

Гидротермальные месторождения

Д.Ц. Аюржанаева

- К гидротермальным относятся месторождения, общим генетическим признаком которых является их образование из глубинных горячих минерализованных растворов в результате отложения рудного вещества в дренирующих структурах по ходу движения гидротермального потока.

Термин «гидротермальные» впервые применил французский геолог Л. Де Лоне в 1897 г.

- В них сосредоточено почти все запасы молибдена, 3/4 запасов коренных руд олова, почти половина запасов вольфрама, меди, свинца и цинка, урана и других металлов. Из гидротермально-метасоматических месторождений извлекается большое число редких и рассеянных металлов: германий, кадмий, индий, селен, теллур, рений, галлий и многие другие. К этой группе принадлежат все месторождения асбеста, талька, магнезита, исландского шпата, оптического кварца и др.

- Гидротермально-метасоматические месторождения группируются по различным признакам

1. По температуре:

- Высокотемпературные – 500 – 300°C
- Среднетемпературные 300 - 200°C
- Низкотемпературные – менее 200° С

2. По глубине образования

- Умеренных и значительных глубин – 1-3 км и более
- Малых глубин и приповерхностные - < 1 км.

3. По механизму рудоотложения (Бэтман, 1949, Овчинников, 1968)

- Путем выполнения трещин и их систем (а – жильные, б – штокверковые);
- Путем метасоматического замещения (а – сплошные, б – вкрапленные)

- По стадиям развития магматического очага и составу гидротермально измененных вмещающих пород различаются мест-я, сформированные

- 1) в раннюю стадию становления магматического очага (оруденение старше пород дайковой фации);
- 2) в позднюю стадию становления магматического очага (оруд-е моложе всех п-д дайковой фации) и
- 3) при отсутствии выходов гранитоидов.

- Три различных генетических класса гидротермальных мест-й:
- 1. вулканогенно-гидротермальные м-я, образованные в условиях открытых структур и связанные с проявлением близповерхностного вулканоплутонического магматизма с шир вовлеч в рудообраз процесс экзогенных вадозных вод.
- 2. плутоногенно-гидротермальные мест-я, формировав-ся в закрытых гидротер-х системах, главным источником энергии, гидротерм и вещ-ва яв-ся глубинный коровый гранитоидный магматизм.
- 3. метаморфогенно-гидротермальные мест-я обусловленные участием в рудообразовании раст-ов, возникающих в процессе метаморфизма в рез-те разогрева и обезвоживания пород.

Гидротермальные рудообразующие системы; элементы, параметры.

