

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»  
Геолого-географический факультет  
Кафедра геологии и географии**

# Скарновье месторождения

**Выполнил:  
старший преподаватель  
Мележ Т.А.  
студентка группы Гр-41  
Ключинская К.М.**

**Гомель, 2018**

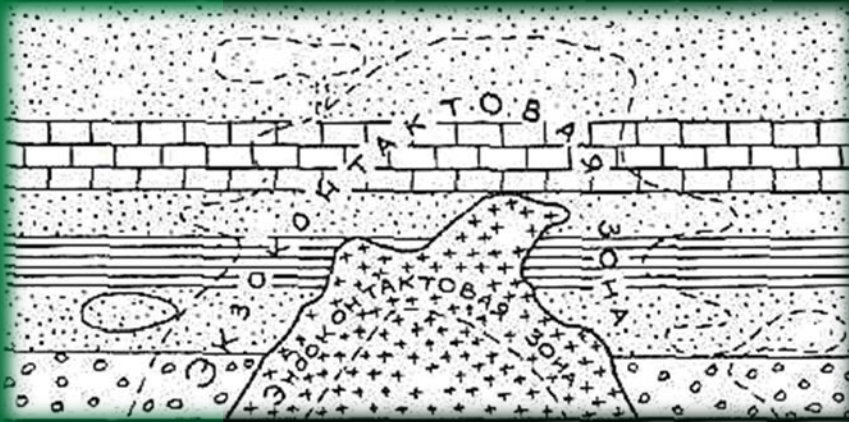


## Содержание:

1. Физико–химические условия образования скарнов.
2. Условия залегания и морфология месторождений.
3. Классификация скарновых месторождений по формациям.

# 1. Физико–химические условия образования скарнов.

При внедрении магмы в земную кору вмещающие породы испытывают преобразования двоякого рода:



Зона контактового метаморфизма

- ❖ породы подвергаются перекристаллизации (известняки превращаются в мраморы, песчаники в кварциты, алевролиты – в роговики и др.). Такой процесс называется контактовым метаморфизмом;
- ❖ проявляются процессы метасоматоза, приводящие к глубокому минеральному и химическому преобразованию вмещающих относительно холодных пород.

**Скарнами** обычно называют породы известково–силикатного состава, образовавшиеся метасоматическим путем чаще всего в приконтактной области интрузивов среди карбонатных, реже силикатных пород.



## Различают месторождения **эндоскарновые** и **экзоскарновые**.

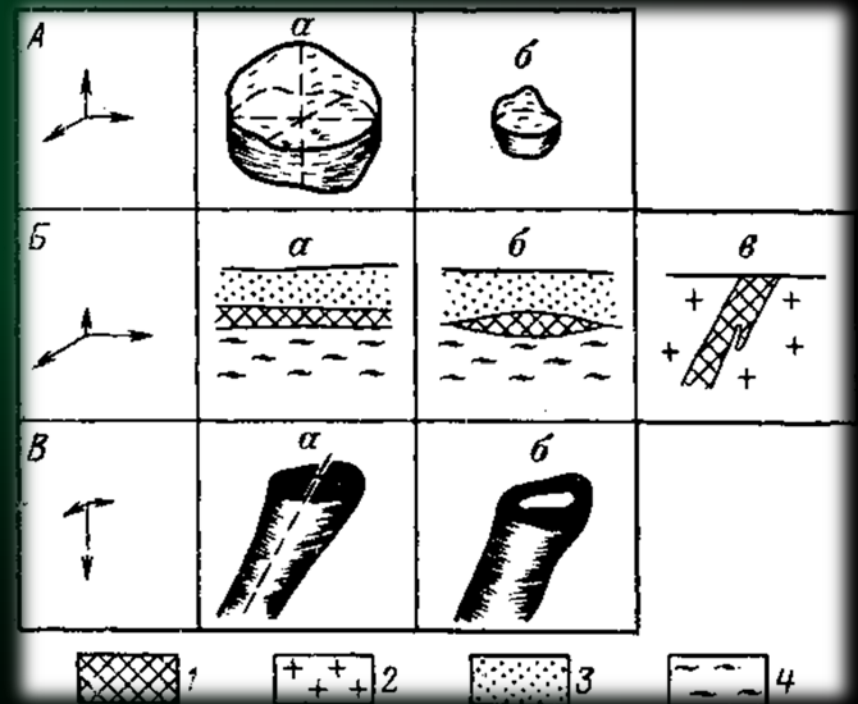
- ❖ **Эндоскарновыми** называются месторождения, образовавшиеся вследствие метасоматического замещения пород периферической части интрузива.
- ❖ **Экзоскарновые** месторождения – это те, которые располагаются в породах, непосредственно примыкающих к интрузиву.

