

РАЗДЕЛ 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Лебедев Генрих Васильевич
кандидат геол.-мин.наук, доцент
E-mail: 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

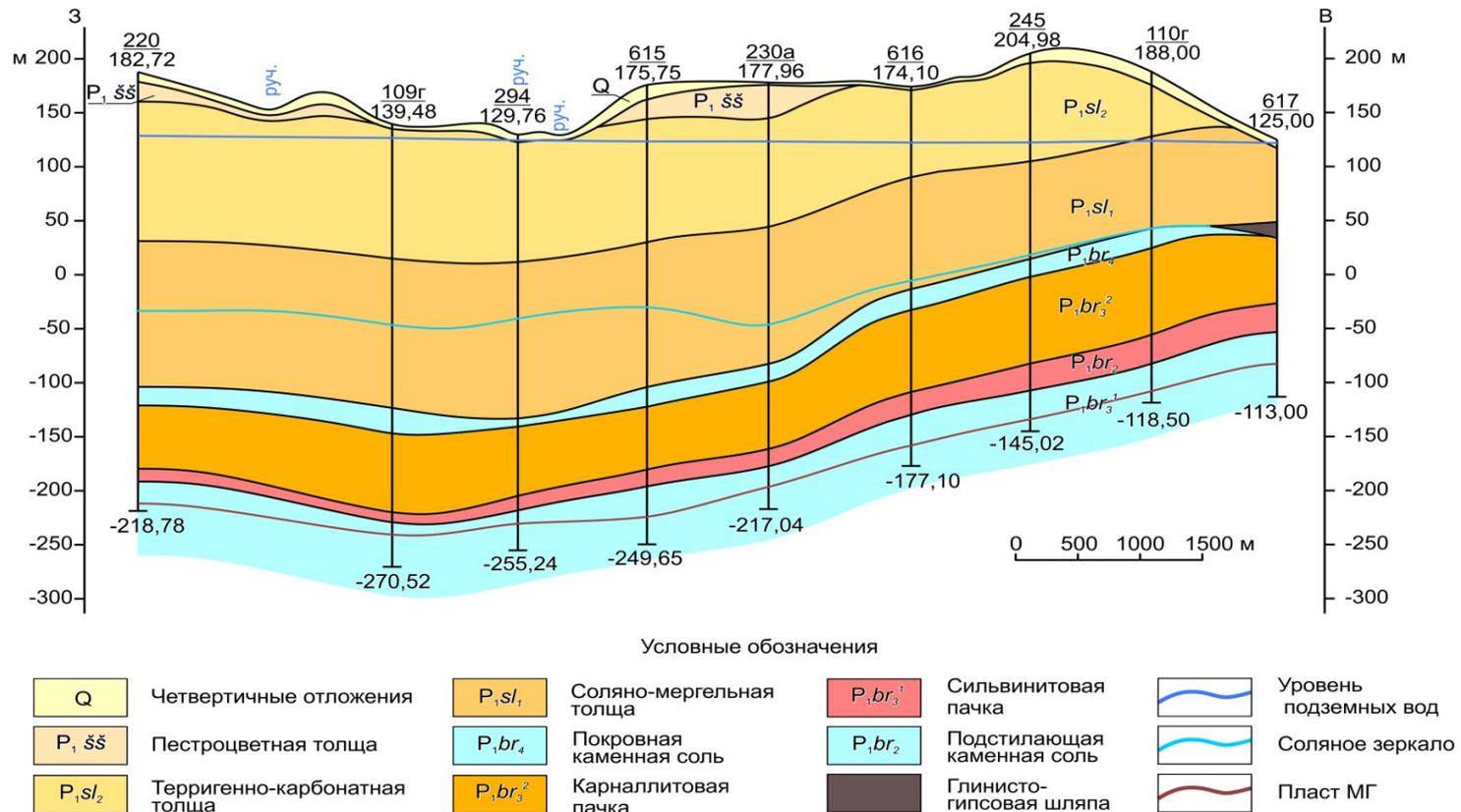
- 1. Стратиграфические
- 2. Литолого-фациальные
- 3. Тектонические
- 4. Магматические
- 5. Геохимические
- 6. Геоморфологические
- 7. Геолого-формационные

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

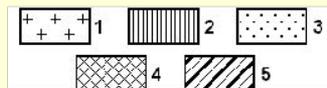


Продуктивные пачки (сильвинитовая и карналлитовая) являются составной частью березниковой свиты иренского горизонта кунгурского яруса

Стратиграфический разрез калийной залежи Верхнекамского месторождения солей

А.И. Кудряшов, 2006

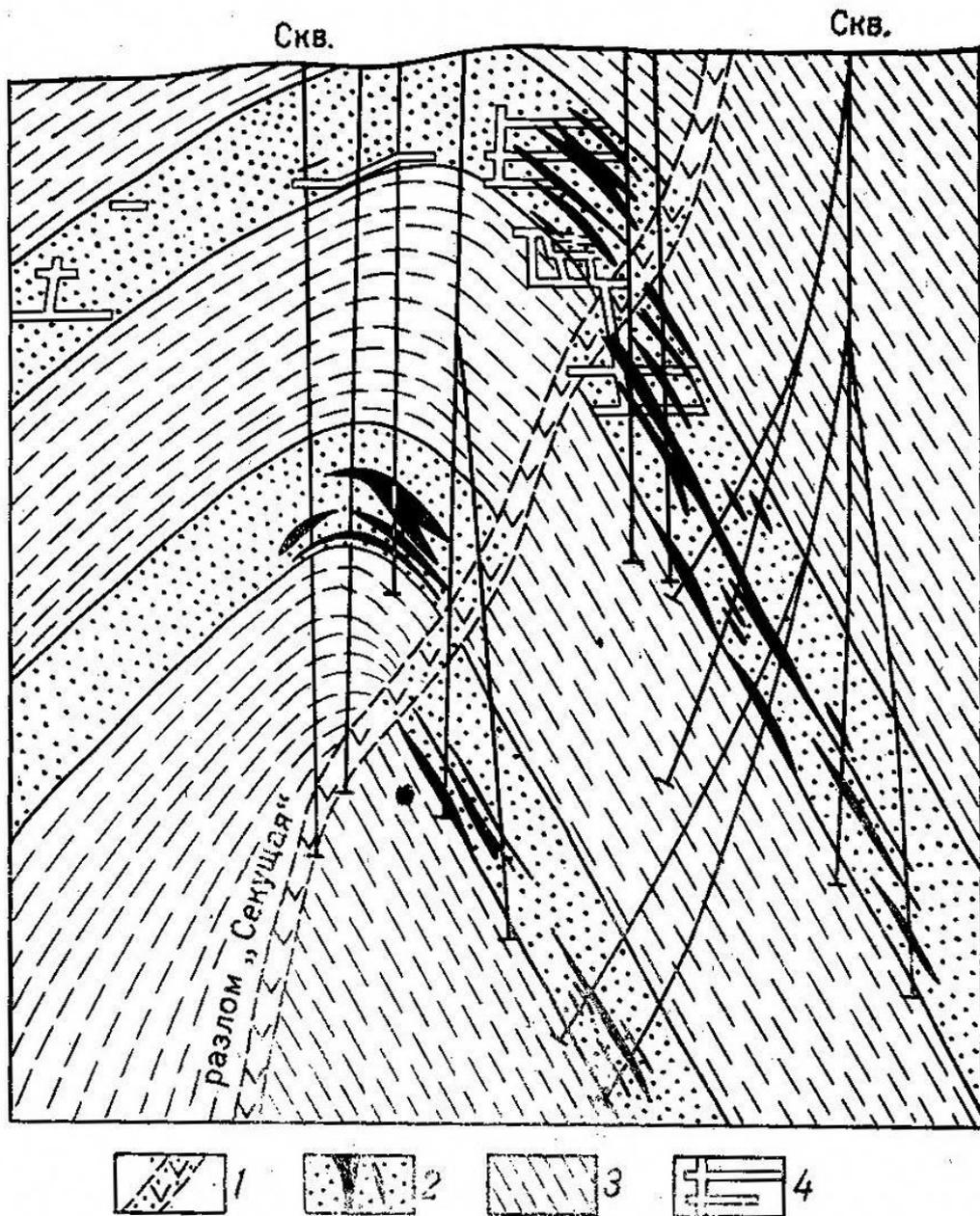
Зона	Индекс пласта	Лито-логия	Средняя мощность, м
Карналлитовая	К		1,0
	И-К	++++	6,1
	И		1,3
	З-И	++++	2,2
	З		0,7
	Ж-З	++++	3,2
	Ж		0,8
	Е-Ж	++++	4,2
	Е		5,7
	Д-Е	++++	3,4
	Д		6,0
	Г-Д	++++	2,9
	Г		5,5
	В-Г	++++	2,2
	В		5,1
Сильвинитовая	Б-В	++++	1,6
	Б		1,9
	А	////	1,4
	А-КрI	++++	2,0
	КрI	////	1,1
	КрI-КрII	++++	1,4
	КрII	XXXX	4,1
	КрII-КрIII ^а	++++	1,8
	КрIII ^а	XXXX	1,0
	КрIII ^а -КрIII ^б	++++	0,8
	КрIII ^б	XXXX	1,4
КрIII ^б -КрIII ^в	++++	1,6	
КрIII ^в	XXXX	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.



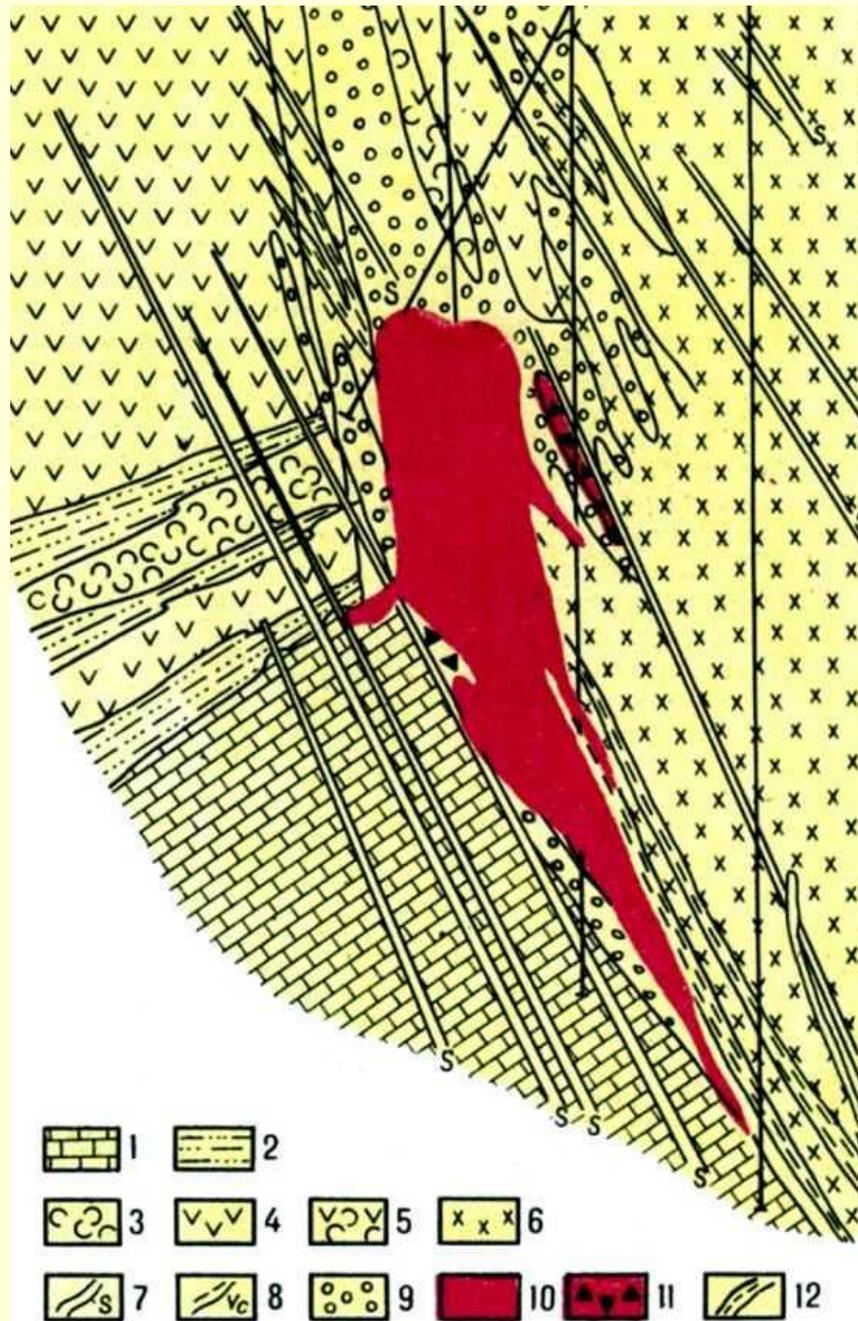
Пластовые залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения, Донбасс

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):

