

ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ИЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА В ДОКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ

© А.А. Шарипова,

младший научный сотрудник,
Институт геологии,
Уфимский научный центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация,
эл. почта: s_michurin@mail.ru

© С.В. Мичурин,

кандидат геолого-минералогических наук,
Институт геологии,
Уфимский научный центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация,
эл. почта: s_michurin@mail.ru

© З.А. Канипова,

младший научный сотрудник,
Институт геологии,
Уфимский научный центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация,
эл. почта: Zaliya.Kanipova@mail.ru

Проведено термокриометрическое изучение флюидных включений и анализ флюидоносности кварца из рудопроявления золота Улюк-Бар и месторождения Горный Прииск, залегающих в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория. Полученные температуры гомогенизации флюидных включений образуют близкие интервалы: от 235 до 349°C на месторождении Горный Прииск и от 234 до 382°C на рудопроявлении Улюк-Бар. Солевой состав растворов на рудопроявлениях также сходен и соответствует преобладанию водного раствора хлоридов магния над примесями других хлоридов.

Давление флюида на месторождении Горный Прииск меняется от 156 до 27 бар, на рудопроявлении Улюк-Бар – от 226 до 26 бар. Истинные температуры рудоносных флюидов с учетом поправок на давление составляют 250–400 °С. Эти данные согласуются с рассчитанными нами ранее температурой и давлением образования жильных карбонатных минералов и температурами сульфидообразования на рудопроявлении Улюк-Бар. При криометрических работах в газовой фазе первичных включений не было обнаружено признаков CO₂ или других газов. Однако по результатам анализа флюидоносности установлено наличие углекислоты во флюидных включениях, которая, вероятнее всего, связана с вторичными включениями.

В пределах Исмакаевской рудной зоны в кварцевых жилах установлена зависимость между величиной их флюидоносности и содержанием золота в породах. С кварцевыми жилами, обладающими наиболее высокой флюидоносностью, обычно ассоциирует анкерит ранней генерации. Зависимости между содержаниями золота в породах и концентрацией углекислоты во флюидных включениях не установлено.

Учитывая сходство солевого состава растворов в позднем кварце Исмакаевского месторождения магнетитов и рудоносном кварце месторождения Горный Прииск и рудопроявления Улюк-Бар, можно предположить, что образование этих кварцево-жильных систем происходило одновременно.

Ключевые слова: Башкирский мегантиклинорий, рудопроявление золота, кварц, флюидные включения, термокриометрия, температура гомогенизации, флюидоносность, минералообразующие растворы

© А.А. Sharipova¹, S.V. Michurin², Z.A. Kanipova³

FLUID INCLUSIONS OF VEIN QUARTZ FROM GOLD ORE OCCURRENCES IN PRECAMBRIAN ROCKS OF THE BASHKIR MEGANTICLINORIUM

^{1,2,3}Institute of Geology,
Ufa Scientific Centre,
Russian Academy of Sciences,
16/2, ulitsa K. Marksa,
450077, Ufa, Russian Federation,
e-mail: s_michurin@mail.ru

The paper describes our thermocryometric study of fluid inclusions and analysis of quartz fluidization at the Ulyuk-Bar gold ore occurrence and the Gorny Priisk deposit located in Riphean rocks of the Bashkir Meganticlinorium. The homogenization temperatures of fluid inclusions form close intervals from 235 to 349°C at the Gornyj Priisk deposit and from 234 to 382°C at the Ulyuk-Bar occurrence. The salt compositions of the solutions are also similar and correspond to the prevalence of magnesium chloride over the impurities of other chlorides.

Fluid pressure varies from 156 to 27 bar at the Gorny Priisk deposit and from 226 to 26 bar at the Ulyuk-Bar occurrence. True temperatures of the ore-bearing fluids with allowance for pressure are 250 to 400°C. These data agree with the previously calculated temperature and pressure of

the formation of vein carbonate minerals and the temperatures of sulphide formation at the Ulyuk-Bar occurrence. We have not found any signs of CO₂ or other gases when performing cryometric research in the gas phase of primary inclusions. However, the analysis of fluidization reveals the presence of carbon dioxide in the fluid inclusions associated in all probability with secondary inclusions.

Within the Ismakaevo ore zone, the dependence has been established between the extent of fluidization in quartz veins and gold content in rocks. Quartz veins that are typical for the highest fluidization are usually associated with early-generation ankerite. The relationship between gold contents in rocks and carbon dioxide concentrations in fluid inclusions has not yet been recognized.

Taking into consideration the similarity between the salt compositions of the solutions in late-generation quartz of the Ismakaevo magnesite deposit and ore-bearing quartz at the Gorny Priisk deposit and the Ulyuk-Bar ore occurrence, it can be assumed that the formation of these quartz vein systems occurred simultaneously.

Key words: Bashkir Meganticlinorium, gold ore occurrence, quartz, fluid inclusions, thermocryometry, homogenization temperature, fluidization, mineral-forming solutions

Флюидные включения в минералах являются наиболее достоверным источником информации об агрегатно-фазовом составе и температуре минералообразующих растворов. Их изучение позволяет судить о физико-химических параметрах рудообразования. Нами проведено термокриометрическое изучение флюидных включений кварца на рудопроявлении золота Улюк-Бар и месторождении Горный Прииск, залегающих в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория (БМА). Эти золоторудные объекты известны уже в течение длительного времени, тем не менее, они все еще слабо изучены. Вопросы их генезиса и времени образования до сих пор дискутируются и предлагаются различные модели их формирования: осадочно-метаморфогенно-гидротермальная, плутоногенно-гидротермально-метаморфогенная и др. [1–5]. Проведенное нами термобарогеохимическое изучение жильного кварца позволяет уточнить физико-химические параметры формирования и генезис рудопроявлений золота в рифейских отложениях БМА.

Геологическое положение. Большинство рудопроявлений золота в рифейских отложениях БМА расположено в его южной части, где выделяют Исмакаевскую, Горноприискскую и Акташскую рудные зоны (рис. 1). Золо-

то содержится в кварцевых жилах, в сульфидах и сульфоарсенидах (пирите, арсенопирите, пирротине, герсдорфите, галените и др.), образуя золото-кварцевый, золото-сульфидно-кварцевый и золото-сульфидный формационные типы. Содержание золота варьирует от следовых количеств до первых сотен г/т, в среднем составляя ≈3–5 г/т.

Золоторудные объекты приурочены к одной из главных тектонических структур БМА, Караташскому региональному разлому субмеридионального простирания, который фиксируется интенсивной изоклинальной складчатостью и дайками пород основного состава [2].

