



ЗОЛОТОРУДНЫЙ КВАРЦ УРАЛЬСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНОГО ТИПА

Ю. А. Поленов*, В. Н. Огородников*, В. В. Бабенко*

Жилообразование на золоторудных месторождениях Урала охватывает более широкий возрастной диапазон, нежели собственно рудообразование, которое либо накладывается, либо сопровождается пятью типами жильного кварца. В плитчатом кварце шеелитоносных жил, практически не содержащих сульфидов, золотое оруденение наложенное; в массивном грубозернистом, слабо насыщенном сульфидами, – связанное с сульфидами; в среднезернистом молочно-белом – возникающее вследствие формирования метакристаллических образований золотоносных сульфидов в березитах и лиственитах; рудный метасоматический кварц мелкозернистый, нередко сахаровидный наиболее насыщен золотом и тесно ассоциирует с обильными и разнообразными сульфидами; друзовый кварц, слагающий продуктивные золотоносные жилы сопровождается друзовыми золотоносными сульфидами.

Ключевые слова: кварц, грубозернистый, среднезернистый, золотоносные жилы, сульфиды, друзы, дорудный, рудный, послерудный, структура, стадии рудообразования, месторождения.

GOLD ORE QUARTZ OF URAL QUARTZ-VEIN TYPE DEPOSITS

Yu. A. Polenov, V. N. Ogorodnikov, V. V. Babenko

Vein formation at gold ore deposits of the Urals covers wider time period than ore formation itself, which is either superimposed or accompanied by five types of vein quartz. In plated quartz of scheelite-bearing veins, practically not containing sulphides, gold mineralization is superimposed. In massive coarse-grained quartz, weakly saturated by sulphides, the gold mineralization is connected with sulphides. In medium-grained milky-white quartz gold mineralization appears as a results of forming of metacrystal formations of gold-bearing sulphides in berezites and listvenites. Ore metasomatic quartz is fine-grained, often sugar-like, saturated with gold and is closely associated with abundant and various amount of sulphides. Druse quartz, forming productive gold-bearing veins is accompanied by druse gold-containing sulphides.

Key words: quartz, coarse-grained, medium-grained, gold veins, sulfides, druses, pre-ore, ore, post-ore, structure, stages of ore formation, deposits.

Кварц – основной жильный минерал рудных тел золотых месторождений кварцево-жильного типа. Обычные парагенезисы минералов золота, олова, вольфрама, многих сульфидов с кварцем не случайны и определяются особыми свойствами кремнезема, являющегося главной средой, в которой переносятся рудные компоненты и с которой они кристаллизуются в кварцевых жилах или в кварцевых телах.

Проблема образования золоторудных кварцевых жил уральских месторождений всесторонне рассмотрена в научной литературе [2, 4, 8, 9, 11 и др.]. Согласно имеющимся данным [10, 11, 12], формирование эндогенных кварцево-жильных образований Урала генетически связано с процессами метаморфизма и магматизма и, как правило, приурочено к шовным зонам. На золоторудных месторождениях различают дорудные, ранние рудные, поздние рудные и послерудные кварцевые жилы, которые характеризуются особенностями залегания, морфологией, типоморфизмом жильного кварца, сопутствующими ему рудными и нерудными минеральными ассоциациями [1, 2, 4, 8, 9, 10, 13].

В настоящей статье дано систематизированное описание жильного кварца золоторудных месторождений Урала по материалам авторов с широким использованием опубликованных работ других исследователей. Золотое оруденение закартировано в плитчатом жильном, массивном грубозернистом, среднезернистом молочно-белом, рудном метасоматическом, друзовом кварце.

Плитчатый жильный кварц. На Березовском месторождении золотое оруденение наложено на шеелитоносные жилы. По данным П. И. Кутюхина [8], эти жилы составлены серым мелкозернистым (реже грубозернистым) кварцем и зеленовато-серым шеелитом (рис. 1). Пирит и другие сульфиды встречаются редко. Отличительным и в высшей степени характерным признаком шеелитоносных жил является их плитчатое сложение, которое обусловлено наличием многочисленных параллельных стенкам жилы трещин отдельности в кварце, выстланных серицитом. Обычно со стороны висячего бока наблюдается очень тонкоплитчатое, иногда сланцеватое строение, а в лежащем боку – менее совершенное грубоплитчатое или массивное. В шлифах под микроскопом плитчатый кварц представлен мутными зернами средней величины (0,5–1,5 мм), иногда параллельно ориентированными

