

МИНЕРАЛОГИЯ, КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

УДК 553.23 (25)

Жильный кварц из рудопроявлений золота в рифейских отложениях Авзянского рудного района (Южный Урал): минералогические и термодатировочные особенности**А.А. Шарипова^а, С.В. Мичурин^а, М.Т. Крупенин^б, А.А. Гараева^б, З.А. Канипова^а**^аИнститут геологии УНЦ РАН, 450077, Уфа, ул. К.Маркса, 16/2

E-mail: aysyluazatovna@mail.ru

^бИГГ УрО РАН, 620016, Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15

E-mail: krupenin@igg.uran.ru

(Статья поступила в редакцию 5 мая 2017 г.)

Жильный кварц из золотосульфидно-кварцевого месторождения Горный Прииск и золотокварцевых малосульфидных рудопроявлений Улюк-Бар и Восточно-Акташское имеет сходные температуры гомогенизации первичных флюидных включений (228–382°C) и солевой состав, в котором преобладают хлориды магния и калия. Солёность варьирует в интервале 5,4–15,8 мас. % NaCl экв. Его формирование обусловлено миграцией магматогенных флюидов в связи с тектоно-термальным этапом на границе среднего и позднего рифея. Безрудный жильный кварц из вмещающих рифейских отложений характеризуется более низкими $T_{\text{гом}}$ (128–238°C), преобладанием хлоридов железа в солевом составе и более высокой солёностью (12,9–22,8 мас. % NaCl экв.). В золотосульфидном проявлении Богряшка образование кварца, имеющего $T_{\text{гом}}$ 152–292°C и преобладание хлоридов кальция и магния в составе солей, связаны с дорудным процессом магниезильно-железистого метасоматоза.

Ключевые слова: *Башкирский мегантиклинорий, золото, кварц, флюидные включения, температура гомогенизации, солевой состав растворов.*

DOI: 10.17072/psu.geol.16.3.216

Введение

Объектом исследований являлся жильный кварц из месторождения Горный Прииск и рудопроявлений золота (Улюк-Бар, Богряшка, Восточно-Акташское), локализованных в рифейских отложениях Авзянского рудного района Башкирского мегантиклинория (БМА). Генезис рудопроявлений дискуссионен. Одни исследователи связывают их формирование с региональными постдиагенетическими и дислокационными метаморфическими

преобразованиями осадочных отложений (Кобзарева, 2007; Рыкус, Сначев, 1999). Другие считают, что они образовались в результате миграции металлоносных флюидов мантийного генезиса (Ковалев и др., 1999; Мичурин и др., 2009; Шарипова, Мичурин, 2015). Проведенное нами изучение минералогических особенностей жильного кварца и флюидных включений (ФВ), являющихся наиболее достоверным источником информации об агрегатно-фазовом составе и температуре минералообразующих растворов, позволяет уточ-

нить физико-химические условия и генезис рудопроявлений золота в рифейских отложениях БМА.

Геологическое положение

В составе Авзянского рудного района выделяют Исмакаевскую, Горноприискскую и Акташскую золоторудные зоны.

Исмакаевская рудная зона включает три рудопроявления золота малосульфидного золотокварцевого типа: Рамеева жила, Улюк-Бар и Кургашлинское, расположенные в 1,5 км западнее д. Исмакаево и протягивающиеся с юга на север вблизи Караташского разлома (см. рис. 1).

По геологическому строению рудопроявления сходны. Наиболее изученным из них является рудопроявление Улюк-Бар, локализованное в присводовой части Айгирской антиклинали и сложенное сильно дислоцированными сланцево-алевролитовыми породами и песчаниками большеинзерской свиты нижнего рифея. В пределах площади рудопроявления установлены метасоматически измененные дайки долеритов, мощностью до 6 м. Золото приурочено к пологозалегающим кварцевым жилам лестничного типа мощностью 0,1–2 м, сосредоточенным в крутопадающей на восток зоне шириной 30–70 м (рис. 2,а), прослеженной на глубину до 250 м и с поверхности в субмеридиональном направлении на 300 м. Среднее содержание золота в кварцевых жилах составляет 3–5 г/т.

Горноприискская рудная зона включает месторождение Горный Прииск и рудопроявления Калашникова жила и Богряшка, расположенные в 6–10 км севернее пос. В. Авзян между двумя региональными разрывными структурами — Караташским и Большеавзянским разломами (см. рис. 1). В структурном отношении они приурочены к присводовой части Большеавзянской антиклинали. Породы, слагающие рудное поле, интенсивно дислоцированы. Вмещающими породами месторождения Горный Прииск (рис. 2,б) являются сланцы и алевролиты с отдель-

ными прослоями песчаников зигазино-комаровской свиты среднего рифея. Рудоносные кварцевые жилы северо-восточного и северо-западного простирания оперяют субширотные разломы.

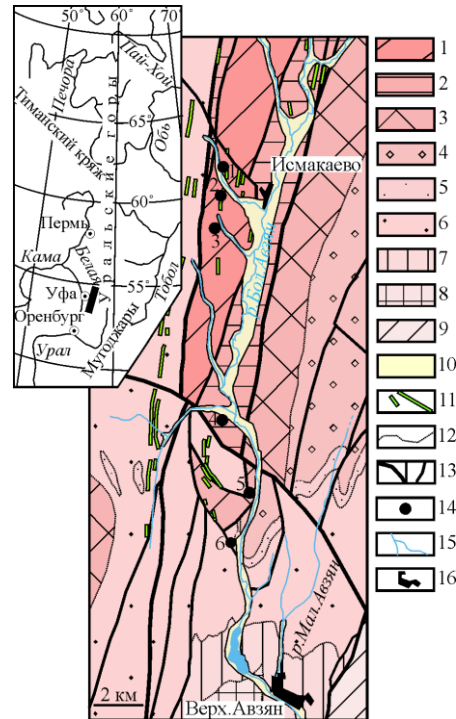


Рис. 1. Геологическая схема южной части Башкирского мегантиклинория (Ларионов, 2003) и положение рудопроявлений золота: 1–9 – свиты рифея: 1 – большеинзерская, 2 – суранская, 3 – юшинская, 4 – машакская, 5 – зигальгинская, 6 – зигазино-комаровская, 7 – авзянская, 8 – зильмердакская, 9 – миньярская; 10 – четвертичные отложения; 11 – дайки интрузивных пород; 12 – стратиграфические границы; 13 – тектонические нарушения; 14 – рудопроявления золота Исмакаевской (1 – Кургашлинское, 2 – Улюк-Бар, 3 – Рамеева жила) и Горноприискской (4 – Богряшка, 5 – Калашникова жила, 6 – Горный Прииск) рудных зон; 15 – реки; 16 – населенные пункты

Золото встречается также в сульфидированных сланцах. Его распределение кустовое, с содержаниями от 0,1 до 30 г/т.

Рудопроявление Богряшка представляет собой зону метасоматически преобразованных доломитов суранской свиты нижнего рифея с золотосодержащей сульфидной минерализацией. Штокооб-

разные тела метасоматитов встречаются на пересечении разрывных нарушений субширотного и северо-западного простирания (рис. 2,в). Они представлены железистыми магнезитами (брейнеритами), в которых содержание золота в среднем со-

ставляет 0,2–0,8 г/т, достигая в отдельных пробах, по нашим данным (Шарипова и др., 2017), 2,6 г/т. Связано оно с эпигенетическими по отношению к магнезитами сульфидами (Крупенин и др., 2016; Шарипова и др., 2017).