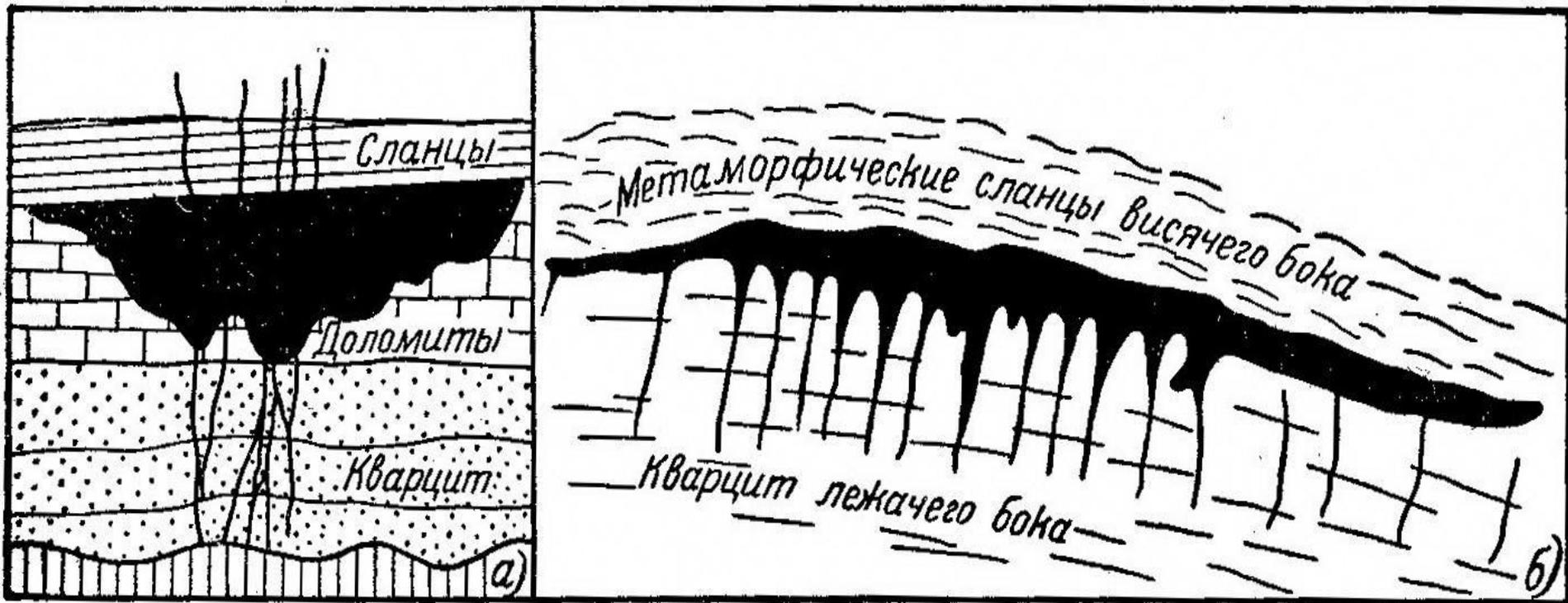


1 - известняки мраморизованные; 2 - слоистые туффиты, туфопесчаники; 3 - туфы роговообманково-плагиоклазовых порфиритов; 4 - роговообманково-плагиоклазовые порфириты;

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



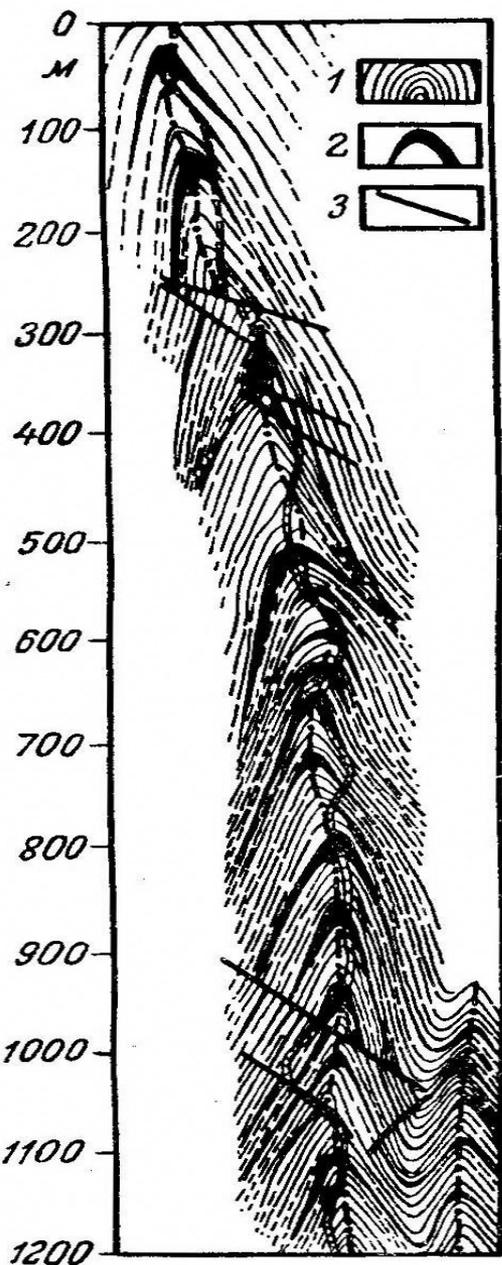
Гидротермальные руды образовались в трещиноватых доломитах под экраном сланцев (а), в трещиноватых кварцитах под экраном метаморфических сланцев (б)

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.**

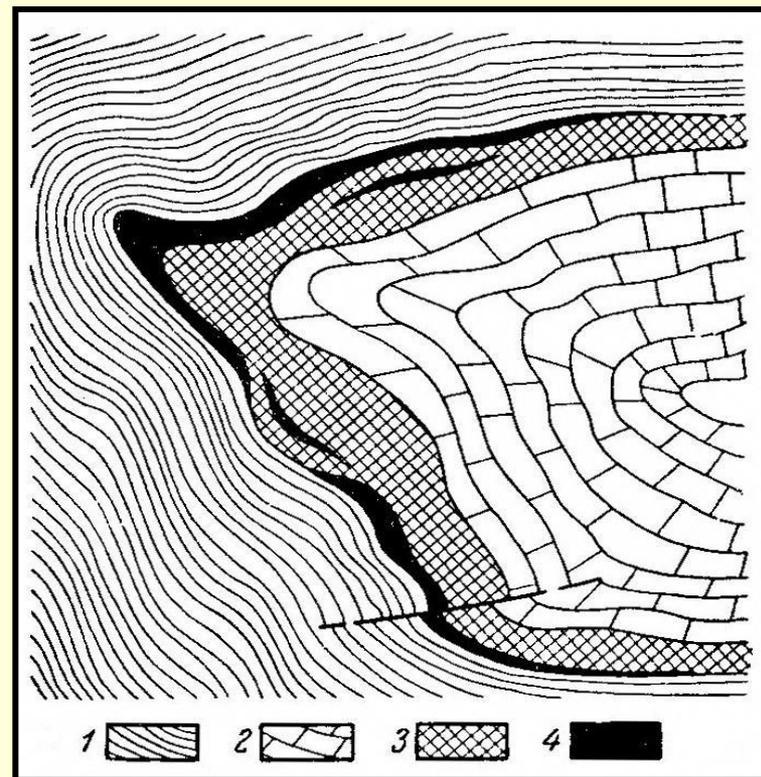
Рудные тела, приуроченные к замковым частям складок

В.И. Смирнов, 1954



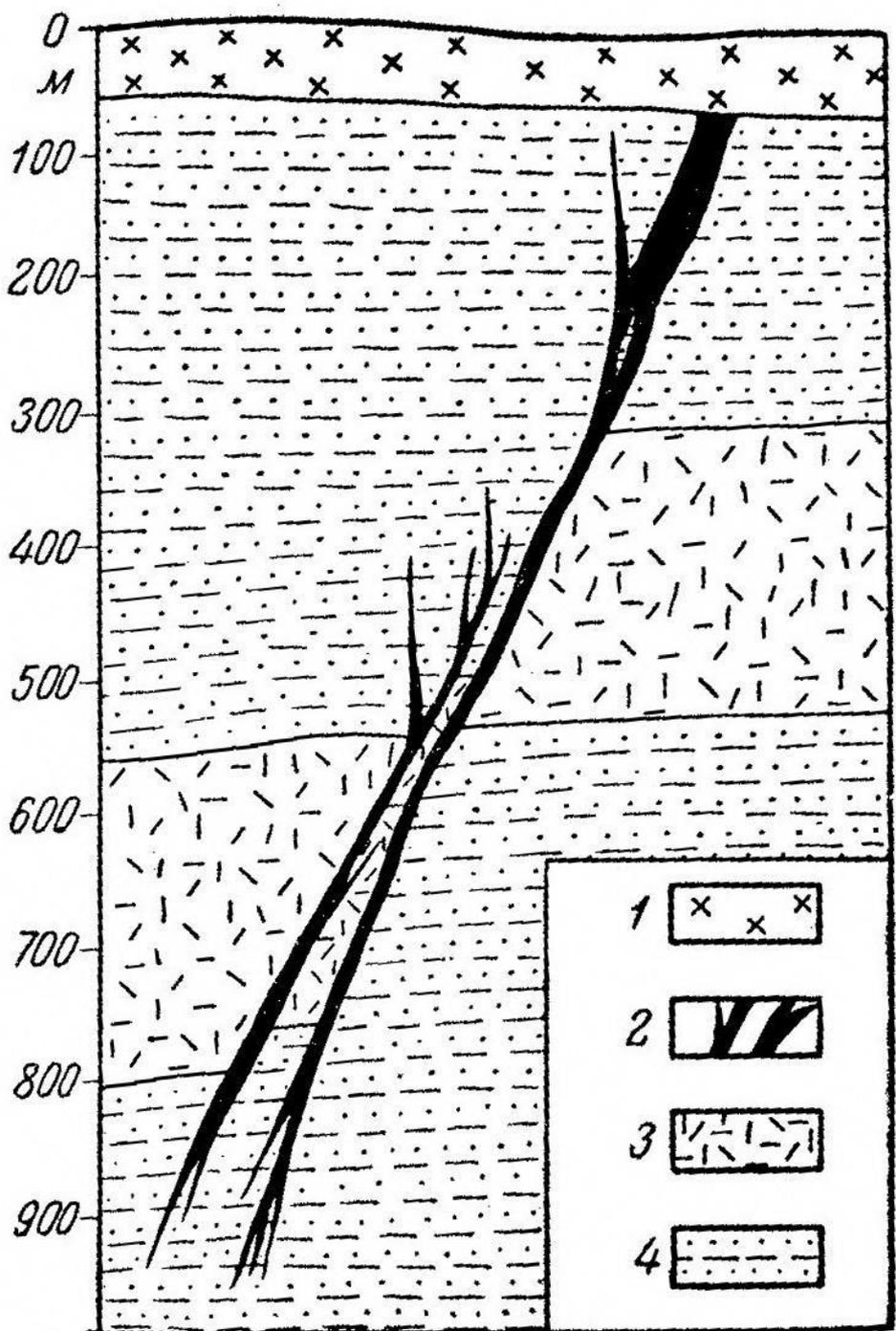
**Седловидные
кварцево-
золоторудные залежи
месторождения
Бендиго. Австралия.
Разрез**

