

рудопроявления Звонкий, подсчитанные по кат. P_1 , которые составляют 8560,4 т [6].

Для Супкайской W-Sn (Au) потенциально рудоносной площади ($S \approx 1200 \text{ км}^2$) ВИМС выполнил (2018 г.) расчеты предполагаемого количества прогнозных ресурсов триоксида вольфрама (WO_3) кат. P_3 . Расчеты выполнялись с учетом вероятной удельной продуктивности ($g = 15\text{--}20 \text{ т/км}^2 \text{ WO}_3$ [4, 6]) для типовых рудно-формационных и ГПТ месторождений вольфрама (рудные узлы месторождений Восток-2, Лермонтовское), локализованных в пределах Центральной Сихотэ-Алинской минерагенической зоны (рис. 1).

Расчеты выполнялись по формуле

$$P_3 = g \times S \times n_1 \times n_2 \times H \text{ [8]},$$

где g — вероятная удельная продуктивность (равна 20 т/км^2 , по аналогии с рудным узлом месторождения Восток-2), S — площадь Супкайской ПП ($S_1 \approx 1200 \text{ км}^2$), n_1 — поправочный коэффициент, учитывающий подобие (сходство) геологического строения, тектоники, магматизма, металлогении Супкайской ПП с эталонными территориями Приморья (РУ месторождений Восток-2) (0,7–0,8), n_2 — принятый коэффициент надежности прогноза (0,6), H — глубина прогнозирования в метрах (200 м): $P_3 \text{ WO}_3 = 20 \times 1200 \times 0,7 \times 0,6 \times 200 = 2 \text{ 016 тыс. т}$. Таким образом, недра Супкайской W-Sn (Au) потенциально рудоносной площади могут вмещать в себя значительные по количеству скарново-шеелит-сульфидные руды, локализованные в благоприятных структурно-стратиграфических обстановках (ПУ Звонкий и Лев. Тыкпа).

Для поисковых участков (ПУ) Звонкий ($S \approx 110 \text{ км}^2$) и Лев. Тыкпа ($S \approx 42 \text{ км}^2$) расчет предполагаемого количества прогнозных ресурсов WO_3 кат. P_2 проводился для объединенной площади с $S \approx 150 \text{ км}^2$. Прогнозные ресурсы $P_2 \text{ WO}_3$ для объединенной площади ПУ Звонкий и Лев. Тыкпа составили: $P_2 \text{ WO}_3 = 20 \times 150 \times 0,7 \times 0,6 \times 200 = 252 \text{ тыс. т}$.

В пересчете на $C_2^{\text{всл}} = 0,125 \times (P_3 + 2P_2 + 4P_1)$ [8] прогнозные ресурсы WO_3 для Супкайской W-Sn (Au) потенциально рудоносной площади ($S \approx 1200 \text{ км}^2$) и локализованных в ее пределах ПУ Звонкий ($S \approx 110 \text{ км}^2$) и Лев. Тыкпа ($S \approx 42 \text{ км}^2$) составляют 319 280 т, что соответствует крупному по запасам месторождению вольфрама с рядовыми и богатыми рудами (участок Звонкий) в комплексе с которыми могут быть полиметаллы, медь, висмут, золото.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В.И. Литий-фтористые граниты Дальнего Востока / В.И. Алексеев. — СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. — 244 с.
2. Гвоздев, В.И. Рудно-магматические системы скарново-шеелит-сульфидных месторождений Востока России / В.И. Гвоздев: Автореферат дисс... д. г.-м. наук. — Владивосток, 2007. — 54 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 т. / Под ред. А.И. Ханчук. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — Т. 1/2. — 982 с.
4. ГГК РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение), лист L-(52), 53; (K-52, 53) оз. Ханка. Объяснительная записка / Ред. А.Ф. Васкин — СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. — 684 с.

5. Голозубов, В.В. Таухинский и Журавлевский террейны (Южный Сихотэ-Алинь) — фрагменты раннемеловой Азиатской окраины / В.В. Голозубов, А.И. Ханчук // Тихоокеанская геология. — 1995. — № 2. — С. 13–25.

6. Дымович, В.А. ГГК РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Николаевская. Лист L-53-VI. Объяснительная записка / В.А. Дымович, Е.С. Опалихина. — ФГУ ХабТФГИ, 2003. — 115 с.

7. Петров, А.В. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД 3D / А.В. Петров, С.В. Зиновкин, Д.Ю. Осипенков, Д.Б. Юдин // Геоинформатика. — 2011. — № 4. — С. 7–13.

8. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедр / Под ред. А.И. Кривцова, составители: Б.И. Беневольский, Е.М. Аксенов, Е.В. Блинова и др. — М.: ЦНИГРИ, 2010. — 95 стр., 8 табл., 10 ил.

9. Сахно, В.Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Востока Азии / В.Г. Сахно. — Владивосток: Дальнаука, 2001. — 338 с.

10. Уткин, В.П. Сдвиговые дислокации и их роль в проявлениях магматизма и рудообразования Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода / В.П. Уткин: Авторефер. дисс... д-ра геол.-минер. наук. — Владивосток, 1989. — 50 с.

11. Ханчук, А.И. Геодинамика Востока России в мезо-кайнозое и золотое оруденение / А.И. Ханчук, В.В. Иванов / Геодинамика и металлогения. — Владивосток: Дальнаука, 1999. — С. 7–30.