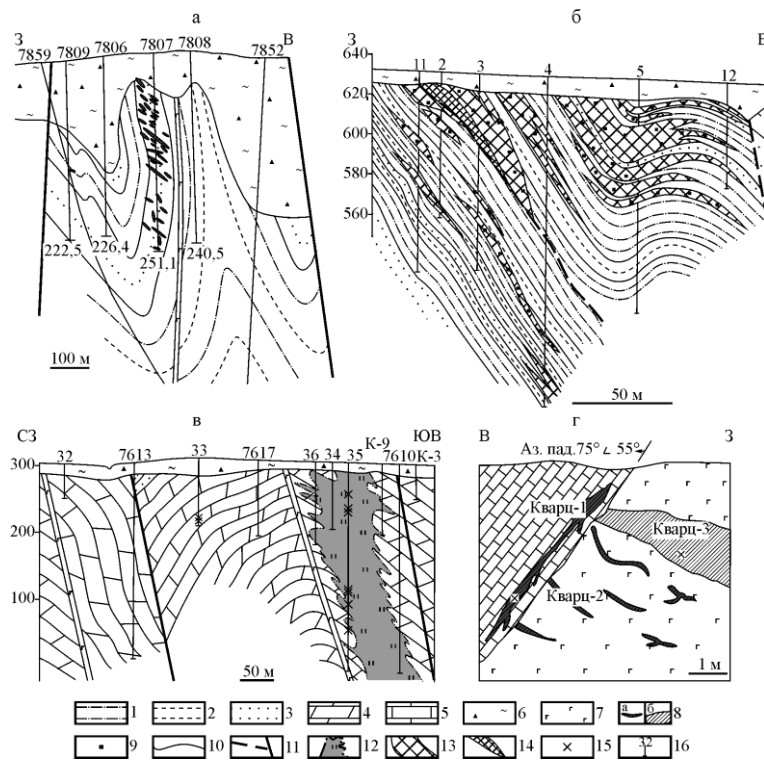


Рис. 2. Геологические разрезы месторождений и проявлений золота Авзянского района (по материалам Западно-Башкирской и Северо-Восточной экспедиций и А.С. Бобохова). Проявления: а – Улюк-Бар; б – Горный Пришк; в – Богряшка; г – Восточно-Акташское: 1 – сланцы; 2 – алевролиты; 3 – песчаники; 4 – доломиты; 5 – известняки; 6 – кора выветривания; 7 – долериты и габбро-диориты; 8 – кварцевые жилы: а – золотоносные, б – безрудные; 9 – вкрапленность пирита, 10 – литологические контакты; 11 – тектонические нарушения; 12 – карбонатные метасоматиты; 13–14 – зоны с содержанием золота месторождения Горный Пришк: 13 – 0,5 - 4 г/т, 14 – более 4 г/т; 15 – пробы; 16 – скважины

Акташская рудная зона расположена в ~20 км южнее пос. В. Авзян. Включает рудопроявления Западно- и Восточно-Акташское. Главный структурный элемент рудного поля — крупная антиклинальная складка, восточное крыло которой пересечено Караташским разломом, интродуцированным дайками долеритов (Рыкус, Сначев, 1999). Восточно-Акташское рудопроявление локализуется вдоль контактов дайки габбро-диоритов (?), которая приурочена к крутопадающему разрывному нарушению в известняках катавской свиты верхнего рифея. В рудопроявлении выявлено три генерации кварца (рис. 2,г) (Бобохов и др., 1993). Ранняя из них (кварц-1) образует маломощные кварцевые прожилки в известняках на контакте с габбро-диоритами, в которых выделяются кварц-2, представленный маломощными пирит-анкерит-

кварцевыми прожилками, и кварц-3, образующий лестничные жилы молочно-белого кварца мощностью до 1,5 м. Содержание золота в кварце-1 и кварце-2 составляют не более 1 г/т, и лишь в отдельных пробах достигают десятков г/т (Рыкус, Сначев, 1999).

Результаты исследований

Минералогические особенности жильного кварца. Кварц из кварцевых и карбонат-кварцевых жил рудопроявлений золота характеризуется молочно-белой и светло-серой окраской, часто рассланцован и разбит трещинами на неправильные микроблоки (первые см). Границами блоков являются крупные ортогональные трещины. Кварц массивный, монокристаллический, сливной, гигантозернистый с льдистой структурой, с прямым погасанием, разбит мел-

кими субпараллельными трещинами. Размеры зерен варьируют от 0,5 мм до 1 см и более. Границы зерен коррозионные, неровные, зубчатые. По разноориентированным трещинам обычно развиваются вторичные гидроокислы железа, мелкогнездовые вкрапления хлорита, карбонатные минералы и чешуйки серицита (рис. 3). Иногда пустотное пространство между зернами залечено мелкозернистым мозаичным кварцем.

Кварц из песчаников рудопроявления Улюк-Бар мелко-, среднезернистый, изометричной формы с неровными краями. Размер зерен составляет от 0,03–0,05 мм до 0,1 мм. Текстура массивная, структура мозаичная. Кварц образует прожилки в породе, которые разбиты тонкими трещинками. Также кварц присутствует в виде отдельных зерен округлой формы размером 0,3–0,5 мм с неровными краями и в виде удлиненных кристаллов. В песчаниках рудопроявления Улюк-Бар (рис. 4) и известняках Восточно-Акташского рудопроявления кварц ассоциирует с карбонатными минералами, преимущественно с анкеритом ранней генерации (Шарипова и др., 2011). Отмечаются также секущие маломощные прожилки кальцита поздней генерации. В жильном золоторудном кварце Авзянского района часто присутствуют вкрапленность и гнездово-прожилковые выделения пирита и арсенипирита, в отдельных случаях наблюдаются прожилки и выделения галенита (см. рис. 4) и сфалерита. Основная часть рудных минералов развита в зальбандах кварцевых жил и вблизи них во вмещающих породах.

Термокриометрические характеристики жильного кварца

Месторождение Горный Прииск и рудопроявление Улюк-Бар. ФВ кварца из месторождения Горный Прииск и рудопроявления Улюк-Бар располагаются в кристаллах кварца вне связи с трещинами и относятся к первичным включениям (рис. 5,а). Они представляют собой двухфазные

газово-жидкие вакуоли преимущественно неправильной и овальной формы размером от 5 до 25 мкм, содержащие водный раствор и газовую фазу, которая в кварце Горного Прииска занимает 10–40 об. % вакуолей, в рудопроявлении Улюк-Бар – 10–30 об. % (табл. 1). Газовая фаза включений выполнена водным паром, признаков CO₂ или других газов не обнаружено. В ФВ можно выделить две группы по температурам гомогенизации ($T_{\text{гом}}$) со средними значениями в месторождении Горный Прииск 331 и 256°C, в рудопроявлении Улюк-Бар – 378 и 256°C. В этих группах отмечается разный объем газовых пузырьков. Средняя наполненность газовой фазой в первой группе составляет 28–30, во второй – 11–20 об. %.

Температуры эвтектик ФВ составляют –37,8...–34,2°C (Улюк-Бар), –36,4...–32,6°C (Горный Прииск). Температуры плавления последней льдинки во включениях колеблются от –11,8 до –6,1°C, судя по которым концентрация солей в растворах составляет от 9,3 до 15,8 мас. % NaCl экв. Солёность растворов близка в обоих типах включений (рис. 6), но в целом она несколько более высокая в месторождении Горный Прииск (9,3–15,8 мас. % экв. NaCl) по сравнению с рудопроявлением Улюк-Бар (9,5–10,2 мас. % экв. NaCl). Выделяются и первично-вторичные включения, или мнимовторичные (Ермаков, Долгов, 1979), объединяющие признаки тех и других. По термокриометрическим характеристикам они аналогичны первичным ФВ, но обычно расположены около трещин в кварце и в процессе нагревания в результате превышения внутреннего давления над прочностью стенок вакуолей часто взрываются, декрепитируют при температуре 225–250°C.

Рудопроявление Восточно-Акташское. Проанализированы два образца кварца, из разных генераций: обр. Б-9264 из ранних золотоносных кварцевых прожилков (кварц-1), субсогласных залеганию дайки габбро-диоритов, и обр. Б-9262 из поздней (кварц-3) жилы молочно-белого кварца в габбро-диоритах (рис. 2,г).

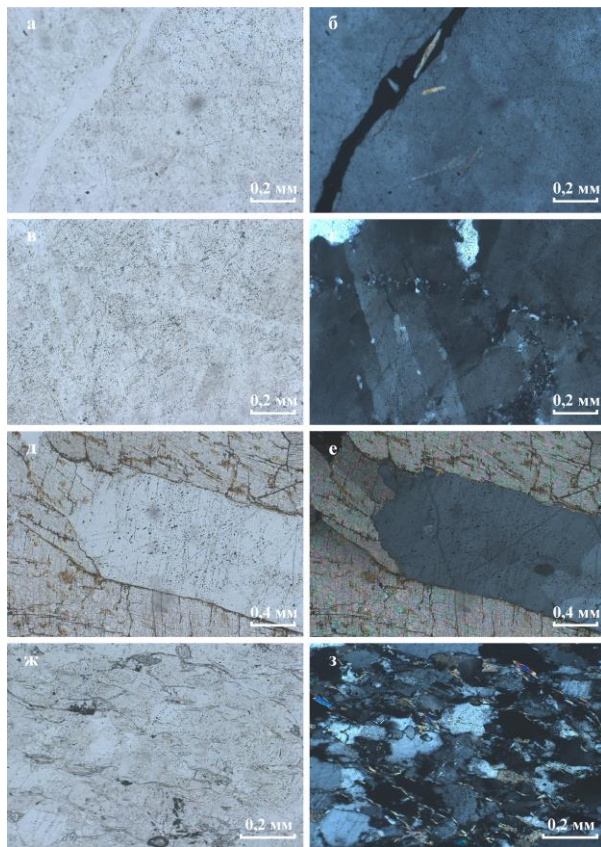


Рис. 3. Карбонатные минералы и включения слюд в кварце рудопоявления Улюк-Бар: а, б – иголки мусковита в трещине, в, г – включения карбонатных минералов; д, е – срастание жильного кварца и анкерита ранней генерации; ж, з – мелкие включения карбонатных минералов и слюд; б, г, е, з – николи скрещены. а–г – обр. М-91, скв. №18, гл. 48,5 м; д–з – обр. М-488, скв. №18, гл. 108,5 м