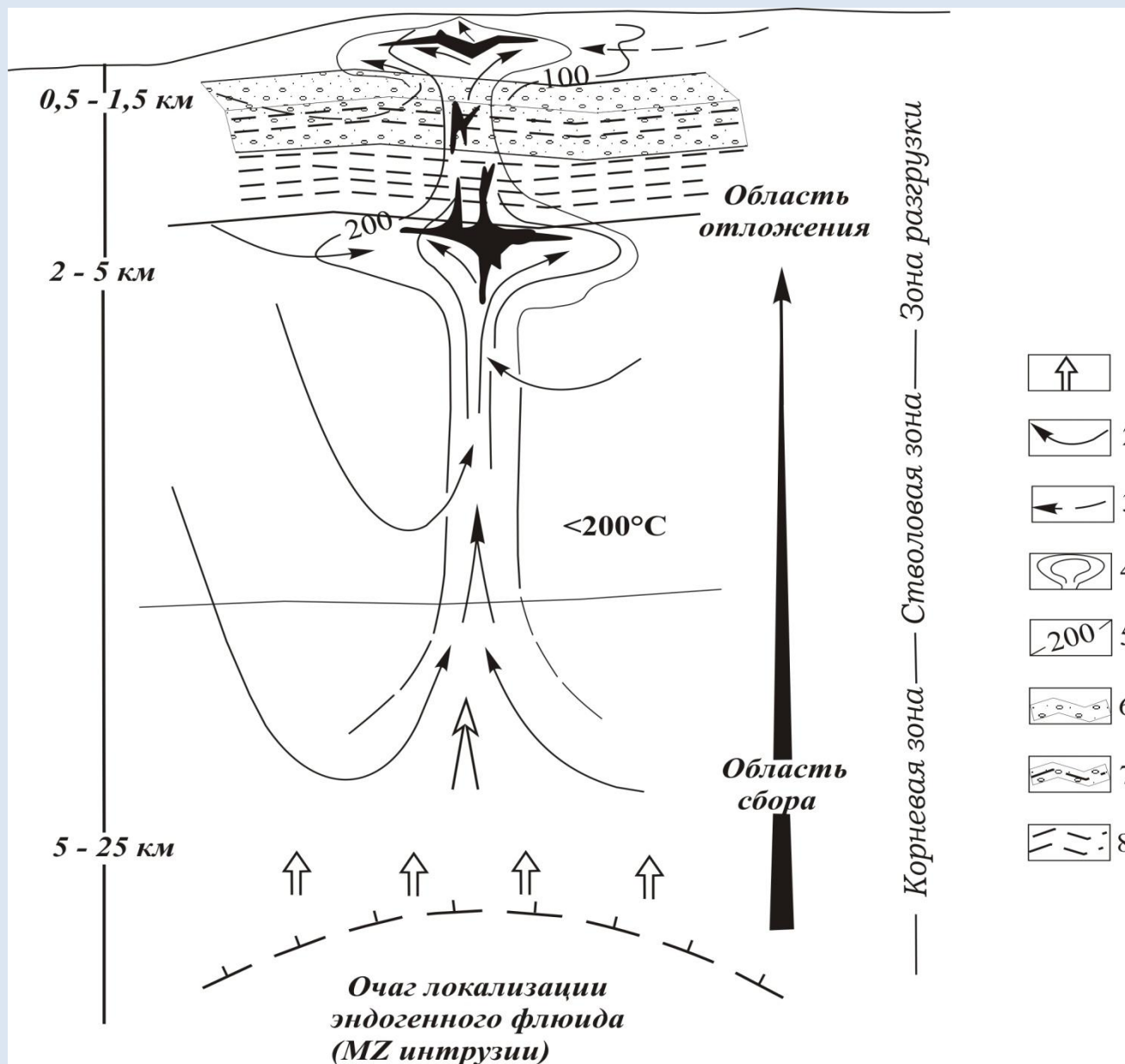
- Под г/т-ми рудообразующими системами понимают приуроченные к определенным структурам земной коры сложные флюидно-водные потоки, объединенные общим источником энергии и единым гидродинамическим механизмом движения, в областях разгрузки которых развиваются интенсивный метасоматоз, минерало- и рудообразование.
- Системы эти хар-ся приуроч-тью к проницаемым зонам, в частности к глубинным разломам, открыты для конвективного теплопереноса.

Общие представления о гидротермальном растворе

- *Под гидротермальным раствором* понимают нагретые до $T=200-600^{\circ}\text{C}$ многокомпонентные газовой-жидкие растворы сложного состава, циркулирующие в недрах гидротермальных систем.
- Основным компонентом гидротерм является *вода*. Различают *магматическую или ювенильную, метаморфическую и поровую (вадозную) воду и инфильтрационные воды глубокой циркуляции*.
- *Магматическая вода* отделяется от магматических расплавов любого состава в процессе их подъема к поверхности и кристаллизации. Наибольшее кол-во ее заключено в гранитоидных магмах (до 13 вес.% при PH_2O (водяного пара до 5000 атм.)
- *Метаморфич-я вода* образ-ся вслед-е высвобождения ранее химически связанной и поровой воды из горных пород при их метаморфизме на глубине под воздействием выс давл и темпер. В осадочных породах содержание различных видов воды (поровой, пленочной, капиллярной, конституционной) достигает 30% H_2O и более.
- Верхние части гидротермальных систем тесно связаны с окружающими подземными водами, обычно в значит-ой степени минерализованными. Это воды *артезианских горизонтов и инфильтрационные воды* глубокой циркуляции.
- Формирование гидротерм-х систем происходит путем смешения ювенильного флюида с метаморфогенными и инфильтрационными водами в рамках конкретной гидрогеологической структуры. Питание энергией г/терм системы осущ-ся при помощи эндогенного флюида, доля кот-го в гидротермах достигает 25%.

