождения медистых песчаников:** халькопирит, борнит, халькозин, галенит, сфалерит, кварц, кальцит, барит и др.
- **Жильные свинцово-цинковые месторождения:** галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, арсенопирит, кварц, кальцит, флюорит, барит и др.
- **Колчеданно-полиметаллические месторождения:** сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, кварц, барит, хлорогаленит, серицит и др.
- **Примеры гипергенных ассоциаций:**
- **Зона окисления сульфидных гидротермальных и колчеданных месторождений:** гетит, гидрогетит, смитсонит, церуссит, халькозин, малахит, азурит и др.
- **Россыпи алмазов:** алмаз, пироп, пикроильменит, хромдиопсид, оливин и др.
- **Россыпи золота:** самородное золото, магнетит, циркон, касситерит, ильменит, гранаты, самородная платина и др.

### 3. Различие физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород (геофизические аномалии)

- **Геофизические аномалии** указывают на неоднородность физических полей, являющейся **следствием неоднородности** геологического строения:
  - морфоструктуры,
  - морфометрии,
  - физико-механических свойств,
  - состава (химического, минерального, литолого-петрографического).
- Лишь некоторые **аномалии** большой интенсивности (**магнитные и радиоактивные**) интерпретируются однозначно и являются **прямыми поисковыми признаками**.
- **Большинство геофизических аномалий** имеют многовариантную интерпретацию, поэтому относятся **к разряду косвенных поисковых признаков**.



## 4. Геоморфологические признаки

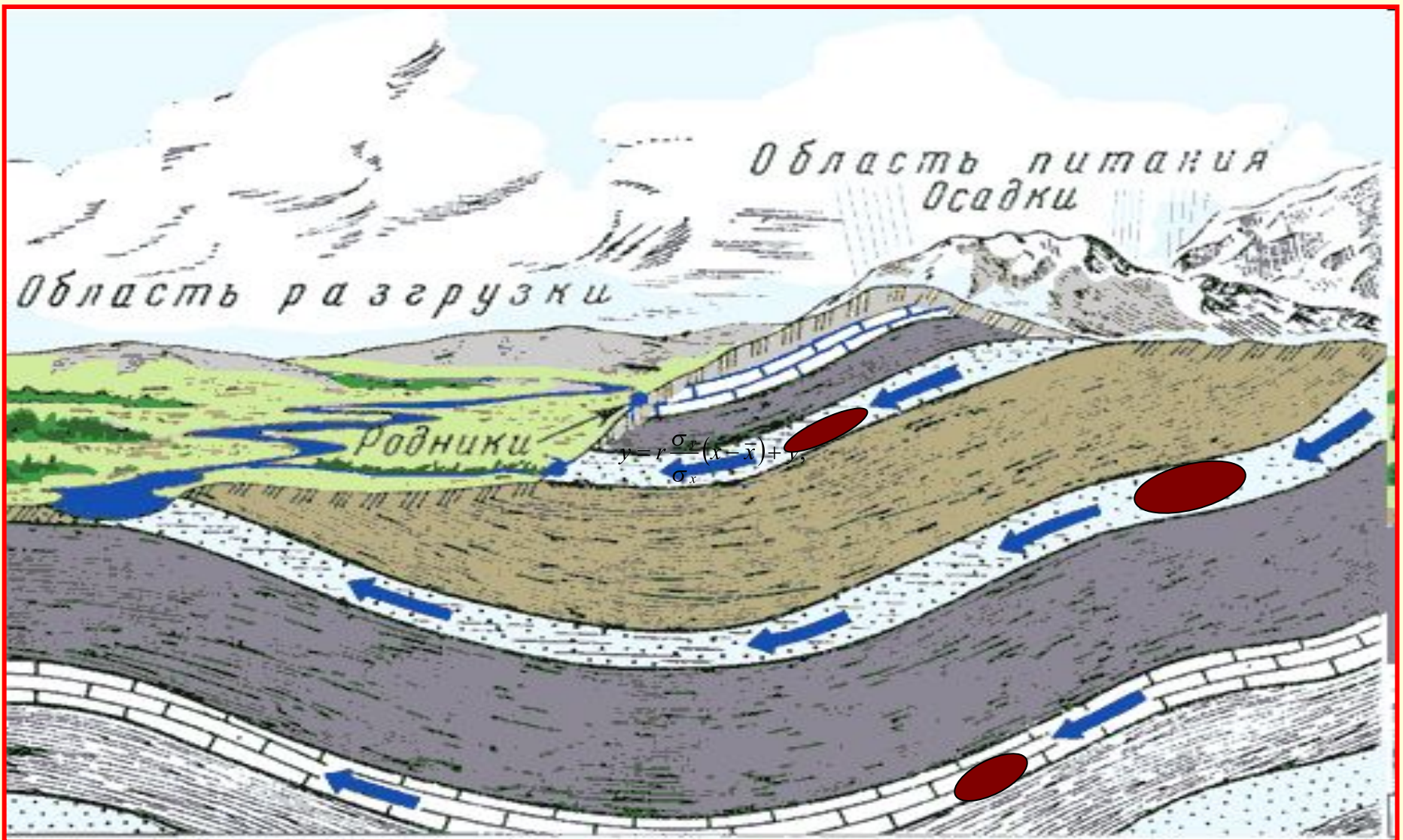
- Основаны на связи микроформ рельефа с залежами полезных ископаемых и их околорудными изменениями.
- Наиболее отчетливо проявляют себя на участках «зрелого» рельефа.
- Залежи, сложенные устойчивыми к выветриванию породами, образуют положительные формы рельефа (гривы кварцевых жил, пегматитов, вторичных кварцитов).
- Залежи, сложенные легко выветривающимися и растворимыми полезными ископаемыми (гипс, ангидрит, соли, сульфидные руды), образуют отрицательные формы рельефа: депрессии, впадины, карстовые воронки и т.п. К депрессиям в рельефе приурочены месторождения торфа, мезо-кайнозойских углей.
- Геоморфологические признаки лежат в основе поисков месторождений россыпей всех типов.

