Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LV, вып. 2, 1968 г.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ОКОЛО КВАРЦЕВЫХ ТЕЛ И ХРУСТАЛЬНЫХ ГНЕЗД

(на примере одного из месторождений горного хрусталя Урала)

А. И. Бочкарев

Вопросам гидротермального изменения вмещающих пород на отечественных месторождениях горного хрусталя посвящена обширная литература [Бергер, 1966; Захарченко, 1955; Карякин, 1955; 1958; Пузанов, 1960; Смирнова, 1958; Токмаков, 1960; Эшкин, 1963 и др.]. Поскольку большинство месторождений горного хрусталя приурочено к кварцсодержащим породам, естественно, что в поле внимания исследователей попали главным образом песчаники, кварц-слюдистые сланцы и различные гранитоиды. Однако значительные промышленные скопления горного хрусталя известны и в карбонатных породах. Таково одно из месторождений Урала, несколько лет исследовавшееся В. Д. Эшкиным, опубликовавшим ряд работ по его геологии, генезису [1960, 1964] и по вопросу гидротермального изменения вмещающих пород [1963].

Описываемое месторождение [Бочкарев, 1965] расположено в крупной линзе мраморов северо-восточного падения и северо-западного склонения средней мощности 200 *м*. На северо-востоке она контактирует с апофизом Ошкыяншорского гранитоидного массива, на юго-западе — с кристаллическими сланцами и мелкими отторженцами массива.

Долгое время считалось, что по составу мраморы месторождения относятся к кальцитовым, реже — доломитовым или смешанным разностям [Эшкин, 1963]. Для выявления подлинной картины распространения на месторождении различных по составу карбонатных пород нами в 1963—1964 гг. был применен метод газообъемного анализа, разработанный Н. Ф. Майоровым [1961]. Были опробованы все основные горизонты подземных выработок и составлен вертикальный разрез месторождения (по восстающим). При отборе проб особое внимание обращалось на геологическую документацию профилей для исключения из фонового опробования участков гидротермально измененных мраморов, для которых пробы отбирались по специальным детализированным профилям.

Средний состав мраморов месторождения, определенный статистической обработкой около 1200 фоновых проб, следующий: доломита

Характерно, что на описываемом месторождении отсутствуют явления магматического замещения, в частности, такие типичные образования, как магнезиальные скарны *.

В. А. Жариков [1959] убедительно доказал, что магнезиальные скарны тесно связаны с процессами гранитизации доломитов, которая при этом рассматривается как инфильтрационное магматическое замещение под воздействием восходящих «сквозьмагматических растворов». Обязательным условием такого замещения доломитов является повышение щелочности образующихся гранитоидных пород. Однако породы Ошкыяншорского интрузива, как уже упоминалось, относятся к гранитоидам пониженной щелочности. Никаких явлений, связанных с повышением их щелочности на контакте с доломитовыми мраморами, не наблюдалось. Не образовывались и магнезиальные скарны.

Постмагматические образования месторождения связаны преимущественно с кислотной и поздней щелочной стадиями постмагматических процессов, по классификации Д. С. Коржинского [1953]. Образований ранней щелочной стадии на месторождении не встречено. Объясняется это, по-видимому, тем, что ранняя щелочная стадия начинается под воздействием трансмагматических растворов магматического этапа [Коржинский, 1966], т. е. связана с процессами гранитизации, которые для описываемого месторождения не характерны.

Постмагматические образования кислотной стадии охватывают широкий температурный интервал, от высоко- до низкотемпературных фаций, и сложены различными минералами. К этим образованиям относятся везувиан-гранат-пироксеновые роговики **, зоны эпидот-тремолитовых и тремолит-актинолитовых пород, серпентинизации и флогопитизации, а также зоны серицитизации и отальковання.

Поскольку все перечисленные породы являются кремнийсодержащими, хотя и залегают в бескварцевых мраморах, очевидно, что SiO_2 для их образования приносилась извне гидротермальными растворами. Данные газообъемного анализа свидетельствуют о том, что на контакте со всеми вышеупомянутыми образованиями вмещающие доломитовые мраморы подвергались окварцеванию и раздоломичиванию (кальцитизации). Содержание кремнезема на контакте зоны тремолитизации (рисунок, *г*) с вмещающими мраморами достигает в последних 40%, а кальцита 58%, т. е. доломитовый мрамор превращается в кварц-кальцитовую породу.

Окварцевание вмещающих мраморов свидетельствует об избытке SiO_2 в этот период. Это обстоятельство и позволяет отнести все перечисленные образования к кислотной стадии постмагматических процессов, так как Д. С. Коржинским [1964] доказано, что кислотность их прямо пропорциональна содержанию в растворе SiO_2.