12. Шашорин, Б.Н. Геолого-геофизическая 3D модель рудно-магматической системы скарнового шеелит-сульфидного месторождения Восток-2 (Центральный Сихотэ-Алинь, Приморский край) / Б.Н. Шашорин, А.И. Макаров, Е.В. Матвеева, Д.Е. Выдрич // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 4. — С. 22–30.

© Коллектив авторов, 2019

Шашорин Борис Николаевич // shashorin.boris@yadex.ru
Макаров Александр Иванович // vims@vims-geo.ru
Матвеева Елена Вениаминовна // matveeva@vims-geo.ru
Выдрич Денис Евгеньевич // devrich@mail.ru

УДК 549.514.51

**Кабанова Л.Я., Игуменцева М.А., Никандрова Н.К.,
Анфилогов В.Н., Рыжков В.М. (Институт минералогии
ИОУ ФНЦ МиГ УрО РАН)**

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕТРОГРАФИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА «ПЕСЧАНОЕ» (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

*В статье приводятся фактические данные по геологической позиции кварцевых жил, образованных в процессе заполнения открытых трещин в массиве гранита. Изменения гранитов, превращенных местами в милониты и бластомилониты и присутствие в кварцевых зернах отчетливых следов хрупкой и пластической деформаций, свидетельствуют о катакластическом метаморфизме после формирования кварцевых жил. Изучение кварцевых агрегатов и исследование газовой-жидких включений в зернах белого, молочно-белого и серого кварца позволило определить температурный интервал эвтектики по криотермометрическим данным и максимальную температуру гомогенизации 356°C и минимальную 241°C – 257°C . Эти данные свидетельствуют о гидротермальном образовании кварцевых жил при температуре 300°C – 360°C . Перекристаллизация кварца в процессе объемной деформации происходила при температуре 200°C – 270°C . **Ключевые слова:** кварц, граниты, бластомилониты, газовой-жидкие включения, температура гомогенизации.*

GEOLOGY AND PETROGRAPHY OF DEPOSITS OF VEIN QUARTZ «PESCHANOE» (SOUTH URAL)

*The article presents actual data on the geological position of quartz veins formed during the process of filling open cracks in the granite massif. Change the granites, developed places in the mylonites and blastomylonites and the presence of quartz grains distinct traces of brittle and plastic deformations indicate cataclastic metamorphism after the formation of quartz veins. The study of quartz aggregates and investigation of gas-fluid inclusions in grains of white, milky white and grey quartz allowed us to determine the temperature range of eutectic at cryothermometric data and the maximum temperature of homogenization 356 °C and minimum 241 °C–257 °C. These data indicate that the hydrothermal formation of quartz veins at the temperature of 300 °C–360 °C. Recrystallization of quartz in the process of the volumetric strain occurred at temperatures 200 °C–270 °C. **Keywords:** quartz, granite, blastomylonites, gas-fluid inclusions, the temperature of homogenization.*

Месторождения кварца Южного Среднего Урала представлены тремя типами:

1. Месторождения, образованные в результате замещения кварцем амфиболитов и гнейсов [1, 4, 5]. К этому типу относятся месторождения кварца, расположенные в Уфалейском гнейсово-амфиболитовом комплексе и месторождение Гора Хрустальная на Среднем Урале [2, 3].

2. Месторождения, образованные путем заполнения трещин и зон отслоения в складках в осадочных породах. Примером является Аргазинское месторождение, в котором кварцевые тела залегают в углистых сланцах сайтовской свиты.

3. Месторождение жильного кварца, в котором кварцевые тела залегают в трещинах, образованных в массиве гранитов. К этому типу относится месторождение «Песчаное» на Южном Урале. В предлагаемой работе рассмотрены геологическое строение, петрография, минералогия и технологические характеристики кварца этого типа месторождений, нового для Урала.

Методы исследования

При проведении полевых работ на месторождении «Песчаное» были задокументированы выходы кварцевых жил, установлен характер их взаимоотношений с вмещающими породами, отобраны пробы для определения химического состава и штуфы, из

которых были изготовлены прозрачно-полированные шлифы (32) и пластинки (10). Проведено детальное петрографическое изучение пород и кварца, определен химический состав кварцевых агрегатов, изучены флюидные включения в кварце.

Минералого-петрографический анализ кварца и вмещающих лейкократовых гранитов проводился с помощью поляризационных микроскопов Axiolab ZS и Olympus BX 51 с цифровыми приставками. Микротермометрические исследования проведены на микрокриотермостойке THMSG-600 (Linkam), позволяющем производить измерения температур фазовых переходов в интервале $-196+600$ °C, с микроскопом Olympus (объектив 50 \times). Управляющее программное обеспечение — LinkSys V-2.39. Точность измерений ± 0.1 °C в интервале температур $-20...+80$ °C и ± 1 °C за пределами этого интервала. Солевой состав гидротермальных растворов во включениях оценивался по измеренным температурам эвтектик [2]. Температуры гомогенизации фиксировались в момент исчезновения газового пузырька при нагревании препарата в термокамере [6]. Концентрации солей в растворах рассчитывались по температурам плавления последних кристаллических фаз [7]. Исследования проведены в Институте Минералогии УрО РАН и на геологическом факультете в лаборатории термобарогеохимии (ЮУрГУ, г. Миасс).

Геологическое строение и петрография месторождения

Месторождение жильного кварца «Песчаное» расположено в 17 км южнее Джабыкского гранитного массива. Оно представлено пятью параллельными кварцевыми жилами северо-восточного простирания, залегающими в лейкократовых гранитах. Наиболее крупная жила мощностью до 1,5–1,8 м прослеживается на расстоянии 475 м (рис. 1). Контакт кварцевых жил с гранитом четкий (рис. 2).