## 5. Гидрогеологические признаки

- Разделение горных пород на водоносные и водоупорные свиты, горизонты, комплексы позволяет прогнозировать толщину горных пород, в которых может концентрироваться оруденение (пористые водопроницаемые породы) и которые могут экранировать (водонепроницаемые породы) рудоносные флюиды.

# Схема образования и разгрузки подземных вод

[http://gidroznatsi.narod.ru/Podzemnie\\_vodi/mezplastovie\\_vodi.htm](http://gidroznatsi.narod.ru/Podzemnie_vodi/mezplastovie_vodi.htm)



Залежи полезных  
ископаемых

## 6. Ботанические поисковые признаки

- Над залежами полезных ископаемых вследствие избытка некоторых элементов в почвах возникают:
- **Универсальные индикаторы.** Например, над залежами цинковых руд произрастает галмейная флора: галмейная фиалка (*Viola calaminaria*) и галмейная ярутка (*Thlaspi calaminarium*)
- **Локальные индикаторы.** Например, индикатором меди на Рудном Алтае и в Туве является кочим (*Gipsophila patrinii*).
- **Тератологические** признаки:
  - 1) **изменение внешнего вида растений** («гигантизм», уродливость, необычная окраска и форма цветов и листьев);
  - 2) **отклонения в режиме развития** (раннее или позднее цветение, опадание листьев и т.п.);
  - 3) **угнетение растений или их отсутствие** (над залежами бора, близповерхностными сульфидными рудными телами).
- При анализе ботанических признаков следует учитывать широтную и вертикальную климатическую зональность.