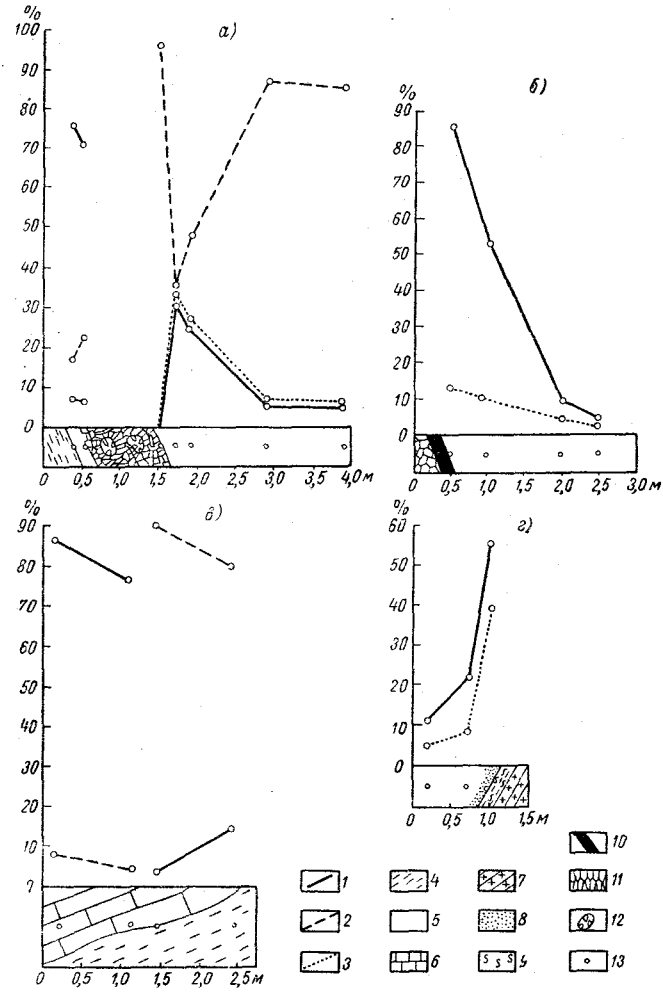
Наличие повышенного содержания кремнезема в постмагматических растворах Ошкыяншорского интрузива объясняется, по-видимому, его петрохимическими особенностями. Зоны раздоломичивания (кальцитизации), сопровождающие явления кислотной стадии, свидетельствуют о подвижном поведении магния, что характерно для постмагматических процессов в условиях средних и малых глубин [Жариков,

---

* Под магнезиальными скарнами в данном случае подразумеваются породы, сложенные безводными железо-магнезиальными силикатами.

** Термин «контактные роговики» в данном случае следует понимать в том, смысле, который придает ему В. А. Жариков [1959], считая обязательным условием возникновения подобных образований циркуляцию постмагматических растворов и некоторые метасоматические преобразования породы.

1959; Коржинский, 1953]. В силу специфической пересыщенности постмагматических растворов SiO_2 в данном случае большая часть магния не уносится, а остается на месте в виде флогопита, серпентина, талька. Анализ фактического материала показывает широкое развитие процессов замещения в образованиях, связанных с кислотной стадией, что прежде всего объясняется полярностью химизма взаимодействующих сред: кислотных растворов и щелочных боковых пород. Кальций в этот период ведет себя как инертный компонент, оставаясь на месте в виде кальцита.



Характер изменения доломитовых мраморов по данным газообъемного анализа на контакте с хрустальными гнездами *а*, кварцевым телом *б*, жилой крупнокристаллического кальцита *в*, зоной тремолитизации *г*:

1 — содержание кальцита, *2* — содержание доломита, *3* — содержание кремнезема, *4* — кварц-слюдистые сланцы, *5* — доломитовые мраморы, *6* — крупнокристаллический кальцит, *7* — рассланцованные плагиограниты, *8* — окварцевание, *9* — тремолитизация, *10* — мелкозернистый жильный кварц, *11* — крупнозернистый жильный кварц, *12* — хрустальные гнезда, *13* — места взятия проб

Наиболее высокой концентрации SiO_2 в постмагматических растворах соответствует по времени образование на месторождении кварцевых тел, т. е. стадия максимального кислотного выщелачивания. В этот период получили наибольшее развитие и процессы замещения, так как

все компоненты вмещающих доломитовых мраморов становятся подвижными. Оставаться на месте эти компоненты могли только при наличии связующих элементов в поступающих гидротермальных растворах. Тот факт, что кварцевые тела месторождения представляют собой, как правило, мономинеральные образования, свидетельствует об относительной стерильности растворов, их сформировавших. В качестве реликтов замещенных доломитовых мраморов среди кварцевых тел встречаются зерна кальцита или целые куски породы. Газообъемный анализ таких кусков показал, что они сложены раздоломиченными и окварцованными мраморами (доломита 12, кальцита 56, кремнезема 32%).