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

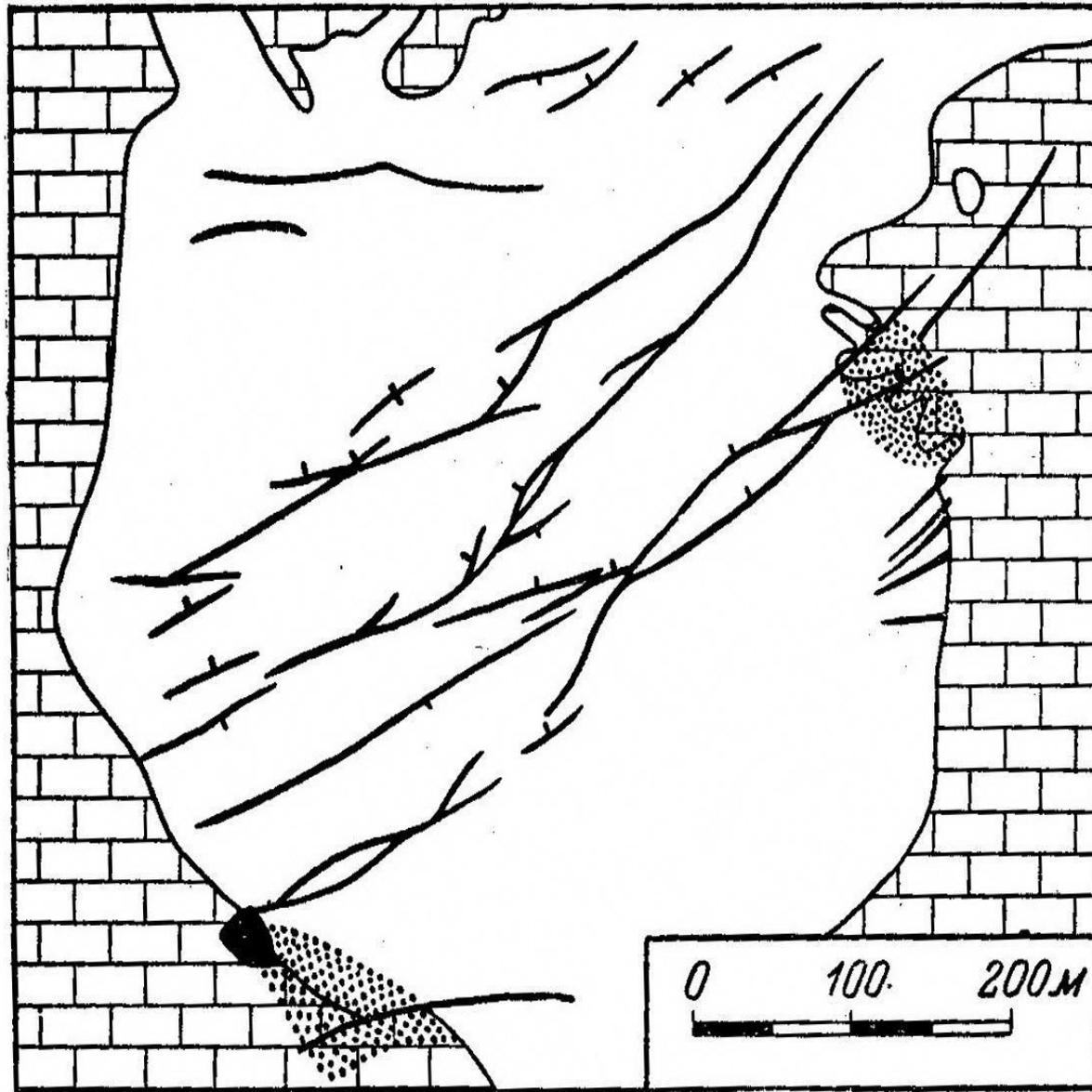


**Золото-серебряная
жила Сан-Рафаэль
(Мексика),
приуроченная к сбросу
(по В. Линдгрену)**

- 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

Разрез по АБ

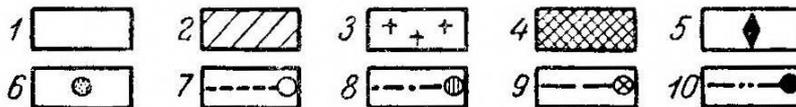
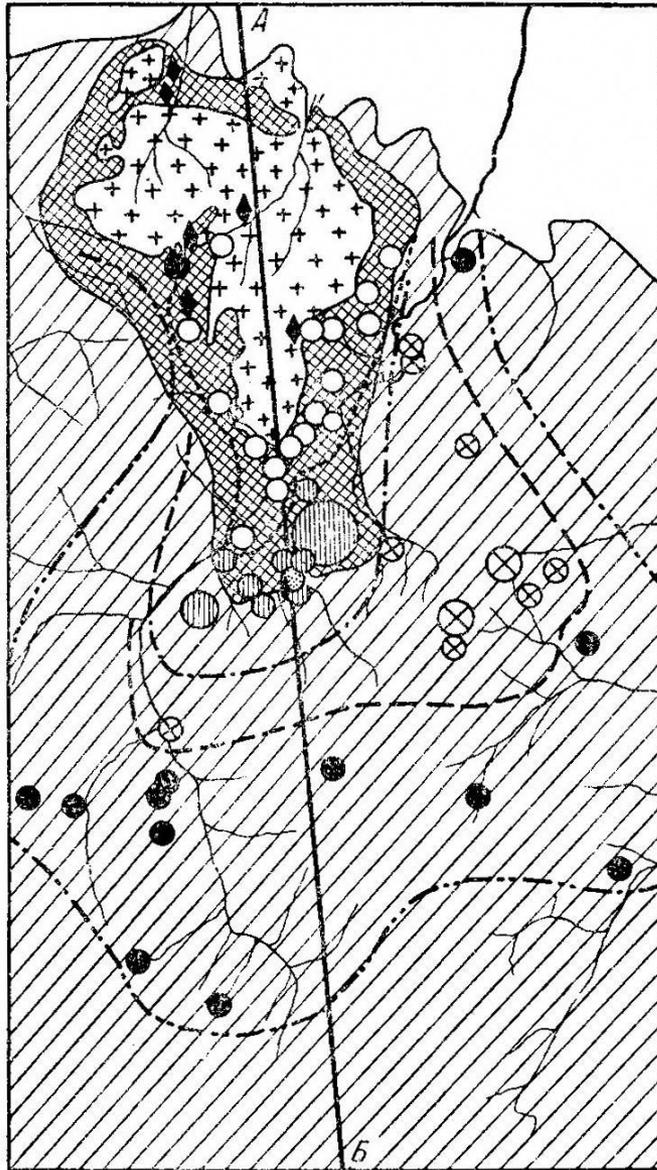
Зоны

Пустая
Кварцевая

Кварцево-
карбонатно-
медная

Полл.
Арсено-
пирито-
тишовал

Пирро-
тишовал



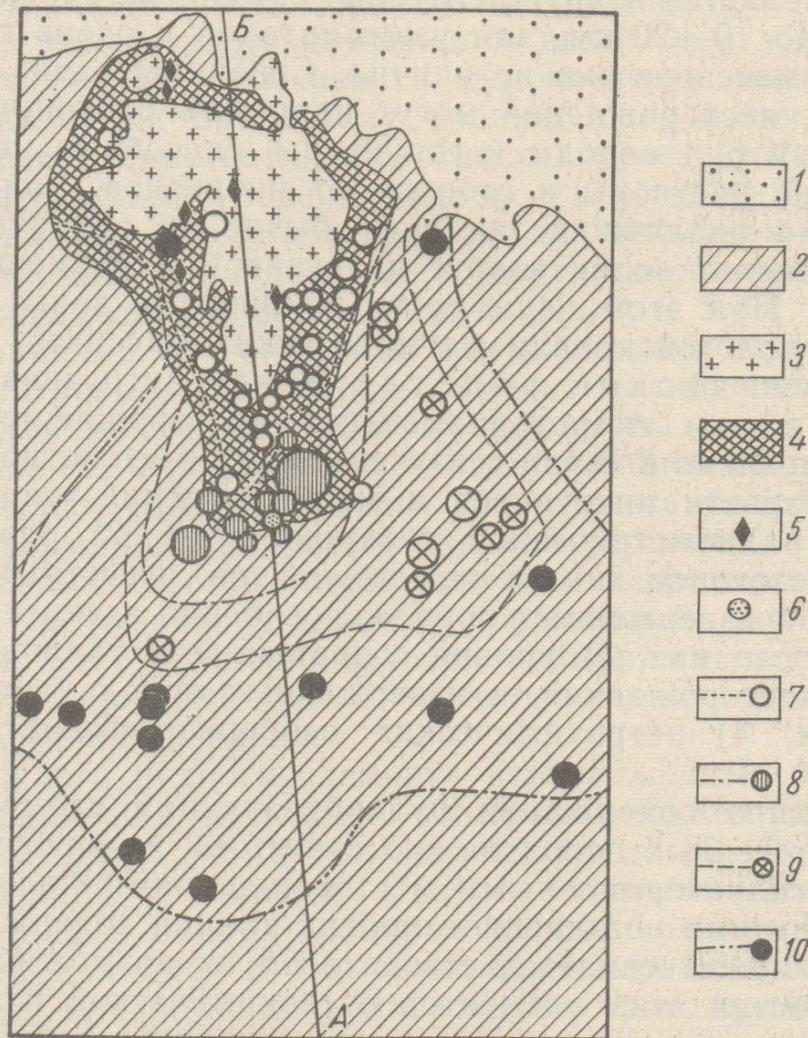
1 – третичные и четвертичные отложения; 2 – нижнепалеозойские породы; 3 – граниты; 4 – роговики; 5 – пегматитовые жилы; 6 – везувиан-гранатовые скарны с шеелитом, молибденитом, арсенопиритом и висмутином; 7 – пирротин-халькопиритовые, пирротиновые и халькопиритовые жилы; 8 – арсенопиритовые жилы; 9 –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

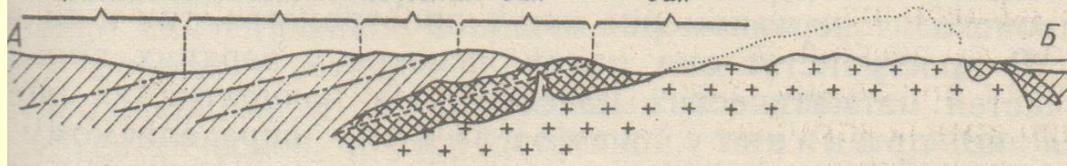
Пустая кварцевая

Кварц-карбонатно-медная

Полиметаллическая

Арсенопиритовая

Пирротиновая



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.).

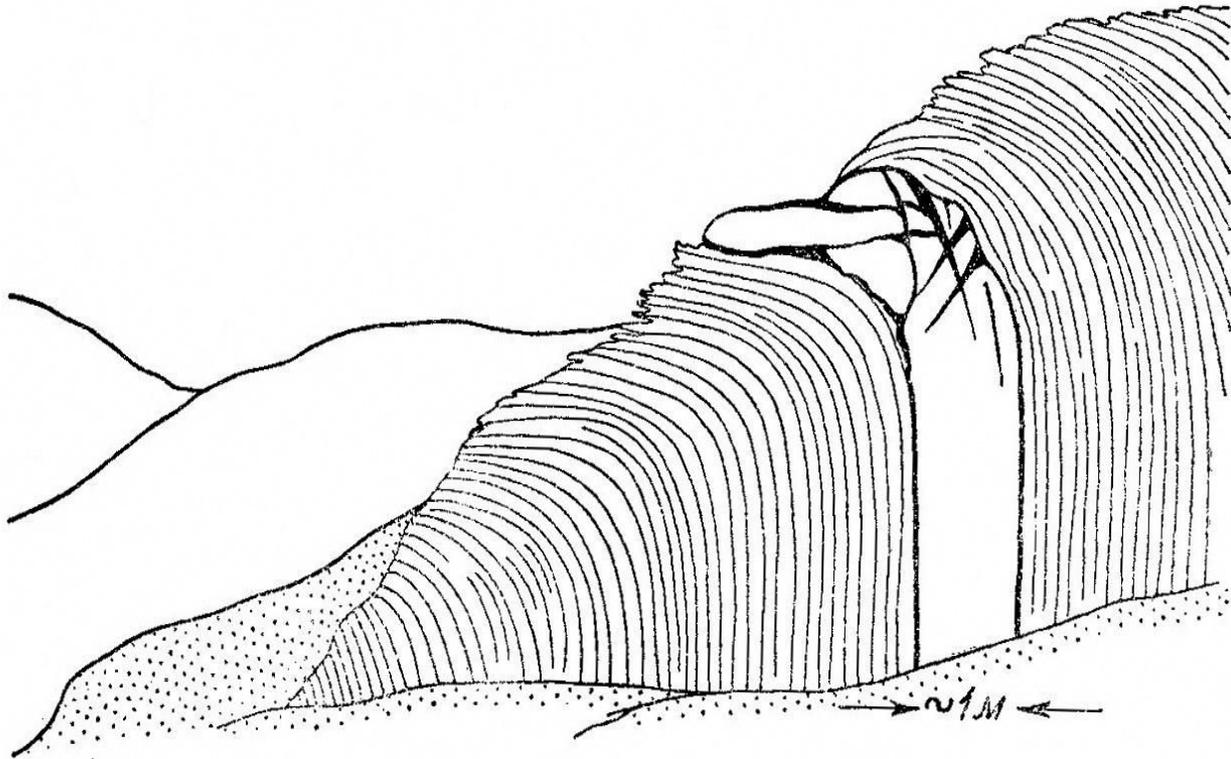
Примеры изменения рудных тел

в приповерхностной зоне

Минеральные ассоциации колчеданно-полиметаллических месторождений

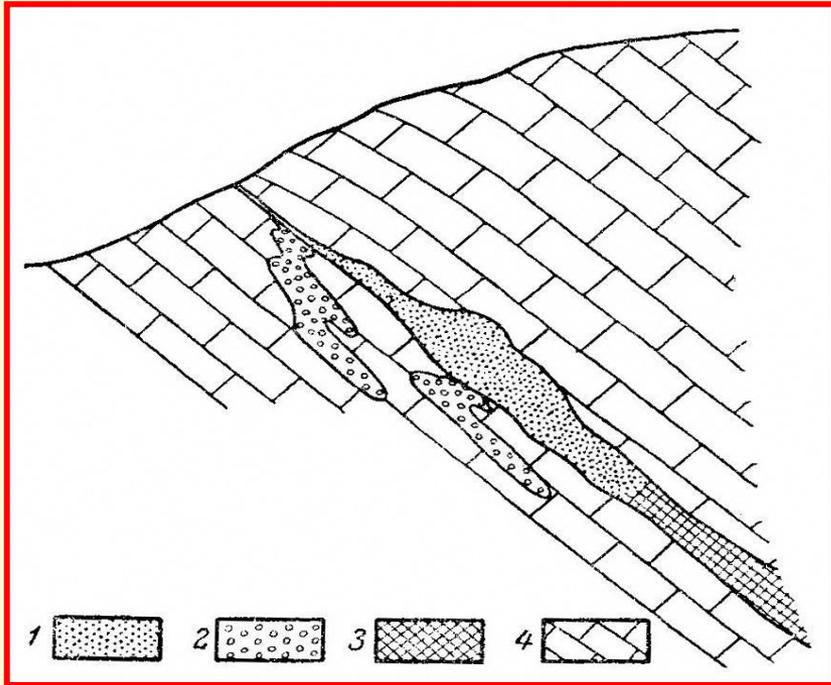
Первичная: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит

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



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

В.И. Смирнов, 1954

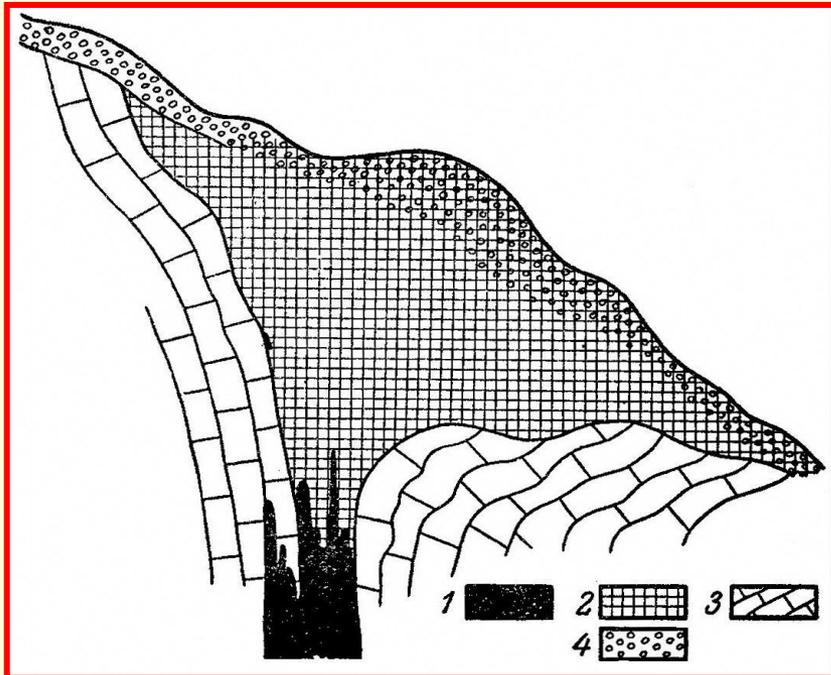


Уменьшение мощности окисленной части полиметаллического рудного тела у выхода

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 FeAsS скородитом $\text{Fe}[\text{AsO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, которое сопровождается увеличением объема в 2,5 раза

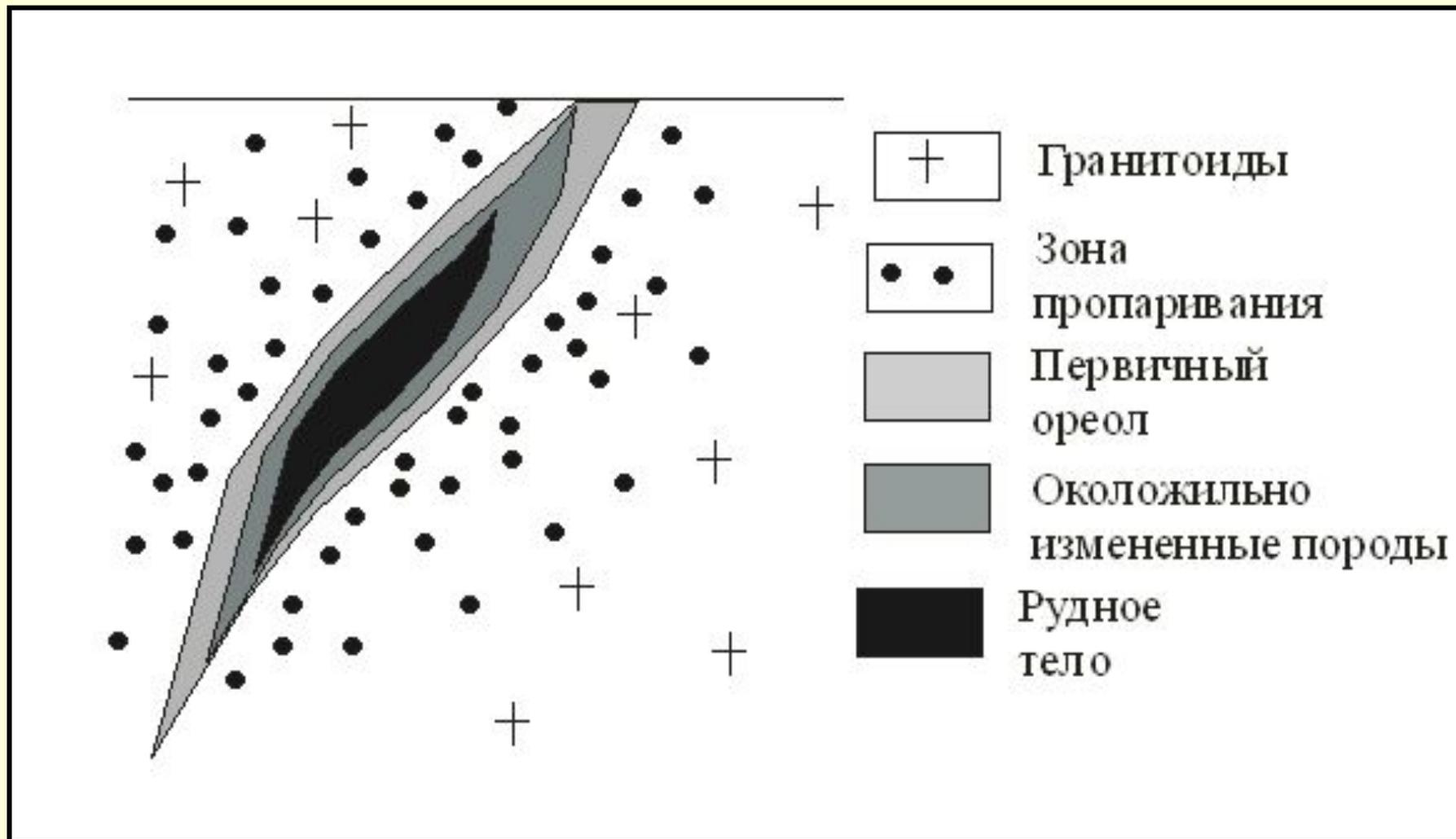
2. Ореолы рассеяния

- 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.

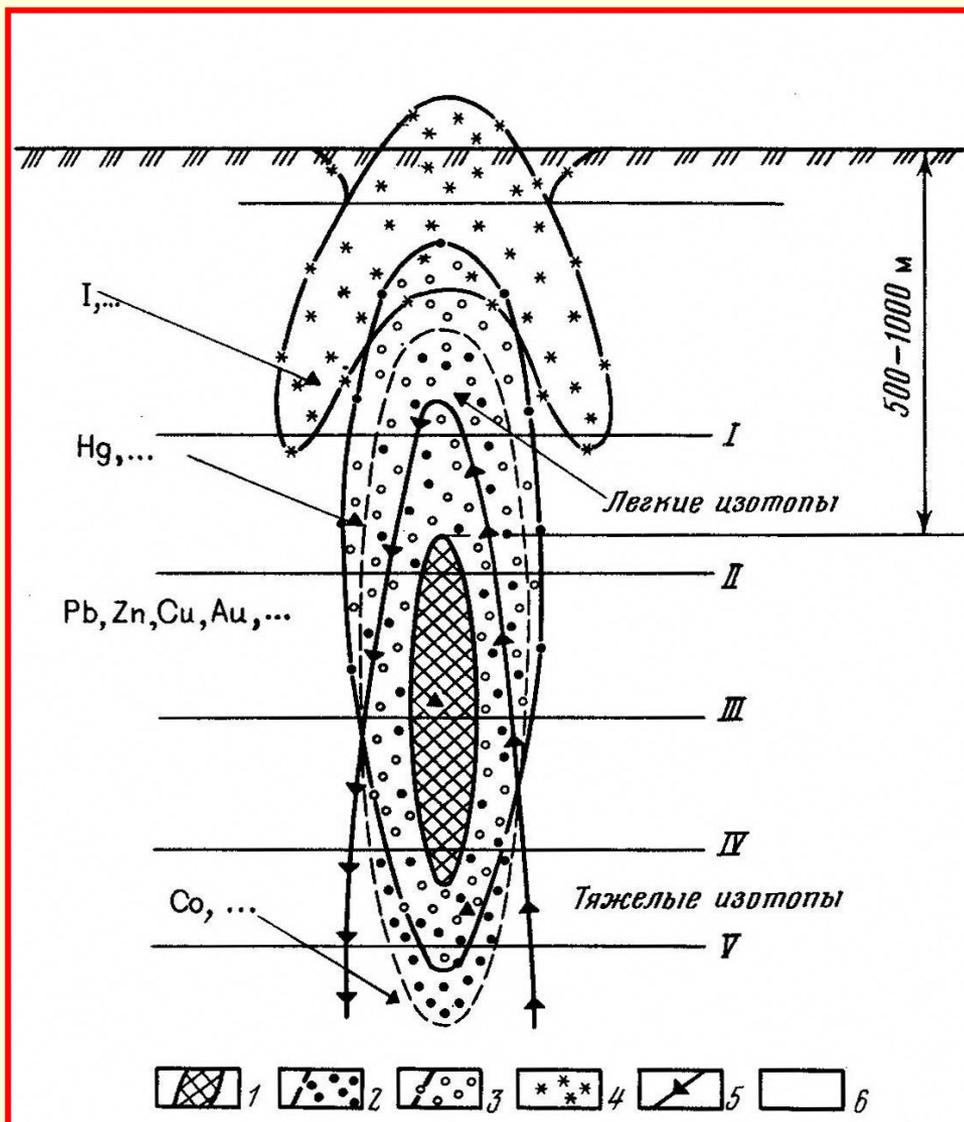
Схема строения первичного ореола рассеяния



Зональность первичных ореолов рассеяния

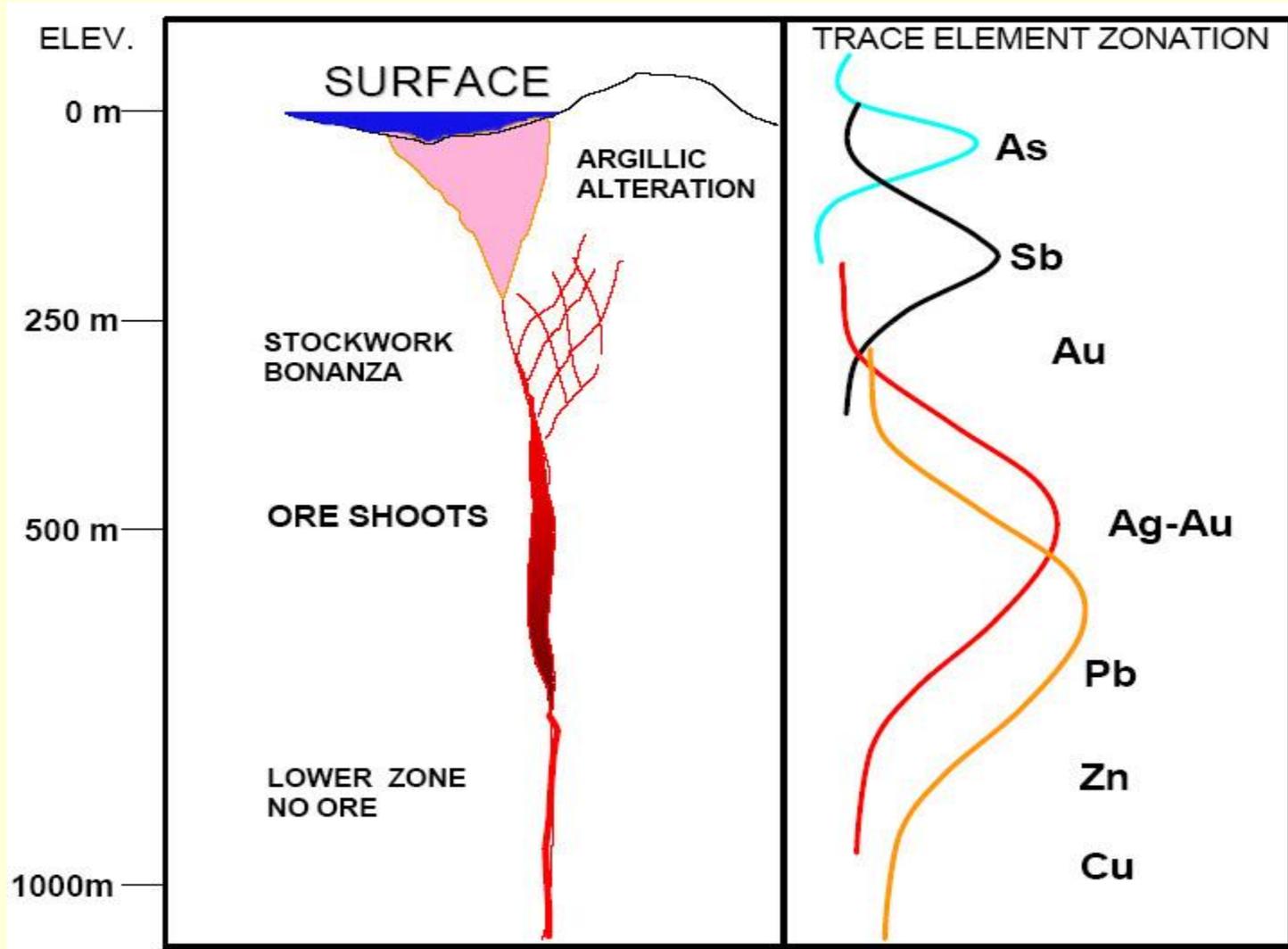
- Первичные ореолы рассеяния имеют зональное строение, обусловленное г/х особенностями элементов.
- Выделяют ореолы:
- **подрудные,**
- **околорудные,**
- **надрудные.**
- В пределах отдельных **генетических типов** элементы-индикаторы образуют достаточно устойчивые **ряды зональности.**
- Обобщенный **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...