* Уральский государственный горный университет (Екатеринбург)

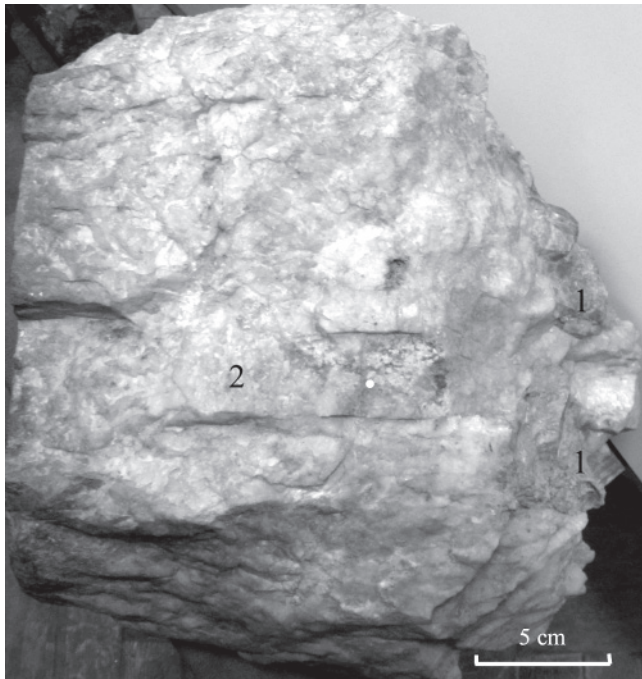


Рис. 1. Шеелитоносный (1) плитчатый (2) кварц. Балканское (Гумбейское) месторождение шеелита. Обр. из фондов УГМ

ми с резко зазубренными границами и более или менее ясно выраженным волнистым угасанием.

Практически аналогичным жильным кварцем сложены шеелитоносные и золотоносные тела Айдырлинского месторождения [5]. Рудные жильные тела сложены кварцем с включениями рудных минералов (не более 2 %). Плитчатый кварц – плотный, обычно серовато-белый, с жирным блеском, просвечивающий в краях; наблюдается, как правило, в периферийных частях более мощных участков, центральные зоны которых состоят из массивного кварца. Под микроскопом зерна кварца имеют неправильную форму и обладают в большинстве случаев облачным угасанием. Рудные минералы наблюдаются чаще всего в виде цепочек, линзочек и тончайших жилок, приуроченных к трещинам плитчатой отдельности. Наиболее минерализованными являются участки жил, в которых преобладает плитчатый кварц, они же наиболее золотоносны, а массивный кварц обычно весьма слабо золотоносен [5].

Слоистое сложение кварца, по мнению П. И. Кутюхина [8], Л. И. Колтуна [7], подтвержденному нашими данными, связано с послойным метасоматическим замещением вмещающих пород. Первоначальный молочно-белый «масляный» кварц, детально исследованный Л. И. Колтуном [7], переполнен массой мелких микроскопических включений, довольно разнообразных как по объемам фаз, так и по их количеству, что свидетельствует о разнообразии растворов, действовавших в процессе отложения и переработки жильного кварца в течение длительного периода формирования жил. Для этого кварца характерны существенно газовые включения с постоянным соот-

ношением фаз. Газ занимает в них примерно 65–70 %, жидкость 30–35 %. Включения эти гомогенизируются при температуре 370–420 °С. Растворы, из которых происходило отложение кварца, находились в газовом состоянии, и температура их была значительно выше 420 °С, что подтверждается нахождением в кварце наиболее ранних «сухих» газовых включений [7]. По И. А. Бакшееву и др. [1], температура кристаллизации молочно-белого жильного кварца (на примере ранних жил Березовского золоторудного месторождения) по данным изучения газово-жидких включений соответствует 290–360 °С при давлении 1,9–3,4 кбар; соленость флюида 9,2–15,3 мас. % NaCl экв.