Рис. 1. Кварцевая жила месторождения «Песчаное»



Рис. 2. Контакт кварцевой жилы с гранитами

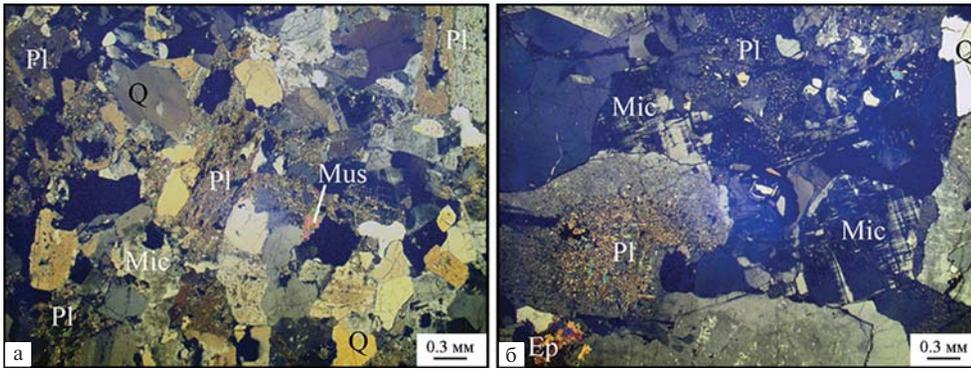


Рис. 3. Лейкокатовый гранит: а — интенсивно серицитизированный плагиоклаз первой генерации; б — микроклин-пертит. Фото шлифов П-14–6, 7, с анализатором.

На рисунках приняты обозначения минералов: Bt — биотит, Mus — мусковит, Chl — хлорит, Mic — микроклин, Ser — серицит, Pl — плагиоклаз, Q — кварц, Ep — эпидот, Mt — магнетит, Hmt — гематит

Лейкокатовые граниты. Вмещающие кварцевые жилы породы представлены лейкокатовыми средне-крупнозернистыми гранитами, в разной степени деформированными. Граниты имеют массивную текстуру. В шлифах порода характеризуется гипидиоморфно-зернистой структурой, местами порфириформной, за счет более крупных выделений плагиоклаза или калиевого полевого шпата, образующих сростания из нескольких зерен, достигающих в обособлениях 1,0–1,5 см. Количественно-минералогический состав (об. %): плагиоклаз — 25–40, калиевый полевой шпат — 20–40, кварц — 25–40, слюда — 3–10, акцессорные (гранат, апатит, магнетит). Плагиоклаз представлен двумя генерациями. Плагиоклаз первой генерации образует таблитчатые зерна размером до 4–5 мм, часто зональные, полисинтетически сдвойникованные, в разной степени серицитизированные (рис. 3а). По составу плагиоклаз отвечает олигоклазу № 20–24. Плагиоклаз второй генерации представлен альбитом, наблюдается в виде мелких удлиненных неизменных зерен размером до 0,5 мм. Альбит обычно встречается в парагенезисе с микроклином и новообразованным кварцем.

Калиевый полевой шпат представлен микроклином таблитчатой формы (рис. 3б), местами с пертитовыми вростками альбита, часто с включениями плагиоклаза и серицита.

Кварц в граните представлен двумя генерациями. Кварц первой генерации заполняет интерстиции — между плагиоклазом и кали-

евым полевым шпатом первой генерации. Преобладают зерна неправильной формы размером до 4–5 мм. Зерна интенсивно деформированы, содержат следы хрупкой и пластической деформации. Хрупкая деформация выражена внутризерновыми залеченными трещинами, короткими, местами пересекающимися. Пластическая деформация отражена в зернах волнистым погасением. Кварц второй генерации представлен мелкими округлыми новообразованными

зернами размером 0,01–0,02 мм без следов деформации. Образует цепочечные выделения и маломощные прослои. Зерна кварца в них характеризуются однородным погасением. Слюда наблюдается в мелких табличках и пластинках, представлена биотитом и мусковитом размером 0,05–1,0 мм. Мусковит развивается за счет биотита, что подтверждается присутствием мелких включений магнетита и титанита в зернах мусковита.

В зонах контакта кварцевых жил и вмещающих гранитов отмечается интенсивная деформация пород: в этих местах деформирован и кварц, и гранит. По опереющим трещинкам отмечается пропитка кварцем гранита.

Гранит на контакте с кварцевыми жилами неравномерно зернистый. Породообразующие минералы