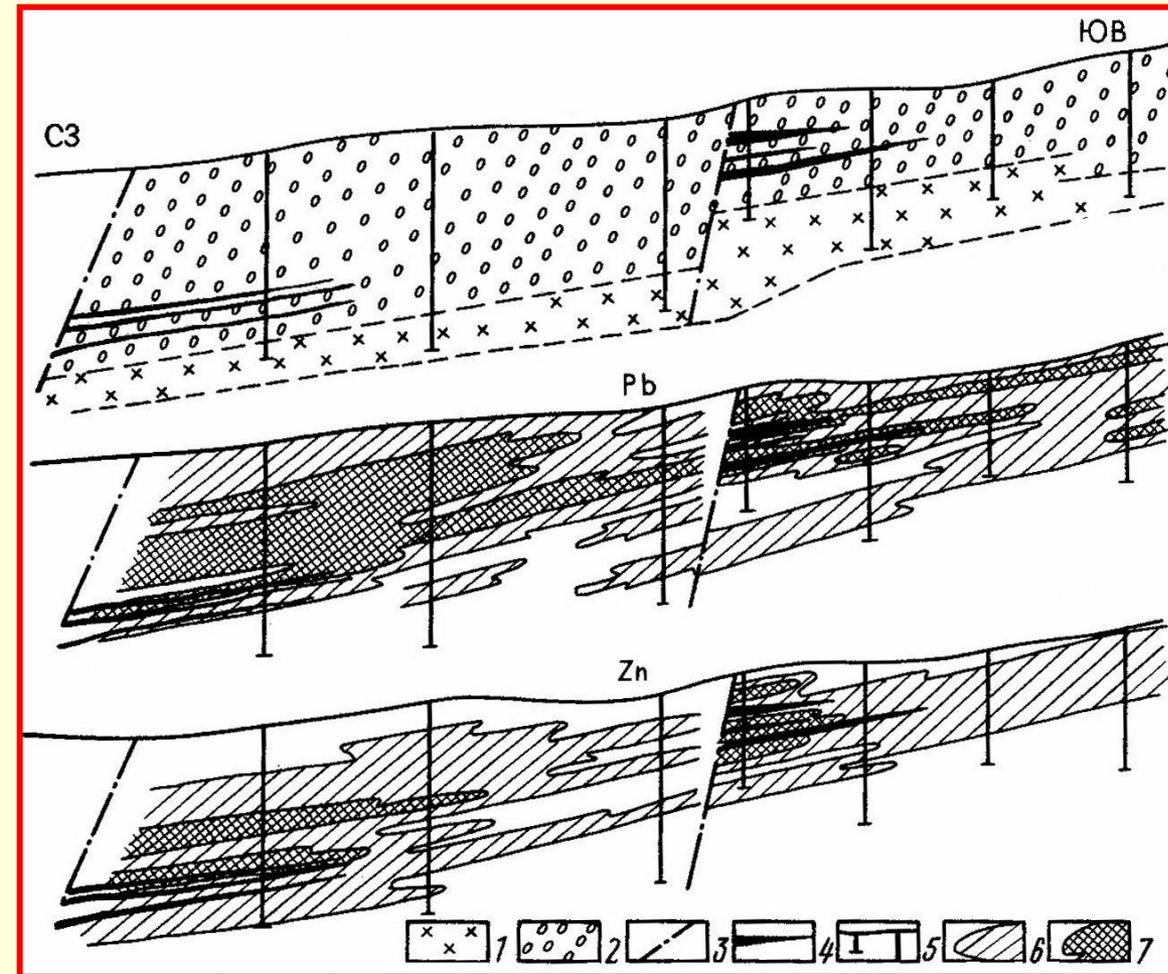
http://surfmazatlan.com/Gold.htm&docid=6CIDVqaJoA_s8M&imgurl=http://surfmazatlan.com/images/geochemical



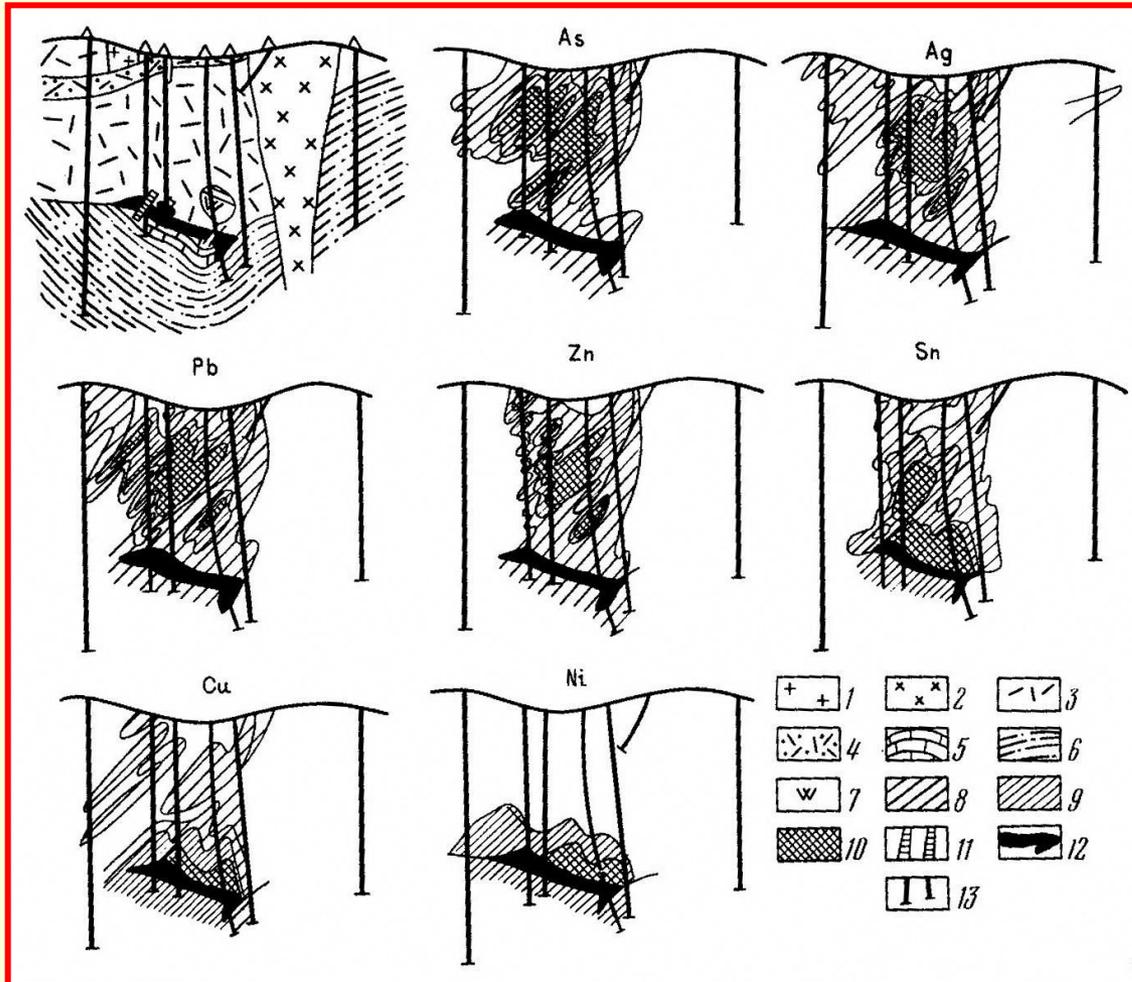
Первичные ореолы обычно залегают субсогласно с рудными телами, вытягиваясь вдоль них и существенно превосходя по размерам.

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

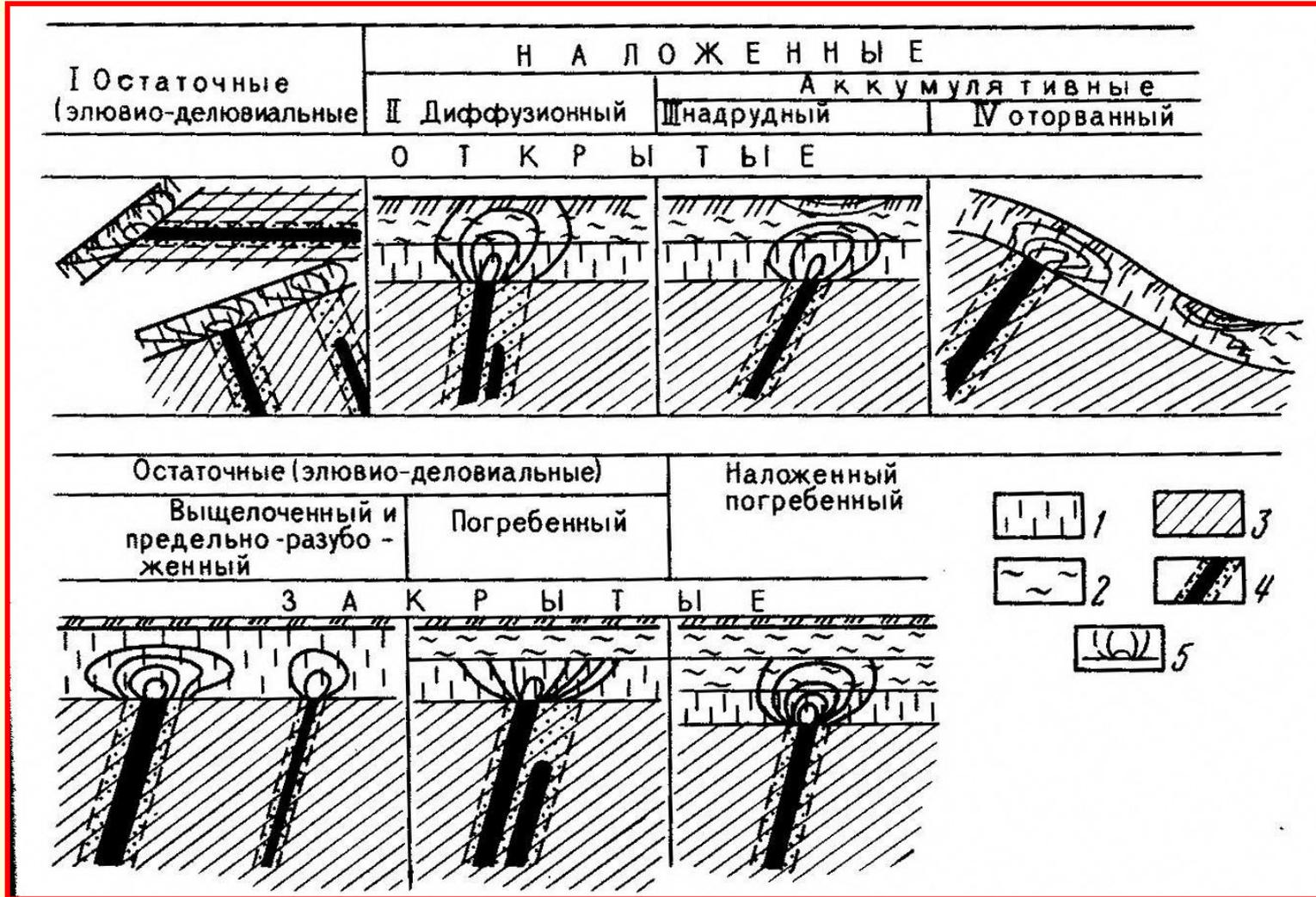
- Формируются в результате разрушения месторождений и первичных ореолов.
- Образуются в:
 - почвах и рыхлых отложениях,
 - растительности,
 - поверхностных и грунтовых водах,
 - приповерхностном и почвенном воздухе.
- Различают ореолы и потоки вторичного рассеяния.
Ореолы более или равномерной каймой **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**

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).

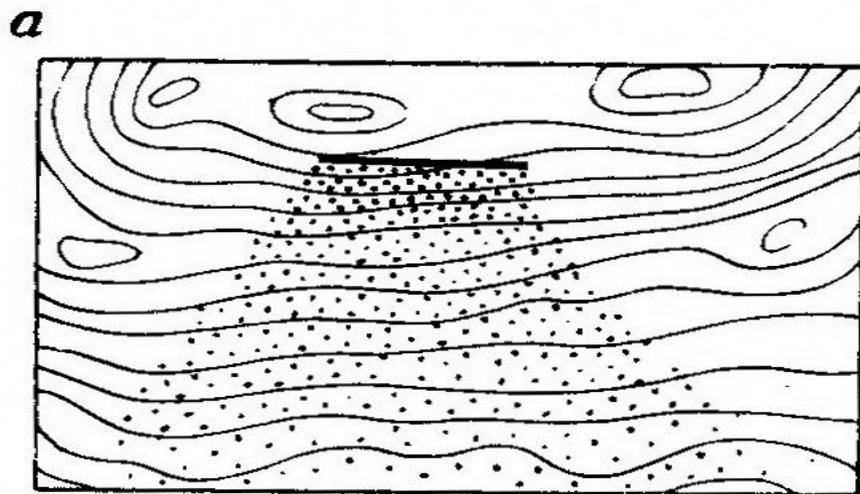
Могут находиться в **элювиальных, коллювиальных, делювиальных, пролювиальных, аллювиальных, гляциальных** отложениях.

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

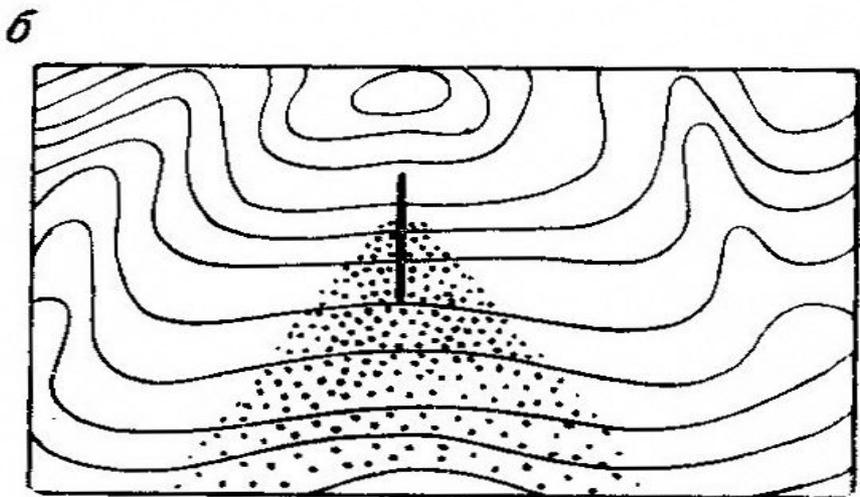
Конфигурация ореолов определяется формой выхода рудного тела, крутизной склона, **характером рельефа**.