**Галмейная фиалка (*Viola salaminaria*). Произрастает  
над залежами цинковых руд**





**Кочим (*Gipsophila patrinii*)  
Индикатор медных руд на Рудном Алтае**





**Бурачек двусемянной (*Alyssum biovulatum*)  
Индикатор медно-никелевых месторождений для Тувы и  
Рудного Алтая**







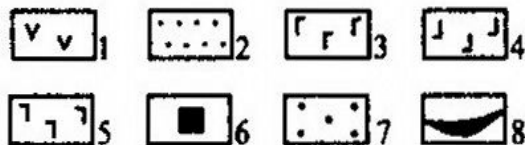
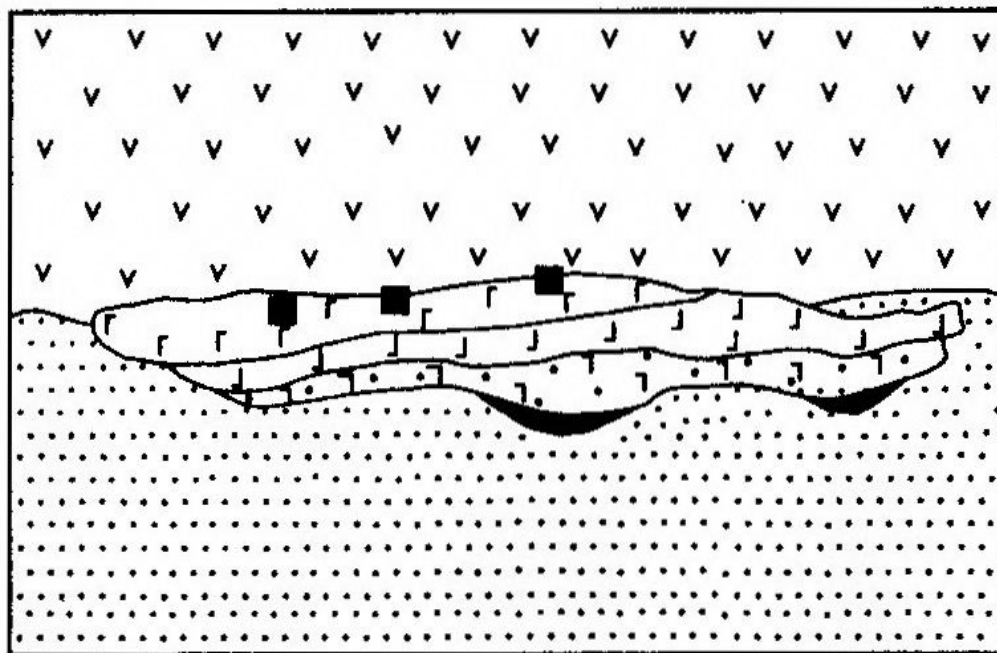
## 2.3. Прогнозно-поисковые модели месторождений

- Прогнозно-поисковая модель – вербальный, графический или иной образ (эталон) конкретного геолого-промышленного типа месторождения.
- Дает ответы на вопросы: как выглядит скопление полезного ископаемого, в какой геологической обстановке и по каким признакам оно может быть обнаружено и оценено?
- На каждой стадии ГРР выявляется определенный комплекс признаков, производится сравнение их с эталоном, оценивается надежность построений, корректировка самой модели.
- Основные элементы прогнозно-поисковых моделей:
  - 1) ассоциации горных пород, рудоносные геологические формации (их части), их тектоническое положение и условия формирования; эти факторы определяют условия нахождения объекта;
  - 2) косвенные индикаторы оруденения, выявляемые минералогическими, геохимическими, геофизическими и др. методами;
  - 3) прямые признаки, указывающие на наличие полезного ископаемого;
  - 4) изменение характеристик оруденения после завершения главного этапа рудоотложения: признаки скрытого оруденения, перекрывающие породы, уровень эрозионного среза, пострудные дислокации и регенерации рудных тел и т.п.
- Прогнозно-поисковые модели отображаются в графической и / или табличной форме и сопровождаются пояснительным текстом. Могут быть представлены в виде частных моделей по группам критериев.