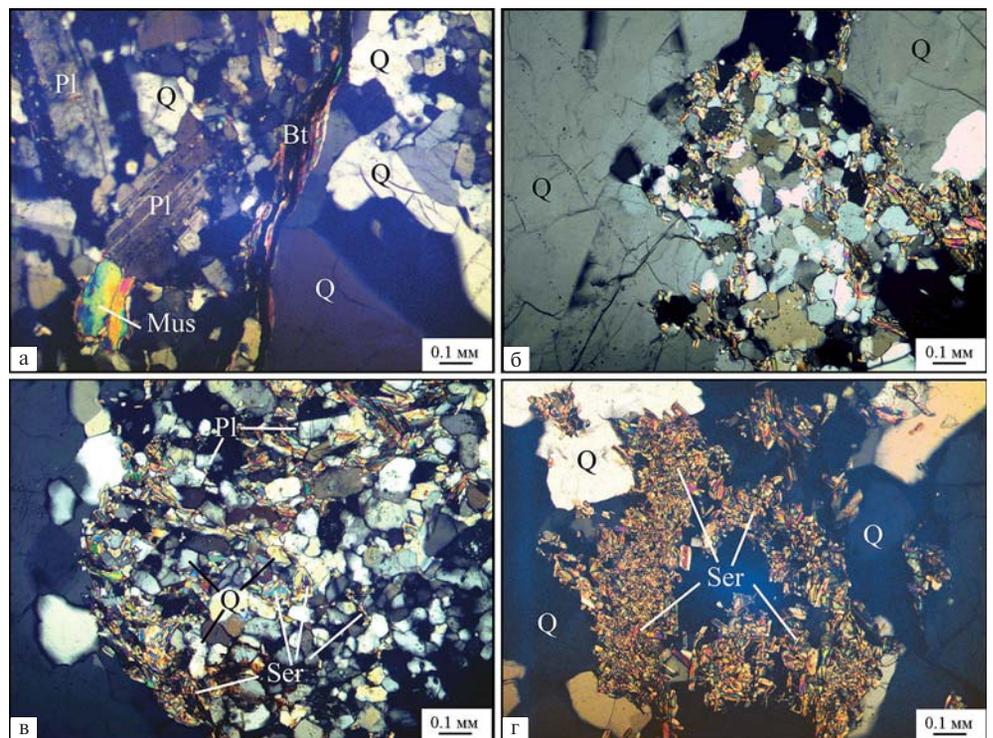


Рис. 4. Изменения в зоне контакта гранит — кварц: а — скопления слюды на контакте (слева — гранит, справа — кварц); б — кварц-серицитовый агрегат в кварцевой жиле; в — плагиоклаз-серицит-кварцевый агрегат; г — серицитовый агрегат. Фото шлифа П-8/18, с анализатором

интенсивно деформированы. Содержание кварца в нем увеличивается до 40–50 %, слюды до 10–15 %. Серицит не только развивается по зернам плагиоклаза, но вместе с новообразованным кварцем выполняет все трещинки и пустотки в породах. В шлифах линия контакта кварцевого агрегата и гранита отмечена дроблением зерен плагиоклаза и кварца. Трещинки в зернах граната заполнены скоплениями чешуек слюды, часто окрашенных охрами железа (рис. 4а). В кварцевой жиле местами в трещинах наблюдается тонкий агрегат кварца и серицита (рис. 4б) или альбита, серицита и кварца (рис. 4в), либо только серицита (рис. 4г).

Граниты в зоне контакта с кварцевыми жилами интенсивно деформированы, местами превращены в бластомилониты.

Бластомилониты представлены светло-серыми, интенсивно деформированными и перекристаллизованными породами, в которых отдельные участки содержат обломки полевых шпатов полностью серицитизированных и перекристаллизованных зерен кварца. Новообразованный кварц представлен мелкозернистым агрегатом кварцевых зерен округлой или изометричной формы размером 0,01–0,05 мм без следов деформации и включений. Граница между милонитизированным гранитом и кварцевой жилкой четкая, подчеркнутая скоплениями мелкочешуйчатого мусковита (рис. 5а). Местами фрагменты исходного кварца интенсивно корродированы, но отчетливо выделяются по форме и размерам среди мелкозернистого агрегата новообразованных зерен, формируя порфирукластовую структуру породы с микрогранобластовой основной тканью (рис. 5б). Исходный кварц содержит многочисленные цепочки газово-жидких включений (ГЖВ), плотность которых в отдельных зернах достигает 5 % на 1 см² площади шлифа. Местами гранит полностью перекристаллизован, превращен в мелкозернистый гранобластовый агрегат кварцевых и плагиоклазовых зерен с примесью мусковита (рис. 5в). Встречаются участки в кварцевой жиле, где зерна кварца интенсивно деформированы и в промежутках между фрагментами возникает агрегат новообразованных кварцевых зерен и мусковита, и сохраняются реликты исходного плагиоклаза (рис. 5г).

Петрография кварца

Белый крупнозернистый кварц. В шлифах кварцевый агрегат сложен крупными зернами кварца удлиненно-призматической и призматической формы размером