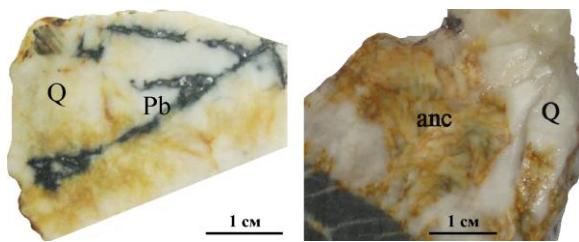


Рис. 4. Выделения анкерита и прожилки галенита в жильном кварце Исмакаевской рудной зоны: Q – кварц; Pb – галенит; anc – анкерит (обр. А-13674 и М-491)

В образцах можно выделить первичные и мнимовторичные ФВ, различающиеся объемом газовой фазы. В первичных включениях она варьирует от 10 до 40 об. % (в обр. Б-9264 15–40 об. %, в обр. Б-9262 10–30 об. %), в мнимовторичных –

менее или равна 10 об. %. При этом во всех разновидностях ФВ часто устанавливается присутствие CO_2 , гомогенизирующегося в кварце-3 при температуре 16,8–20,7°C и имеющего $T_{\text{пл}}$ в интервале от –62,8 до –56,6°C (см. табл. 1).

Температурный интервал гомогенизации первичных ФВ в обр. Б-9264 составляет 228–382°C, в обр. Б-9262 – 162–298°C, мнимовторичных – 105–137°C и 126–147°C соответственно. Температуры эвтектики одинаковы в обоих образцах в первичных и мнимовторичных включениях и находятся в интервале –34,8...–28,4°C. Соленость в первичных ФВ кварца-1 (Б-9264) несколько выше (5,4–10,7 мас. % экв. NaCl, $T_{\text{пл. льда}} = -7,2...-3,7^\circ\text{C}$), чем кварца-3 (4,2–7,5 мас. % экв. NaCl, $T_{\text{пл. льда}} = -4,7...-2,5^\circ\text{C}$). Вместе с тем в обеих генерациях соленость увеличивается в мнимовторичных включениях по сравнению с первичными ФВ. В обр. Б-9264 она составляет 12,1–15,4 мас. % экв. NaCl ($T_{\text{пл. льда}} = -11,4...-9,3^\circ\text{C}$), в обр. Б-9262 – 9,7–12,3 мас. % экв. NaCl ($T_{\text{пл. льда}} = -8,5...-6,4^\circ\text{C}$). На диаграмме соленость– $T_{\text{гом}}$ фигуративные точки первичных ФВ кварца-1 и -3 занимают обособленные области, в то время как точки мнимовторичных включений образуют единое поле (см. рис. 6).

Рудопоявление Богряшка. Кварц (обр. М-672) отобран из элювиальных отложений в ~300 м западнее от подсечённого скважинами штока метасоматитов (см. рис. 2,в). Изученные ФВ овальной и неправильной формы размером 7,1–17,4 мкм приурочены к зонам роста кварца и не связаны с трещинами, что позволяет рассматривать их как первичные. Температуры начала плавления льда (эвтектики) находятся в узком интервале –54,6...–52,5°C. Степень наполненности газом (пар) двухфазных включений составляет 10–30 об. %. $T_{\text{гом}}$ находятся в интервале 152–183°C, в одном включении установлена более высокая температура гомогенизации 292°C. Соленость растворов составляет 9,1–14,5 мас. % экв. NaCl.

Отобраны два образца жильного квар-

ца в 15 км севернее рудопроявления Улюк-Бар в отложениях большеинзерской (обр. М-553) и зигазино-комаровской свит (обр. М-630) в 4–5 км соответственно восточнее и западнее Караташского разлома. Обр. М-553 взят из кварцевой жилы мощностью 0,3–0,5 м, залегающей субсогласно в 3 м от крутопадающей на восток дайки долеритов, обр. М-630 – из кварцевой жилы мощностью 0,1 м, секущей сланцы зигазино-комаровской свиты.

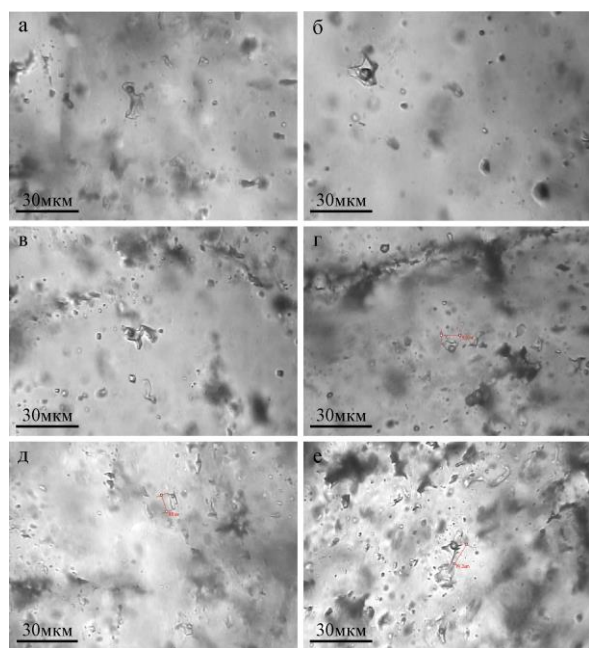


Рис. 5. Флюидные включения жильного кварца из рудопроявлений золота и безрудных участков Авзянского рудного района: а – в центре первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{гом}} = 294^\circ\text{C}$ (Улюк-Бар, обр. М-488, скв. № 18, гл. 108,5 м); б – в левом верхнем углу первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{гом}} = 310^\circ\text{C}$ (Горный Прииск, обр. М-645, карьер); в – в центре первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{гом}} = 155^\circ\text{C}$ (Богряшка, обр. М-672); г – в центре первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{гом}} = 382^\circ\text{C}$ (Восточно-Акташское, обр. Б-9264, главный шурф); д – в центре сверху мнимовторичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{гом}} = 126^\circ\text{C}$ (Восточно-Акташское, обр. Б-9262, главный шурф); е – в центре первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{гом}} = 221^\circ\text{C}$ (безрудный участок, большеинзерская свита)

Изученные ФВ в них являются первичными образованиями, имеют неправильные извилистые формы, реже овальные, или формы отрицательных кристаллов размером от 5,8 до 22,6 мкм. Все включения двухфазовые, содержат только газ и водный раствор. В обоих образцах преобладают включения с низкой газовой насыщенностью: объём газовой фазы составляет 5–15 об. %. В обр. М-553 обнаруживаются редкие включения с заполнением газовой фазы до 30–40 об. %. Признаков низкокипящих газов CO_2 и CH_4 не обнаружено. Температуры эвтектики образуют абсолютно одинаковые интервалы: $-46,4 \dots -41,8^\circ\text{C}$ в обр. М-553 и $-46,4 \dots -41,5^\circ\text{C}$ в обр. М-630. Однако в обр. М-553 фиксируются несколько более высокие температуры гомогенизации ($158\text{--}238^\circ\text{C}$) по сравнению с обр. М-630, в котором $T_{\text{гом}}$ составляют $128\text{--}147^\circ\text{C}$. В обоих образцах наблюдается высокая соленость на уровне 17,1–22,8 мас. % экв. NaCl ($T_{\text{пл. льда}} = -20,6 \dots -13,2^\circ\text{C}$), однако в обр. М-630 в небольшой группе включений ($n = 4$) с $T_{\text{гом}}$ $144\text{--}147^\circ\text{C}$ она несколько понижена – 12,9–13,6 мас. % экв. NaCl ($T_{\text{пл. льда}} = -9,7 \dots -9,1^\circ\text{C}$).

Обсуждение результатов

Анализ полученных результатов, представленных в табл. 1, показывает, что кварц из рудопроявлений золота Авзянского рудного района по термодинамическим характеристикам обладает сходством и различием.

