

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гидротермальные месторождения представляют собой промышленные минеральные скопления, созданные циркулирующими под поверхностью Земли горячими, обогащенными полезными компонентами газовой-жидкими растворами. Минеральные вещества чаще всего переносятся в гидротермальных растворах в форме истинных или коллоидных растворов минералов.

Гидротермальные месторождения формируются на больших глубинах — порядка 3.5 км и более, умеренных—1-3 км и на малых — менее 1 км или вблизи земной поверхности. Примерная глубина формирования гидротермальных месторождений может быть установлена на основе геологических, морфологических, текстурно-структурных и минералогических критериев.

Классификация гидротермальных месторождений по температуре образования

1) **высокотемпературные месторождения** формировались при температурах 500-300°C; значительную роль играли летучие компоненты. Высокотемпературные гидротермальные месторождения возникают как на больших и средних глубинах, так и в условиях, близких к земной поверхности; но *преобладают месторождения глубинные*. Месторождения обычно связаны с кислыми интрузивными породами (гранитами, гранодиоритами и др.) и залегают как в самих интрузивах, так и в породах кровли — осадочных, метаморфических и даже эффузивных, но близко от интрузивных пород.

Характерные особенности:

- формы рудных тел — жилы неправильные, рубцовые, типа конского хвоста, часто — штокверки, изредка залежи вкрапленных руд.
- размеры рудных тел чаще средние и небольшие, реже весьма крупные.
- руды имеют преимущественно массивную текстуру, бывают и жилообразные, вкрапленные.

Вещественный состав руд определяется, в первую очередь, минералами с минерализаторами (флюорит, топаз, берилл, турмалин, хлорит). Характерны и высокотемпературные минералы: магнетит, гематит, пирротин, касситерит, вольфрамит, золото, графит, апатит и др. Встречаются и среднетемпературные: халькопирит, сфалерит, галенит. Главные жильные минералы — кварц, полевые шпаты, мусковит, литиевые слюды, флюорит, скаполит, амфибол, родонит, гранат.

Высокотемпературные околорудные изменения боковых пород: грейзенизация, турмалинизация и скарнирование.

Выделяют несколько типичных формаций глубинных месторождений.

Формация кварц-золоторудная — месторождения Кочкарское (Урал), Коммунар (Западная Сибирь), Колар (Индия), Корнуэлл (Англия). Кварцевые жилы содержат сульфиды (пирит, пирротин, арсенопирит и др.), с ними связано тонкорассеянное золото.

Формация кварцево-вольфрамитовая — Джидинское (Холтосонское) месторождение в Бурятии, месторождения Португалии и Китая. Кварцевые жилы содержат гюбнерит, реже сульфиды.

Формация кварц-молибденитовая — месторождение Восточный Коунрад, образованное кварцевыми жилами с молибденитом, сопровождающимся пиритом и вольфрамитом.

Высокотемпературные гидротермальные месторождения неметаллических полезных ископаемых: месторождения графита (Шри Ланка), апатита (Кесерес в Испании), корунда, силлиманита и кианита (Семизбугу в Казахстане и Чайнытское в Якутии).

2) **среднетемпературные месторождения** формируются при температурах 300-200°C на умеренных и больших глубинах, а также в приповерхностных условиях. Участие летучих веществ в рудообразовании очень ограничено, за исключением газов H_2S , CO_2 , F.

Месторождения этого типа имеют большое практическое значение. Из них добывают основную массу цветных металлов (медь, свинец, цинк), значительную часть молибдена и олова, большую часть золота и серебра, урановые руды и почти целиком продукцию таких нерудных ископаемых, как асбест, магнезит, горный хрусталь, значительную часть плавленого шпата.

Характерные особенности:

- формы рудных тел – простые жилы, встречаются и седловидные, сетчатые, лестничные, иногда линзы, пластообразные залежи и штоки
- текстуры руд – массивные, вкрапленные, полосчатые, жильные, слоистые.

Вещественный состав руд: рудные минералы – золото, серебро, гематит, сидерит, пирит, арсенопирит, халькопирит, борнит, галенит, сфалерит, кобальтин, урановая смолка, касситерит.

Среднетемпературные околорудные изменения боковых пород: серицитизация, березитизация, окварцевание, хлоритизация, лиственитизация.