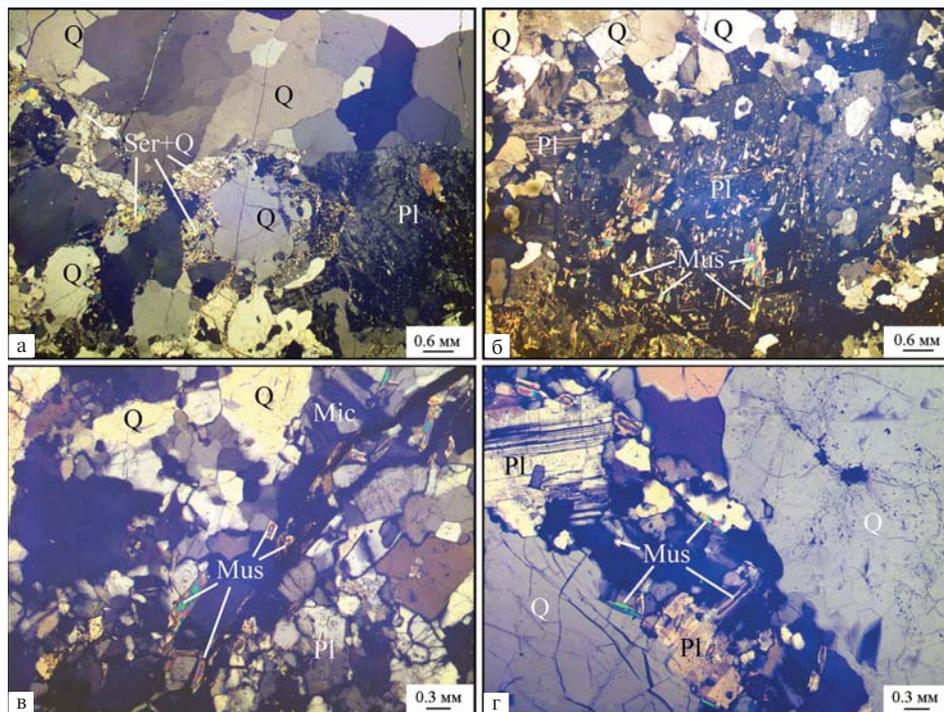


Рис. 5. Бластомилонит по граниту: а — контакт с кварцевой жилкой; б — порфирукластовая структура; в — гранобластовая структура основной ткани; г — деформированный кварц с реликтами измененного гранита. Фото шлифа П-14-7-3, П7/18, с анализатором

до 1,2–1,5 см, интенсивно деформированных. Следы хрупкой деформации представлены залеченными внутризерновыми трещинами, к которым приурочены ГЖВ, формирующие длинные и короткие цепочки (рис. 6а). Пластическая деформация проявлена волнистым погасанием и изгибами (рис. 6б). Изгибы отражены в шлифах системами субпараллельных светлых полос неправильной формы, достаточно широких (рис. 6в), местами тонких, узких (рис. 6г). Отмечаются отдельные интенсивно деформированные участки на границе вмещающих пород и кварцевой жилы, где содержание слюды резко возрастает, достигая иногда 30–40 %.

В зонах милонитизации, имеющих мощность от 1–2 до 10–15 см, кварц представлен агрегатом зерен разной формы и размера. Форма поперечных сечений близка к изометричной, продольных — удлиненной и удлиненно-призматической, иногда приближается к шестоватой. Размер зерен варьирует в пределах от 4–5 мм до 1,0–1,5 см, границы зерен прямолинейные, местами волнистые или зубчатые. Местами, где катаклиз проявлен интенсивнее наблюдается брекчиевая текстура. В этих зонах отмечается скопление парагонита, который наблюдается в виде мелких чешуек, пластинок и реже табличек размером от 0,01 до 0,05 мм. Мощность таких зон милонитизации достигает 2,0–2,5 мм. Содержание слюды в таких зонах местами составляет около 40 % объема зоны.

Детальное изучение агрегатов белого кварца из разных частей жил позволило выявить следующие особенности их строения. В центральных частях кварц характеризуется отчетливо проявленным блокированием,

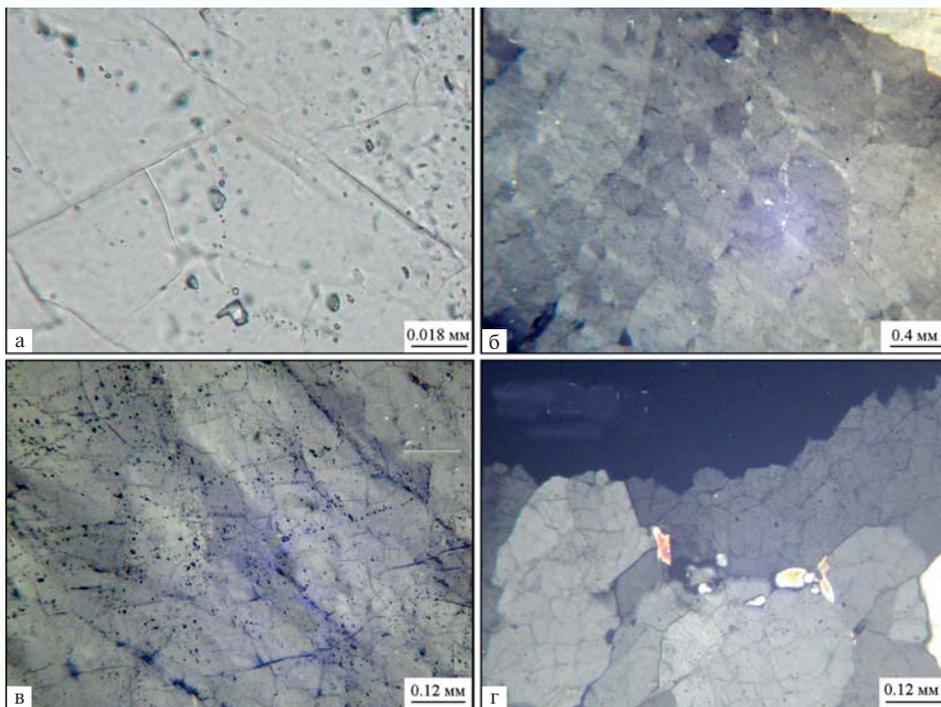


Рис. 6. Деформированный молочно-белый кварц: а — газowo-жидкие включения в зернах кварца; б — кварц с системами изгибов в комбинации с трещинами скалывания; в — блоковый кварц; г — включения мусковита в межзерновых трещинах. Фото шлифа П-12-21, с анализатором

крупно-среднезернистой до гигантозернистой структурой и пластическими деформациями, вызванными разносторонним давлением. Расчленение исходного кварца на блоки не нарушает сплошности кварцевых агрегатов. Хрупкая деформация проявлена в зернах кварца внутризерновыми залеченными трещинами, к которым приурочены газowo-жидкие включения, составляющие в разных зернах от 3–5 до 10 % на 1 см² площади шлифа. Размер включений от 5 до 30 мкм. Включений минералов в этих зернах не обнаружено. В краевых частях жил отмечен интенсивный катаклаз, встречаются зоны брекчирования и милонитизации. В этих участках структуры преимущественно катакластические, встречаются неравномерно зернистые, местами мелкозернистые гранобластовые структуры. Здесь содержание минеральных включений резко возрастает от 0,5–1,0 до 20–30 % объема шлифа. Включения представлены преимущественно пластинками и чешуйками слюды размером от 0,01–0,1 до 1,0 мм (мусковит, парагонит) и (или) гематитом.