Отмечается большое разнообразие скарновых тел.

**По степени усложнения морфологии** среди них выделяют:

- ❖ пластообразные и пластовые;
- ❖ линзовидные;
- ❖ штоки;
- ❖ трубы;
- ❖ жильные и жилообразные;
- ❖ гнезда;
- ❖ сложные ветвящиеся тела.

Наиболее мощные скарновые зоны образуются там, где известняки около интрузивного массива пересечены сетью даек и апофиз.



Геометрические формы тел полезных ископаемых:

А – изометрические (а – шток, б – гнездо);

Б – плоские (а – пласт, б – линза, в – жила);

В – столбообразные (а – рудный столб, б – трубообразное тело);

1 – рудные тела; 2 – гранит; 3 – пески; 4 – глины

# Типы скарнов.

По составу исходных пород скарны разделяются на три типа:

Известковый;

Магнезиальный;

Силикатный.



**Известковые скарны** наиболее распространены в природе и образуются по известнякам. В число главных скарнообразующих минералов известковых скарнов входят: гранат (ряда гроссуляр–андрадит) и пироксен (ряда диопсид–геденбергит). Существенное развитие нередко имеют везувиан, волластонит, скаполит, амфиболы, эпидот, магнетит, карбонаты (таблица 1).



**Магнезиальные скарны** образуются при замещении доломитов или доломитизированных известняков. Они встречаются реже известковых скарнов. Типоморфными минералами этих скарнов являются: диопсид, форстерит, шпинель, флогопит, гуммит, серпентин, паргасит, людовигит, доломит, кальцит (таблица 2). Особенностью минерального состава этих скарнов является развитие боратов, нередко образующих промышленные местоскопления.



**Силикатные скарны** формируются по породам силикатного состава. Месторождения этого типа известны на Урале, в Западной Сибири, Средней Азии, Северной Америке и других регионах Земли. Наиболее характерным минералом силикатных скарнов является скаполит. В остальном состав их мало отличается от известковых скарнов.



## Зональность скарнов.

Для преобладающего большинства скарновых залежей характерно зональное строение. Особенно отчетливая зональность наблюдается по направлению от контакта с интрузивом.

Ф. Хесси и Э. Ларсен выделили в сложении известковых скарновых месторождений четыре зоны:

1 ⇒ измененные граниты;

2 ⇒ темноокрашенные скарны (тактиты);

3 ⇒ светлоокрашенные скарны в основном диопсидового состава;

4 ⇒ мраморы.

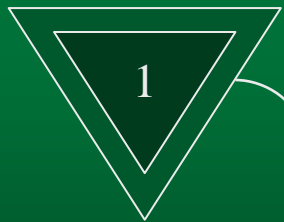


## 2. Условия залегания и морфология месторождений.

Скарновые месторождения образуются в результате комбинированного воздействия тепла интрузий и горячих минерализованных газовой-водных растворов.

Почти все исследователи отмечают приуроченность скарнов к гипабиссальным интрузивам и отсутствие их связи с абиссальными изверженными породами.

Судить о возможном температурном режиме образования скарнов позволяют следующие данные:



синтез минералов в обстановке высокого потенциала кальция и присутствия легкорастворимых солей, наличие минералов-термометров: андрадит и гроссуляр – 950–225 °С; диопсид, тремолит и волластонит – 750–350 °С, геденбергит – 320 °С;



по сводным диаграммам (В.А. Жариков), построенным по экспериментальным материалам (расчет плавления силикатных пород реакции образования силикатов, температуры дегидратации водных силикатов и диссоциации карбонатов и т. д.).