Рудопроявление золото-кварцевой формации Улюк-Бар приурочено к присводовой части Айгирской антиклинали. Вмещающими породами являются песчаники, алевролиты и низкоуглеродистые глинистые сланцы нижней толщи большеинзерской свиты нижнего рифея, в которых развиты золотоносные кварцевые жилы лестничного типа. В пределах площади рудопроявления установлены дайки габбро-диабазов, мощностью до 6 м, метасоматически измененные и карбонатизированные.

Месторождение Горный Прииск относится к золото-сульфидно-кварцевому фор-

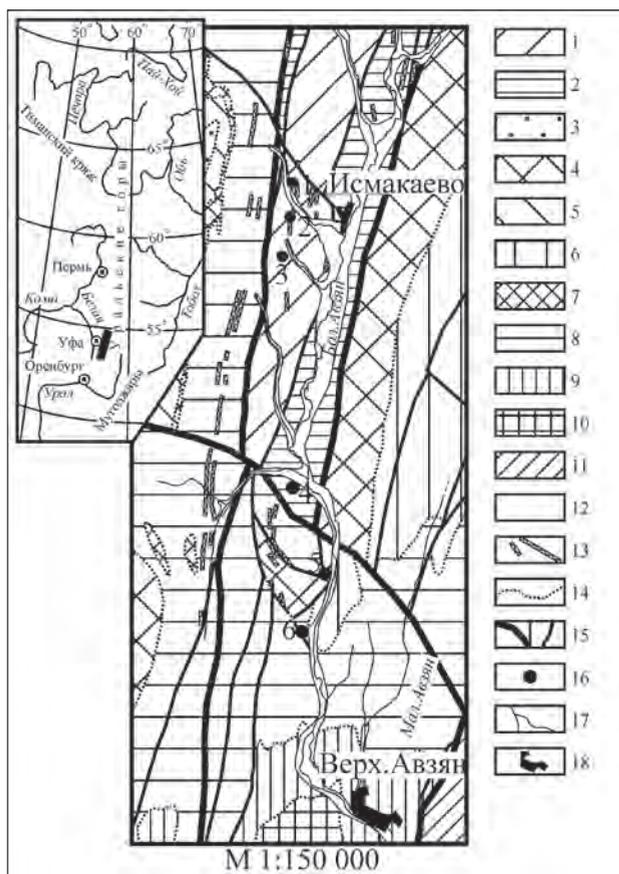


Рис. 1. Геологическая схема южной части Башкирского мегантиклинория [6] и положение рудопроявлений золота

Исмайкаевской и Горноприисковской рудных зон:

1–5 – отложения нижнего рифея, свиты: 1 – большеинзерская, 2 – суранская, 3 – саткинская, 4 – юшинская, 5 – бакальская; 6–9 отложения среднего рифея, свиты: 6 – машакская, 7 – зигальгинская, 8 – зигазино-комаровская, 9 – авзянская; 10–11 – отложения верхнего рифея, свиты: 10 – зильмердакская, 11 – миньярская; 12 – четвертичные отложения; 13 – дайки магматических пород; 14 – границы свит; 15 – тектонические нарушения разного порядка; 16 – рудопроявления золота Исмайкаевской (1–3) и Горноприисковской (4–6) рудных зон: 1 – Кургашлинское; 2 – Улюк-Бар; 3 – Рамеева жила; 4 – Богряшка, 5 – Калашникова жила, 6 – Горный Прииск; 17 – реки; 18 – населенные пункты

мационному типу. Рудовмещающими породами месторождения являются отложения серегинской подсвиты зигазино-комаровской свиты среднего рифея, которые представлены переслаивающимися сланцами и алевролитами с отдельными прослоями песчаников. Породы интенсивно окварцованы.

Методика исследования. Нами принято изучение флюидных включений методом термодриометрии в шести образцах кварца, отобранных из различных рудопроявлений,

залегающих в рифейских отложениях БМА. Однако пригодными для изучения оказались только два образца кварца, остальные по разным причинам были забракованы. Один из них отобран из керна скважины № 18 (гл. 108,5 м), пробуренной в пределах площади рудопроявления Улюк-Бар, второй – из неглубокого карьера на месторождении Горный Прииск. Детально удалось изучить состав 22 двухфазных включений, большинство из которых наиболее соответствует первичным.

Термодриометрия флюидных включений кварца выполнена в Институте геологии и геохимии имени академика А.Н. Заварицкого УрО РАН (г. Екатеринбург, аналитик А.А. Гараева) на термодриостолке LinkamTHMSC-600, установленном на микроскопе ZeissAxiolab с дальнефокусными объективами OlympusLMPLFLN50x, LMPLFLN100x. Диапазон измерения температур фазовых переходов внутри включений составляет от –196 до 600°С. Материалом для изучения служили двухсторонние полированные пластинки, приготовленные из образцов кварца.

Кроме того, проведен анализ флюидности кварца. Образцы предварительно обрабатывались кислотами для удаления возможных микропримесей карбонатов по методу Г.Б. Наумова с соавторами [7]. Общее количество выделяемых газов из флюидных включений и концентрацию в них основных компонентов (H_2O газ, CO_2 и $\Sigma N_2 + CH_4 + CO + H_2$) определяли на форвакуумной установке VS-35-А. Газы из флюидных включений образцов кварца (навеска 2–3 г, фракция 0,5–0,25 мм) извлекались путем ступенчатого нагрева в вакууме при 350 и 500°С. Условия проведения анализа детально описаны в работах [5; 8].

Результаты и их обсуждение. Кварц из кварцевых и карбонат-кварцевых жил золоторудных зон в рифейских отложениях БМА характеризуется светло-серой окраской, часто рассланцован и разбит трещинами на непра-

вильные микроблоки (первые см). Границы зерен (блоков) кварца иногда соответствуют крупным ортогональным трещинам, иногда отмечаются системы параллельных микротрещин. По разноориентированным трещинам обычно развиваются вторичные гидроокислы железа, мелкогнездовые вкрапления хлорита,

карбонатные минералы и чешуйки серицита (см. рис. 2).

В шлифах кварц массивный монокристаллический, сливной, гигантозернистый с льдистой структурой, с прямым погасанием, разбит мелкими субпараллельными трещинами. Размеры зерен варьируют от 0,5 мм да 1 см и более.