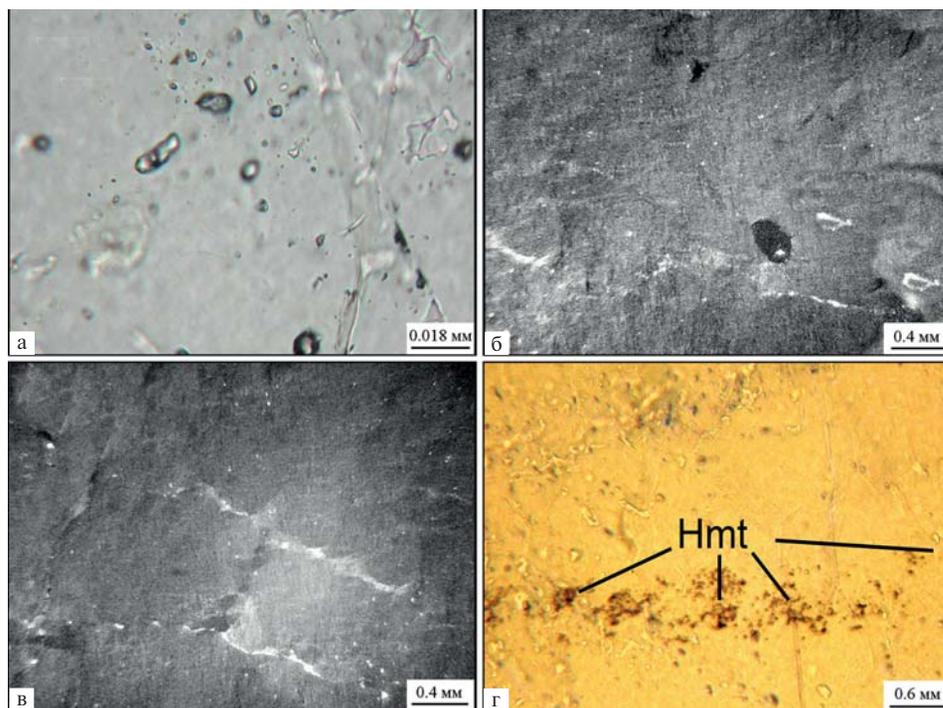


Рис. 7. Серый кварц: а — газowo-жидкие включения в зернах кварца; б — кварц с пластическими деформациями в виде пересекающихся полос-пластинок сжатия; в — системы тонких изгибов и мелкие зерна рекристаллизованного кварца в полосах деформации; г — включения гематита в залеченной трещине в кварцевом зерне. Фото шлифа П-12-23; а, б, в — с анализатором, г — без анализатора

Серый кварц сложен крупными удлинёнными и шестоватыми зёрнами размером до 1,2–1,5 см. Местами он интенсивно деформирован, содержит открытые и закрытые трещины, большая часть которых выполнена гематитом. В шлифе агрегат крупных индивидов кварца удлинённо-призматической и шестоватой формы размером до 1,2–1,5 см, интенсивно деформированных.

Содержание ГЖВ в разных участках серого кварца колеблется в пределах от 3–5 до 15 % на 1 см² площади шлифа (рис. 7а). Размер включений варьирует в пределах от 1–2 до 10–12 мкм. Следы пластической деформации в шлифе отражены пересекающимися полосами деформации — плоскостями сжатия (рис. 7б) и системами изгибов (рис. 7в). Встречаются трещинки ска-

лывания, расположенные косо по отношению к плоскостям сжатия. Включения минералов редкие, представлены единичными плёнками гематита, местами образующими скопления мелких зёрен

Тип кварца	№	Тип ФВ	Кол-во замеров	$T_{\text{гом}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кр}}, ^\circ\text{C}$, от — до	$T_{\text{эвт}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{пл. льда}}, ^\circ\text{C}$	Концентрация солей, масс. % экв. NaCl (Bodnar, 1994)
Кристалл серого цвета	23/1	П	11	301—356	-44 — -60	-23,7 — -25,7	-0,5 — -3,6	0,88—5,86
		В	25	188—267	—	—	—	—
		*	3	28,1—30				
Кристалл белого цвета	23/2	П	7	271—320	-27,4 — -32	-23,7 — -28	-1 — -5,1	1,74—8,0
		В	14	241—262	-27,2 — -44	-23,4 — -26,5	-0,6 — -4,7	1505—7,45
Молочно-белый кварц	П/24	П	20	270—312	-27,8 — -38	-24,5 — -29	-3,1 — -6,1	4,96—9,34
		В	31	167—267	-26,8 — -28,1	-23,8 — -26,2	-0,8 — -3,4	1,4—5,56
		*	1	27				

Примечание: ФВ — флюидные включения, П — первичные, В — вторичные; $T_{\text{гом}}$ — температура гомогенизации в жидкую фазу, $T_{\text{эвт}}$ — температура эвтектики; $T_{\text{пл. льда}}$ — температура плавления, * — углекислотное

неправильной формы, формирующие своеобразные цепочки (рис. 7г).

