

Лекция № 36

МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ



фото Steven Stokowski



<http://m-geo.udsu.ru/>

Метасоматоз является процессом наиболее радикального изменения состава пород под воздействием гидротермальных растворов, обычно связанных с интрузивами.

Аллохимический метаморфизм и метасоматоз

Метасоматоз можно рассматривать как крайнее проявление аллохимического метаморфизма с максимально проявленной подвижностью химических элементов.

Отличительные свойства метасоматических процессов:

- развиты более локально, часто приурочены к зонам разломов и другим проницаемым структурам, вдоль которых происходит фильтрация водных растворов;
- постоянство объема (правило Линдгрена), связанное с одновременно протекающими процессами растворения и отложения вещества;
- значительное сокращение числа породообразующих минералов вплоть до образования мономинеральных пород;
- образование метасоматической зональности (колонки), связанной с различной подвижностью химических элементов в ходе метасоматического процесса.



Механизмы переноса вещества при метасоматозе

- **Диффузионный метасоматоз** контролируется миграцией растворенных компонентов во флюиде. Перенос компонентов осуществляется за счет градиента химических потенциалов компонентов (ионов) в неравновесных средах. Характерный пример такого процесса – *биметасоматоз*, происходящий на контакте двух химически неравновесных контактирующих пород путем встречной диффузии компонентов в поровых растворах.
- **Инфильтрационный метасоматоз** характеризуется механическим переносом ионов движущимся флюидом через достаточно проницаемую породу. Инфильтрационные метасоматиты нередко связаны с околотрешинным оруденением.

Скорость развития и масштаб распространения метасоматических изменений при инфильтрационном метасоматозе намного выше, чем при диффузионном.

3 стадии метасоматических процессов по Д.С. Коржинскому

- ❑ ранняя щелочная стадия – магнезиальные и известковые скарны;
- ❑ стадия кислотного выщелачивания – грейзены, вторичные кварциты, пропилиты, аргиллизиты, березиты, листвениты;
- ❑ поздняя щелочная стадия.

Подавляющее большинство метасоматических пород связано с гранитным магматизмом, который порождает кислотные гидротермальные растворы, богатые фтором и хлором. При взаимодействии с карбонатными породами эти растворы могут терять кислотные свойства и даже приобретать слабощелочную реакцию (*ранняя щелочная стадия*). При отсутствии карбонатных пород активно идут процессы *кислотного выщелачивания*. *Поздняя щелочная стадия* включает самые низкотемпературные процессы, в ходе которых вновь повышается щелочность и окислительное состояние гидротермальных систем.

Скарны

К **скарнам** относятся породы ранней щелочной стадии метасоматоза, происходящего в широком интервале температур от 450 до 1000°С на глубинах от 1 до 30 (редко) км.

В зависимости от замещаемого карбонатного субстрата выделяются два крупных типа скарнов: **магнезиальные** и **известковые**. *Магнезиальные скарны* более высокотемпературные, это единственные из метасоматических пород, которые могут возникать на контакте с еще не затвердевшими магмами. Магнезиальные скарны формируются по доломитам и магнезитам. *Известковые скарны* формируются на контакте затвердевших интрузивных тел с известняками по вмещающим (*экзоскарны*) и магматическим (*эндоскарны*) породам.

К скарнам приурочены крупные месторождения Fe, Co, W, В, флогопита и многих других полезных ископаемых. Значительная часть оруденения наложена на скарновые зоны в результате более поздних и низкотемпературных гидротермальных растворов.