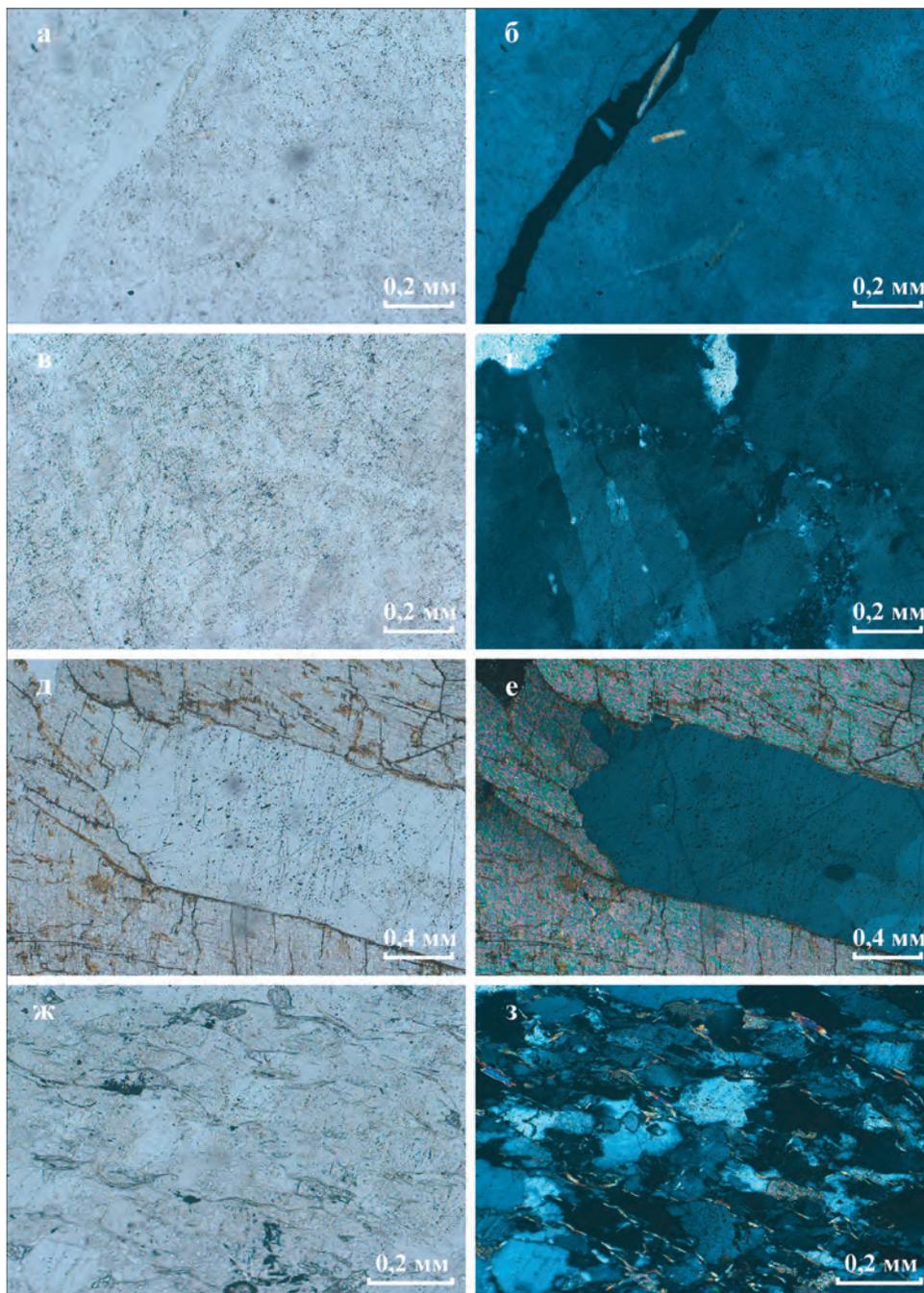


Рис. 2. Карбонатные минералы и включения слюд в кварце рудопроявления Улюк-Бар: а, б – иголки мусковита в трещине (б – николи скрещены), в, г – включения карбонатных минералов (г – николи скрещены); д, е – срастание жильного кварца и анкерита ранней генерации (е – николи скрещены); ж, з – мелкие включения карбонатных минералов и слюд. а–г – обр. м91, скв. № 18, гл. 48,5 м; д–з – обр. м488, скв. № 18, гл. 108,5 м

Границы зерен коррозионные, неровные, зазубренные. Иногда отмечается система параллельных микротрещин. По трещинам развиты вторичные включения. Иногда пустотное пространство между зернами залечено мелкозернистым мозаичным кварцем.

В песчаниках рудопроявления Улюк-Бар с карбонатными минералами (анкерит) отмечается кварц 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 с неровными краями и в виде удлинённых кристаллов. Зерна округлой формы размером 0,3–0,5 мм.