Массивный грубозернистый кварц составляет главную массу жильных заполнений золотоносных тел всех уральских золоторудных месторождений [2, 4, 8]. В большинстве случаев он белый, реже серый, просвечивающий по краям, грубозернистый; в нем встречаются небольшие друзовые полости. На свежем изломе поверхность матовая (рис. 2). Грубозернистый кварц под микроскопом имеет более или менее однородное строение. Его агрегаты грубозернистые субгидральные или ангидральные. В шлифах одновременно наблюдаются два или три зерна, границы которых в большинстве случаев ровные. Зерна содержат мелкие включения газовых пузырьков или минеральных частиц, вследствие чего обычно мутные. В ряде случаев они обладают более или менее отчетливо выраженным волнистым угасанием. Иногда в отдельных зернах отчетливо фиксируются строго параллельные темные и светлые полосы. Этот тип кварца слабо насыщен сульфидами.

Кварц сульфидных участков жил обладает среднезернистой структурой. Зерна его мутные с неровными зазубренными границами и очень часто с резким волнистым угасанием. Крупные зерна нередко распадаются на более мелкие неправиль-



Рис. 2. Грубозернистый кварц (1) красичной жилы № 460. Оторочка лиственитов (2) в метавулканитах (3). Гор. 314 м, Березовское месторождение



ной формы, неравномерно затухающие и очень часто параллельно ориентированные. В результате получается характерная лоскутная структура дробления. Почти во всех шлифах образцов, взятых из сульфидных участков и вблизи них, наблюдается перекристаллизация более крупных зерен мутного кварца. Она начинается обычно с возникновения на границах зерен, реже в центре их мелких светлых зерен кварца. В итоге образуются сплошные субгидральные агрегаты светлого мелкозернистого кварца среди более крупных сохранившихся зерен мутного аномального кварца [8].

Флюид, ответственный за формирование кварца жил выполнения, которые следует рассматривать как благоприятную среду для последующих стадий отложения рудных минералов и мелкозернистого метасоматического кварца стадий рудообразования, имел NaCl-MgCl_2 состав, богатый CO_2 и содержащий метан. Этот кварц формировался при $T_{\text{гом}} = 290\text{--}360^\circ\text{C}$, давлении примерно 2,5 кбар, солёности флюидов 9,2–15,3 мас. % NaCl экв. [1]. По данным О. В. Викентьевой [3], кристаллизация рудных минералов сульфидно-кварцевой и золотосульфидной стадий проходила при температуре $150\text{--}285^\circ\text{C}$ и давлении 0,3–2,3 кбар. Изотопный состав кислорода, водорода, углерода и серы флюида сульфидно-кварцевых тел отвечает магматическим источникам [3]. Это хорошо согласуется с имеющимися данными [8–13].

Среднезернистый молочно-белый кварц. Описание этого типа приводится по данным В. И. Кайнова [6], полученным им при изучении Тохтаровского месторождения золота. На месторождении распространены жилы, сложенные кварцем среднезернистой структуры с размерами зерен от 2 до 5 мм. Размещение кристаллов в глубине жил беспорядочное, но у зальбандов отмечаются признаки геометрического отбора кристаллов. Кварц отличается повышенной замутненностью газовой-жидкими включениями, которые придают ему молочно-белую окраску. В жильном кварце много (3–5 %) друзовых пустот. По материалам В. И. Кайнова [6], кристаллизация среднезернистого кварца приходится на промежуточную стадию рудоотложения, когда в березитах и лиственитах сформировались метакристаллические выделения золотоносных сульфидов. Во время кристаллизации среднезернистого кварца и сразу после нее золотое рудоотложение не прекращалось, хотя и претерпело значительную эволюцию: сократился его масштаб, появился новый комплекс минералов – носителей золота, изменилась конституция прежних сульфидов. После становления жил среднезернистого кварца в процессе внутрирудного метаморфизма с развитием трещиноватости произошло дальнейшее обогащение жильных агрегатов сульфидными минералами, зерна которых разрастались возле трещин и по зальбандам [6].