Аналогичным изменениям — окварцеванию и раздоломичиванию — подвергаются вмещающие кварцевые тела карбонатные породы (рисунок, *б*). Характерно, что с повышением содержания кальцита порода становится более крупнозернистой (величина зерен возрастает до 2 *мм*, что отмечал и В. Ю. Эшкин). Мощность зоны изменения околокварцевых тел находится в прямой зависимости от размеров последних и достигает 1,5—2 *м*, будучи, как правило, более значительной у лежачего зальбанда тел.

Довольно обычным для кварцевых тел месторождения является появление на завершающих этапах их формирования кальцитовых прожилков, которыми как бы заканчивается образование кварцевых тел — стадия «поздних карбонатов» [Буряк и др., 1966]. Появление их легко объяснить, если учесть, что в конечные этапы образования кварцевых тел в растворах находились все щелочные компоненты (Ca и Mg) замещенных доломитовых мраморов, а количество SiO_2 было пониженным. В этих условиях растворы из кислотных превращались в нейтрально-слабощелочные и соответственно осаждение минералов [Коржинский, 1966] происходило в порядке, обратном их растворению. Образование прожилков кальцита считается нами началом поздней щелочной стадии постмагматических процессов на описываемом месторождении *. Прожилки и жилы кальцита обнаруживают четкую приуроченность к трещиноватым зонам. Данные газообъемного анализа также свидетельствуют об отсутствии постепенного перехода между прожилками и вмещающими породами (см. рисунок, *в*).

К явлениям поздней щелочной стадии на описываемом месторождении нами относится и формирование хрустальных гнезд. В результате насыщения щелочами (Ca, Mg), заимствованными из вмещающих доломитов мраморов, и осаждения кремнезема первично кислотные растворы становились недосыщенными SiO_2. Этот редкий, но вполне реальный случай эволюции постмагматических растворов имел в виду Д. С. Коржинский [1953], рассматривая процесс охлаждения растворов при просачивании их через породы основного состава. Поэтому параллельно с осаждением кальцита на месторождении имело место растворение и переотложение кремнезема. О том, что шло именно растворение, выщелачивание жильной массы кварцевых тел, свидетельствует часто наблюдаемая кавернозная ноздреватая текстура последних вблизи наложенных хрустальных гнезд, а сами гнезда в таких случаях напоминают полости растворения. Возможно, что некоторые друзы кристаллов кварца в гнездах при этом являются корками растворения [Коржинский, 1950].

---

* Прожилки кальцита совершенно отличны от зон кальцитизации, сопровождающих процессы кислой стадии. В первом случае мы имеем дело с подвижным кальцием, вынесенным из вмещающих пород и переотложенным в трещинах, во втором — с инертным кальцием, остающимся при метасоматических явлениях в породе.

Анализы вытяжек из газово-жидких включений в кальците, образовавшемся на заключительных стадиях формирования кварцевых тел месторождения, свидетельствуют о нейтральном характере растворов в этот период (pH=6,8) [Пизнюр, 1959]. По данным В. А. Смирновой [1958], для состава включения в кристаллах кварца месторождений pH=7,4—8,7, что соответствует слабощелочной реакции гнездообразующих растворов. Щелочность этих растворов подтверждается минеральным составом гнезд и характером изменения вмещающих пород. В отличие от мономинеральных кварцевых тел гнезда месторождения содержат сульфиды, вольфроматы, карбонаты. Известно [Жариков, 1959; Бетехтин, 1953; Коржинский, 1953], что одной из причин осаждения рудных минералов является нейтрализация первично кислотных растворов, их переход в нейтрально-слабощелочное состояние. Данные химических анализов вмещающих пород [Эшкин, 1963] показывают повышение содержания в них K_2O (соединения сильного щелочного элемента) и Al_2O_3 по мере приближения к хрустальному гнезду. Эти компоненты входят в состав мусковита, который иногда образует макроскопически заметную оторочку около хрустальных гнезд. Поскольку вмещающие породы (доломитовые мраморы) K и Al не содержат, приходится предполагать, что они заимствованы растворами из магматического очага, как и Ph, Zn, W, Cu, и потребовалось лишь изменение режима щелочности-кислотности для осаждения этих элементов.