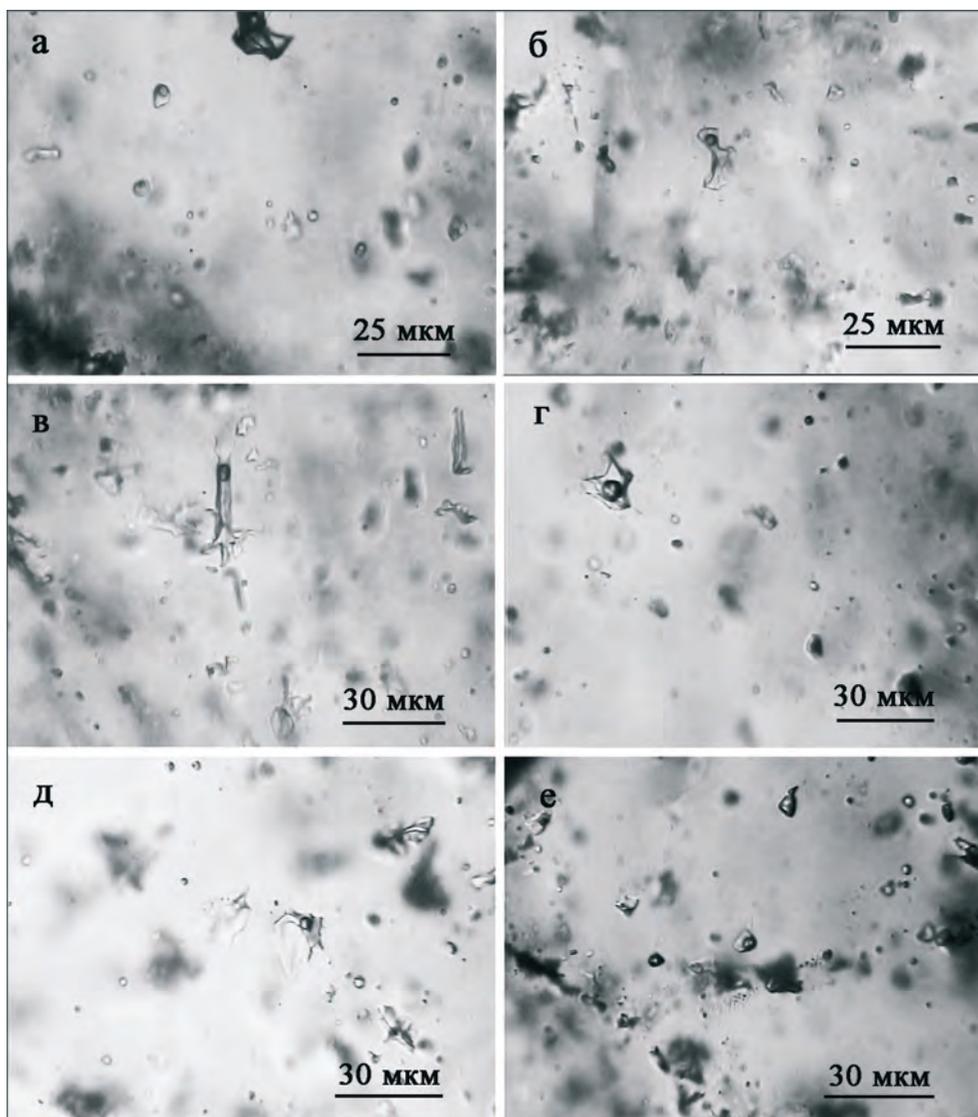


Рис. 3. Флюидные включения в кварце рудопроявления Улюк-Бар и месторождения Горный Прииск:

а-в – рудопроявление Улюк-Бар, обр. м488, скв. № 18, гл. 108,5 м: *а* – водно-газовые первичные включения овальной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{ГОМ}} = 373^{\circ}\text{C}$; *б* – в центре первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{ГОМ}} = 294^{\circ}\text{C}$; *в* – в центре первичное включение вытянутой формы с газовым пузырьком, $T_{\text{ГОМ}} = 248^{\circ}\text{C}$; в левом нижнем углу цепочки мелких вторичных (?) флюидных включений. *г-д* – месторождение Горный Прииск, обр. м645: *г* – в левом верхнем углу первичное включение неправильной формы с газовым пузырьком, $T_{\text{ГОМ}} = 310^{\circ}\text{C}$; *д* – в центре первичное включение неправильной (негативной) формы с газовым пузырьком, $T_{\text{ГОМ}} = 258^{\circ}\text{C}$; *е* – в центре первичное включение неправильной (негативной) формы с газовым пузырьком, $T_{\text{ГОМ}} = 242^{\circ}\text{C}$

Все изученные флюидные включения представляют собой двухфазные газожидкие вакуоли, содержащие водный раствор и газовую фазу. На обоих рудопроявлениях можно выделить два преобладающих типа включений – неправильной и овальной формы (рис. 3, табл. 1). Первые, в основном, более крупные (на Горном Прииске их размеры составляют 10–25 мкм, на Улюк-Баре – 12–20,6 мкм), вероятно, представляют собой пер-

вичные включения. Газовая фаза во флюидных включениях Горного Прииска занимает от 10 до 40% объема вакуоли. На рудопроявлении Улюк-Баре объем газовой фазы во включениях варьирует от 10 до 30%.

В другом типе флюидных включений преимущественно овальной формы вакуоли чаще более мелкие, их размер, одинаковый на обоих рудопроявлениях, составляет 7–10 мкм и меньше. Они обычно расположены около

Т а б л и ц а 1

Результаты термодатирования флюидных включений в кварце рудопроявления Улюк-Баре и месторождения Горный Прииск

№ п/п	T _{гом} , °C	T _{эвт} , °C	T _{пл} , °C	Соленость, мас. % NaCl экв.	Размер	Объем газа, %	Форма
месторождение Горный Прииск, обр. м645							
1	349	-34,5	-8,6	12,4	16,9	25	неправильная
2	335	-32,8	-9,1	12,9	11,8	40	неправильная
3	310	-35,6	-9,6	13,5	16,2	25	неправильная
4	286	-32,7	-9,6	13,5	18,5	15	неправильная
5	274	-33,2	-8,7	12,7	11,2	10	неправильная
6	258	-36,3	-11,8	15,8	10,3	10	негативная
7	253	-35,8	-9,2	13,1	12,5	10	неправильная
8	245	-33,8	-8,5	12,3	25,2	10	неправильная
9	242	-35,4	-7,2	10,7	10,3	10	негативная
10	236	-36,4	-6,1	9,3	14,2	15	неправильная
11	Д	-32,7	-11,5	15,5	7,6	30	овальная
12	Д	-32,6	-9,8	13,7	8,6	30	овальная
13	Д	-35,8	-9,8	13,7	21,5	20	неправильная
14	Д	-32,7	-9,2	13,1	7,2	40	овальная
15	Д	-32,8	-9,6	13,5	12,5	10	неправильная
16	Д	-34,4	-8,5	12,3	10,3	10	овальная
рудопроявление Улюк-Баре, обр. м488, скв. № 18, гл. 108,5 м							
1	382	-34,2	-6,2	9,5	6,8	30	овальная
2	373	-37,8	-6,8	10,2	6,8	25	овальная
3	294	-36,5	-6,5	9,7	12,2	20	неправильная
4	248	-35,4	-6,5	9,7	20,6	20	вытянутая
5	248	-34,9	-6,3	9,6	12,1	30	неправильная
6	234	-37,5	-6,8	10,2	9,7	10	овальная

Примечание. T_{гом} – температура полной гомогенизации, T_{эвт} – температура эвтектики, T_{пл} – температура конца плавления льда во включениях; Д – включения декрепитировали при 225–250°C до наступления гомогенизации.

трещин в кварце, и, возможно, представляют собой вторичные включения. При их изучении в процессе нагревания они часто взрываются, декрепитируют в результате превышения внутреннего давления над прочностью стенок вакуоли. В целом стоит отметить большую долю таких включений, которые декрепитируют при температуре 225–250°C.

Температуры гомогенизации флюидных включений образуют близкие интервалы от 236 до 349°C на месторождении Горный Прииск и от 234 до 382°C на рудопроявлении Улюк-Бар. Эти температуры несколько более высокие, чем сообщаются в ранее проведенных исследованиях [3; 4]. Отметим, что указанные авторы образование жильного кварца на рудопроявлениях золота в рифейских отложениях БМА связывают с процессами катагенеза и локального метакатагенеза осадочных пород (>300°C).

В исследуемых включениях рудопроявления Улюк-Бар можно выделить две группы по температурам гомогенизации со средними значениями 377 и 263°C. В этих группах отмечается и разный объем газовых пузырьков. Средняя наполненность газовой фазой по группам включений соответственно составляет 27 и 23%. При этом характерно, что солёность флюидных включений в кварце рудопроявления Улюк-Бар сохраняется одинаковой в обеих группах на уровне 9,5–10,2 мас. % в NaCl эквиваленте. Температуры эвтектик включений образуют интервал от –37,8 до –34,2°C, что соответствует преобладанию водного раствора хлоридов магния над примесями других хлоридов. Такой температурный интервал имеют хлориды целого комплекса катионов Mg, K и Fe и, согласно проведенным исследованиям [9], соответствуют эвтектическим смесям водных растворов хлорида магния и калия (–37,5 ... –33,6°C), или железа (–36,5 ... –35,6°C).