Он имеет одинаковые температуры эвтектик ФВ, которые незначительно увеличиваются по направлению расположения рудопроявлений с севера на юг: $-37,8 \dots -34,2^\circ\text{C}$ (Улюк-Бар), $-36,4 \dots -32,6^\circ\text{C}$ (Горный Прииск) $-35,6 \dots -28,4^\circ\text{C}$ (Восточно-Акташское). Такой температурный интервал могут иметь водные растворы хлоридов магния и калия ($-37,5 \dots -33,6^\circ\text{C}$) или железа ($-36,5 \dots -35,6^\circ\text{C}$) (Борисенко, 1977). Установленные $T_{\text{эвт}}$ отличаются в ту или иную сторону от весьма узкого интервала,

Таблица 1. Результаты термокриометрии ФВ жильного кварца из рудопроявлений золота и безрудных участков Авзянского рудного района

№ обр.	n	T _{гом} , °C	T _{эвт} , °C	T _{пл} , °C	C, мас. %	Катионы хлоридов	CO ₂	T _{CO2} , °C	T _{mCO2} , °C	V, об. %
М-488	2	373; 382	-37,8; - 34,2	-6,8; - 6,2	9,5; 10,2	Mg + K	-	-	-	25; 30
««	4	234- 294	-37,5...- 34,9	-6,8...- 6,5	9,7- 10,2	Mg + (K, Fe?)	-	-	-	10- 30
М-645	3	310- 349	-35,6...- 32,8	-9,6...- 8,6	12,4- 13,5	Mg + (K, Fe?)	-	-	-	25- 40
««	7	236- 286	-36,4...- 32,7	-11,8...- 6,1	9,3- 15,8	Mg + (K, Fe?)	-	-	-	10- 15
М-672	1	292	-53,7	-10,5	14,5	Ca + (Na, Mg?)	-	-	-	15
««	11	152- 183	-54,6...- 52,5	-9,5...- 6,9	9,1- 13,4	Ca + (Na, Mg?)	-	-	-	10- 30
Б-9264	3	329- 382	-34,7...- 34,2	-7,2...- 3,7	5,4- 10,7	Mg + K	+	-	-62,8 -58,7	15- 40
««	2	228; 248	-32,7; - 28,4	-6,8; - 5,3	8,3; 10,2	Mg + (K, Fe?)	+	-	-59,2; -58,7	25; 30
««	7	105- 137	-35,6...- 28,6	-11,4...- 9,3	12,1- 15,4	Mg + (K, Fe?)	+	-	-	≤10
Б-9262	6	252- 298	-34,8...- 31,8	-4,7...- 2,9	4,8-7,5	Mg + (K, Fe?)	+	16,8- 20,7	-58,7... -56,6	20- 30
««	3	162- 193	-33,9...- 29,2	-3,6...- 2,5	4,2-5,9	Mg + (K, Fe?)	+	-	-	≤10
««	4	126- 147	-33,8...- 29,5	-8,5...- 6,4	9,7- 12,3	Mg + (K, Fe?)	+	-	-	≤10
М-553	14	158- 238	-46,4...- 41,8	-20,6...- 13,2	17,1- 22,8	Fe + Na	-	-	-	≤10- 30
М-630	14	128- 147	-46,4...- 41,5	-20,7...- 9,1	12,9- 22,1	Fe + Na	-	-	-	≤10- 15

Примечание. Здесь и в табл. 2 приведены вариации температур гомогенизации (T_{гом}), эвтектики (T_{эвт}), плавления льда (T_{пл}), частичной гомогенизации CO₂ (T_{CO2}), тройной точки (T_{mCO2}), а также концентрации солей (C) в пересчете на мас. % экв. NaCl и объема газовой фазы в ФВ (V). Плюсом обозначено присутствие CO₂ в ФВ. n – количество изученных ФВ; М-645 – месторождение Горный Прииск, карьер; М-488 – рудопроявление Улюк-Бар, скв. № 18, гл. 108,5 м; М-672 – рудопроявление Богряшка, элювий; Б-9264, Б-9262 – рудопроявление Восточно-Акташское, главный шурф, Б-9264 – ранняя генерация (кварц-1), Б-9264 – поздняя генерация (кварц-3); М-553 – безрудный кварц из большеинзерской свиты; М-630 – безрудный кварц из зигаино-комаровской свиты. Термокриометрическое изучение проведено по стандартной методике (Крупенин, Гараева, 2015).

характерного для растворов хлоридов железа, и в большей степени соответствуют преобладанию водного раствора хлоридов магния и калия над примесями других хлоридов.

Важно отметить не только сходство состава солевых растворов ФВ жильного золоторудного кварца, встречающегося в литологически разных породах (песчаники, сланцы, известняки) различного воз-

раста, от раннего до позднего рифея, но и близкие температурные интервалы гомогенизации, а также сходную соленость (см. рис. 6). Показательны одинаковые максимальные T_{гом} золоторудного кварца, составляющие 382°C (Улюк-Бар и Восточно-Акташское) и 349°C (Горный Прииск), которые без учета поправок на давление, указывают на начальные температуры рудоносных флюидов около

400°C.

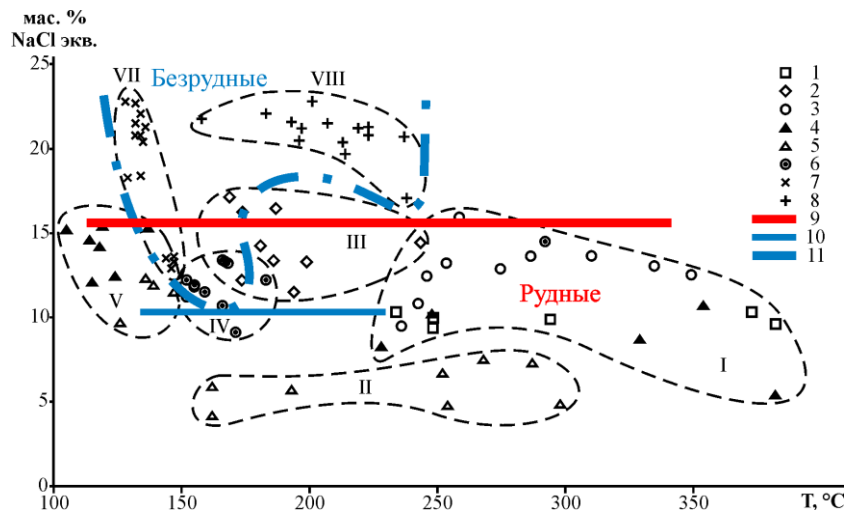


Рис. 6. Температура гомогенизации и солёность ФВ жильного кварца из Исмакаевского месторождения магнетитов, рудопроявлений золота и безрудных участков Авзянского рудного района: 1 – рудопроявление Улюк-Бар, обр. М-488, скв. № 18, гл. 108,5 м; 2 – Исмакаевское месторождение магнетитов; 3 – месторождение Горный Прииск, обр. М-645 (карьер); 4–5 – рудопроявление Восточно-Акташское, главный шурф, 4 – кварц-1, 5 – кварц-3; 6 – рудопроявление Богряшка, обр. М-672; 7–8 – безрудные участки: 7 – обр. М-630; 8 – обр. М-553; 9 – верхняя граница солёности ФВ золоторудного кварца; 10 – нижняя граница солёности безрудного кварца; 11 – поле безрудного кварца. Римскими цифрами обозначены области: I – первичные ФВ рудоносного кварца из месторождения Горный Прииск и из рудопроявлений Улюк-Бар и Восточно-Акташское; II – первичные ФВ кварца-3 из рудопроявления Восточно-Акташское; III – первичные ФВ позднего молочно-белого кварца из Исмакаевского месторождения магнетитов; IV – первичные ФВ кварца из рудопроявления Богряшка; V – мнимовторичные ФВ рудоносного и безрудного кварца из рудопроявления Восточно-Акташское; VI – первичные ФВ безрудного кварца из большеинзерской свиты; VII – первичные ФВ безрудного кварца из зигазино-комаровской свиты

Отметим, что эти температуры более высокие, чем сообщаются в ранее проведенных исследованиях (Грановская, Кобзарева, 2009; Кобзарева, 2007), в которых образование жильного кварца в рудопроявлениях золота Авзянского района связывалось с региональным процессом катагенеза – начального метагенеза (>300°C) рифейских осадочных пород. Однако такие относительно высокие температуры рудообразования вряд ли могут быть отражением постдиагенетических преобразований пород. Более вероятно, что золоторудные флюиды в Авзянском рудном районе были связаны с глубинным источником.