# Прогнозно-поисковая модель месторождения медно-никелевых платиноносных руд

В.В. Авдонин и др., 2007



- 1 – вулканогенные породы;
- 2 – осадочные и вулканогенно-осадочные породы;
- 3-5 – рудоносный интрузив:
  - 3 – лейкократовые,
  - 4 – мезократовые,
  - 5 – меланократовые породы;
- 6 – позиция малосульфидных платиноидных руд;
- 7 – зоны вкрапленных руд;
- 8 – придонные тела массивных и экзоконтактовых прожилково-вкрапленных руд

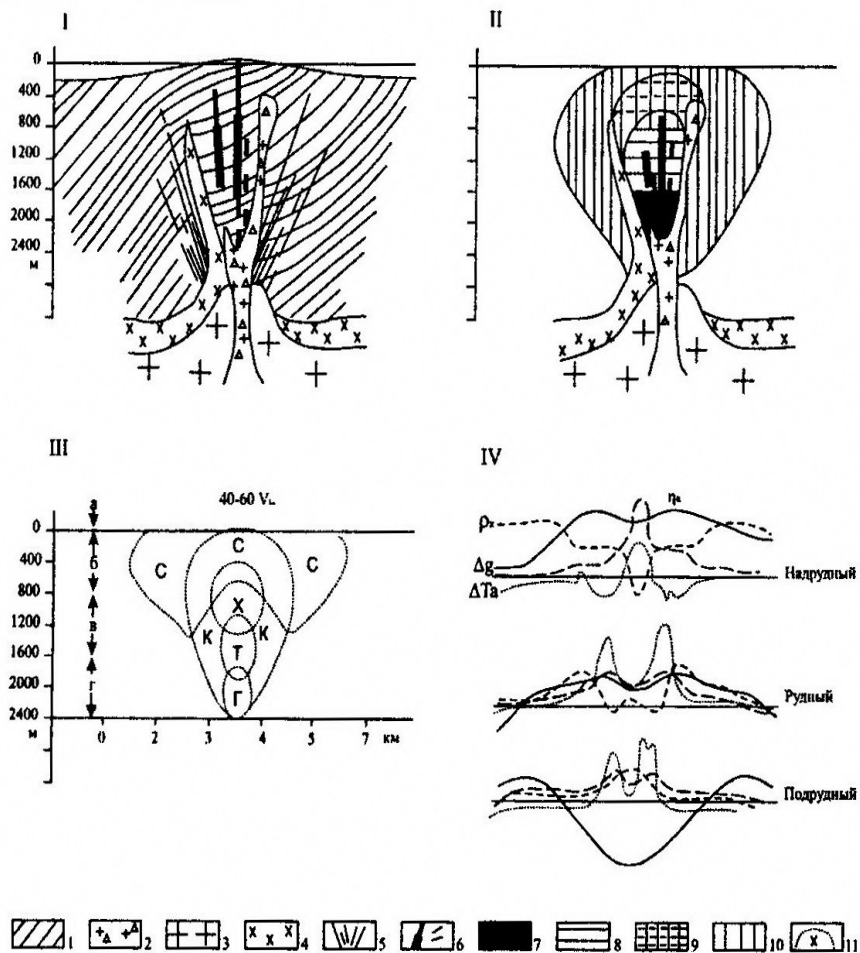


# Модель сульфидных медно-никелевых месторождений В.

И. Кочневу-Первухову и А.И. Кривцову, с упрощениями

<i>Элементы-признаки</i>	<i>Содержание признаков</i>
<b>1. Рудоносные магматические тела</b>	Дифференцированные габбродолеритовые
1.1. Состав и формационная принадлежность	
1.2. Форма интрузивов	Протяженные лентовидные с частыми перепадами мощностей
<b>2. Экзоконтактовые изменения</b>	Роговики, альбит-микроклиновые метасоматиты
<b>3. Внутреннее строение магматического тела</b>	Эруптивные брекчии, габбро, габбродiorиты, габбродолериты