## Физико–химические условия образования.

Скарны образуются в результате комбинированного воздействия тепла интрузий и горячих минерализованных газово–жидких водных растворов.

При становлении любого интрузивного тела вмещающие породы испытывают термальный изохимический метаморфизм. По сланцам образуются контактовые роговики, по песчаникам – кварциты, по известнякам – мраморы.

Зоны таких преобразований получают развитие вокруг интрузий при любых глубинах и давлении. Под влиянием флюидов, выделявшихся в процессе отвердевания интрузии в её эндо– и экзоконтактах происходили аллохимические и метасоматические процессы, образывавшие скарны.

Данные явления происходили на незначительных гипабиссальных глубинах, где внутреннее флюидное давление было в состоянии преодолеть внешнюю литостатическую нагрузку. Глубины скарнообразования оптимальны на интервале 0,2– 0,5 км.





Судить о возможном температурном режиме образования скарнов позволяют следующие данные:



синтез минералов в обстановке высокого потенциала кальция и присутствия легкорастворимых солей: андрадит и грос-суляр – 950 – 225°C; диопсид тремолит и волластонит – 750–350°C, геденбергит – 320°C;



по сводным диаграммам (В. А. Жариков), построенным по экспериментальным материалам (расчет плавления силикатных пород реакции образования силикатов, температуры дегидратации водных силикатов и диссоциации карбонатов и т. д.), можно выделить четыре температурные фазы скарнов: волластонит–плагиоклазовую – 900–750°C; пироксен–гранатовую – 800–500°C; гранат–эпидотовую – 500–450°C; пироксен–эпидотовую – 400°C;



по данным гомогенизации включений в скарновых минералах температурный интервал составляет 860–380°C. Из приведенных выше сведений можно сделать вывод что скарны начали образовываться при температуре около 900°C, а завершился этот процесс при среднетемпературном гидротермальном режиме (около 300°C).



Происхождение скарнов и скарновых месторождений наиболее детально рассматривается в двух гипотезах :

- ❖ инфильтрационно–диффузионной, разработанной Д. С. Коржинским,
- ❖ стадийной, предложенной П. П. Пилипенко.

Инфильтрационно–диффузионная гипотеза базируется на концепции биметасоматоза, объясняющей природу многих процессов, протекающих на разогретом контакте интрузивных силикатных пород и известняков.

Здесь возникает неравновесная химическая система начинается встречно–диффузионный отток элементов областей их повышенных концентраций. На фронтах лобных миграций происходят реакции между соединениями растворов и между ними и пороодообразующими минералами.

При разной подвижности элементов в направлении к контакту разных сред (фронт диффузии) будет происходить понижение их концентрации в растворе с различной скоростью, обуславливая зональность минеральных парагенезисов. Относительная подвижность компонентов зависит от температуры процесса

Зональная структура создается разрастанием зон в направлении диффузионного потока при наступлении тыловых на фронтальные. В соответствии с законами кинетики метасоматоза между зонами образуются резкие границы. При переходе от авангардных к тыловым зонам уменьшается число минералов вплоть до мономинеральной последней.



Состав зон отвечает определенной степени равновесия, характеризуется соответствующей минеральной ассоциацией, устойчивой в фиксированном диапазоне температур.

Д. С. Коржинский выделил 10 ступеней равновесия:

### высокотемпературные:

1. пироксен-гранатовая,
2. пироксен-эпидотовая;

### среднетемпературные:

3. актинолит-эпидотовая,
4. хлорит-эпидотовая

### низкотемпературные:

5. пренитовая,
6. пумпеллиитовая,
7. кальцит-альбитовая,
8. кальцит-кварц-серицит-хлоритовая,
9. кальцит-кварц-серицит-доломитовая
10. цеолитовая.