На месторождении Горный Прииск солёность включений в кварце несколько более

высокая. Температуры плавления последней льдинки во включениях колеблются в пределах от –11,8 до –6,1°C, судя по которым концентрация солей в растворах составляет от 9,3 до 15,8 мас. % NaCl экв. Температуры эвтектик (–36,4 до –32,6°C), измеренные во включениях, также указывают на преобладание водного раствора хлоридов магния над примесями других хлоридов. При этом отмечается что, практически во всем интервале температур гомогенизации солёность растворов фактически не меняется (рис. 4).

Плотность и давление флюида, рассчитанные в программе FLINCOR [10] в системе H₂O-NaCl, также имеют сходные значения на месторождении Горный Прииск и рудопроявлении Улюк-Бар. В последнем случае плотность флюида составляет в среднем 0,82 г/см³, при постепенном понижении давления от 226 до 26 бар. Плотность флюида Горного прииска равна 0,90 г/см³, давление меняется от 156 до 27 бар. При таких низких значениях давления отклонение температуры гомогенизации флюидных включений от температуры минералообразующих растворов не будет больше 10–20°C [11]. С учетом поправок на давление истинные температуры рудоносных флюидов будут составлять около 250–400°C. Эти данные согласуются с рассчитанными нами температурой и давлением образования жильных карбонатных минералов (290°C и 360 бар) [12], температурами образования сульфидов на рудопроявлении Улюк-Бар в интервале 300–450°C, рассчитанными по железистости гексагонального пирротина, и 225–450°C, рассчитанными по распределению кобальта и никеля между пиритами и пирротинами [5]. Такие относительно высокие температуры рудообразования вряд ли могут быть отражением катагенитических процессов. Более вероятно, что гидротермальные растворы были связаны с глубинным источником.

В последнее время отмечается повышенный интерес термобарогеохимических исследова-

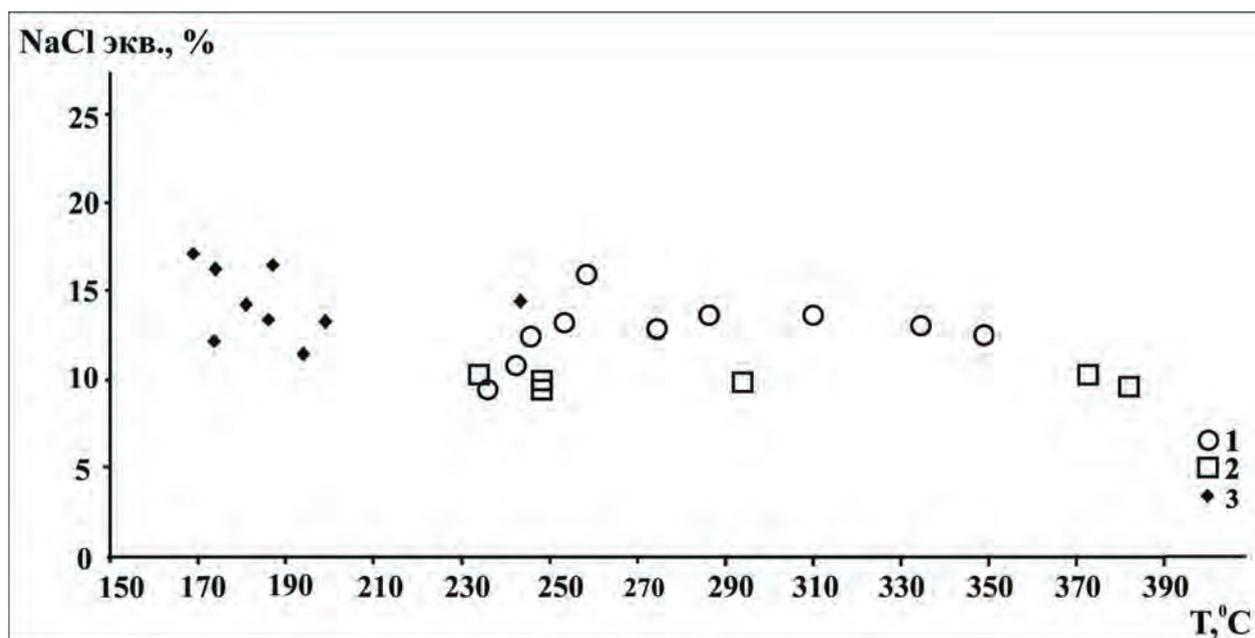


Рис. 4. Температура гомогенизации и соленость флюидных включений в кварце рудопроявления Улюк-Бар, месторождения Горный Прииск и Исмакаевского месторождения магнетитов:

1 – месторождение Горный Прииск, обр. м645; 2 – рудопроявление Улюк-Бар, обр. м488, СКВ. № 18, гл. 108,5 м; 3 – поздний молочно-белый кварц Исмакаевского месторождения магнетитов (данные по [13])

дований к проблеме CO₂-флюидов, поскольку фиксируется их участие в формировании разных генетических типов месторождений. Предполагается, что глубинные потоки CO₂-флюидов являются продуктами дегазации мантийных магм, и они участвуют в формировании эндогенных месторождений. Они приурочены к зонам тектонических нарушений глубинных разломов и отвечают трансмагматическим флюидам [14; 15]. Повышенное содержание углекислоты во включениях, например, отмечается и на золото-сульфидно-кварцевых месторождениях на севере Чукотки [16].

Имеющиеся данные относительно газового состава флюидных включений на рудопроявлениях золота в рифейских отложениях БМА противоречивы. Нами при термометрических исследованиях в газовой фазе включений не было обнаружено признаков CO₂ или других газов, и, следовательно, газовая фаза в них выполнена водным паром. Однако, ранее проведенными исследованиями [3; 4] среди первичных включений зафиксировано частое присутствие углекислотно-

водных разновидностей с объемом CO₂ достигающим 40%. Кроме того, по данным указанных авторов, во вторичных включениях также иногда отмечается наличие углекислоты.

При изучении валового состава газов из флюидных включений ранее нами также установлено, что рудный кварц на рудопроявлениях золота в рифейских отложениях БМА характеризуется одинаковым газовым составом с содержанием CO₂ от 2,2 до 3,8 об.% [8]. Преобладающим компонентом в газовом составе является H₂O_{газ} (95,5-96,5 об. %) и помимо содержания CO₂ во включениях отмечаются незначительные концентрации восстановленных компонентов Σ_{N₂+CH₄+CO+H₂} (0,7-2,0 об. %).