Форма крупнообломочных ореолов рассеяния

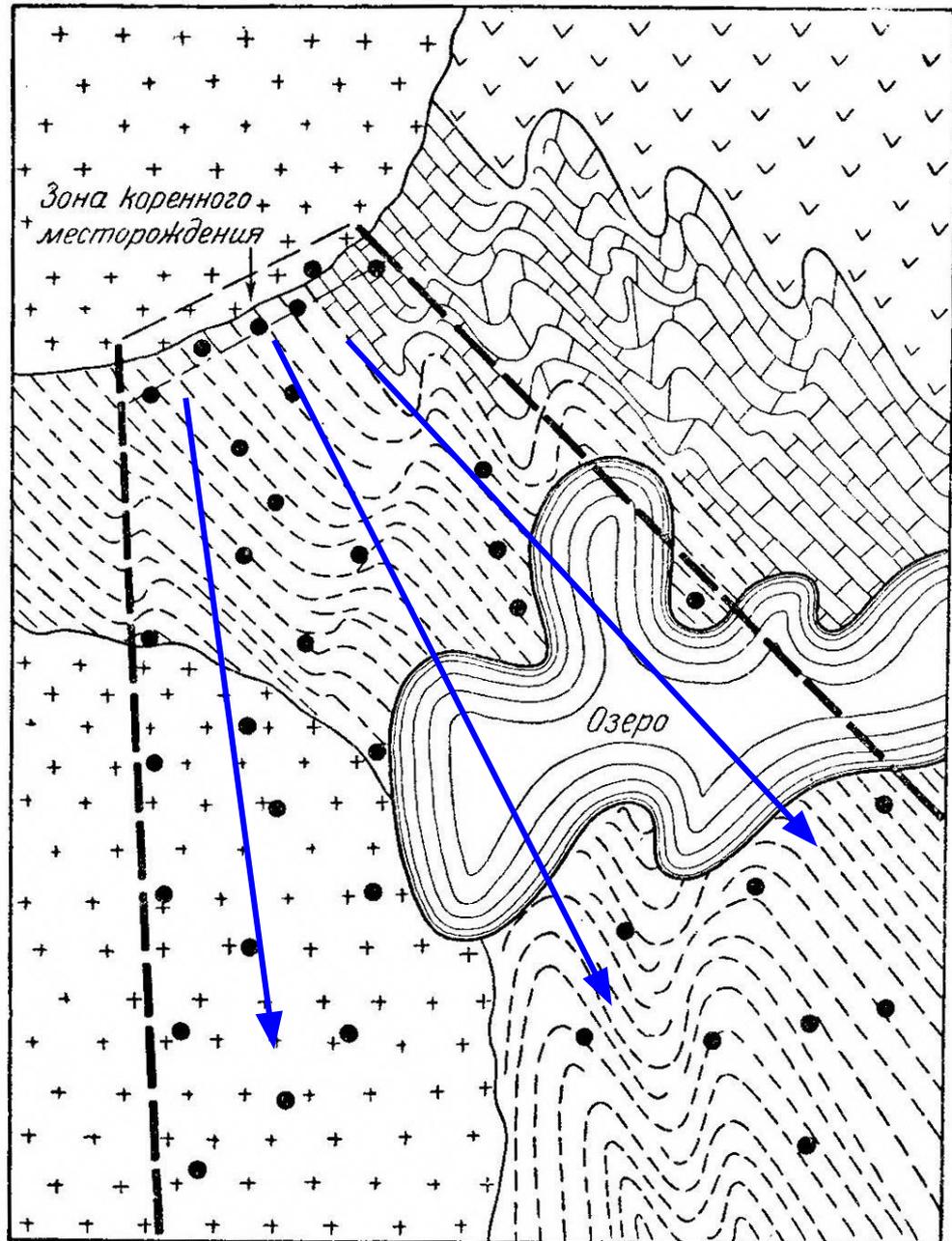
В.М. Крейтер, 1964



a – рудное тело
ориентировано
вдоль склона;



б – рудное тело
ориентировано
поперек склона



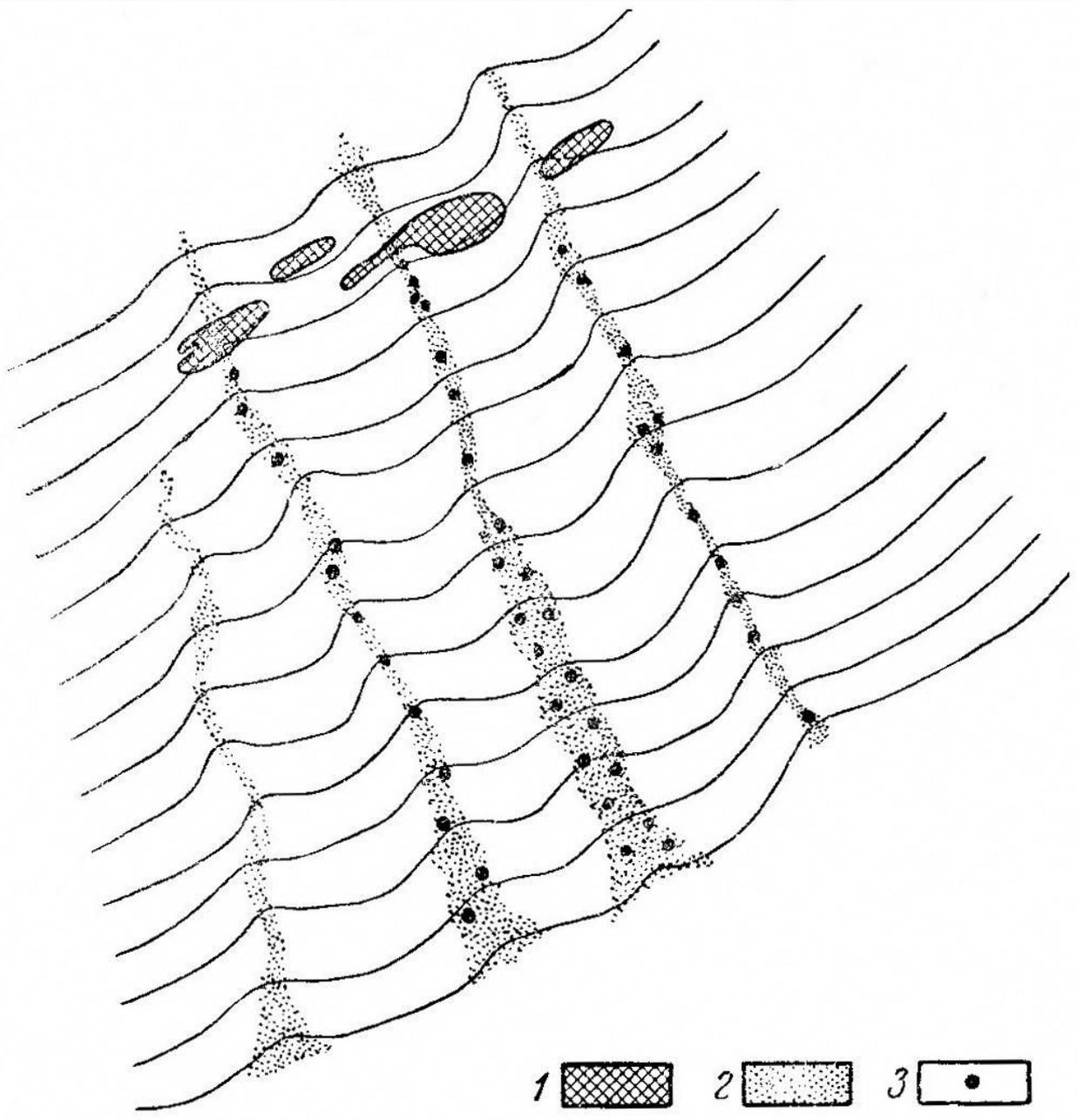
Ореол рудных валунов в ледниковых отложениях В.И. Смирнов, 1954

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.

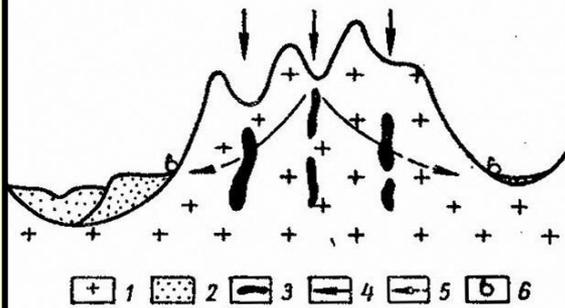


Рис. 17. Гидрохимические аномалии, связанные со слепыми рудными телами в горном районе с глубоко промываемыми структурами (по В. И. Красникову):

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)

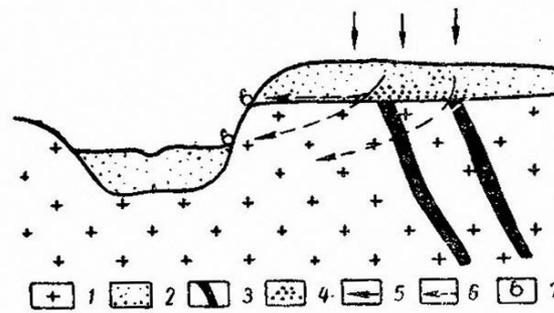


Рис. 18. Гидрохимическая аномалия, связанная с перекрытым месторождением и его погребенным ореолом в условиях расчлененного пенеплена (по В. И. Красникову):

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

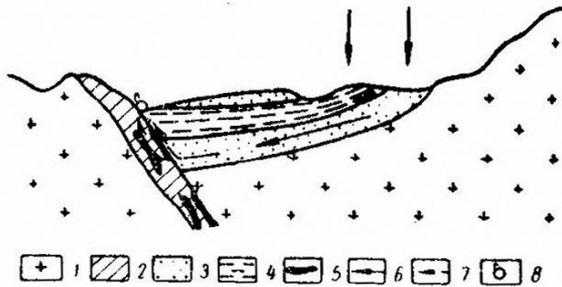


Рис. 19. Гидрохимическая аномалия, связанная с восходящими водами, омывающими слепые рудные тела (по В. И. Красникову):

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

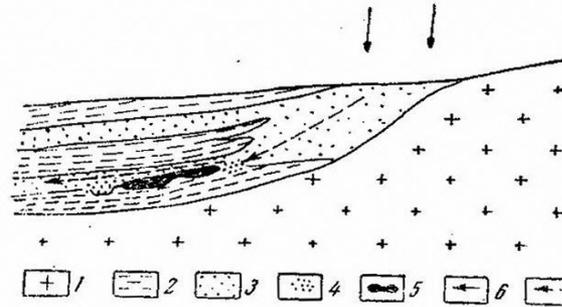


Рис. 20. Погребенный гидрохимический ореол в межпластовых водах (по В. И. Красникову):

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

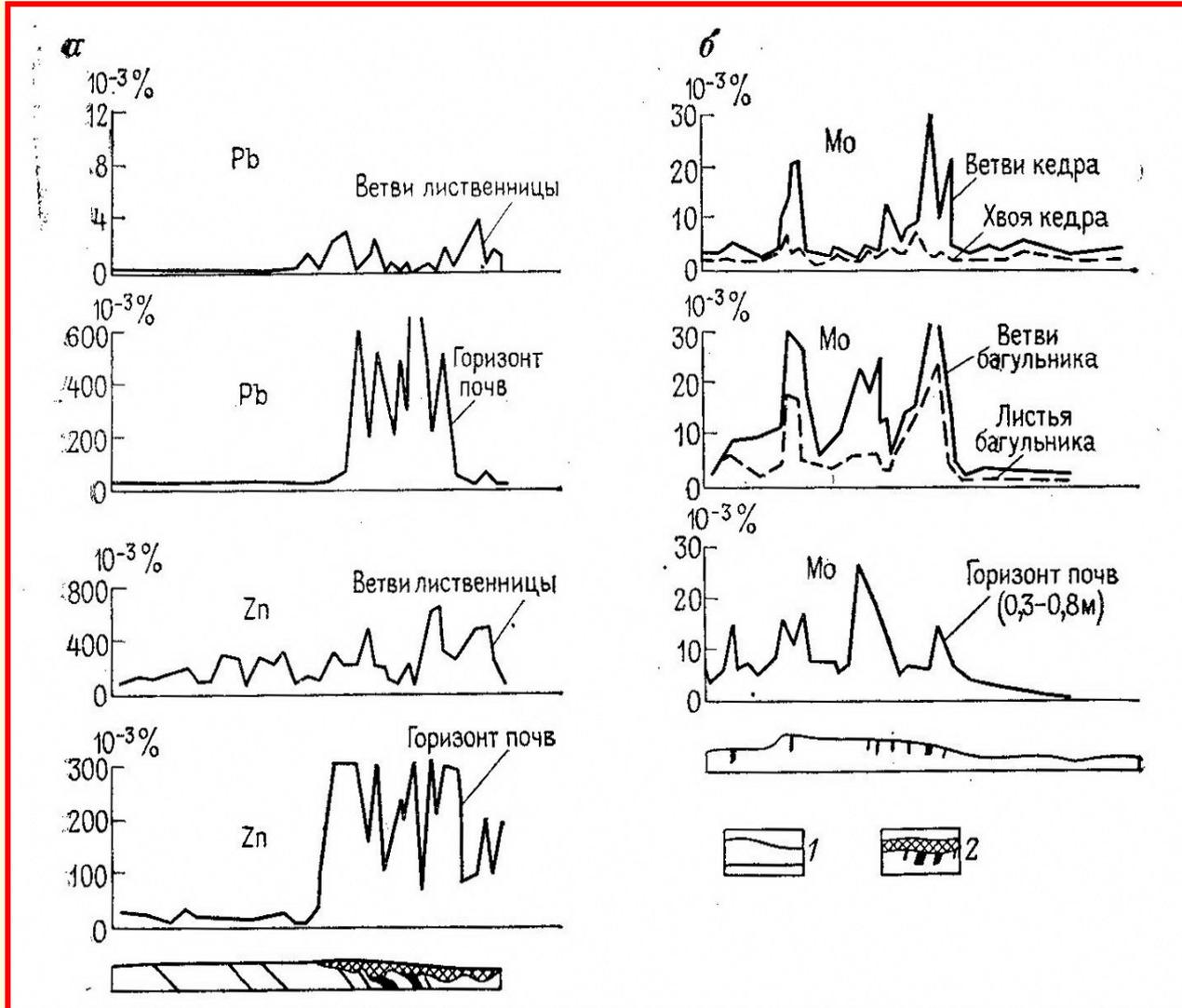
- Газовые ореолы создают только месторождения, сложенные компонентами, способными создавать газовые эманации.
- По особенностям формирования подразделяются на три группы:
 1. Ореолы (CH_4 , CO_2 , SO_2 , Hg, He, тяжелые углеводороды и др.) над залежами нефти и газа;
 2. Ореолы (H_2S , CO_2 , SO_2 , Hg 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.