Концепция биметасоматоза в дальнейшем Д. С. Коржинским была преобразована в инфильтрационно–диффузионную гипотезу.

Концепция биметасоматоза обладает следующими недостатками:

- 1) баланс кремнезема и СаО для скарнов, формировавшихся соответственно в известняках и в гранитондах, не может быть обеспечен диффузным переносом вещества, необходим дополнительный привнос этих компонентов;
- 2) нельзя объяснить образование скарнов, залегающих исключительно среди силикатных или карбонатных пород, и тем более удаленных от интрузий;
- 3) в предложенной схеме нет места для рудных месторождений за исключением железорудных.

В новой модели скарнового процесса предполагалось, что месторождения формируются в зоне границы силикатных и карбонатных пород в связи с циркуляцией горячих растворов, обогащенных химическими соединениями, выносимыми как из глубинных магматических очагов, так и заимствованных из пород на путях движения этих растворов.

В точке входа в систему преобладали привносимые соединения. Далее их роль сокращается и процесс осуществляется за счет встречной диффузии элементов из силикатных и карбонатных пород.

В результате основная масса скарнов образовалась биметасоматическим способом, а рудные месторождения связаны с мощным воздействием постмагматических растворов, циркулировавших в трещинных зонах.

Тем не менее и этот усовершенствованный вариант гипотезы *не объяснял* причины разнообразия рудных минералов в скарнах и не увязывал стадийность скарнового процесса и рудообразования.



П. П. Пилипенко, разработавший стадийную гипотезу, считал, что главная масса вещества скарнов и руд привносится извне специфическими растворами. По мере снижения температуры состав привносимых веществ менялся, обуславливая минеральную зональность. Предполагается, что доминировали метасоматические процессы, протекавшие в шесть стадий:

**1. Кремневая** характеризовалась высокой температурой, привносом кремния и приводила к образованию диопсидовых пород (светлые роговики).

**2. Алюмосиликатная** осуществлялась в обстановке привноса кремния и алюминия и завершалась формированием железистых гранатов и пироксенов.

**3. Галоидная** протекала в условиях поступления хлора и появления скаполита.

**4. Железная** отличалась привносом железа и выделения его в форме закисных и окисных соединений. Накапливались магнетит, гематит и железистые алюмосиликаты – геденбергит, лиеврит, гранаты и др.

В течение первых стадий формировались безводные скарны. Далее флюидный режим резко менялся.

**5. Флюидно-водная** стадия – в систему поступали  $H_2O$  и  $CO_2$  и возникали породы, состоящие из роговой обманки, эпидота, иногда с примесью шеелита и кальцита.

**6.** Процесс завершала **сульфидная** стадия, в течение которой при низких температурах и постоянном привносе  $H_2O$ ,  $H_2S$  и металлов образовывались сульфиды и сульфосоли. Хотя основная идея гипотезы подтверждена практикой, но и она не объясняет причину разнообразия продуктов рудогенеза для различных тектоно-магматических обстановок.

# 3. Классификация скарновых месторождений по формациям.

Типы скарновых месторождений.





## Месторождения железа.

По геологическим условиям образования выделяется два типа месторождений :

островодужный

орогенный.

Островодужные чаще всего располагаются внутри диоритовых штоков в вулканогенно-осадочном разрезе (туфы и лавы андезитов и базальтов, песчаники, глинистые сланцы, мергели). Представлены известково-скарновыми и скаполит-альбит-скарновыми магнетитовыми плитообразными залежами.

Отмечается большой объем магнетитсодержащих эпидот-пироксен-гранатовых эндоскарнов и широкое проявление натрового метасоматоза (альбит и скаполит). В рудах постоянно имеются высокие концентрации кобальта и никеля.

Формирование месторождений протекало в две стадии.

*В раннюю возникла зональность :*

- 1) эпидот-пироксен-гранатовые эндоскарны с главным оруденением,
- 2) экзоскарны: гранат-пироксеновые с магнетитом и диопсид-геденбергитовые с сульфидами.