В связи с этим обращает на себя внимание резкое отличие по термодинамическим характеристикам ФВ золоторудного кварца от образцов безрудного

жильного кварца, которые для сравнительного анализа отобраны специально из тех же свит и из тех же стратиграфических интервалов, в которых локализируются рудопроявление Улюк-Бар и месторождение Горный Прииск. Проведенное изучение показало, что в безрудном кварце по сравнению с золоторудным фиксируются более низкие $T_{гом}$ (128–238°C) и более высокая солёность растворов на уровне 12,9–22,8 мас. % экв. NaCl. При этом в обр. М-553 из большеинзерской свиты нижнего рифея установлены более высокие $T_{гом}$ (158–238°C) по сравнению с обр. М-630 из зигазино-комаровской свиты среднего рифея (128–147°C). Это может быть обусловлено их различным стратиграфическим положением. По оценкам Л.В. Анфимова в низах рифейского разреза БМА (уровень большеинзерской свиты) темпе-

ратуры достигали 280–290°C (метагенез), а в верхах составляли 80–90°C (начало глубинного катагенеза) (Анфимов, 1997). Вместе с тем обр. М-553 отобран вблизи дайки долеритов и более высокие $T_{\text{гом}}$ в нем могут быть связаны с внедрением интрузии.

Принципиальное значение имеют в целом низкие $T_{\text{гом}}$ и одинаковые $T_{\text{эвт}}$ (–46,4...–41,5°C) безрудного кварца, которые отличаются от аналогичных параметров золоторудного кварца. По данным А.А. Боровикова с соавторами (Боровиков и др., 2002), такие температуры эвтектики характерны для растворов $\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}+\text{FeCl}_2$ и $\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}+\text{FeCl}_3$, в которых они составляют соответственно –47,5 и –41°C. Следовательно, преобладающим компонентом в солевом составе растворов безрудного кварца являлось железо, источником которого, наиболее вероятно, выступали вмещающие породы (сланцы и сланцевые прослои в большеинзерской и зигазино-комаровской свитах). Кварцево-жильные системы с подобным солевым составом растворов широко распространены в рифейских отложениях БМА. С.С. Ковалевым с соавторами (Ковалев и др., 2016) в низкотемпературных ($T_{\text{гом}}=121\text{--}225^\circ\text{C}$) ФВ жильного кварца из суранской свиты нижнего рифея и машакской свиты среднего рифея установлены $T_{\text{эвт}}$ –73,4...–69,5°C, которые соответствуют железосодержащему солевому составу $\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}+\text{FeCl}_2+\text{HCl}$. В данном случае сдвиг температур эвтектик с –47,5...–41°C в отрицательную область до –73,4°C обусловлен гидролизом FeCl_2 с образованием HCl как его продукта (Боровиков и др., 2002). Таким образом, можно предположить, что широкое распространение относительно низкотемпературных (120–240°C) и высокосолёных (12,9–22,8 мас. % экв. NaCl) кварцево-жильных систем с солевым составом $\text{H}_2\text{O}+\text{NaCl}+\text{FeCl}_2(\text{FeCl}_3)\pm\text{HCl}$ связано с региональными постдиагенетическими преобразованиями рифейских пород. С учетом типового для платформ геотермического градиента 30°C/км, температуры

250°C предполагают глубину погружения пород 8–9 км, и это допустимая величина, поскольку общая мощность разреза рифея БМА составляет около 15 км (Анфимов, 1997). Высокая солёность безрудных растворов рифейского породного бассейна (см. рис. 6) также находит свое объяснение и определяется значительной примесью эвапоритовых рассолов (Крупенин, Гараева, 2015; Мичурин и др., 2009).

Между тем изотопно-геохимические данные по сульфидным и карбонатным минералам, сопутствующим золоторудному кварцу, указывают на то, что золотоносные флюиды в Авзянском рудном районе были связаны с магматогенным источником. Образование рудоносных кварцевых жил, согласно установленным $T_{\text{гом}}$, происходило в широком температурном интервале приблизительно от 140 до 400°C. Эти данные согласуются с рассчитанной нами ранее по распределению Mg , Fe и Mn между доломитом и кальцитом температурой образования жильных карбонатных минералов (290°C), ассоциирующих с кварцем Исмакаевской рудной зоны (Шарипова и др., 2011).

По изотопному составу углерода они отличаются от доломитов и известняков вмещающего разреза, в которых $\delta^{13}\text{C}$ варьирует от –0,3 до 1,4‰, что соответствует карбонатным породам осадочного происхождения. В ранней генерации анкерита, образующего тесное срастание с жильным кварцем в песчаниках рудопроявления Улюк-Бар, изотопные составы C и O равны соответственно –7,7...–6,1‰ и 18,4...18,6‰ (Шарипова и др., 2012; Шарипова, Мичурин, 2015). С учетом принятой температуры образования анкерита (290°C) по уравнениям фракционирования в системах доломит– CO_2 (Ohmoto и др., 1979) и анкерит– H_2O (Zheng, 1999) изотопные составы C и O рудоносного флюида составляют соответственно –6,5...–4,9‰ и 11,9...12,1‰ и близки к углероду и кислороду магматического происхождения (рис. 7) (Бортников, 2006; Фор, 1989; Sheppard, 1986). Из этого следует, что в гидротермальных растворах, из которых

происходило отложение кварца и анкерита, ведущую роль играла углекислота из магматогенного источника.

Анкериты Восточно-Акташского рудопроявления по сравнению с анкеритами рудопроявления Улюк-Бар в меньшей степени обогащены легкими изотопами ^{12}C и ^{16}O и их изотопные составы С и О равны соответственно $-5,0\dots-3,7\text{‰}$ и $19,2\dots20,9\text{‰}$ (Шарипова и др., 2012; Шарипова, Мичурин, 2015). Такие значения позволяют предположить, что в рудный процесс CO_2 вовлекалась как из вмещающих пород, так и из магматогенного источника. Следует отметить, что только в этом рудопроявлении установлено частое присутствие CO_2 в ФВ жильного кварца (см. табл. 1). Возможно, это объясняется карбонатным составом вмещающих пород, которые представлены известняками. CO_2 здесь одинаково обнаруживается как в высокотемпературных, так и в низкотемпературных ФВ в обеих генерациях жильного кварца – ранней и поздней. Увеличения количества ФВ, содержащих CO_2 , на какой-либо стадии рудного процесса не выявлено и присутствие углекислоты, по-видимому, обусловлено контаминацией флюидов карбонатным углеродом из вмещающих известняков. Рассчитанное по $T_{\text{гом}}$ CO_2 поздней генерации

кварца давление флюидов в рудопроявлении составляло не менее 1280–1420 бар, что предполагает минералообразование на глубинах около 4 км.

Температурный интервал образования сульфидов, сопровождающих кварцевожильные системы, также сходен с температурами образования жильного кварца. Температура формирования пирит-пирротинового парагенезиса в рудопроявлении Улюк-Бар составляет $225\text{--}450^\circ\text{C}$ (рассчитана по распределению Co и Ni между пиритом и пирротинном) и $300\text{--}450^\circ\text{C}$, (рассчитана по железистости гексагонального пирротина) (Мичурин и др., 2009). В сульфидах отмечается зональное распределение изотопных характеристик. На глубине от 700 до 300 м они имеют относительно близкий к метеоритному стандарту изотопный состав серы ($\delta^{34}\text{S}$ от $-2,7$ до $3,6\text{‰}$), более однородный по сравнению с верхней частью рудной зоны, где увеличивается дисперсия значений $\delta^{34}\text{S}$ ($-4,3\dots5,4\text{‰}$). Изотопная зональность связана главным образом с изменением состава и физико-химических характеристик рудоносных флюидов, сера которых имела магматогенный источник, в результате их взаимодействия с вмещающими породами (Мичурин и др., 2009).