Рудный метасоматический кварц. При изучении золоторудных месторождений многие ис-

следователи указывают на наличие в рудных зонах серого, светло-серого, мелкозернистого, нередко сахаровидного жильного кварца, локализующегося в виде небольших скоплений неправильной формы в зонах массивного молочно-белого или серовато-белого кварца. Эти участки, как правило, отличаются максимально повышенной золотоносностью. По многочисленным наблюдениям, этот кварц метасоматического происхождения, тесно связан с этапами золотооруденения. Описание метасоматического кварца, с которым связывается золотооруденение, приведем на примере Айдырлинского месторождения [5], для которого характерен «рисовый» кварц. Он ассоциирует с пиритом, пирротинитом, сфалеритом, галено-висмутом, галенитом, халькопиритом, а также с тетраэдритом и борнитом. Жилы, заполненные «рисовым» кварцем, обычно маломощны, с множеством ответвлений, пересекают под углом жилы шестоватого кварца или (значительно реже) накладываются на них, образуя раздробленную брекчиевидную массу кварца и сульфидов. В анкеритовых залежах аналог «рисового» кварца является мелкокристаллический прозрачный кварц, ассоциирующий с пиритом, халькопиритом и другими сульфидными. «Рисовый» кварц переполнен массой включений размером не более 0,001–0,01 мм, округлой или неправильной формы. Среди общей массы включений выделяются двухфазовые жидкие и сложные с углекислотой. Температура гомогенизации жидких включений колеблется от 70 до 280°C , причем включения с температурой ниже 140°C явно вторичны. Все включения с углекислотой, несомненно, вторичного происхождения и характеризуются различным соотношением фаз. Образование «рисового» кварца происходило, по-видимому, в интервале относительных температур $140\text{--}280^\circ\text{C}$ [5]. Метасоматический кварц формировался при температуре $270\text{--}300^\circ\text{C}$, давлении 1,5 кбар, солёности флюида 8,4–17,0 мас. % NaCl экв [1].

Друзовой кварц. Кварц белый или (реже) серый, просвечивающий по краям и имеющий грубозернистое сложение, слагающий продуктивные золотоносные «полосовые» и «красичные» жилы, на Березовском золоторудном месторождении в верхних горизонтах часто изобилует друзовыми пустотами [8]. В обильных пустотах, расположенных чаще вдоль жил и в их центре, поперечно к стенкам развиваются прозрачные и полупрозрачные, иногда дымчатые кристаллы кварца. Кристаллы достигают 15–20 см в длину и до 10 см в поперечнике. Размеры полостей колеблются в пределах от 3–4 до 30–40 см. Друзовые пустоты чаще наблюдаются в центре жил, их формы вдоль жил всегда несколько удлиненные (рис. 3). Кристаллы кварца обладают обычно большим разнообразием форм и комбинаций. Наиболее широко распространены кристаллы короткостолбчатые, ограниченные с одного конца ромбоэдрами. Нередко встречаются кристаллы в виде тон-

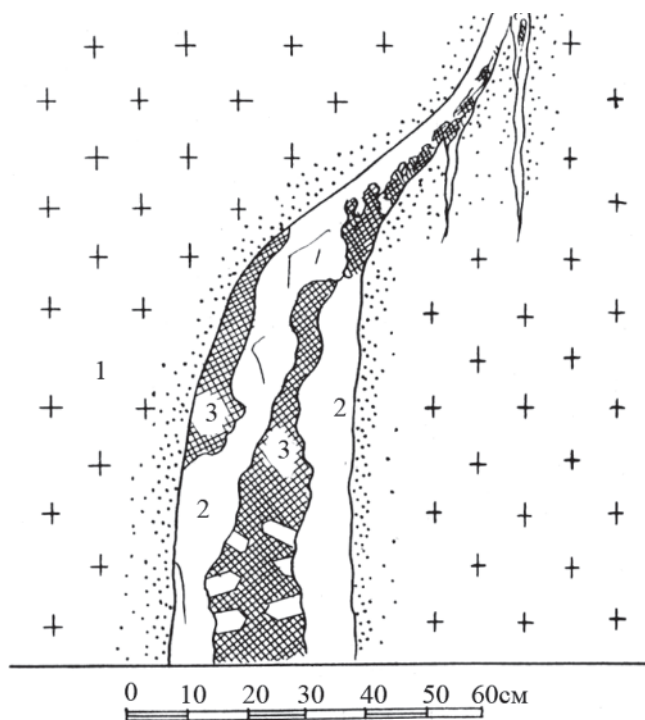


Рис. 3. Друзовидный кварц лестничной жилы (2) в гранит-порфирах (1). В центре сульфиды (3) выполняют друзовую полость. Второпавловская дайка, гор. 112 м, Березовского месторождения (по П. И. Кутюхину [8])

ких (не более 0,5 мм) вытянутых пластинок с отчетливо выраженной поперечной штриховкой.