Эти данные были получены нами при анализе флюидоносности образцов кварца путем их одноактного нагрева в вакууме при 500-520°C. Пробы кварца предварительно обрабатывались горячей соляной кислотой. Однако, из-за относительно большой температуры их нагрева, вероятность появления незначительных концентраций CO₂ в составе газов вследствие разложения микропримесей

карбонатных минералов оставалась. С целью уточнить полученные ранее данные мы провели анализ повторно с пошаговым вскрытием флюидных включений в вакууме при 350 и 520°С (табл. 2). Относительно низкая температура 350°С исключала появление углекислоты из-за разложения карбонатов. Появление CO₂ в составе газов в этом случае, наиболее вероятно, будет связано с флюидными включениями.

Анализ выявил интересные зависимости. В обоих температурных интервалах происходит выделение CO₂ и Σ_{N₂+CH₄+CO+H₂}, содер-

жание которых находится в прямой зависимости от количества выделившейся H₂O (рис. 5). Следовательно, наиболее вероятно, что эти компоненты входят в состав флюидных включений.

На диаграммах CO₂—H₂O_{газ} и Σ_{N₂+CH₄+CO+H₂}—H₂O_{газ} кварц разных рудопроявлений имеет отчетливо разные тренды, что может быть связано с немного отличающимся газовым составом флюидных включений. Анализ диаграммы CO₂—H₂O_{газ} (см. рис. 5 б) показывает, что концентрации CO₂ увеличиваются во флюидных включениях кварца по направлению расположения рудопроявлений с севера

Т а б л и ц а 2

Состав газов (мкл/г) из флюидных включений при ступенчатом нагреве кварца в вакууме при 350 и 520°С

№ обр.	350°С			520°С			Сумма		
	H ₂ O	Σ _{N₂+CH₄+CO+H₂}	CO ₂	H ₂ O	Σ _{N₂+CH₄+CO+H₂}	CO ₂	H ₂ O	Σ _{N₂+CH₄+CO+H₂}	CO ₂
Рудопроявление Кургашлинское									
м495	—	—	—	316,8	1,8	3,3	316,8	1,8	3,3
м498ц	—	—	—	35,3	1,3	1,5	35,3	1,3	1,5
м502	—	—	—	95,4	1,2	2,0	95,4	1,2	2,0
м506	—	—	—	89,9	2,3	2,7	89,9	2,3	2,7
Рудопроявление Улюк Бар									
м460	9,5	0,4	0,5	49,2	2,2	2,7	58,7	2,6	3,1
м463	18,1	0,6	0,6	61,8	2,7	2,6	79,9	3,3	3,3
м467	—	—	—	164,1	2,4	2,4	164,1	2,4	2,4
м470	39,8	1,3	1,5	65,7	3,1	4,7	105,5	4,4	6,2
м471	19,4	0,5	0,7	48,6	1,7	1,8	68,0	2,2	2,5
м481	57,9	0,7	1,2	195,8	4,1	6,0	253,7	4,7	7,3
м486	—	—	—	257,2	3,5	6,6	257,2	3,5	6,6
м490	123,8	1,1	2,0	328,5	4,8	8,5	452,3	5,9	10,5
Рудопроявление Рамеева жила									
м512ц	87,2	1,0	1,7	180,9	3,3	8,5	268,1	4,2	10,2
м512к	39,2	0,5	0,8	100,2	5,3	9,2	139,4	5,8	10,0
м522	96,2	0,8	2,0	240,3	3,0	8,9	336,6	3,8	10,9
м523	13,8	0,4	1,7	41,7	1,2	1,8	55,5	1,6	3,5
м525	38,7	0,5	0,9	123,9	1,9	4,7	162,6	2,3	5,5
м526	—	—	—	50,1	0,9	1,2	50,1	0,9	1,2
Месторождение Горный прииск									
м638	247,1	1,3	9,0	177,5	1,9	15,3	424,6	3,2	24,3
м639	88,0	0,8	4,3	86,2	0,5	6,5	174,2	1,4	10,8
м640	180,6	1,1	7,3	166,8	2,1	14,0	347,4	3,2	21,3
Рудопроявление Восточно-Акташское									
Б-9264	73,5	0,6	1,4	70,4	2,0	4,9	144,0	2,6	6,3

Примечание. Прочерк означает, что нет определений.