Среднетемпературные гидротермальные месторождения неметаллических полезных ископаемых многочисленны. Среди них можно отметить ряд важных промышленных объектов: месторождения хризотил-асбеста (Баженовское и Джетыгаринское) на Урале, Ильчирское и Молодежное в Восточной Сибири, месторождения Канады и Южной Африки; месторождения амфибол-асбеста Сысертское на Урале, месторождения ЮАР; месторождения талька и талькового камня Шабровское и Миасское на Урале, Онотское в Восточном Саяне; магнезитовые месторождения Саткинское на Урале и Савинское в Восточном Саяне; месторождения плавленого шпата Абагайтуйское и др. в Забайкалье, Аурахматское в Казахстане, Такобское в Таджикистане.

Для месторождений *приповерхностных* следующие формации.

Формация Си (колчеданные руды): месторождения Кавказа и Закавказья — Аллаверды, Шамлуг и др., залегающие среди молодых (юрских) вулканогенных пород. Руды состоят из пирита халькопирита, сфалерита, блеклых руд и борнита. Из нерудных минералов в большом количестве встречается гипс. Для этих месторождений очень характерны колломорфные текстуры руд. Из уральских колчеданных месторождений к этому типу близки Блявинское месторождение Оренбургской области, а из зарубежных — Церро-де-Паско в Перу.

Формация Со—Ni—As: месторождение Кобальт в Канаде, представленное карбонатными жилами в древних вулканогенных породах и конгломератах. Минеральный состав руд очень сложен: серебро, висмут, никелин, брейтгауптит, шмальтин, аргентит, кобальтин, дискразит, прустит, пираргирит и др. Характерны колломорфные текстуры руд.

Формация Со—Ni—As—U: месторождение Большого Медвежьего озера в Канаде. Представляет собой веерообразную систему кварцевых жил в гранитах. Минеральный состав жил сложный: магнетит, пирит, сульфоарсениды и антимониды никеля и кобальта, висмутин, галенит, сфалерит, аргентит, урановая смолка и др. Широко развиты метакolloидные текстуры руд.

3) **низкотемпературные месторождения** образуются при температурах 200-50°C. Низкотемпературные месторождения располагаются обычно очень далеко от магматических очагов и поэтому вмещающими породами для них являются осадочные или вулканогенные и изредка интрузивные. Связь с магматическими очагами для этих месторождений устанавливается с трудом и очень редко.

Экономическое значение их, особенно для золота и серебра, очень велико. Кроме того, из месторождений этого типа поступает вся мировая продукция ртути, сурьмы, исландского шпата, алунита и барита.

Характерные особенности:

- преобладает плитовидная, жильная и линзовидная форма рудных тел
- вещественный состав руд: киноварь, антимонит, реальгар, аурипигмент, золото и серебро в самородном виде, теллуриды и селениды золота и серебра, самородная медь, халькопирит, тетраэдрит, халькозин, энаргит, галенит, сфалерит, аргентит, сложные сульфоантимониты и сульфоарсениды серебра (пираргирит, прустит, стефанит), марказит, кальцит, халцедон, флюорит, барит, алунит. Главные жильные минералы: кварц, халцедон, опал, карбонаты (кальцит, родохрозит), барит, алунит, каолинит, цеолиты и адуляр.
- друзовые, колломорфные, кокардовые, крустификационные, брекчиевые текстуры руд.

Низкотемпературные околорудные изменения вмещающих пород: пропилитизация, аргиллизация, алунитизация (оквасцевание), каолинизация, окремнение.

Формации глубинных и приповерхностных месторождений Низкотемпературные гидротермальные месторождения могут быть подразделены на глубинные и приповерхностные, причем последние преобладают. Выделяют две главные формации глубинных месторождений.

Формация сурьмяная: месторождения Кадамжай (Средняя Азия), Тургайское (Казахстан), Си-Гауань-Хань (Китай). Главный рудный минерал — сурьмяный блеск, встречающийся в кварцевой или кремнисто-карбонатной жильной массе.

Формация ртутная и ртутно-сурьмяная: месторождения Никитовское (Донбасс), Хайдаркан (Средняя Азия), Альмаден (Испания). Руды представлены киноварью, которая иногда ассоциирует с сурьмяным блеском и пиритом. Жильными минералами обычно являются кварц, кальцит и флюорит.

Некоторые исследователи причисляют сюда месторождения медистых песчаников (типа Джезказгана) и пластовые свинцово-цинковые (типа хр.Каратау). Эти месторождения, называемые телетермальными.

Среди *приповерхностных низкотемпературных месторождений* выделяются следующие формации.