3.1. Верхние части	
3.2. Средние части	Габбродолериты
3.3. Нижние (придонные) части	Габбродолериты
<b>4. Рудные тела</b>	1. Верхние контактовые прожилково-вкрапленные руды – породы кровли и эндоконтактовые габбро. 2. Вкрапленные руд - габбродолериты 3. Массивные руды – придонные части массивов на участках раздува мощностей. 4. Нижние контактовые прожилковые руды – под телами массивных руд
4.1. Положение относительно фаций (фаз) магматических массивов	
4.2. Морфология рудных тел	1. Верхние и контактовые прожилково-вкрапленные руды – прерывистые пластообразные тела и линзы. 2. Вкрапленные руды – протяженные по всему простиранию интрузива пластообразные тела.

# Прогнозно-поисковая модель месторождений олово-силикатного типа (по А.Б. Павловскому и др.)

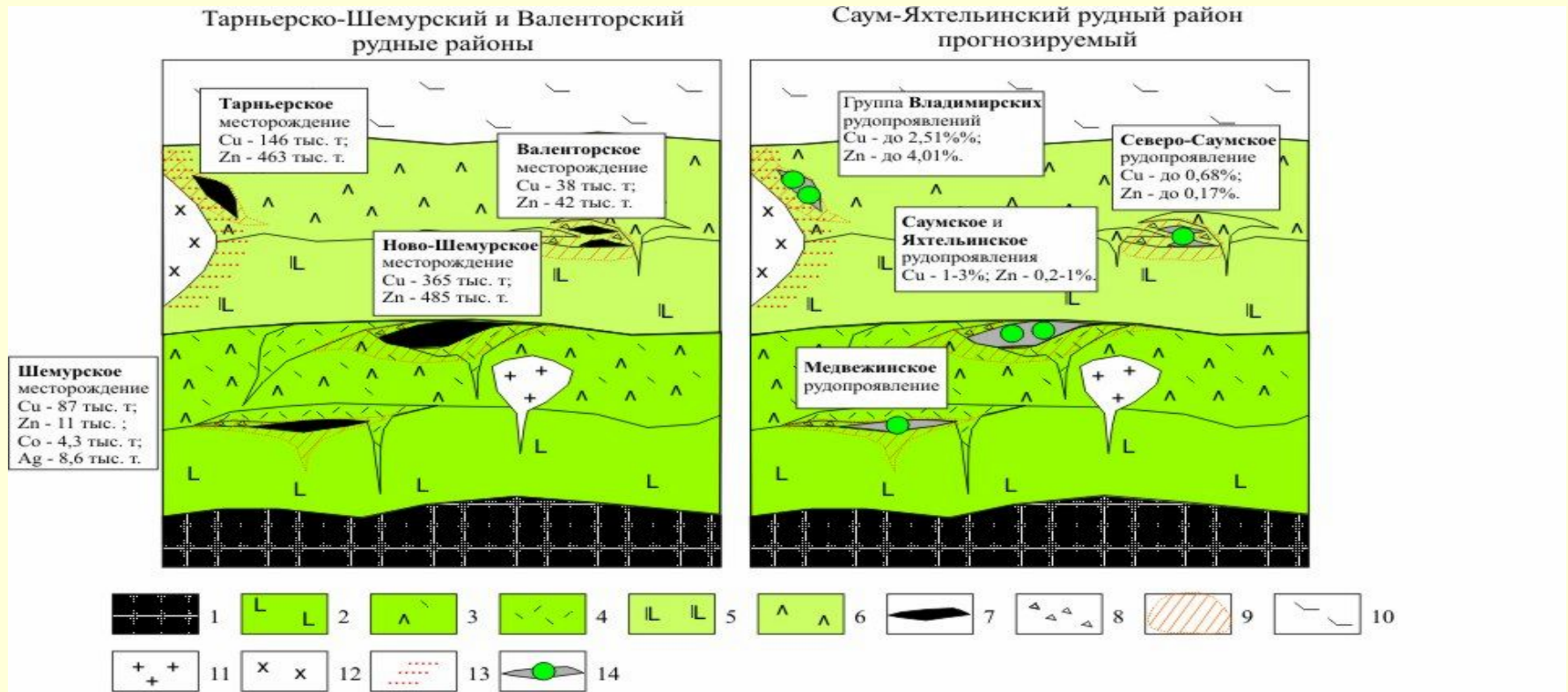


Модели: I — геолого-структурная, II — метасоматическая, III — рудно-геохимическая, IV — геофизические графики на срезе;