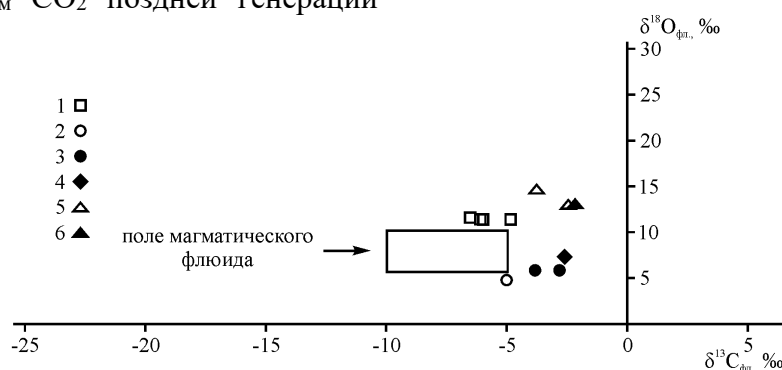


Рис. 7. Изотопный состав углерода и кислорода в золотоносном флюиде Авзянского рудного района: 1–6 – фигуративные точки, рассчитанные по изотопному составу карбонатных минералов из кварцевых прожилков рудопроявлений: Улюк-Бар (1 – анкерит, обр. М-470, М-486, М-488, М-491, 2 – ранняя генерация кальцита, обр. М-488, 3 – поздняя генерация кальцита, обр. М-77, М-83), Кургашлинское (4 – поздняя генерация кальцита, обр. М-497), Восточно-Акташское (5 – анкерит, обр. Ак-10, Ак-12, 6 – кальцит, обр. Ак-5)

Имеющиеся на сегодняшний день геохронологические данные (К-Аг, Rb-Sr, Pb-Pb, химическое датирование) фиксируют

два этапа формирования рудопроявлений золота Авзянского рудного района, ранний из которых был около 1000 млн. лет, а

поздний – около 600–700 млн. лет назад (Шарипова, Мичурин, 2015). Образование жильного кварца происходило на раннем этапе, поскольку по результатам изучения Pb-Pb методом галенита, образующего прожилки (см. рис. 4) в жильном кварце Исмакаевской рудной зоны, время его образования не моложе 950 млн. лет (Шарипова, Мичурин, 2015). Вместе с тем размещение золотоносных кварцевых прожилков в рудопроявлении Восточно-Акташское в теле габбро-диоритов и на их контакте с вмещающими известняками указывает, что рудоносные прожилки не древнее интрузивных магматических пород, Rb-Sr возраст которых составляет 1065 ± 31 млн. лет (Бобохов и др., 1993). Формирование золотоносных кварцево-жильных систем Авзянского рудного района, по-видимому, было обусловлено флюидной миграцией в рамках мощного и относительно длительного тектонотермального (рифтогенного?) этапа в осадочном бассейне на востоке Русской платформы, который по времени совпадал с широко распространенным в других регионах мира гренвилемским орогенезом. С данным этапом в регионе связаны образование Суранского месторождения флюоритов, месторождений и проявлений барит-полиметаллической минерализации (Верхне-Аршинское, Кужинское и др.), а также мощный Mg-Fe метасоматоз, приведший к формированию крупнейшего на Земле скопления сидеритов (Бакальские месторождения в северной части БМА) и Исмакаевского месторождения магнетитов (Крупенин, 2004).

В то же время только проявление Богряшка по $T_{эвт}$ ФВ кварца отличается от других золоторудных объектов (см. табл. 1). По нашему мнению, это неслучайно и требует более детального пояснения. Проявление (единственное в регионе) относится к ярко выраженному золото-сульфидному типу. Кроме того, его уникальность заключается в том, что вмещающими золотоносную сульфидную минерализацию породами являются брейнериты – высокожелезистые магнетиты, обра-

зованные в результате магнезиального метасоматоза первично известняковых отложений миньяжской подсвиты суранской свиты нижнего рифея (Крупенин и др., 2016). Согласно ранее проведенным минералогическим наблюдениям (Нечаев, 1982), в брейнеритах отмечаются зоны окварцевания. Изученный нами образец кварца по термокриометрическим особенностям ФВ аналогичен брейнеритам (табл. 2), образование которых проходило в условиях низкотемпературного (диапазон $T_{гом}$ составляет $140\text{--}227^\circ\text{C}$) гидротермального метасоматоза (Крупенин и др., 2016). В ФВ кварца $T_{гом}$ находятся в интервале $152\text{--}183^\circ\text{C}$, и обнаружено только одно включение с более высокой температурой гомогенизации 292°C .

Температуры эвтектики также сходны в брейнеритах и кварце и образуют одинаковые узкие интервалы от $-55,7$ до $-52,4^\circ\text{C}$ и от $-54,6$ до $-52,5^\circ\text{C}$ соответственно (см. табл. 1 и 2), что позволяет интерпретировать их солевой состав как смесь хлоридов кальция, натрия и магния. Для хлоридов Mg установлены температуры эвтектики -52°C , для Ca+Na -55°C (Борисенко, 1977). Кроме того, в кварце и брейнеритах отмечаются близкие значения солености растворов – $9,1\text{--}14,5$ мас. % экв. NaCl и $9,5\text{--}17,6$ мас. % экв. NaCl соответственно.

Сходные температуры гомогенизации, солевой состав ФВ и соленость растворов позволяют связывать образование кварца в золотосульфидном рудопроявлении Богряшка с дорудным процессом магнезиально-железистого метасоматоза и формированием брейнеритов, вмещающих золотоносную сульфидную минерализацию. Этот процесс носил масштабный характер в рифейских отложениях Авзянского района. Наиболее вероятно, что формирование брейнеритов происходило одновременно с магнетитами Исмакаевского месторождения, расположенного в 10 км севернее проявления Богряшка, на том же стратиграфическом уровне в миньяжской подсвите суранской свиты. В околорудных доломитах и магнетитах

Исмакаево и брейнеритах Богряшки установлено сходное распределение редкоземельных элементов, связанное с увеличе-

нием доли средней группы лантаноидов (Крупенин и др., 2016).

Таблица 2. Характеристика ФВ магнетитов и кварца Исмакаевского месторождения магнетитов и брейнеритов проявления Богряшка (Крупенин, Гараева, 2015; Крупенин и др., 2017)

Минерал	n	T _{гом} , С°	T _{эвт} , С°	T _{пл} , С°	Катионы хлоридов	С, мас. %
Магнетит	12	184–279	–56,2...–51,3	–25,8...–6,8	Ca+(Na+Mg?)	10,2–25,8
Метасоматический кварц	13	192–245	–51,9...–46,3	–23,9...–21,8	Ca+Fe?	23,5–24,9
Молочно-белый кварц	9	169–245	–35,7...–32,5	–13,2...–7,8	Mg + K	11,5–17,1
Брейнерит	15	141–227	–55,1...–52,5	–13,8...–6,2	Ca+(Na+Mg?)	9,5–17,6

Геохронологические данные указывают на образование Fe-магнетитов Исмакаевского месторождения в конце среднего рифея, на уровне 1250 млн. лет назад (Крупенин и др., 2016). Геохимические данные совместно с анализом геологического строения и развития района показывают, что источником флюидов, участвовавших в процессе магнетиально-железистого метасоматоза в карбонатных породах суранской свиты, являются ремобилизованные захоронённые в отложениях нижнего рифея эвапоритовые рассолы (Крупенин, Гараева, 2015; Крупенин и др., 2015, 2016).

В Исмакаевском месторождении установлены поздние, секущие магнетиты жилы молочно-белого кварца (Крупенин, Гараева, 2015), который по солевому составу ФВ отличается от магнетитов (T_{эвт} составляют –35,7...–32,5°С) и в свою очередь сходен с жильным кварцем из рудопроявлений золота Авзянского рудного района (см. табл. 1 и 2). В целом это неудивительно, поскольку месторождение магнетитов располагается в относительной близости от рудопроявления золота Улюк-Бар, примерно в 1,5–2 км восточнее. При этом в позднем молочно-белом кварце Исмакаево отмечается также сходная по сравнению с золоторудным кварцем солёность ФВ на уровне 11,5–17,1 мас. % экв. NaCl, но фиксируются более низкие температуры гомогенизации, образующие интервал 169–245°С. Максимальные T_{гом} зо-

лоторудного кварца приблизительно на 100–130°С выше. Учитывая сходство солевого состава растворов, можно предположить, что образование кварцевожильных систем происходило одновременно около 1000 млн. лет назад. Более низкие температуры его образования указывают на то, что он, по-видимому, формировался в результате миграции флюидов на удалении от высокотемпературного рудогенерирующего источника и он, вероятнее всего, не содержит золото. Основной фронт циркуляции золотоносных флюидов находился западнее Исмакаевского месторождения, в относительной близости к Караташскому разлому, где их разгрузка происходила по оперяющим его разрывным нарушениям. Рудоносный фронт охватывал полосу, протягивающуюся с юга (Акташская рудная зона) на север (Исмакаевская рудная зона) примерно на 40–45 км.

Заключение

Жильный кварц из золотосульфидно-кварцевого месторождения Горный Прииск и золотокварцевых малосульфидных рудопроявлений Улюк-Бар и Восточно-Акташское имеет сходные T_{гом} первичных ФВ (228–382°С) и солевой состав растворов, в котором преобладают хлориды магния и калия. Солёность варьирует в интервале 5,4–15,8 мас. % NaCl экв. Газовая фаза ФВ не содержит CO₂ за исклю-

чением жильного кварца из проявления Восточно-Акташское. Рассчитанное по $T_{\text{гом}} \text{CO}_2$ поздней генерации кварца давление флюидов в рудопроявлении составляло не менее 1280–1420 бар, что предполагает минералообразование на глубинах около 4 км. Изотопно-геохимические данные по сульфидным и карбонатным минералам, сопутствующим золоторудному кварцу, указывают на то, что относительно высокотемпературные (250–450°C) золотоносные флюиды были связаны с магматогенным источником. Формирование кварца в этих золоторудных объектах обусловлено глубинной миграцией флюидов в рамках мощного тектоно-термального этапа в осадочном бассейне на востоке Русской плиты, который по времени совпадал с широко распространенным в других регионах мира гренвильским орогенезом.