Формация Au—Ag—Pt: месторождения Криплъ-Крик в Колорадо, Комсток в Неваде, Нагиаг в Венгрии, месторождения Сибири. Характерна связь месторождений с молодыми вулканогенными породами, подвергшимися пропилитизации.

Рудные минералы — золото, серебро, калаверит, креннерит, гессит, сильванит, нагиагит, пираргирит, полибазит; иногда встречаются пирит, марказит, аргентит, стибнит и др. Жильные минералы — кварц, халцедон, адуляр, флюорит, карбонаты. Текстуры руд: друзовая, кокардовая, брекчиевидная.

Формация As: месторождение Пахука в Мексике, представляющее собой крупную жилу в андезитах и дацитах. Рудные минералы — пирит, галенит, аргентит, стефанит, полибазит; нерудные — кварц, халцедон, опал, сидерит, адуляр. Текстуры руд — брекчиевидная, полосчатая, жеодовая, крустификационная. Вмещающие породы подвергались пропилитизации, окремнению и каолинизации.

Формация Hg: месторождение Монте-Амиата в Италии. Ртутное оруденение в виде киновари связано с трахитами.

Ценным поисковым признаком гидротермальных месторождений является гидротермальное изменение пород, нередко оно затрагивает значительные участки, в несколько раз превосходящие по мощности включенные в них рудные жилы.

Основные типы гидротермально-измененных пород и их признаки

Высокотемпературные

Грейзенизация - высокотемпературный процесс пневматолит-гидротермального изменения интрузивных, осадочных, метаморфических и частично эффузивных пород. Минеральный состав грейзенов: кварц 40—70 %; мусковит и литиевые слюды до 40 %; турмалин, топаз, флюорит до 20%; рудные минералы (касситерит, вольфрамит, пирит, арсенопирит, висмут, молибденит, пирротин и др.) до 10%. В небольшом количестве присутствуют берилл, хлорит, рутил, серицит и др.

Грейзены являются не только важным поисковым признаком на редкометалльные руды, но и сами используются как месторождения олова, вольфрама, лития и бериллия.

Скарнирование — высокотемпературный метасоматоз карбонатных, реже силикатных пород, конечные породы которого представлены горными породами определенного состава — скарнами. Глубины скарнообразования оптимальны на интервале 0,2 — 0,5 км.

По составу исходных пород скарны разделяются на три типа: известковый, магнезиальный и силикатный.

Известковые скарны наиболее распространены в природе и образуются по известнякам. Их состав: гранаты рядаgrossуляр-андрадит и пироксены ряда диопсид-геденбергит. Иногда

широко развиты везувиан, волластонит, скаполит, амфиболы, эпидот, магнетит, карбонаты, кварц.

Магнезиальные скарны более редки. Они возникают при замещении доломитов и состоят из диопсида, форстерита, шпинели, флогопита, монтчеллита, гумита, серпентинита, паргасита, людвигита и реже других минералов.

Силикатные скарны относятся к редким образованиям. Они формируются при замещении глубинных изверженных пород среднего и основного состава (гранодиориты, сиениты, траппы). Наиболее характерным минералом силикатных скарнов является скаполит. В остальном их состав мало отличается от известковых скарнов.

Наиболее распространённые минералы скарнов: магнетит, гематит, шеелит.

Из самородных элементов встречается золото.

Среднетемпературные

Серицитизация — процесс изменения полевошпатовых пород кислого и среднего состава (граниты, кварцевые диориты), а также эффузивов, туфов, метаморфических и осадочных пород. Химическая сущность процесса серицитизации заключается в выносе из породы натрия, магния, кальция и привносе калия, а также воды и кислотных радикалов.

Минеральный состав серицитсодержащих пород: серицит, кварц, карбонаты, рутил, хлорит, сульфиды (пирит, халькопирит и др.). Менее постоянные минералы: турмалин, флюорит, барит, тальк, эпидот. Серицит образуется главным образом в результате разложения полевых шпатов, но может получаться также за счет биотита, андалузита, топаза, хлорита. Серицитизация наиболее характерна для месторождений цветных металлов; кроме того, в ряде редкометальных (Sn, W, Mo, Bi) и золоторудных месторождений. Мощность зон серицитизации обычно значительно превосходит мощность рудных залежей, что имеет важное поисковое значение.

Березитизация - разложение полевых шпатов, новообразование за счет их серицита и кварца с одновременной пиритизацией породы. Следовательно, березиты – это кварц-серицитовые породы, образовавшиеся в результате гидротермально-метасоматического изменения гранитов. Отличительная особенность березитов—присутствие довольно крупных кристаллов серицита, которые могут быть отнесены к мусковиту. Кроме Березовского месторождения эти породы встречаются и на других золоторудных и редкометальных месторождениях.