*В позднюю стадию образовалась ассоциация минералов: ильваит, актинолит, хлорит, кальцит, кварц, К этому типу относятся месторождения: Песчанское, Гороблагодатское (Урал), Сарбайское (Казахстан), Дашкесан (Азербайджан), Эмпайр (Канада).*



## Месторождения вольфрама и молибдена

Они связаны со штоками и батолитами порфировых гранодиоритовых комплексов и малыми интрузиями кварцевых монцонитов, развитых в орогенных поясах и областях тектоно–магматической активизации. Месторождения локализованы в известковых скарнах и представлены пластовыми телами.

Выделяют два типа месторождений – **восстановленный и окисленный**.

**С восстановленными** связана основная масса рудных объектов, которые формировались на контактах интрузивов нижних частей гипабиссальных уровней с известняками. Становление интрузий происходило в обстановке растяжения.

В раннюю стадию возникали геденбергит–альмандиновые скарны (в них пироксенов в 2 – 10 раз больше гранатов), а в позднюю – две ассоциации, биотит–плагиоклаз–кальцитовая и рог обманка – кварц–кальцитовая.

Примеры месторождений: Майхура (Средняя Азия), Салу (Франция), Мак–Миллан–Пасс (Канада), Сангдонг (Южная Корея).

**Окисленные месторождения** образуются в некар–бонатных, часто обогащенных гематитом породах на меньших глубинах, чем восстановленные.

В раннюю стадию здесь формировались андрадит–эпидотовые скарны, на которые в позднюю накладывались минеральные ассоциации: эпидот–хлорит–кальцит–кварцевая и актинолит–кварц–кальцитовая.

Месторождения этого типа встречаются редко и не образуют крупных объектов: Кинд–Ай–Ленд (Австралия), Эль–Жаралито (Мексика) и др.





## Месторождения молибдена

Они относятся к редким образованиям. Они связаны с лейкократовыми гранитами и гранит-порфирами орогенных областей (зон столкновения континентальных плит).

**С ранними** высокотемпературными фациями скарнов волластонит-геденбергит-гроссулярового состава связано вкрапленное и прожилково-вкрапленное молибденитовое и молибдошеелитовое оруденение.

**С поздними** стадиями ассоциируют метасоматиты, сложенные роговой обманкой, актинолитом, эпидотом, хлоритом, кварцем, серицитом и флюоритом, и широкий спектр рудной минерализации: халькопирит, висмутин, теллуриды золоте и серебра, самородное золото, полиметаллы.

Примером может служить уникальный рудномагматический центр Тырнауэ на Северном Кавказе и несколько мелких месторождений (Азгур в Марокко и др.).



## Месторождения меди

Месторождения меди ассоциируют со штоками известково–щелочных гранодиоритов и кварцевых монцонитов, располагаются в орогенических поясах окраин континентов и формировались от мезозойского до третичного времени включительно.

Небольшое число мелких месторождений связано с океаническими островными дугами.

В **раннюю стадию** процесс протекал при температуре 500 – 300°C. По известнякам образовывались андрадит, диопсид, пирит, халькопирит и магнетит, а по доломитам – форстерит, серпентин, магнетит, халькопирит. В известковых скарнах установлена минеральная зональность: экзоскарны – волластонит, гранат, геденбергит, борнит, эндоскарны – андрадит, геденбергит, халькопирит. Рудные минералы отлагались в течение всего процесса скарнообразования.

В гранатовых зонах развиты пирит–халькопирит–магнетитовые руды, в которых отношение пирита к халькопириту колеблется в пределах 1:2 – 5:1. В волластонитовых зонах формировались борнит–халькопирит–сфалерит–теннантитовые руды

**Поздняя стадия** характеризовалась образованием тремолита, актинолита, карбонатов, талька, эпидота и хлорита. Меденосные скарны не имеют самостоятельного промышленного значения. Обычно они слагают отдельные залежи на месторождениях гидротермального меднопорфирирового типа. Кристмас, Мишен (Аризона, США), Бингхем (Юта, США), Саяк 1 (Казахстан), Тоншанькоу (Китай).