- Вещество гидротермных берется из трех источников по В.И. Смирнову, 1982:
- **ювенильный (мантийный),-интрателлурические** эманации, отделяющиеся от от мантийного вещества в процессе его дегазации;
- **ассимиляционный (коровый)**, связанный с очагами гранитоидной магмы;
- **фильтрационный** – мобилизация вещ-ва агрессивными гидротерм-ми растворами различного происхождения из пород, по кот-м они проходят. (выщелачивание из пород).
- Интрателлурические растворы-восходящий поток высоконагретых растворов наиболее летучих и подвижных компонентов (H_2O , CO_2 , HCl , H_2S , K_2O , Na_2O и др). Такие р-ры выносят металлы (медь, свинец, никель и др.), фтор, формирующий большую группу флюоритовых месторожд-й областей тектономагматич активизации, серу, ртуть и др.

- Общие вопросы строения и функционирования г/т-ых систем впервые были рассмотрены Г.Л. Пospelовым (1962). Он предложил выделять в этих системах – «фильтрующихся термогидроколоннах» - три основные зоны с различным гидродинамическим режимом: корневую, стволовую и зону разгрузки (рис.).
- *Корневая зона*, располагающаяся на значительной глубине, представляет собой область, где происходит концентрирование флюида, стягивание его к стволовой зоне и мобилизация химических элементов. Восходящий флюидный поток складывается из «фонового» мантийного потока, от гипабиссальных очагов и воды, выделяющейся при дегидратации минералов в зоне прогрева пород.
- *Стволовая зона* – зона транзита – приурочена к разломам, зонам трещиноватости, по которым движется к поверхности горячий флюидный поток сравнительно малого сечения, увлекая с собой латеральный поток подземных вод, циркулирующих в гидрогеологических структурах, и нисходящие инфильтрационные воды. Поскольку нагретые воды имеют повышенную проницаемость и меньший удельный вес, здесь формируется мощная напорная система высоконагретых струй с температурой 600-400 С, осуществляя транспорт большого кол-ва вещ-ва и энергии.
- *Зона разгрузки* – область резкого падения давлений и температур – обычно совпадает с поступлением г/т-ых растворов в очень пористые, трещиноватые и дробленые породы верхних частей земной коры или с выходом гидротерм на поверхность в виде горячих струй. Зона разгрузки контролируется тектоническими барьерами.



1 — восходящий поток глубинного флюида; 2 — нисходящие инфильтрационные воды глубинной циркуляции и вода, выделяющаяся при дегидратации пород на глубине; 3 — подземные вадозовые воды; 4 — контур гидротермальной системы; 5 — изотермы гидротермальной системы (°C); 6- кварциты; 7 — серицитовые кварциты; 8 — углисто-кварц-серицитовые сланцы, углеродистые сланцы.

Физико-химическая обстановка гидротермального рудообразования

Химический состав растворов. Представления о солевом составе гидротермальных рудообразующих раст-ов основыв-ся **на данных хим анализа вод** современных термаль источников, отлагающих рудн минералы, **на составе газовой-жидких включений в минералах**, а также на материале изучения **минер-го состава рудных тел и зон** окolorудных изменений.

Основными компонентами г/т раст-ов, **помимо воды**, яв-ся **углекислота, кремнекислота и хлориды щелочей**. В меньших концентр-ях устанавли-ся сульфат-ион, фтор, кальций, литий, магний, а из газовых компонентов-азот, водород, метан. Для некот-х типов гидротерм хар-но присутствие соединений серы. Химический состав гидротерм можно определять соотношением элементов катионной (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионной (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) групп. В малых количествах в растворах присутствуют металлы Fe, Mn, Cu, Pb, W, Sn, Sr, Hg и др. Концентрация растворов находится в пределах 2-16% изредка достигает 40%.