1 — терригенные породы; 2 — трубки взрыва кислого состава; 3 — граниты; 4 — гранодиорит-порфиры, кварцевые диоритовые порфиристы; 5 — разрывные нарушения; 6 — рудные тела: а — жильные, б — прожилково-вкрапленные зоны и штокверки; 7-10 — фации локальных метасоматитов: 7 — подрудных, 8 — рудовмещающих, 9 — надрудных, 10 — фланговых; 11 — границы распространения минеральных типов оруденения: С — сульфидно-сульфосольного, К — колчеданного, Х — хлоритового, Т — турмалинового, Г — грейзенового; положение определяющих эрозионный срез геохимических ассоциаций: а — Au-Ag, б — Pb-Zn-Ag, в — Sn-Cu-As, г — W-Mo; на графиках IV:  $\Delta g$  — поле силы тяжести,  $\Delta T_a$  — магнитное поле,  $\rho$  — удельное сопротивление,  $\eta$  — поляризуемость

# Обобщенная геолого-поисковая модель медно-цинкового колчеданного месторождения Северного Урала

(по Т.Н. Кривко и др., 2008)

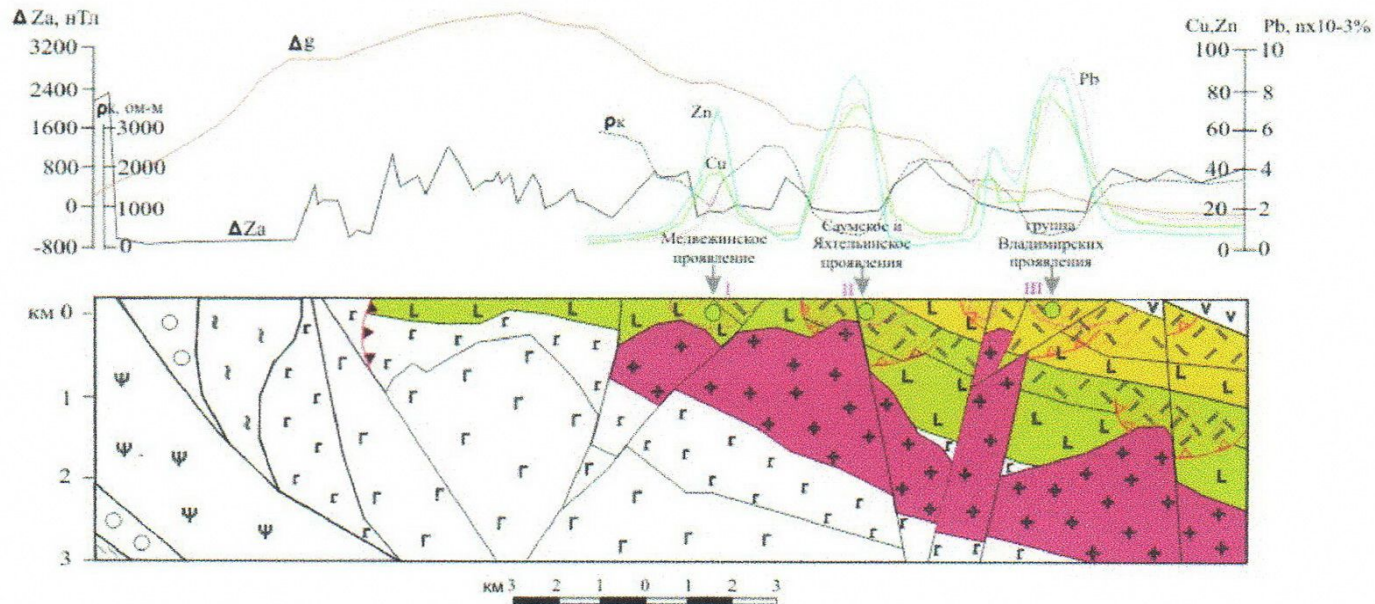


Условные обозначения: 1 – подстилающая базальт-долеритовая формация  $O_{2,3}$  (маринский комплекс); 2-7 – рудоносная риолит-базальтовая формация  $O_3-S_1$  (шемурская свита); 2-4 – нижнешемурская подсвита  $O_3$ ; 2 – базальтовая пачка, 3 – риолит-дацитовая пачка, 4 – экструзивно-субвулканические риолиты и дациты; 5-6 – верхнешемурская подсвита  $S_1$ ; 5 – базальтовая пачка, 6 – риолит-дацитовая пачка; 7 – медно-цинковоколчеданные рудные тела; 8 – вулканогенно-осадочные и осадочные породы (лаво- и гнаукластиты, эдафогенны, брекчии, тефроиды, туфоалевролиты, яшмоиды, редко известняки); 9 – ореолы серицит-кварцевых, серицит-альбит-хлорит-кварцевых метасоматитов; 10 – перекрывающие базальт-андезит-дацитовая и андезит-базальтовая формации  $S_{1,2}$  (макельтурская и яхтельинская свиты); 11 – гранитоиды габбро-плагногранитовой формации  $S_1$  (петропавловский комплекс); 12 – гранитоиды габбро-диорит-гранитовой формации  $S_2$  (северорудничный комплекс); 13 – ореолы скарирования и ороговикования; 14 – прогнозируемые рудные поля и известные в их пределах рудопроявления.