Изучение газово-жидких включений в кварце

Нами исследовались первичные и вторичные включения. Они имеют форму четких отрицательных кристаллов, часто с частично гранными и частично полукруглыми и неровными фазовыми границами (рис. 8а). Размер включений колеблется от 5 до 30 мкм, чаще всего 10—20 мкм. Наполнение газовыми пузырьками в пределах 10—30 об. %. Наблюдались двух- и трехфазные включения размером более 5 мкм.

Трехфазные — (темная жидкость, прозрачная светлая жидкость + подвижный газовый пузырек) и наиболее распространенные — двухфазные (водно-солевой раствор + газовый пузырек). Встречено три ГЖВ углекислотного состава, которые приурочены как к трещинам, образующие цепочки, поля (места пересечения трещин), так и единичные (рис. 8б). Форма: прямоугольная, квадратная, ромбовидная, изометричная, овальная, каплеобразная, удлиненная, нередко с неровными очертаниями. Включения объемные и имеют темную окраску, что в значительной мере осложняет фиксацию температурных эффектов.

Крупнозернистый молочно-белый кварц содержит газово-жидкие включения, плотность которых составляет 5—7 % на 1 см² площади шлифа. Размер включений колеблется в широких пределах от 1—2 до 10 мкм. Первичные включения представлены двухфазными (жидкость + газ) и трехфазными образованиями. ГЖВ углекислотного состава не установлен. Характерны темные, крупные до 30 мкм включения с газовым пузырьком, составляющим 30—60 % от объема включения. Форма включений — отрицательный кристалл треугольной, ромбовидной или удлиненной формы. Интервал температур эвтектики во включениях составляет

23,4 ÷ -27,6 °С, что близко к солевой системе NaCl [2]. Температура плавления льда в растворе не превышает -4,7 ÷ -2,3 °С. Согласно фазовой диаграмме системы NaCl—H₂O соленость водной фазы флюида колеблется от 3,9 до 7,5 масс. %, NaCl-экв [6].

Максимальная температура гомогенизации с учетом поправки (для 3-х фазных ГЖВ + 60 °С) составляет + 305 °С, минимальная — + 231 °С. ГЖВ гомогенизируются в жидкую фазу. Для основной массы ГЖВ гомогенизация наступает при температурах 250 ÷ 270 °С. В зернах белого кварца исследованы первичные газово-жидкие включения. Они представлены двухфазными образованиями — жидкость+газ и трехфазными. Газово-жидкие включения, образующие цепочки и поля, единичные представлены темными, крупными включениями газа и жидкости размером до 30 мкм. Газовый пузырек составляет 30—60 % объема включений. Форма включений отрицательных кристаллов — треугольная, ромбовидная, удлиненная. ГЖВ углекислотного состава не обнаружены.

Плотность ГЖВ составляет около 5 % на 1 см² площади шлифа. Размер варьирует в широких пределах от 1—2 до 10—15 мкм. Проанализировано 50 ФВ. Вторичные включения представлены в основном в виде двухфазных (37) и трехфазных образований (13) (форма отрицательного кристалла). Встречено одно включение углекислотного состава. Характерны темные, крупные

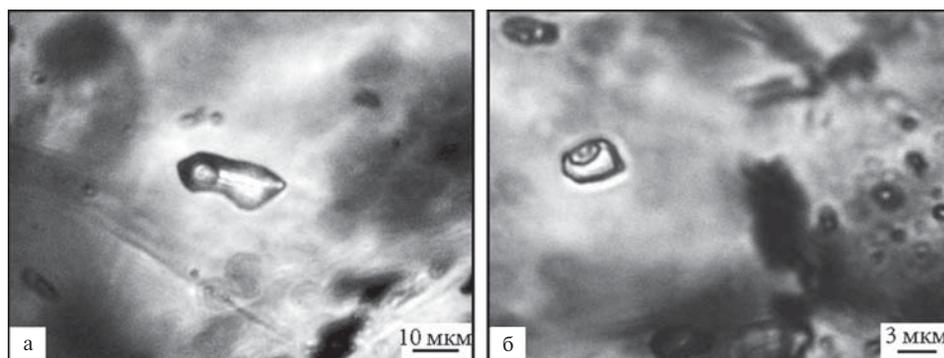


Рис. 8. Газово-жидкие включения в кварце: а — двухфазные, $T_{\text{гом}}$, 323 °С; б — трехфазные, $T_{\text{гом}}$, 314 °С.

до 30 мкм ГЖВ с газовым пузырьком, составляющим 30–60 % от объема включения. Форма включений — отрицательный кристалл, треугольной, трапецевидной, ромбовидной, овальной, каплевидной или четырехугольной формы с ровными, ступенчатыми и изогнутыми краями. ГЖВ гомогенизировались в жидкую фазу. Самая низкая температура — 167 °С, самая высокая — 314 °С (без учета температурной поправки). Гомогенизация в 3-х фазных ГЖВ проходит в 2 этапа: первый — 25,5–31 °С; второй — 286–301 °С. Массовая гомогенизация ГЖВ наступала при температурах от 250 до 300 °С. Температуры эвтектики во включениях варьируют от –23,7 ÷ –29,0 °С, что близко к солевой системе NaCl [2]. Температура плавления льда в растворе не превышает –3,8 ÷ –0,8 °С. Согласно фазовой диаграмме системы NaCl–H₂O соленость водной фазы флюида колеблется от 1,4 до 6,2 масс. %, NaCl-экв [6].