Друзовые пустоты в данных жилах очень часто были местом локализации золотоносных сульфидов. Агрегаты золотоносных сульфидов чаще заполняют их полностью, нередко – только частично или наполовину. При полном заполнении пустот сульфиды облекают ранее образовавшиеся здесь кристаллы кварца, часто корродируют, растворяют их, цементируют отдельные сломанные кристаллы. Наличие друзовых пустот, не заполненных сульфидом, – свидетельство того, что к ним не было подводящих каналов в виде разломов и трещин. Такие пустоты чаще наблюдаются в мощных убогих жилах с незначительной концентрацией сульфидов [8].

Таким образом, жиллообразование на золоторудных месторождениях охватывает более широкий возрастной диапазон, нежели собственно рудообразование, которое либо накладывается, либо сопровождается формированием различных типов жильного кварца. Приведенное описание жильного кварца подтверждает принятое в практике его деление на золотоносный и безрудный, причем описанные типы кварца относительно просто выделяются визуально в полевых условиях, что, несомненно, способствует более эффективному проведению геолого-разведочных работ.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований № 23 Президиума РАН и Интегрального проекта «Развитие минерально-сырьевой базы России». Исследования

проводились при частичной поддержке госбюджетной темы Г-3 (УГГУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакшеев, И. А. Условия формирования жильного кварца Березовского золоторудного поля, Средний Урал, по данным изучения флюидных включений и изотопным данным [Текст] / И. А. Бакшеев, В. Ю. Прокофьев, В. И. Устинов // Материалы Уральской летней минералогической школы. – Екатеринбург : УГГГА, 1998. – С. 41–49.
2. Бородаевский, Н. И. Березовское рудное поле [Текст] / Н. И. Бородаевский, М. Б. Бородаевская. – М. : Metallurgizdat, 1947. – 264 с.
3. Викентьева, О. В. Березовское золоторудное месторождение на Урале: геологическое строение, минерало-геохимические особенности и условия образования : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук [Текст] / О. В. Викентьева. – М., 2000. – 184 с.
5. Иванов, А. А. Айдырлинское месторождение [Текст] / А. А. Иванов // 200 лет золотой промышленности Урала. – Свердловск : УФ АН СССР, 1948. – С. 386–393.
4. Иванов, А. А. Уральские коренные месторождения золота [Текст] / А. А. Иванов // 200 лет золотой промышленности Урала. – Свердловск : УФ АН СССР, 1948. – С. 127–168.
6. Кайнов, В. И. Тохтаровское месторождение золота (Тобольское Зауралье) [Текст] / В. И. Кайнов // Уральский геологический журнал. – 2005. – № 5(47). – С. 3–194.
7. Колтун, Л. И. Применение минерало-термометрического анализа для изучения генезиса некоторых золоторудных месторождений Урала [Текст] / Л. И. Колтун // Тр. ВНИИП. – 1957. – Т. 1, вып. 2. – С. 63–88.
8. Кутюхин, П. И. Условия локализации оруденения в жилах Березовского месторождения [Текст] / П. И. Кутюхин // 200 лет золотой промышленности Урала. – Свердловск : УФ АН СССР, 1948. – С. 249–275.
11. Месторождения золота Урала [Текст] / В. Н. Сазонов, В. Н. Огородников, В. А. Коротеев, Ю. А. Поленов. – Екатеринбург : УГГГА, 2001. – 622 с.
9. Металлогенический очерк вольфрамовой минерализации Севера Урала [Текст] / Под ред. Н. П. Юшкина. – Л., 1972. – 193 с.
10. Поленов, Ю. А. Эндогенные кварцевожильные образования Урала [Текст] / Ю. А. Поленов. – Екатеринбург : УГГГА, 2008. – 271 с.
12. Ферштатер, Г. Б. Гранитоидный магматизм и формирование континентальной земной коры в ходе развития Уральского орогена [Текст] / Г. Б. Ферштатер // Литосфера. – 2001. – № 1. – С. 62–85.
13. Юргенсон, Г. А. Типоморфизм и рудные формации [Текст] / Г. А. Юргенсон. – Новосибирск : Наука, 2003. – 368 с.

© Ю. А. Поленов, В. Н. Огородников,
В. В. Бабенко, 2012