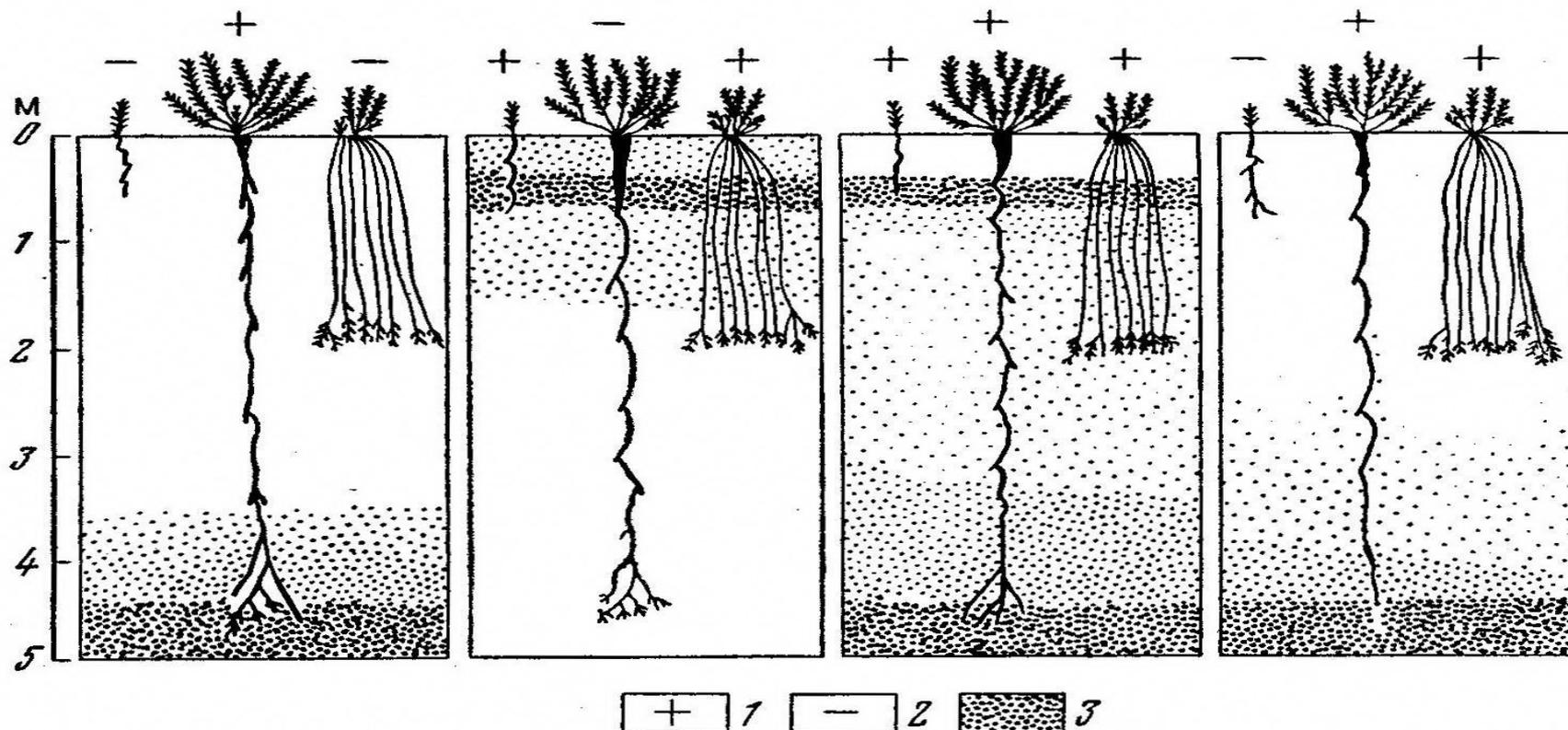
По А.Л.Ковалевскому



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

Схема зависимости содержания бора в растениях от глубины проникновения корневой системы и распределения бора в породах

По А.М. Швыряевой



1 – повышенное содержание бора в растениях; 2 – кларковые содержания бора в растениях; 3 – горизонты, обогащенные бором

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-каолиновые метасоматиты): Au, Au-Ag, U, W, Be, флюорит,горный хрусталь и т.д.
- **Гипергенные**
- Обохранение, 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, клинохлор, 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

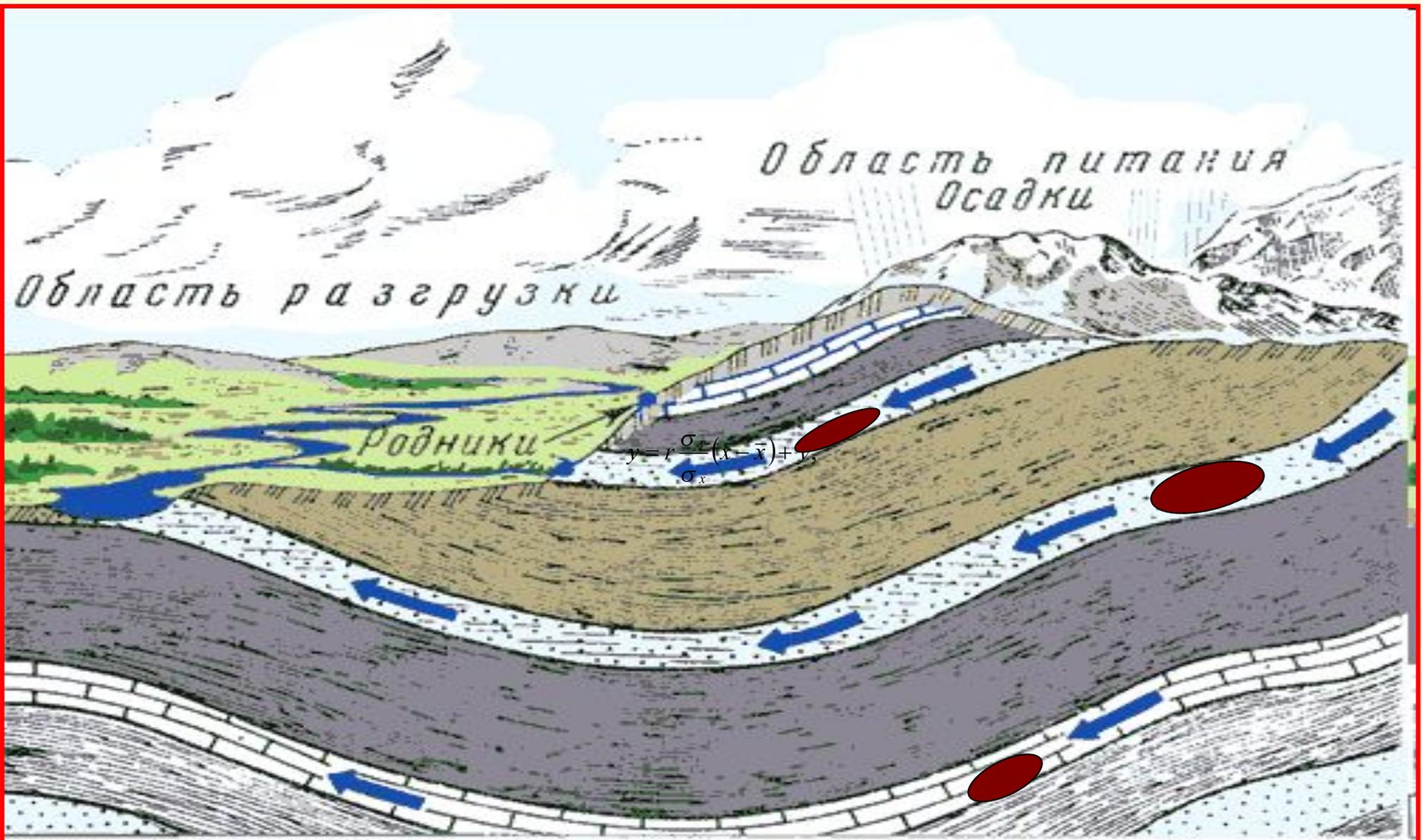
- Основаны на связи микроформ рельефа с залежами полезных ископаемых и их околорудными изменениями.
- Наиболее отчетливо проявляют себя на участках «зрелого» рельефа.
- Залежи, сложенные устойчивыми к выветриванию породами, образуют положительные формы рельефа (гривы кварцевых жил, пегматитов, вторичных 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



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**



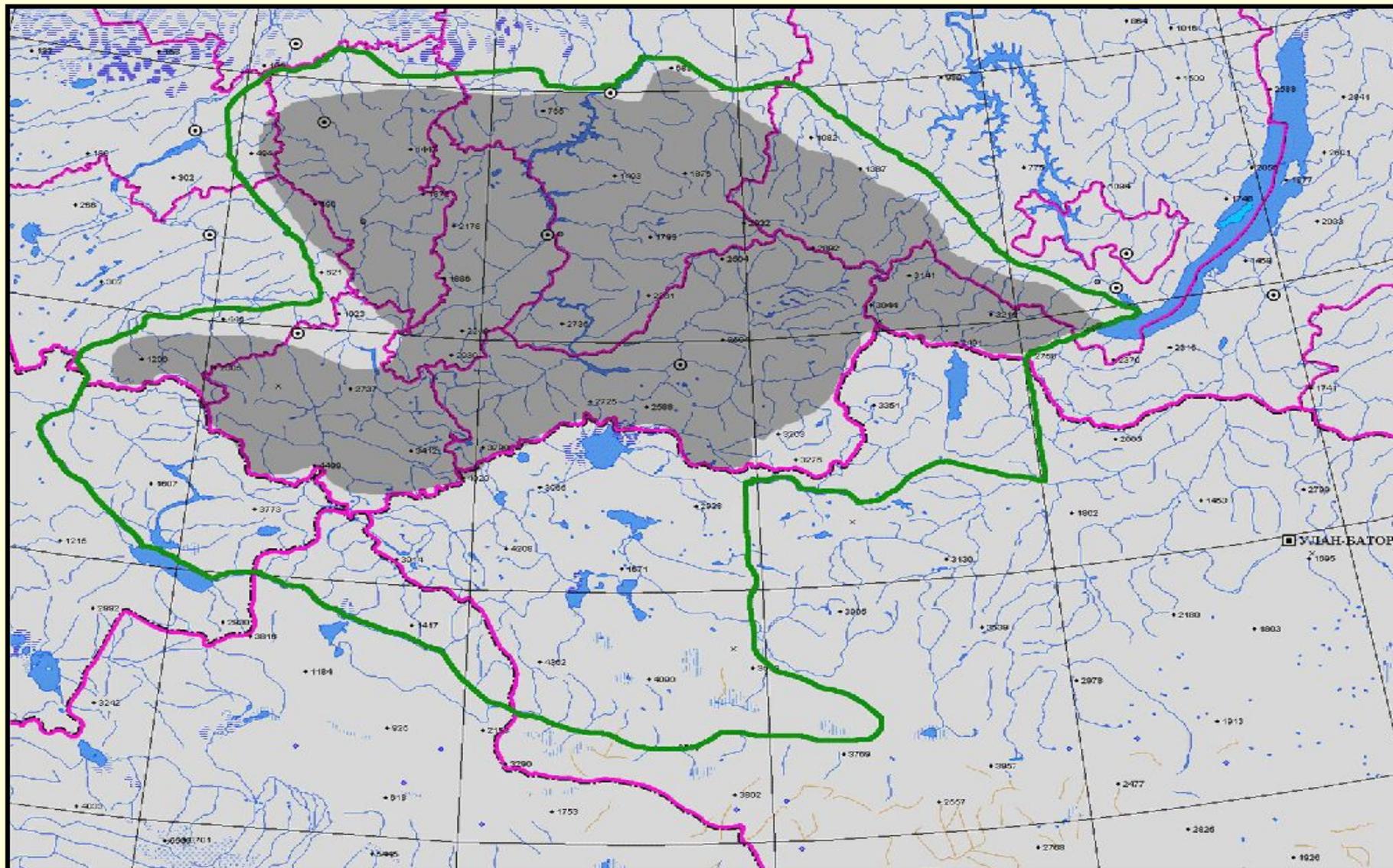
**Кочим (*Gipsophila patrinii*)
Индикатор медных руд на Рудном Алтае**