## Месторождения цинка и свинца

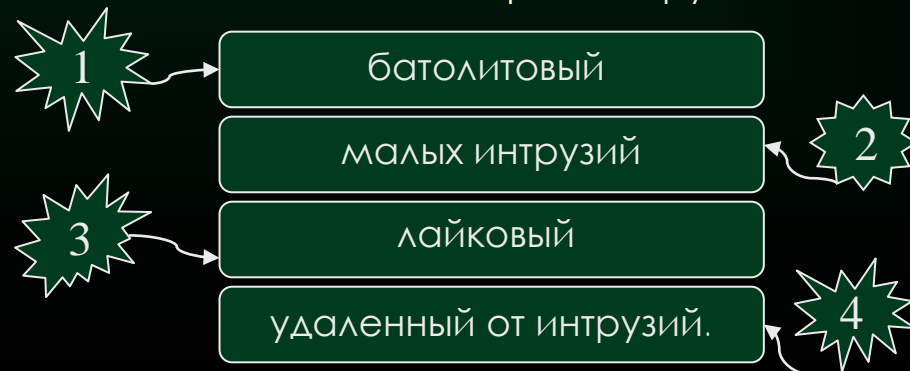
Месторождения цинка и свинца встречаются в самых разнообразных геологических ситуациях и ассоциируют с интрузиями от гранодиоритов до лейкогранитов; часто приурочены к гипабиссальным штокам и дайкам.

В геотектоническом отношении они формируются в областях тектоно-магматической активизации, а также на завершающих стадиях развития внутриконтинентальных орогенных поясов и в зонах субдукции на активных континентальных окраинах.

Общими чертами месторождений этой обширной группы являются: галенитсфалеритовый состав, развитие оруденения в экзо-скарнах; четкий контроль минерализации разрывными структурами; преобладание в скарновой ассоциации пироксенов.

Наиболее приемлемым критерием для систематики данных месторождений служит их связь с интрузивными породами.

С этих позиций можно выделить четыре типа рудных объектов:





**1. Батолитовый тип** представлен минерализованными прожилки и вкрапленность) известковыми геденбергитовыми экскарнами в ореоле крупных плутонов лейкократовых гранитов. Известны мелкие месторождения, например, *Минерал-Кинг (Калифорния, США)*.



**2. Месторождения малых интрузий** характеризуются ассоциацией марганцевого клинопироксена и граната со сфалеритом и галенитом. С глубиной в скарнах возрастает количество граната и сфалерита и сокращается – пироксена и галенита. В эндоконтактной зоне интрузий широко развиваются родонитовые и гранат-везувиановые жилы. В позднюю скарновую стадию образовывались эпидот, амфибол, хлорит. Рудообразование протекало при давлениях 50–200 МПа и температурах 550 – 350°C из флюидов с соленостью 23,3 экв% NaCl. Сера заимствовалась из магматических пород и из подстилающих эвапоритов. Примеры месторождений: *Кармазар (Средняя Азия), Симапан (Мексика)*.



**3. Дайковый тип** связан с интрузиями гранодиоритового-го и риолитового состава. Дайки служили каналами фильтрации флюидов. В их контактных зонах образовывались ранние эпидот-гранат-бустамит-пироксеновые скарны. Поздняя стадия выразилась в появлении обогащенных марганцем родонита и ильваита, амфибола и хлорита. Широко распространены околорудные серицит-аргиллитовые и серицит-топазовые метасоматиты. Примеры месторождений: *Трепча (Югославия), Альтш-Топкан (Узбекистан)*.



**4. Удаленные от интрузий** месторождения локализуются в разломных, часто надвиговых структурах. Скарновые тела в виде линз, гнезд и жил сложены гранатом, бустамитом, волластонитом, ильваитом и хлоритом. Их зональность. В центре залежей доминируют гранаты, далее – пироксены а потом – мрамор. Рудные тела обогащены свинцом, с глубиной – сменяются цинком, а в корневых частях месторождений – медью. Месторождения – *Бен-Бен (Австралия), Камиока (Япония), Верхнее (Россия)*.