Интервал температур эвтектики по криотермометрическим исследованиям составляет –23,4–27,6 °С, что близко к солевой системе NaCl [2]. Температура плавления льда в растворе не превышает –5,1 °С (табл. 1).

Согласно фазовой диаграмме системы NaCl–H₂O соленость водной фазы флюида колеблется от 3,9 до 7,5 масс. % NaCl-экв [7]. Максимальная температура гомогенизации с учетом поправки на давление составляет 231–305 °С. Для основной массы ГЖВ гомогенизация наступает при температурах 250–270 °С.

В зернах серого кварца исследованы первичные и первично-вторичные газово-жидкие включения. Они имеют форму четких отрицательных кристаллов с частично гранными и частично полукруглыми и неровными фазовыми границами. Размер включений колеблется от 5 до 20, реже до 30 мкм. Наполнение газовыми пузырьками в пределах 10–30 %. Изучались двух- и трехфазные включения размером более 5 мкм.

Выделено 2 типа газово-жидких включений: трехфазные — темная жидкость, прозрачная светлая жидкость + подвижный газовый пузырек; двухфазные (наиболее распространенные) — водно-солевой раствор + газовый пузырек. Обнаружены 3 газово-жидких включения углекислотного состава. ГЖВ приурочены к трещинам и образуют цепочки и поля. Форма прямоугольная, квадратная, ромбовидная, изометричная, овальная, каплеобразная, удлинённая, нередко с неровными очертаниями.

Интервал температуры эвтектики по криотермометрическим исследованиям составляет 23,7–26,0 °С. Это характерно для хлоридных растворов, близких к солевой системе NaCl. Возможно, понижение температуры эвтектики обусловлено содержанием железа в образце. Температура плавления последнего кристаллика льда не превышает 3,6–0,1 °С. Согласно фазовой диаграмме системы NaCl–H₂O соленость водной фазы колеблется от 0,2 до 5,9 масс. % NaCl-экв [6].

Газово-жидкие включения гомогенизировались в жидкую фазу. Максимальная температура гомогенизации составляет +356 °С, минимальная — +192 °С. Основная масса ГЖВ гомогенизовалась при температурах 241–257 °С.

Выводы

Кварцевые жилы месторождения образовались в процессе заполнения открытых трещин в массиве гранита. После формирования кварцевых жил гранитный массив вместе с жилами был подвергнут деформации, результаты которой проявлены как в граните, так и в кварце.

Температура образования кварцевых жил 300–360 °С. Перекристаллизация кварца в процессе объемной деформации происходила при температуре 200–270 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анфилов, В.Н. Геологическое строение, петрография и генезис кварцевого месторождения Гора Хрустальная / В.Н. Анфилов, Л.Я. Кабанова, М.А. Игуменцева, Н.К. Никандрова // Отечественная геология. — 2017. — № 1. — С. 68–74.
2. Борисенко, А.С. Изучение солевого состава растворов газово-жидких включений в минералах методом криометрии / А.С. Борисенко // Геология и геофизика. — 1977. — № 8. — С. 16–28.
3. Бурьян, Ю.И. Кварцевое сырье — важнейший вид минеральных ресурсов для высокотехнологических отраслей промышленности / Ю.И. Бурьян, Л.А. Борисов, П.А. Красильников // Разведка и охрана недр. — 2007. — № 10. — С. 9–12.
4. Игуменцева, М.А. Кварц жилы № 175 Кыштымского месторождения гранулированного кварца (Южный Урал) как эталон для оценки качества кварцевого сырья / М.А. Игуменцева, В.Г. Кузьмин, В.Н. Анфилов, Л.Я. Кабанова, В.М. Рыжков, М.В. Штенберг, Р.Т. Зайнуллина // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 5. — С. 48–53.
5. Игуменцева, М.А. Кварц Кыштымского и Кузнецкинского месторождений: состав, структура, технологические свойства / М.А. Игуменцева. — Екатеринбург: УрО РАН, 2012. — 167 с.
6. Реддер, Э. Флюидные включения в минералах / Э. Реддер. — М.: Мир, 1987. — Т. 1. — 365 с.
7. Bodnar, R.J. Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions / R.J. Bodnar, M.O. Vityk // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. Pontignana-Siena. — 1994. — P. 117–130.

© Коллектив авторов, 2019

Кабанова Лариса Яковлевна // kablar@mineralogy.ru
Игуменцева Мария Александровна // maria@mineralogy.ru
Никандрова Надежда Константиновна // nikandrova@ilmeny.ac.ru
Анфилов Всеволод Николаевич // anfilogov@mineralogy.ru
Рыжков Вячеслав Михайлович // ryzhkov@mail.ru

УДК 550.84: 523.21

Соколов С.В. (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ПОТЕНЦИАЛЬНО РУДНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА СТАДИИ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

С критических позиций рассмотрены методики оценки прогнозных ресурсов, отраженные в действующих нормативно-методических документах. Предлагаемая авторами методика в отличие от «инструктивной» предусматривает оценку ресурсов рудных объектов старших рангов с учетом доли кондиционного металла, а также на основе теоретически обоснованной и практически широко апробированной системы выбора параметров и характеристик аномалий и прогнозируемого оруденения. Получаемые с ее использованием оценки ресурсов значительно в большей степени, чем «инструктивные» адекватны поисковым и разведочным данным. **Ключевые слова:** аномальное геохимическое поле, прогнозные ресурсы кат. Р₃.