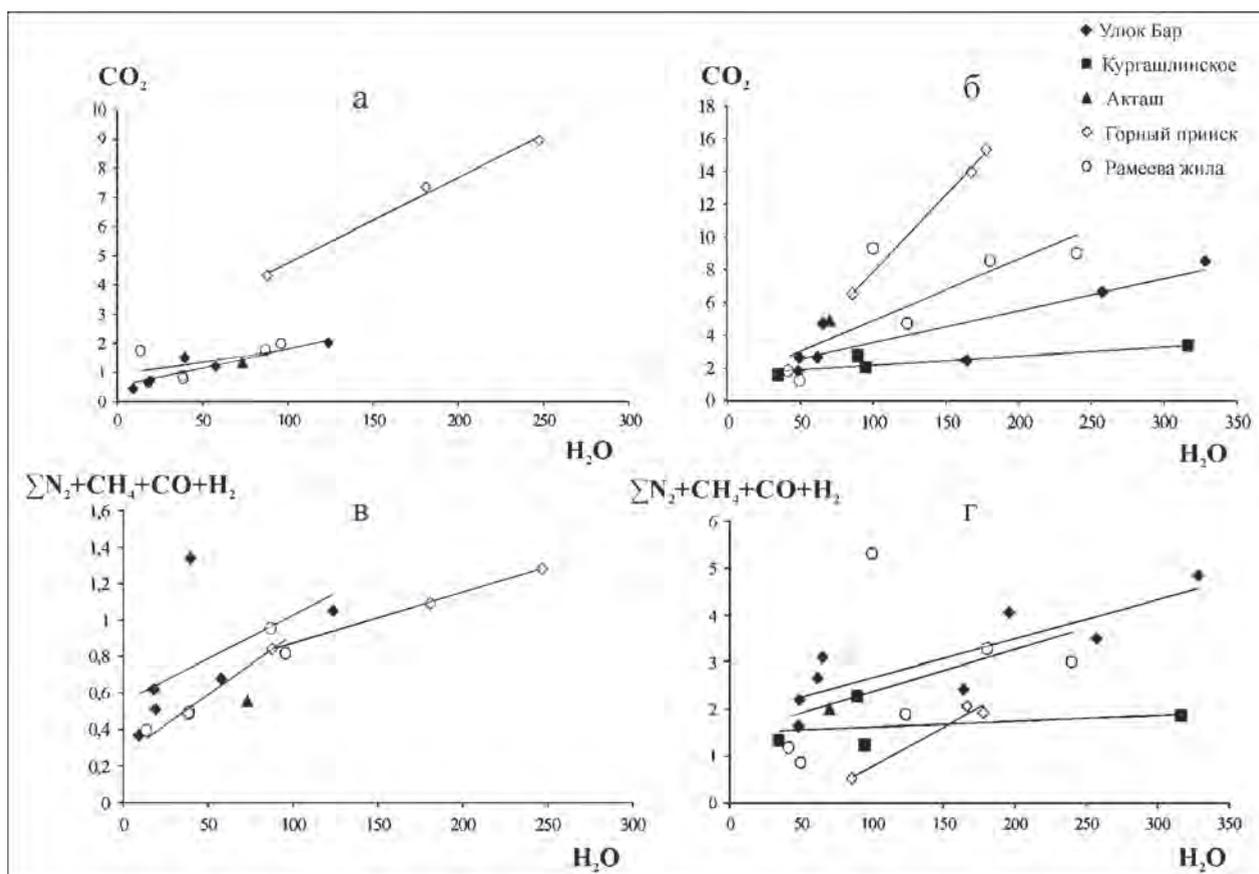


Рис. 5. Диаграммы $\text{CO}_2\text{—H}_2\text{O}_{\text{газ}}$ и $\Sigma\text{N}_2+\text{CH}_4+\text{CO}+\text{H}_2\text{—H}_2\text{O}_{\text{газ}}$ для кварца из рудопроявлений золота в рифейских отложениях БМА: а, в – температура вскрытия включений 350°C; б, г – температура вскрытия включений 520°C. Содержание в мкл/г

на юг. Кварц месторождения Горный Прииск, расположенного в южной части района, характеризуется при этом самыми высокими концентрациями CO_2 и самыми низкими $\Sigma\text{N}_2+\text{CH}_4+\text{CO}+\text{H}_2$ (см. рис. 5 б, в). Кварц рудопроявления Кургашлинское, расположенного в северной части района, обладает самыми низкими содержаниями CO_2 во включениях. Возможно, установленная зависимость отражает разный уровень эрозионного среза рудопроявлений или эволюцию рудообразующих флюидов, если предполагать одновременное образование рудопроявлений золота Исмакеевской и Горноприисковой зон.

Вместе с тем, по полученным данным сложно сказать, с какими флюидными включениями, первичными или вторичными, может быть связана углекислота, поскольку нами анализировался валовый состав вы-

деляющихся газов. Не исключено, что CO_2 в большей степени присутствует во вторичных включениях, поскольку на рудопроявлении Улюк-Бар нет четкой зависимости между содержаниями золота в породах и концентрацией углекислоты во флюидных включениях (рис. 6). Содержание золота здесь прямо коррелирует с флюидоносностью кварца [8]. По разрезу скв. № 18 до глубины 120 м на фоне, в общем, невысокой флюидоносности, на уровне 100–150 мкл/г, в отдельных интервалах зафиксировано ее резкое увеличение до 350–550 мкл/г. При этом именно в этих интервалах и были установлены максимальные содержания золота пробирным анализом (0,7–1,0 г/т) (см. рис. 6). Эти интервалы интерпретируются нами как участки наиболее интенсивной гидротермальной деятельности и к ним тяготеет кварц и анкерит ранней генерации [15].

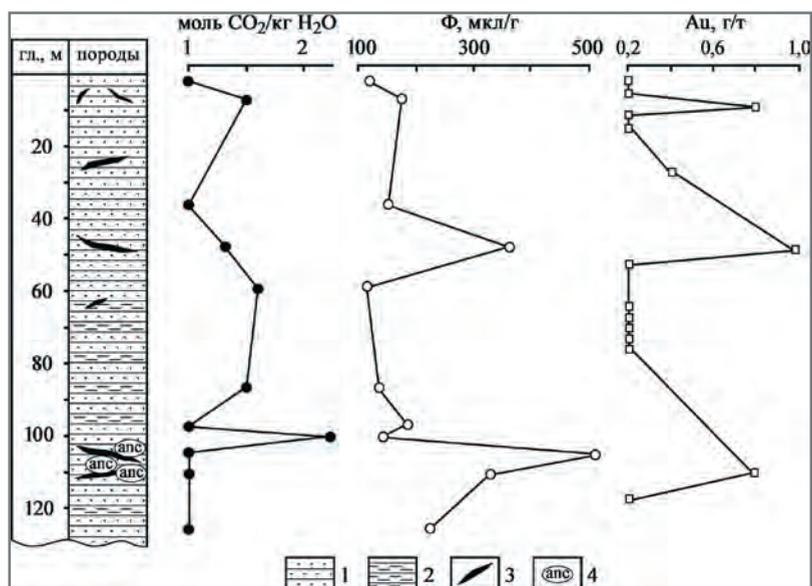


Рис. 6. Содержание углекислоты во флюидных включениях, флюидоносность кварца (Ф) и содержание золота в породах рудопроявления Улюк-Бар (скв. № 18):

1 – песчаники; 2 – низкоуглеродистые глинистые сланцы; 3 – кварцевые жилы различной мощности; 4 – анкерит в составе карбонат-кварцевых жил

Обращает на себя внимание, что термометрические характеристики кварца из рудопроявлений золота сходны с таковыми для позднего молочно-белого кварца Исмакаевского месторождения магнетитов (см. рис. 4). Оно располагается примерно в 2-2,5 км восточнее рудопроявления Улюк-Бар в той же структурно-формационной зоне БМА в отложениях суранской свиты нижнего рифея.

По данным М.Т. Крупенина и А.А. Гаревой [13], флюидные включения в молочно-белом кварце Исмакаевского месторождения имеют пониженные относительно магнетита и метасоматического кварца соленость, варьирующую в пределах от 11,5 до 17,1, среднее 14,2 мас. % NaCl экв., и температуры гомогенизации 169–245°C, среднее 190°C (см. рис. 4). Температура начала плавления льда во включениях позднего кварца Исмакаевского месторождения варьирует от –35,7 до –32,5°C, что практически полностью совпадает с нашими данными для кварца из рудопроявлений золота. Это указывает на одинаковый солевой состав растворов, из которых

отлагался кварц на рудопроявлениях золота и поздний кварц на Исмакаевском месторождении магнетитов. Вместе с тем, средние температуры гомогенизации существенно, почти на 100°C ниже в кварце Исмакаевского месторождения, по сравнению с кварцем месторождения Горный Прииск и рудопроявления Улюк-Бар.