Окварцевание — широко развитый гидротермальный процесс, которому подвергаются осадочные и изверженные породы. При этом сланцы и мелкозернистые песчаники переходят в роговики, известняки — в кремнистые известняки. Важное значение имеет окварцевание кислых и средних изверженных пород (порфиоров), переходящих в так называемые вторичные кварциты.

Минеральный состав: кварц, серицит, пирит, гематит, рутил, алунит, каолинит, пиррофиллит, андалузит, диаспор, корунд, топаз и др. Вторичные кварциты имеют крупное промышленное значение как месторождения медных и медно-молибденовых руд, а также глиноземистого, огнеупорного сырья. Также установлена связь с вторичными кварцитами месторождений золота и полиметаллов.

Хлоритизация редко проявляется самостоятельно и большей частью тесно связана с серицитизацией, турмалинизацией, окремнением и пропилитизацией. Хлоритизация главным образом проявляется на медноколчеданных, полиметаллических, золоторудных и других гидротермальных средне- и низкотемпературных месторождениях. Минеральный состав хлоритизированных пород: хлорит, кварц, серицит, иногда биотит, амфиболы, турмалин, гранат, карбонаты.

Лиственитизация — процесс гидротермального изменения ультраосновных и основных пород, происходящий за счет растворов, содержащих значительное количество углекислоты. В результате этого процесса образуется лиственит — зернистая порода серовато-зеленого цвета, состоящая из карбоната (преимущественно магнезиально-железистого), кварца, фуксита (хромовой слюды) и хлорита. Иногда присутствует вкрапленность пирита. Листвениты могут

образоваться за счет змеевиков, габбро и порфириров. Эти породы широко развиты, например, на Березовском и Пышминско-Ключевском месторождениях Урала.

Низкотемпературные

Пропилитизация — гидротермальное изменение средних и основных эффузивных пород (андезитов, дацитов, базальтов) и реже кислых (риолитов и др.). при котором темноцветные компоненты породы разлагаются и за их счет образуются хлорит и эпидот.

Химизм процесса пропилитизации заключается в выщелачивании натрия и частично калия и потере некоторого количества кальция и магния. В результате этого процесса образуются измененные породы зеленого или светло-зеленого цвета, весьма характерные для золото-серебряных месторождений.

Аргиллизация — низкотемпературный метасоматический процесс, обусловленный проявлением поствулканической деятельности, приводящей к замещению исходных минералов вулканической породы глинистым веществом.

Алунитизация (или оквасцевание) — сравнительно низкотемпературный процесс, происходящий вблизи поверхности земли и захватывающий иногда большие площади. В результате этого в районе вулканической деятельности кислые и средние полевошпатовые породы изменяются под воздействием сольфатар. Минеральный состав алунитовых пород: алунит, кварц, пирит, серицит, пирофиллит, каолинит, и др. Скопления алунита представляют собой не только рудоносную породу, но и самостоятельные месторождения квасцового камня, как, например, Загликское месторождение в Закавказье.

Каолинизация — изменение полевошпатовых пород под воздействием кислых вод, содержащих углекислоту, а также гуминовую или серную кислоту и фтористый водород. В результате этого процесса накапливается каолинит или дикицит; кроме того, в измененной породе присутствуют кварц, рутил, пирит, гематит и как примеси диаспор, алунит, серицит.

Окремнение — процесс образования вторичного кварца и халцедона вблизи рудных залежей; иногда содержание кремнезема во вмещающих породах достигает 90%. В результате образуются вторичные кварциты — продукты окремнения, характеризующиеся постоянным присутствием кварца, рутила, сульфидов (или окислов) железа; а также джаспероиды — низкотемпературные метасоматиты, сложенные микрозернистым кварцем и часто содержащие переотложенное углеродистое вещество, развивающееся по карбонатным породам. С окремненными породами часто связаны свинцовое, цинковое, ртутное, сурьмяное оруденения, м-ния флюорита.

Сольфатары — сернистые фумаролы, выделяют пары воды, возгоны серы, гипса, разных квасцов и сульфатов из мелких каналов и трещинок в кратере и на склонах вулканов, из лавовых и пирокластических потоков. Температура сольфатар достигает 100 — 300°C. Некоторые сольфатары выделяют серу в промышленных количествах.