Интересные результаты дал газообъемный анализ вмещающих доломитовых мраморов около хрустальных гнезд, наложенных на кварцевые тела. На рисунке, *а* приведена серия проб с одного из горизонтов месторождения. График содержания основных минералов показывает, что по мере приближения к гнездам содержание кремнезема и кальцита в породе вначале возрастает, а затем падает. Содержание доломита, наоборот, сначала уменьшается, а затем увеличивается. Таким образом, наблюдается наложенный на процессы окварцевания и раздоломичивания, связанные с формированием кварцевых тел (растворы с кислотной реакцией), процесс десиликации и доломитизации, связанный с образованием хрустальных гнезд (растворы со щелочной реакцией). Сходные данные приводятся В. Ю. Эшкиным по гидротермальным изменениям около хрусталеносных кварцевых жил месторождения без разделения этих изменений на околожильные и окологнездовые [1963].

На основании изложенного материала, кварцевые тела и хрустальные гнезда месторождения можно рассматривать как разновременные продукты одной стадии гидротермальной минерализации, признавая возможным существование в одной такой стадии двух циклов, противоположных по характеру кислотно-основного взаимодействия, как это предполагает И. Н. Кигай [1966]. Эволюция первично-кислотных растворов до щелочных связана в данном случае не столько с возможным уходом волны кислотности в связи с остыванием растворов [Коржинский, 1966], сколько с взаимодействием постмагматических растворов с вмещающими щелочными породами.

ЛИТЕРАТУРА

Бергер В. И. Особенности гидротермальных изменений вмещающих пород на Алданских месторождениях горного хрусталя. В сб. «Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании». Недра, 1966.

Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. В сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1953.

Бочкарев А. И. Об образовании кварцевых тел и хрустальных гнезд в карбонатных породах. Зап. ЛГИ, т. XLIX, вып. 2, 1965.

Буряк В. А. и др. О влиянии состава вмещающих пород на развитие докембрийского золотого оруденения. ДАН СССР, т. 169, № 2, 1966.

Виталь Д. А. и др. Известково-доломитовые породы верхнего карбона северо-западной части Самарской Луки. Тр. ГИН АН СССР, вып. 4, 1956.

Жариков В. А. Геология и метасоматические явления скарново-полиметаллических месторождений Западного Карамазара. Тр. ИГЕМ АН СССР, вып. 15, 1959.

Захарченко А. И. Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил. Госгеолтехиздат, 1955.

Карякин А. Е. Вмещающие породы — источник материала для минералов хрустальных гнезд. Зап. ЛГИ, т. XXX, вып. 2, 1955.

Карякин А. Е. Об источнике кремнезема кварцевых жил и хрустальных гнезд Приполярного Урала. Тр. ВНИИП, т. 2, вып. 1, 1958.

Кигай И. Н. О пульсационной теории, стадиях гидротермального минералообразования и зональности оруденения. В сб. «Вопр. генезиса и закономерности размещения эндогенных месторождений». Наука, 1966.

Коржинский Д. С. Факторы равновесия при метасоматозе. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1950.

Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов. В сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1953.

Коржинский Д. С. Проблема кислотно-основного взаимодействия. Тезисы докл. на съезде ВМО. Ртп ЛГИ, 1964.

Коржинский Д. С. Общие закономерности постмагматических процессов В сб. «Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании». Недра, 1966.

Майоров Н. Ф. Газообъемный метод анализа карбонатных пород. Зап. ЛГИ, т. XLII, вып. 2, 1961.

Пизнюр А. В. Некоторые замечания о характере минералообразующих растворов при образовании хрусталеносных жил Приполярного Урала. ЗВМО, ч. 88, вып. 2, 1959.

Пузанов Л. С. Околожильные изменения и роль вмещающих пород при формировании хрустальных жил в скарнах. ЗВМО, ч. 89, вып. 3, 1960.

Смирнова В. А. Об ореолах выщелачивания вокруг хрустальных гнезд Приполярного Урала. Тр. ВНИИП, т. 2, вып. 1, 1958.

Токмаков П. П. Некоторые данные о химизме околожильных изменений и источнике вещества хрустальных кварцевых жил Алдана. Тр. ИГЕМ АН СССР, вып. 40, 1960.

Ферсман А. Е. Избранные труды, т. IV. Изд-во АН СССР, 1958.

Эшкин В. Ю. Некоторые особенности генезиса и минералогии месторождения горного хрусталя в мраморах на Приполярном Урале. Тр. ВНИИП, т. 3, вып. 2, 1960.

Эшкин В. Ю. Гидротермальные изменения карбонатных пород около хрусталеносных жил. ЗВМО, ч. 92, вып. 1, 1963.

Эшкин В. Ю. Об источниках минералообразующих компонентов на примере одного из хрусталеносных месторождений Приполярного Урала. ЗВМО, ч. 93, вып. 6, 1964.