Жильный кварц из вмещающих рифейских отложений региона, образованный предположительно в результате региональных постдиагенетических преобразований, отличается от золоторудного кварца. Он характеризуется преобладанием хлоридов железа в солевом составе растворов ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{FeCl}_2(\text{FeCl}_3) \pm \text{HCl}$), более низкими $T_{\text{гом}}$ (128–238°C) и более высокой солёностью (12,9–22,8 мас. % NaCl экв.).

Таким образом, в Авзянском золоторудном районе для постмагматических флюидов характерны более высокий диапазон температур и пониженная солёность по сравнению с бассейновыми растворами, имеющими температуры ниже 250°C, ограниченные глубиной погружения осадочного бассейна, и повышенную солёность, которая определяется присутствием захоронённых рассолов эпизодов эвапоритовой седиментации.

ФВ кварца из золотосульфидного проявления Богряшка имеют $T_{\text{гом}}$ 152–292°C и состав солей, в которых преобладают хлориды кальция и магния. Образование кварца связано с дорудным процессом магнезиально-железистого метасоматоза и формированием брейнеритов, вмещаю-

щих золотоносную сульфидную минерализацию.

Библиографический список

- Анфимов Л.В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал) / УрО РАН. Екатеринбург, 1997. 290 с.
- Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Горожанин В.М., Мичурин С.В. Термогазогеохимические и изотопные поисковые критерии колчеданного и золото-сульфидного оруденения (на примере месторождений Башкортостана) / УНЦ РАН. Уфа, 1993. 23 с.
- Борисенко А.С. Изучение солевого состава растворов газово-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16–28.
- Боровиков А.А., Гущина Л.В., Борисенко А.С. Определение хлоридов железа (II, III) и цинка в растворах флюидных включений при криометрических исследованиях // Геохимия. 2002. № 1. С. 70–79.
- Бортников Н.С. Геохимия и происхождение рудообразующих флюидов в гидротермально-магматических системах в тектонически активных зонах // Геология рудных месторождений. 2006. Т. 48, № 1. С. 3–28.
- Грановская Н.В., Кобзарева Ж.С. Флюидные включения в жильном кварце золоторудных проявлений Башкирского антиклинория // Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах: матер. Всерос. науч. конф., посвященной 40-летию Башкирского отделения РМО. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. С. 27–29.
- Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. М.: Недра, 1979. 271 с.
- Кобзарева Ж.С. Минералого-термобарогеохимические особенности жильного кварца в рифейских осадочных комплексах Авзяно-Белорецкого золоторудного района (Ю.Урал): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Южный федеральный ун-т. Ростов-на-Дону, 2007. 24 с.
- Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Фаткуллин И.Р. Сложнодислоцированные углеродсодержащие толщи западного склона Южного Урала. Уфа: Изд-во БГУ, 1999. 118 с.
- Ковалев С.С., Шарипова А.А., Ковалев С.Г., Мичурин С.В. Минералогия черносланцевых отложений Улуелгинско-Кудашмановской зоны (Башкирский мегантиклинорий) // Вестник Академии наук РБ. 2016. Т. 21, № 2 (82). С. 53–64.

- Крупенин М.Т., Гараева А.А.* Источники флюидов для метасоматических магнетитов Исмакаевского месторождения Южно-Уральской провинции (термокриометрия флюидных включений) // Литосфера. 2015. №2. С.133–139.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Шарипова А.А., Гуляева Т.Я., Петрищев В.Г.* Минералогические и геохимические особенности магнезиально-железистых карбонатов Авзянского рудного района Южного Урала в связи с закономерностями метасоматоза // Вестник Уральского отделения РМО. 2016. №13. С. 73–88.
- Ларионов Н.Н.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Южно-Уральская серия. Лист N-40-XXII (Тузан) / Министерство природных ресурсов РФ. М., 2003.
- Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Горожанин В.М.* Генезис сульфидов и сульфатов в нижнерифейских отложениях Камско-Бельского авлакогена и Башкирского мегантиклинория. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. 192 с.
- Нечаев В.П.* Особенности гидротермально-метасоматического процесса на некоторых золоторудных проявлениях западного склона Южного Урала // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса полезных ископаемых Южного Урала / БФАН СССР. Уфа, 1982. С. 52–56.
- Рыкус М.В., Сначев В.И.* Золото западного склона Южного Урала / УНЦ РАН. Уфа, 1999. 170 с.
- Фор Г.* Основы изотопной геохимии. М.: Мир, 1989. 590 с.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В.* Карбонат-кварцевые жилы из рудопроявлений золота в рифейских отложениях Башкирского антиклинория // XV Всерос. конф. по термобарогеохимии (18-20 сентября 2012 г.) / ИГЕМ РАН. М., 2012. С. 88–89.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В.* Изотопно-геохимическая характеристика рудопроявлений золота в докембрийских отложениях Башкирского мегантиклинория // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: матер. III Всерос. молод. науч. конф. Улан-Удэ, 2015. С. 249–252.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Веливецкая Т.А., Игнатьев А.В.* Золотоносный пирит в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория (на примере рудопроявления Богряшка) // Вестник Академии наук РБ. 2017. Т. 22, №1. С. 84–93.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Попов В.А., Канипова З.А.* Жильные карбонатные минералы рудопроявлений золота в нижнерифейских отложениях Башкирского антиклинория // Геологический сборник № 9. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 220–227.
- Ohmoto H., Rye R.O.* Isotope of sulfur and carbon // Geochemistry of Hydrothermal deposits. 1979. P. 509–567.
- Sheppard S.M.F.* Characterization and isotopic variations in natural wates // Stable isotopes in high temperature geological processes. Reviews in Mineral. 1986. № 16. P. 165–183.
- Zheng Y.F.* Oxygen isotope fractionation in carbonate and sulfate minerals // Geochemical Journal, 1999. Vol. 33. P. 109–126.

Quartz Reef from Gold Occurrences in Riphean Deposits of the Avzyan Ore Region (South Urals): Mineralogical and Thermocriometric Features

A.A. Sharipova^a, S.V. Michurin^a, M.T. Krupenin^b, A.A. Garaeva^b, Z.A. Kanipova^a

^aInstitute of Geology, Ufa Science Center, Russian Academy of Sciences, 16/2 K. Marksa Str., Ufa 450077, Russia

E-mail: aysyluazatovna@mail.ru

^bInstitute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Akad. Vonsovskogo Str., Ekaterinburg 620016. Russia

E-mail: krupenin@igg.uran.ru

Quartz reefs from the gold-sulfide-quartz deposit Gorny Priisk and gold-quartz sulfide

bearing ore occurrences Ulyuk-Bar and Vostochno-Aktashskoe have the similar temperatures of homogenization of primary fluid inclusions (228-382 ° C) and salt composition, in which magnesium and potassium chloride predominate. Salinity varies in the range of 5,4-15,8 wt. % NaCl equiv. Generation of gold-bearing quartz reefs was caused by the migration of magmatogene fluids connected with the tectono-thermal stage between the Middle and Late Riphean. Barren vein quartz from the host Riphean rocks is characterized by lower temperatures of homogenization (128-238 ° C), predominance of the iron chlorides in salt composition and higher salinity (12,9-22,8 wt% NaCl equiv.). The generation of quartz in the gold-sulphide ore occurrence Bogryashka, which have temperatures of homogenization of 152-292 ° C and the predominance of calcium and magnesium chlorides in the salts, is associated with the pre-ore process of magnesian-ferruginous metasomatism.