## Скарны в рудах.

Из анализа материалов по месторождениям скарновой группы можно выделить *три типа взаимоотношений руд и скарнов*.

Они образуются одновременно в течение единого генетического процесса. Руды входят естественным компонентом в скарновые ассоциации.

В качестве примеров условно можно назвать только железорудные и борные месторождения.

### Наложенное оруденение.

Оно связано с процессами поздней флюидно-водной стадии скарнообразования таким способом формируется подавляющая масса месторождений этой группы.

В данном случае рудные тела локализуются в скарнах только при условии, если последние по структурным и петрофизическим характеристикам благоприятствуют этому процессу.

Отмечаются самые разнообразные варианты подобных взаимоотношений – от полного совпадения рудных и скарновых тел до их раздельного залегания.



Таким образом, скарнообразование не связано генетически с рудообразованием.

Это два независимых параллельных процесса, пересекающихся в некоторых геологических ситуациях.

На тип и масштабы рудной минерализации определяющее влияние оказывают:

- ❖ металлогенная специализация магматических комплексов (медь в монцонитах, олово в гранитоидах и т. д.);
- ❖ эволюция рудно-магматических центров (молибден, вольфрам, полиметаллы в центрах гранитоидного магматизма);
- ❖ рудная и металлогенная специализация провинций, районов и полей;
- ❖ региональные геодинамические обстановки.

Образование скарнов как правило предшествует формированию руд и в ряде случаев создает благоприятную литолого-фациальную, петрофизическую, структурную и минералогическую обстановку.

Иногда магматические расплавы по пути движения в коровой среде ассимилируют ранее возникшие рудные накопления и аномальные концентрации полезных элементов в породе, обогащая ими скарнообразующие флюиды.



### Типичными чертами скарновых месторождений являются:

- ❖ геологическая позиция скарнов в зоне контактов интрузий и вмещающих карбонатных пород;
- ❖ признаки метасоматического происхождения скарнов минеральные зоны, тыловые и передовые зоны;
- ❖ метазернистые структуры;
- ❖ ксенолиты неизмененных пород и др.

### Зональность скарновых образований относительно:

- ❖ контакта интрузивный массив – вмещающая порода устанавливается по минеральным парагенезисам, минеральным видам и геохимическим данным;
- ❖ существование эндо– и экзоскарнов;
- ❖ присутствие минералов, указывающих на резкие перепады давления, температур; создание в скарнах контрастной физико–химической обстановки за счет резких градиентов температур, давления, концентраций различных компонентов и высокой активности  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , присутствие  $\text{B}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{a}$ ,  $\text{S}$ , соответственно падению температуры и участию воды выделяют два этапа «сухих» и «водных» скарнов;
- ❖ зависимость типов скарновых месторождений от индивидуального состава интрузивов и вмещающих их пород;
- ❖ плито– и жилообразные формы рудных тел;
- ❖ друзовые и вкрапленные текстуры и метазернистые структуры руд

## Типичные рудные формации скарновых месторождений:

железорудная (Магнитогорское и др. в Южном Зауралье, Леспромхозовское, Тейское и др. в Горной Шории, Кузнецкий Алатау, Коршуновское в южной Сибири);

свинцово–цинковая в известковистых и магнезиальных скарнах (Дальнегорское на Дальнем Востоке, Алтын–Топкан в Таджикистане);

борная в магнезиальных скарнах (Верхнее в Приморье);

молибден–вольфрамовая (Тырны–Ауз в Осетии, Санг–Донг во Вьетнаме, Лянгар в Узбекистане);

золоторудная (Тарданское в Кузнецком Алатау, Синюхнское на Алтае);

медная в известковистых скарнах (Турьинское на Северном Урале, Саяк 1 в Казахстане);

флогопитовая в магнезиальных скарнах (Слюдянка в Южной Сибири);

лазуритовая в магнезиальных скарнах (месторождения на Памире в Афганистане).







Спасибо за внимание!!!