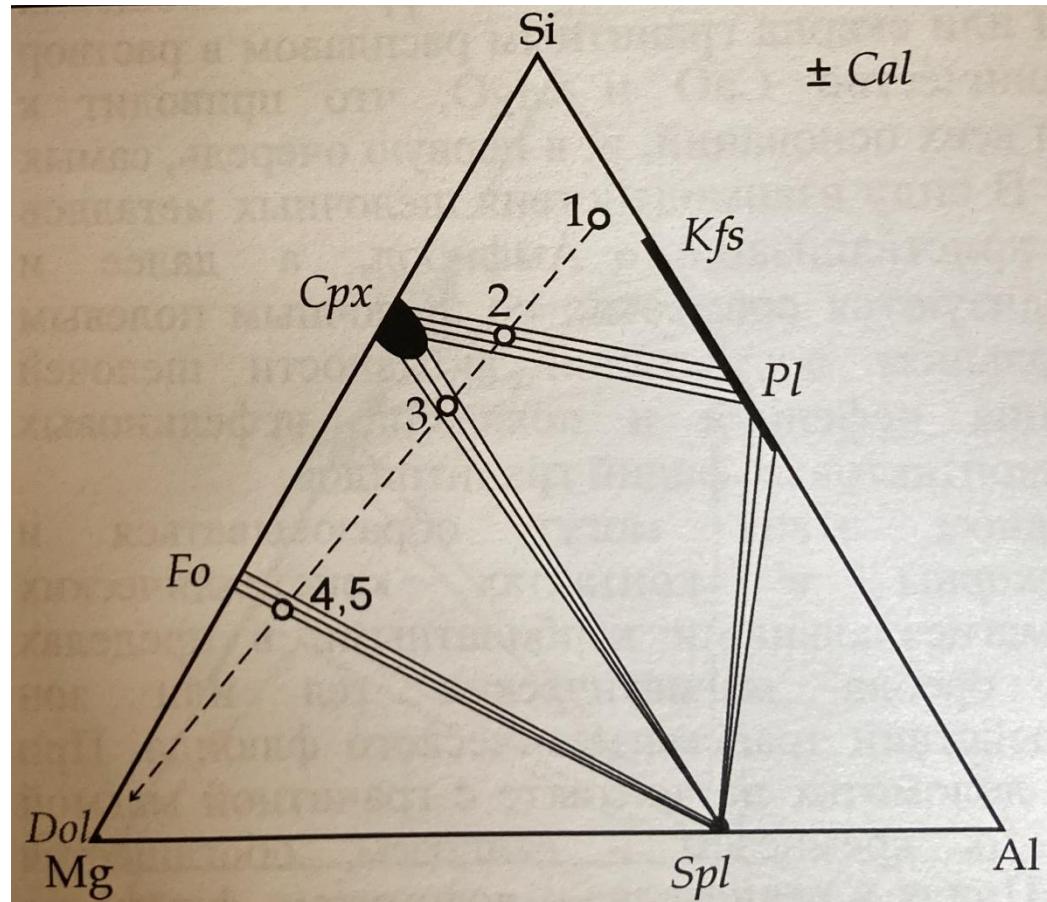
Магнезиальные скарны

Для магнезиальных скарнов характерна *зональность*, которая в полном выражении может быть представлена следующим образом (обратите внимание на используемые цифровые обозначения зон):

0. Доломит
1. Кальцифи́р – форстерит + шпинель + кальцит + доломит
2. Шпинель-форстеритовый скарн – форстерит + шпинель + кальцит
3. Шпинель-пироксеновый скарн – пироксен + шпинель + кальцит
4. Пироксен-плагиоклазовая порода – пироксен + плагиоклаз
0. Алюмосиликатная порода (гранит)

В дальнейшем в измененных скарнах возникает ассоциация низкотемпературных минералов (тремолит, актинолит, аmezит, серпентин, тальк, брусит, флогопит).

Диаграмма состав-парагенезис магнезиальных скарнов



(по Е.Н. Граменицкому)

Известковые скарны

В обобщенном виде метасоматическая колонка известковых скарнов выглядит следующим образом:

0. Известняк
1. Волластонитовый экзоскарн
2. Пироксеновый экзоскарн
3. Гранатовый скарн
4. Пироксен-гранатовый эндоскарн
5. Пироксен-плагиоклазовая околоскарновая порода
0. Аллюмосиликатная порода (гранит)

В дальнейшем в измененных скарнах возникает ассоциация низкотемпературных минералов (актинолит, хлорит, минералы группы эпидота и др.)

Грейзены

Грейзены – это метасоматические породы, сложенные кварцем, слюдами и/или топазом. Они относятся к стадии кислотного выщелачивания ($\text{рН} = 3–5$) и ассоциируют с плутонами лейкоократовых гранитов. Обычно грейзены развиваются при температуре $300–500^\circ\text{C}$ на глубинах от 1,5 до 4 км вблизи апикальных частей интрузивов, как в самих гранитах, так и во вмещающих породах.

Главными типоморфными минералами грейзенов являются слюды, кварц, топаз, реже альбит. К второстепенным и акцессорным минералам относят новообразованный $\text{K}-\text{Na}$ полевой шпат, флюорит, берилл, турмалин, кассiterит, вольфрамит.

В грейзенах и сопряженных с ними жилах возникают рудопроявления Sn, W, Be, Bi, Mo.

Зональность грейзенов

В обобщенном виде метасоматическая колонка грейзенов выглядит следующим образом:

0. Гранит – кварц + калишпат + олигоклаз + биотит + магнетит
1. Кварц + мусковит + калишпат + альбит + магнетит
2. Кварц + мусковит + калишпат + альбит
3. Кварц + мусковит + калишпат
4. Кварц + мусковит (\pm топаз)
0. Кварц



Вторичные кварциты

Вторичные кварциты являются продуктами интенсивного среднетемпературного кислотного метасоматоза ($\text{рН} = 1\text{--}4$).

В этих условиях оказываются устойчивыми только кварц (обычно этого минерала более 50% в породах) и высокоглиноземистые минералы, такие как корунд, андалузит, алюнит, диаспор и другие.

Вторичные кварциты приурочены к центрам наземного кислого и среднего вулканизма и образуют крупные массивы километрового размера.

С массивами вторичных кварцитов связаны крупные месторождения глиноземистого сырья, преимущественно корунда и алюнита, а также самородной серы. Рудные месторождения (Mo, Cu, Zn, Pb, Au, Ag, U) пространственно связаны с вторичными кварцитами, но обычно наложены на них и сильно отделены по времени формирования.

Березиты

Березиты (получили название по Березовскому месторождению золота на Среднем Урале) – низко-среднетемпературные метасоматические породы, состоящие из серицита (мусковита), кварца, карбонатов (кальцита, железистого доломита, анкерита и их Mn-разностей), хлорита (во внешних зонах) и пирита.



<http://m-geo.udsu.ru/departments/rocks/>

Образуются по кислым и средним магматическим породам, реже по терригенным породам и продуктам их метаморфизма.
С березитами связаны месторождения золота.

Листвени́ты

Листвени́ты – низко-среднетемпературные метасоматические породы, состоящие из кварца и карбонатов, а также слюд, в том числе богатых хромом. Это связано с тем, что листвени́ты образуются по ультрамафитам, серпентинитам, реже по габброидам и карбонатным породам.

Из слюд наиболее типичен мусковит и его хромистая разновидность – фуксит, содержащий до 4 мас.% Cr_2O_3 и имеющий ярко-зеленую окраску.

Миндякское (Au) месторождение,
Учалинский район, Башкортостан
(Башкирия), Урал Южный, Россия

<https://webmineral.ru/minerals/image.php?id=16622>