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



Ареал распространения бурачка двусемянного (*Alyssum biovulatum*)

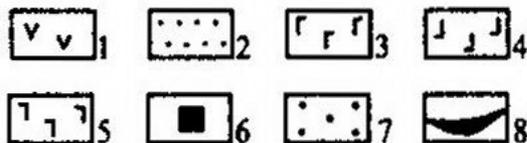
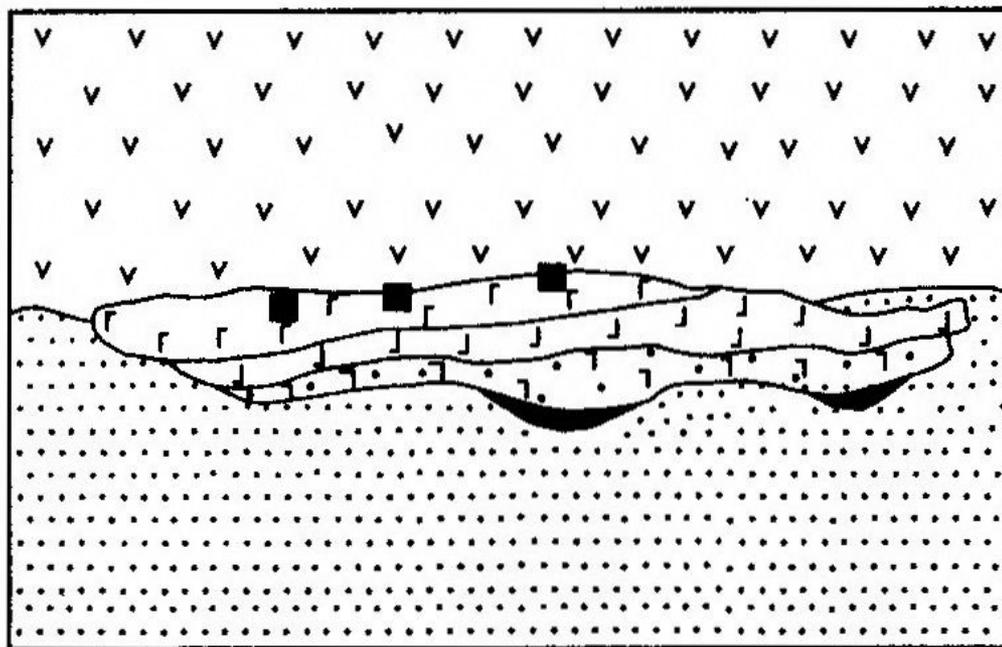


2.3. Прогнозно-поисковые модели месторождений

- 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



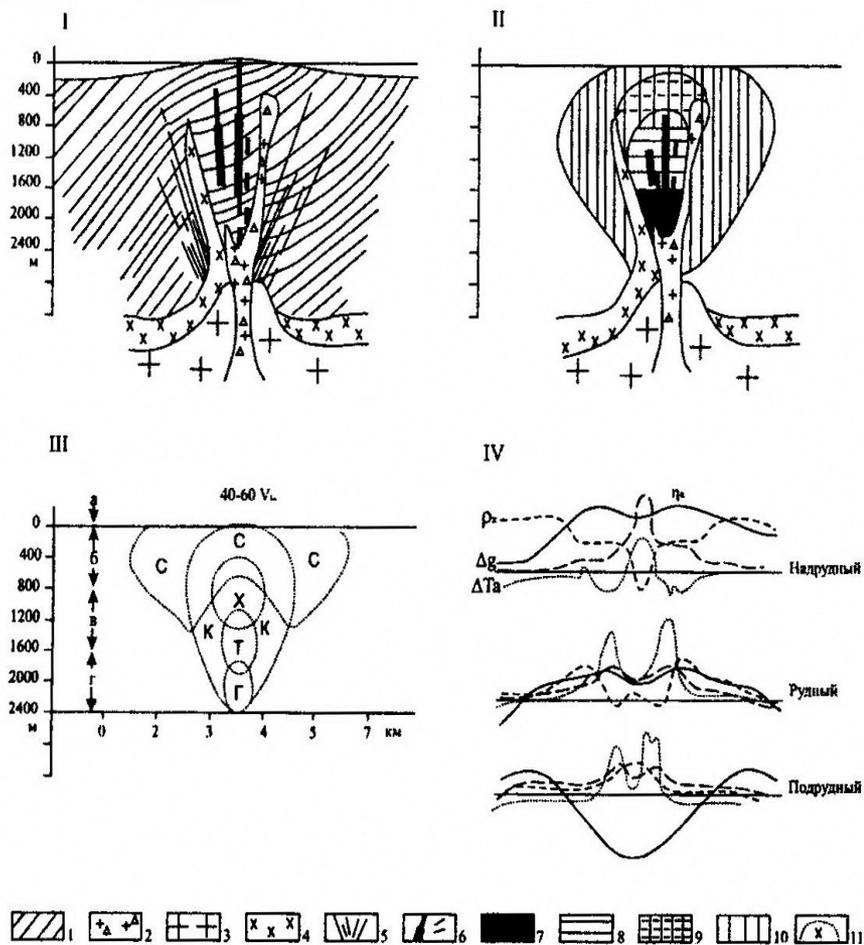
- 1 – вулканогенные породы;
- 2 – осадочные и вулканогенно-осадочные породы;
- 3-5 – рудоносный интрузив:
 - 3 – лейкократовые,
 - 4 – мезократовые,
 - 5 – меланократовые породы;
- 6 – позиция малосульфидных платиноидных руд;
- 7 – зоны вкрапленных руд;
- 8 – придонные тела массивных и экзоконтактовых 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>
1. Рудоносные магматические тела	Дифференцированные габбродолеритовые
1.1. Состав и формационная принадлежность	
1.2. Форма интрузивов	Протяженные лентовидные с частыми перепадами мощностей
2. Экзоконтактовые изменения	Роговики, альбит-микроклиновые метасоматиты
3. Внутреннее строение магматического тела	Эруптивные брекчии, габбро, габбродиориты, габбродолериты
3.1. Верхние части	
3.2. Средние части	Габбродолериты
3.3. Нижние (придонные) части	Габбродолериты
4. Рудные тела	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.)

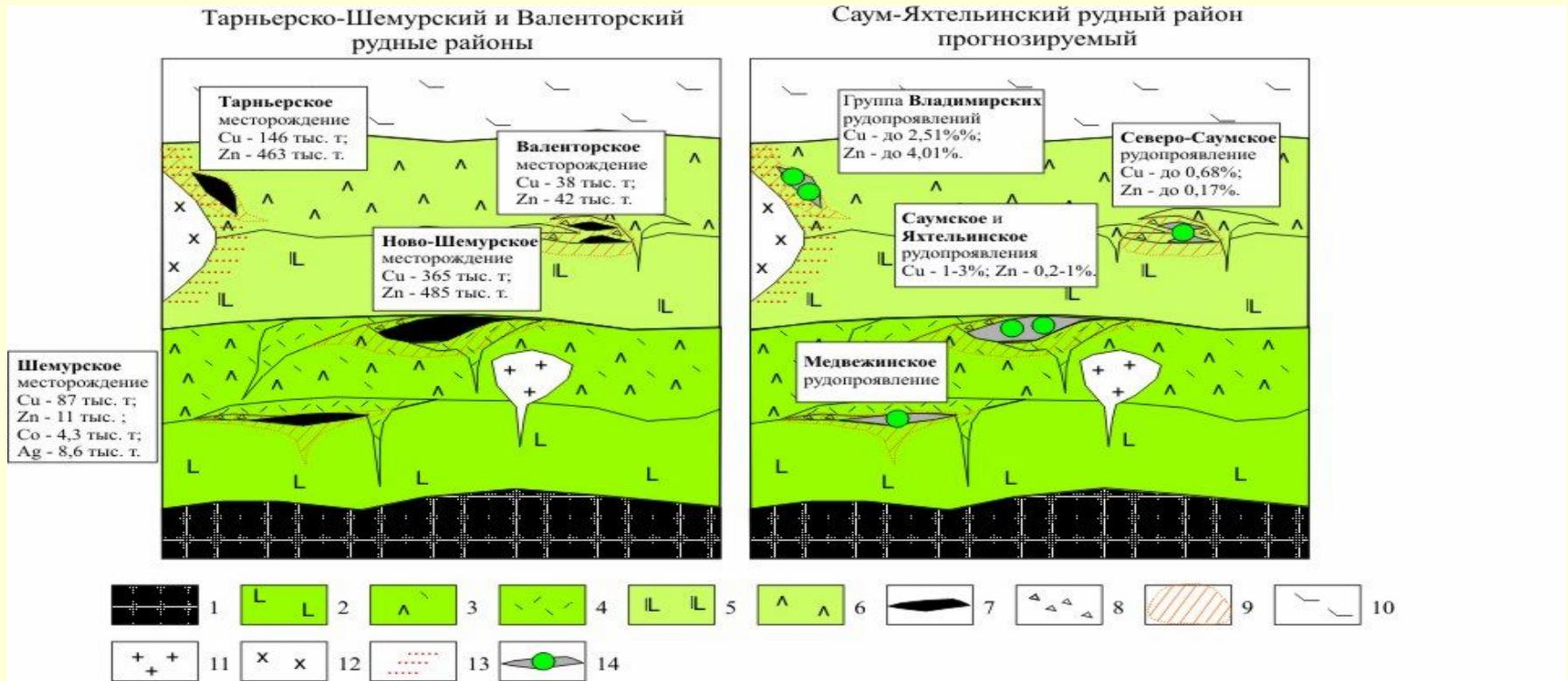


Модели: I — геолого-структурная, II — метасоматическая, III — рудно-геохимическая, IV — геофизические графики на срезе;

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: Δg — поле силы тяжести, ΔTα — магнитное поле, ρ — удельное сопротивление, η — поляризуемость

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

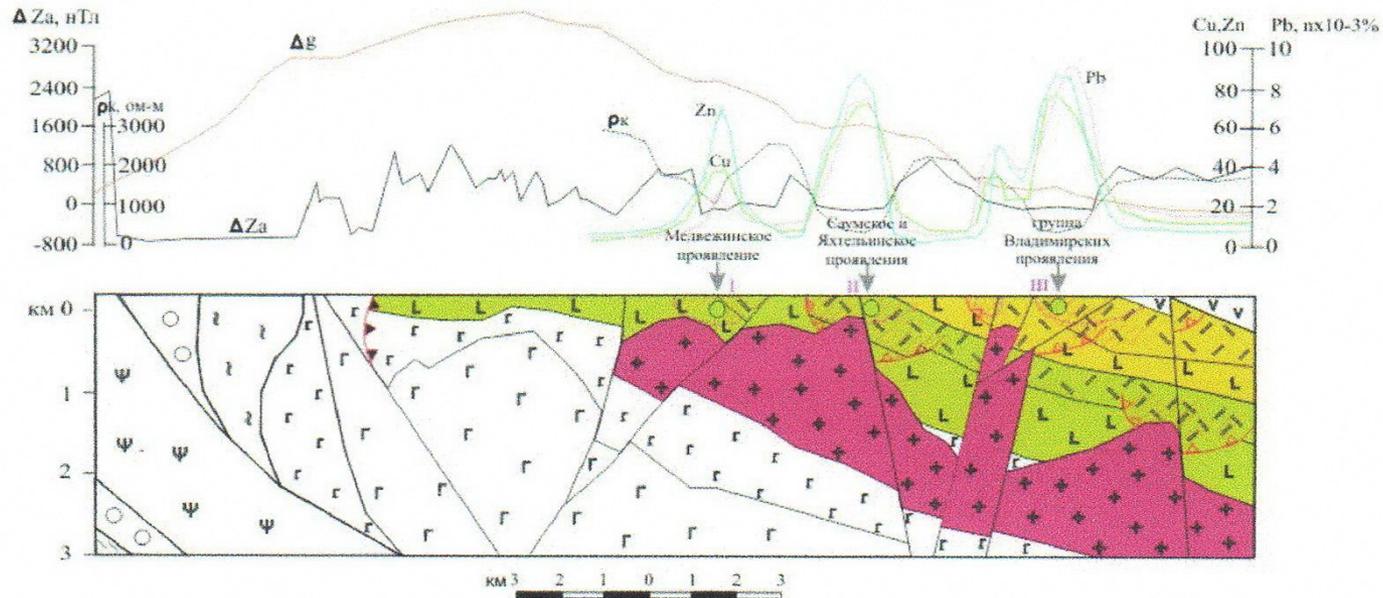
(по Т.Н. Кривко и др., 2008)



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)



- Андезитобазальты, андезиты перекрывающей базальт-андезитовой формации силура
- Раннесилурийские дайки и риолиты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Раннесилурийские базальты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Позднеордовикские дайки и риолиты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Позднеордовикские базальты рудовмещающей базальт-риолитовой формации
- Позднеордовикско-раннесилурийские плаггиогранодиориты и плаггиограниты
- Комплекс параллельных долеритовых даек со экранами офиолитовых габбро (подстилающая габбро-долеритовая формация)
- Эпидиот-альбит-актинолит-хлоритовые сланцы

- Габброиды Платиноносной ассоциации
- Серпентинизированные доуниты и гарцбургиты альпидогитовой доунит-гарцбургитовой формации
- Полимиктовый меланжевый комплекс
- Глаукофан-содержащие стильномелан-эпидот-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-Яхинского рудного района
- Участки, перспективные на медноцинковоколчеданное оруденение, расположенные на разных уровнях в пределах рудноносной формации (шумерской 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.