Доминирующая роль в солевом составе растворов играет натрий и хлор. Содержание NaCl в разных месторождениях колеблется в солевом составе гидротерм от 5 до 40% (в среднем 18%). Важным компонентом г/т раств является CO_2 содержание ее достигает 200-300 г/л. Концентрация F во включениях в минералах во много раз ниже концентрации Cl. Сероводород не превышает 0,1 моль/литр. Сера достигает 10 г/литр. Другие анионы присутствуют в малых концентрациях.

- **Кисотно-щелочные свойства растворов.** Кислотность рудообразующих растворов закономерно изменяется в ходе минералообразования.
- Коржинский выделил 4 стадий:
 - 1) раннюю (высокотемпературную) щелочную;
 - 2) кислотную;
 - 3) позднюю щелочную, наступающую с понижением температуры; 4) заключительную нейтральную.
- Выдвинул гипотезу «опережающей волны», согласно модели, в потоке гидротермальных растворов, вследствие кислотного фильтрационного эффекта, возникает опережающая волна кислотных компонентов, фильтрующихся быстрее основных компонентов.
- Постепенное охлаждение раствора приводит к направленному изменению его кислотно-основных свойств. Хлоридные и углекислые растворы оказываются более щелочными, чем чистая вода, при высоких температурах затем, по мере понижения t они опускаются в более кислую область и, переходя через минимум, вновь приобретают щелочные значения.
- Падение давления всегда способствует появлению щелочных стадий.
-

Форма переноса минеральных соединений

Главные параметры гидротермальных систем

Температура.

- В общем виде развитие процесса г/т рудообразования происходит в направлении от высоких давлений и температур к низким.
- Минералообразование в г/т м-ях происходит **в усл падения темп.** Начальная Т г/т процесса 600°C , затем, постепенно понижаясь, она достигает $50-40^{\circ}\text{C}$. На одном из свинцово-цинковых местор Кавказа температур падает от 250 до 40°C , в аналогичных мест-ях Заб-я – от 450 до 75°C , в Березовском и Качкарском золоторудных мест-ях соответственно от 420 до 70°C от 470 до 40°C .
- Т образов руд золота не выходит за пределы $220 - 180^{\circ}\text{C}$, молибдена – $370 - 300^{\circ}\text{C}$, вольфрама – $350 - 280^{\circ}\text{C}$. Для кварца характерна одинаковая вероятность его образования в широком интервале температур: от 400 до 100°C .

Давление

- Внутренне давление в г/т сис-ме не соответст-т не то гидростатич-му (100 атм/км), но и литостатич-му (250 – 270 атм/км). Оно больше, и именно благодаря избыточн давлению происходит восходящее движ-е г/т растворов.
- Рудообразов осущ-ся при давл от неск-х единиц и первых сотен до 2000 бар. Ранние высокотемп минер-ые ассоциации формир-ся при более выс давл, чем поздние. Для близповерхн-х вулканогенно-г/тер мест-ий хар-ны колебания давления. Н-р в Чукотке на золото-серебр м-и во время рудн процесса давл колебалось от 280 до 5 бар.

Современные гидротермальные месторождения

- Это термопроявления в областях новейшей тектономагматической активизации, сопровождающейся восходящим потокам гидротерм с температурами 200-300°C на глубинах в первые сотни метров и интенсивным минералообразованием в зоне разгрузки. Они используются как источники энергии (геотермальные мест-я), как бальнеологические. Геотерм. Мест-ми наз-т естественные скопления в верхних горизонтах земной коры горячих газов, паров, термальных вод. Электростанции в Италии, Новой Зеландии, США, Японии, Исландии, Мексике, на юге Камчатки.

Геологические условия локализации месторождений

Современные гидротермальные системы приурочены к глобальным континентальным и срединно-океаническим поясам альпийского орогенеза. Они широко развиты в пределах Тихоокеанского сегмента Земли, в вулканах Камчатки, Курильских островов Японии, Н. Зеландии и тяготеют к зонам повышенной плотности эпицентров коровых землетрясений.