рис. 2 Обобщенная геолого-поисковая модель медно-цинковоколчеданных месторождений северного урала



# Обобщенный геолого-геофизический разрез Западно-Тагильской минерагенической зоны с позицией Саум-Яхинского рудного узла и наиболее крупных рудопроявлений (по С.Г. Пестрецову, 1988)



- Андезитбазальты, андезиты перекрывающей базальт-андезитовой формации силура
- Раннесилурийские дациты и риолиты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Раннесилурийские базальты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Позднеордовикские дациты и риолиты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Позднеордовикские базальты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Позднеордовикско-раннесилурийские плагногранодиориты и плагнограниты
- Комплекс параллельных долеритовых даек со экранами офиолитовых габбро (подстилающая габбро-долеритовая формация)
- Эпидот-альбит-актинолит-хлоритовые сланцы

- Габброиды Платиноносной ассоциации
- Серпентинизированные доуниты и гарцбургиты альпидогитовой доунит-гарцбургитовой формации
- Полимиктовый меланжевый комплекс
- Глаукофан-содержащие стильномелан-эпидот-альбит-актинолитовые, мусковит-кварцевые сланцы.
- Серпентин-кварцевые, хлорит-серпентин-кварцевые метасоматиты, вторичные кварциты, сопровождающие доцелданное оруденение
- Синавulkanические разломы, ограничивающие Саумскую вулканотектоническую структуру (а), кальдеры и зоны локального спрединга (б), вмещающие колчеданные рудные тела
- Геолого-структурная позиция главных рудопроявлений Саум-Яхтинского рудного района
- Участки, перспективные на медноцинковоколчеданное оруденение, расположенные на разных уровнях в пределах рудноносной формации (шемурской свиты): I - в подошве риолитовой толщи нижней подсвиты, II - в кровле риолитовой толщи нижней подсвиты, III - в пределах риолитовой толщи верхней подсвиты.

- Геологические границы (а) и разрывные нарушения (б)
- Графики геофизических полей: а - гравиметрового (в условном масштабе); б - магнитного, в - кажущегося сопротивления
- Графики содержания халькофильных элементов (по данным ПКСА) - а - Cu, б - Zn, в - Pb.