Key words: *Bashkirian meganticlinorium; gold; quartz; fluid inclusions; homogenization temperature; salt composition of solution.*

References

- Anfimov L.V. 1997. Litogenez v rifeyskikh osadochnykh tolshchakh Bashkirskogo megantiklinoriya (Yu. Ural) (Lithogenesis in the Riphean sedimentary strata of the Bashkir meganticlinorium (South Urals)]. Yekaterinburg, UrO RAN, p. 290. (in Russian)
- Bobohov A.S., Bobohova R.B., Gorozhanin V.M., Michurin S.V. 1993. Termogazogeokhimicheskie i izotopnye poiskovye kriterii kolchedannogo i zoloto-sulfidnogo orudneniya (na primere mestorozhdeniy Bashkortostana) [Thermogas geochemical and isotopic survey criteria for pyrite and gold-sulfide mineralization (on the example of Bashkortostan deposits)]. UNC RAN, Ufa, p. 23. (in Russian)
- Borisenko A.S. 1977. Izuchenie solevogo sostava rastvorov gazovo-zhidkikh vklyucheniyy v mineralakh metodom kriometrii [A study of the salt composition of solutions of gas-liquid inclusions in minerals using the cryometry method]. Geologiya i geofizika, 8:16–28. (in Russian)
- Borovikov A.A., Gushchina L.V., Borisenko A.S. 2002. Opredelenie khloridov zheleza (II, III) i tsinka v rastvorakh flyuidnykh vklyucheniyy pri kriometricheskikh issledovaniyakh [Determination of iron (II, III) chlorides and zinc in solutions of fluid inclusions in cryometric studies]. Geokhimiya, 1:70–79. (in Russian)
- Bortnikov N.S. 2006. Geokhimiya i proiskhozhdenie rudoobrazuyushchikh flyuidov v gidrotermalno-magmaticheskikh sistemakh v tektonicheski aktivnykh zonakh [Geochemistry and the origin of ore-forming fluids in hydrothermal-magmatic systems in tectonically active zones]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 48(1):3–28. (in Russian)
- Granovskaya N.V., Kobzareva Zh.S. 2009. Flyuidnye vklyucheniya v zhilnom kvartse zolotorudnykh proyavleniy Bashkirskogo antiklinoriya [Fluid inclusions in vein quartz of gold occurrences of the Bashkir anticlinorium]. In Mineraly i mineraloobrazovanie v prirodnykh i tekhnogennykh protsessakh. Materialy nauch. konf. posvyashchennoy 40-letiyu Bashkirskogo otdeleniya RMO. DizaynPoligrafServis, Ufa. pp. 27–29. (in Russian)
- Ermakov N.P., Dolgov Ju.A. 1979. Termobarogeokhimiya [Thermobarogeochemistry]. Moscow, Nedra, p. 271. (in Russian)
- Kobzareva Zh.S. 2007. Mineralogotermobarogeokhimicheskie osobennosti zhilnogo kvartsa v rifeyskikh osadochnykh kompleksakh Avzyano-Beloretskogo zolotorudnogo rayona (Yu. Ural) [Mineralogical and thrmobarogeochemical features of vein quartz in Riphean sedimentary complexes of the Avzyan-Beloretsk gold field (South Urals)]. Diss. Cand. Geol.-Min. Sci., Rostovna-Donu, Yu.FU. (in Russian)
- Kovalev S.G., Vysotskiy I.V., Fatkullin I.R. 1999. Slozhnodislotsirovannyye uglerodsoderzhashchie tolshchi zapadnogo sklona Juzhnogo Urala [Strongly dislocated carbonaceous strata of the western slope of the Southern Urals]. Ufa, BGU, p. 118. (in Russian)
- Kovalev S.S., Sharipova A.A., Kovalev S.G., Michurin S.V. 2016. Mineralogiya chernoslantsevyykh otlozheniy Uluelginsko-Kudashmanovskoy zony (Bashkirskiy megantiklinoriy) [Mineralogy of the black shale deposits of the Uluelginsky-Kudashmanovskaya zone (Bashkirian megantiklinorium)]. Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan. 21(2): 53–64. (in Russian)
- Krupenin M.T. 2004. Mineragenicheskoe i geo-

- dinamicheskoe znachenie srednerifeyskogo vremeni na zapadnom sklone Yuzhnogo Urala [The mineragenic and geodynamic significance of the Middle Riphean on the western slope of Southern Urals]. Doklady RAN, 399(4): 503–505. (in Russian)
- Krupenin M.T., Garaeva A.A.* 2015. Istochniki flyuidov dlya metasomaticheskikh magnezitov Ismakaevskogo mestorozhdeniya Juzhno-Uralskoy provintsii (termokriometriya flyuidnykh vklyucheniya) [Sources of fluids for metasomatic magnesites of the Ismakaevskoye deposit of the South Ural province (thermomeometry of fluid inclusions)]. Litosfera, 2:133–139. (in Russian)
- Krupenin M.T., Michurin S.V., Sharipova A.A., Guljaeva T.Ja., Petrishheva V.G.* 2016. Mineralogicheskie i geokhimicheskie osobennosti magnezialno-zhelezistykh karbonatov Avzyanskogo rudnogo rayona Yuzhnogo Urala v svyazi s zakonmernostyami metasomatoza [Mineralogical and geochemical features of magnesian-ferruginous carbonates of the Avzyan ore region of the South Urals in connection with the regularities of metasomatism]. Vestnik Uralskogo otdeleniya Rossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva, 13: 73–88.
- Larionov N.N.* 2003. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Yuzhno-Uralskaya seriya. List N-40-XXII (Tukan) [State geological map of the Russian Federation, scale 1:200 000. The South Urals Series. Sheet N-40-XXII (Tukan)]. Ministerstvo prirodnikh resursov RF. (in Russian)
- Michurin S.V., Kovalev S.G., Gorozhanin V.M.* 2009. Genezis sulfatov i sulfidov v nizhnerifeyskikh otlozheniyakh Kamsko-Belskogo avlakogena i Bashkirskogo megantiklinoriya [Genesis of sulfates and sulfides in the Lower Riphean deposits of the Kamsko-Belsk aulacogene and the Bashkir meganticlinorium]. Ufa, DizajnPoligrafServis, p. 192. (in Russian)
- Nechaev V.P.* 1982. Osobennosti gidrotermalno-metasomaticheskogo protsessa na nekotorykh zolotorudnykh proyavleniyakh zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Features of the hydrothermal metasomatic processes at some gold occurrences on the western slope of the Southern Urals]. In Voprosy mineralogii, geokhimii i genezisa poleznykh iskopaemykh Juzhnogo Urala. Ufa, BFAN SSSR, pp. 52–56. (in Russian)
- Rykus M.V., Snachev V.I.* 1999. Zoloto zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Gold of the western slope of the Southern Urals]. Ufa, UNTs RAN, p. 170. (in Russian)
- For G.* 1989. Osnovy izotopnoy geokhimii [Fundamentals of isotope geochemistry]. Moskva, Mir. (in Russian)
- Sharipova A.A., Michurin S.V.* 2012. Karbonat-kvartsevye zhily iz rudoproyavleniy zolota v rifeyskikh otlozheniyakh Bashkirskogo antiklinoriya [Carbonate-quartz veins from gold ore occurrences in the Riphean deposits of the Bashkirian anticlinorium]. XV Vseross. konf. po termobarogeokhimii (18–20 sentjabrja 2012 g.). IGEM RAN, Moskva, pp. 88–89. (in Russian)
- Sharipova A.A., Michurin S.V.* 2015. Izotopno-geokhimicheskaya kharakteristika rudoproyavleniy zolota v dokembriyskikh otlozheniyakh Bashkirskogo megantiklinoriya [Isotope-geochemical characteristics of gold ore occurrences in Precambrian deposits of the Bashkir meganticlinorium]. Baykalskaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya po geologii i geofizike. Ulan-Ude, pp. 249–252. (in Russian)
- Sharipova A.A., Michurin S.V., Velivetskaya T.A., Ignatev A.V.* 2017. Zolotonosnyy pirit v rifeyskikh otlozheniyakh Bashkirskogo megantiklinoriya (na primere rudoproyavleniya Bogryashka) [Auric pyrite in Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium (on example of occurrence Bogryashka)]. Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan, 22(1): 84–93. (in Russian)
- Sharipova A.A., Michurin S.V., Popov V.A., Kanipova Z.A.* 2011. Zhilnye karbonatnye mineraly rudoproyavleniy zolota v nizhnerifeyskikh otlozheniyakh Bashkirskogo antiklinoriya [Vein carbonate minerals of gold occurrences in Lower Riphean rocks of the Bashkir anticlinorium]. Geologicheskii sbornik. DizajnPoligrafServis, 9: 220–227. (in Russian)
- Ohmoto H., Rye R.O.* 1979. Isotope of sulfur and carbon. Geochemistry of Hydrothermal deposits. pp. 509–567.
- Sheppard S.M.F.* 1986. Characterization and isotopic variations in natural waters. Stable isotopes in high temperature geological processes. Reviews in Mineral. 16: 165–183.
- Zheng Y.F.* 1999. Oxygen isotope fractionation in carbonate and sulfate minerals. Geochemical Journal, 33: 109–126.