Учитывая сходство солевого состава растворов в позднем кварце Исмакаевского месторождения и рудоносном кварце месторождения Горный Прииск и рудопроявления Улюк-Бар, можно предположить, что образование этих кварцево-жильных систем происходило одновременно. Это предположение не противоречит геохронологическим данным. По устному сообщению М.Т. Крупенина, согласно результатам Sm-Nd изучения, магнетиты Исмакаевского месторождения сформировались около 1200 млн лет назад, а жилы позднего молочно-белого кварца моложе, поскольку секут магнетиты. При этом данные относительно возраста оруденения на рудопроявлениях золота в рифейских отложениях БМА позволяют говорить о двух временных

этапах, первый из которых происходил около 1000 млн лет назад, а второй 600–700 млн лет назад [17].

Заключение. Таким образом, проведенное термокриометрическое изучение флюидных включений и анализ флюидоносности кварца из рудопроявлений золота, залегающих в рифейских отложениях БМА позволяет сделать следующие выводы. Температуры гомотенизации флюидных включений на месторождении Горный Прииск и рудопроявлении Улюк-Бар образуют близкие интервалы: от 235 до 349°C и от 234 до 382°C соответственно. Солевой состав растворов на рудопроявлениях также сходен и соответствует преобладанию водного раствора хлоридов магния над примесями других хлоридов.

Давление флюида на месторождении Горный Прииск меняется от 156 до 27 бар, на рудопроявлении Улюк-Бар – от 226 до 26 бар. Истинные температуры рудоносных флюидов

с учетом поправок на давление составляют 250–400°C. Эти данные согласуются с рассчитанными нами ранее температурой и давлением образования жильных карбонатных минералов и температурами сульфидообразования на рудопроявлении Улюк-Бар. Такие относительно высокие температуры рудообразования вряд ли могут быть отражением катагенитических процессов. Более вероятно, что гидротермальные растворы были связаны с глубинным источником.

В газовой фазе первичных включений не было обнаружено CO₂ или других газов. Однако по результатам анализа флюидоносности установлено наличие углекислоты во флюидных включениях на уровне первых процентов, которая, вероятнее всего, связана с вторичными включениями. Зависимости между содержаниями золота в породах и концентрацией углекислоты во флюидных включениях не установлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердников П.Г. Перспективы золотого оруденения Муртыктинского и Авзянского типов (Южный Урал) // Геология, минералогия и геохимия месторождений золота Урала. Свердловск: УрО РАН, 1987. С. 96–101.
2. Рыкус М.В., Сначев В.И. Золото западного склона Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1999. 170 с.
3. Кобзарева Ж.С. Минералого-термобаро-геохимические особенности жильного кварца в рифейских осадочных комплексах Авзяно-Белорецкого золоторудного района (Ю.Урал): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Южный федеральный ун-т. Ростов-н/Д. 2007. 24 с.
4. Грановская Н.В., Кобзарева Ж.С. Флюидные включения в жильном кварце золоторудных проявлений Башкирского антиклинория // Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах: материалы Всероссийской науч. конф., посвященной 40-летию Башкирского отделения РМО. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. С. 27–29.

5. 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.
6. Ларионов Н.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Южно-Уральская серия. Лист N-40-XXII (Тукан). Мин-во природных ресурсов РФ, 2003 г.
7. Наумов Г.Б., Салазкин А.Н., Миронова О.Ф., Савельева Н.И. Методы изучения флюидных ореолов при поисках гидротермальных руд. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1983. 76 с.
8. Мичурин С.В., Высоцкий И.В. Термобаро-геохимические предпосылки благороднометаллового оруденения в докембрийских отложениях Башкирского мегантиклинория // Геологический сборник № 8. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. С. 187–196.
9. Борисенко А.С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. №8. С. 16–28.

7. Naumov G.B., Salazkin A.N., Mironova O.F., Savelyeva N.I. Metody izucheniya flyuidnykh oreolov pri poiskakh gidrotermalnykh rud [Methods for analysis of fluid halos in prospecting for hydrothermal ores]. Moscow, GEOKhI AN SSSR, 1983. 76 p. (In Russian).
8. Michurin S.V., Vysotskiy I.V. Termobarogeokhimi-cheskie predposylki blagorodnometalnogo orudneniya v dokembriyskikh otlozheniyakh Bashkirskogo megantiklinoriya [Thermobarogeochemical prerequisites for noble metal mineralization in Precambrian rocks of the Bashkir Meganticlinorium]. Geologicheskii sbornik № 8 [Collected works in geology no. 8]. Ufa, DizaynPoligrafServis, 2009, pp. 187–196 (In Russian).
9. Borisenko A.S. Izuchenie solevogo sostava rastvorov gazovo-zhidkikh vkluycheniy v mineralakh metodom kriometrii [Research on salt compositions of solutions of gas-liquid inclusions in minerals by cryometry]. Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics, 1977, no. 8, pp. 16–28 (In Russian).
10. Brown P.E. FLINCOR: A microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data. American Mineralogist, 1989, vol. 74, pp. 1390–1393 (In Russian).
11. Ermakov N.P., Dolgov Yu.A. Termobarogeokhimiya [Thermobarogeochemistry]. Moscow, Nedra, 1979. 271 p. (In Russian).
12. Sharipova A.A., Michurin S.V., Popov V.A., Kanipova Z.A. Zhilnye karbonatnye mineraly rudoproyavleniy zolota v nizhnereifyskikh otlozheniyakh Bashkirskogo antiklinoriya [Vein carbonate minerals of gold occurrences in Lower Riphean rocks of the Bashkir Meganticlinorium]. Geologicheskii sbornik № 9 [Collected works in geology no. 9]. Ufa, DizaynPoligrafServis, 2011, pp. 220–227 (In Russian).
13. Krupenin M.T., Garaeva A.A. Istochniki flyuidov dlya metasomaticheskikh magnezitov Ismakaevskogo mestorozhdeniya Yuzhno-Uralskoy provintsii (termokriometriya flyuidnykh vkluycheniy) [Fluid sources of metasomatic magnesites at the Ismakaevo deposit of the South Urals (thermocryometry of fluid inclusions)]. Litosfera – Lithosphere, 2015, no. 2, pp. 133–139 (In Russian).
14. Voznyak D.K., Sjomka V.A., Belskiy V.N., Bondarenko S.N. Vliyanie vysokotermobaricheskikh potokov SO₂-flyuida na formirovanie geologicheskikh obektov Ukrainskogo shchita po dannym izucheniya flyuidnykh vkluycheniy [The influence of high temperature and pressure CO₂ fluid flows on the formation of geological features of the Ukrainian Shield according to the study of fluid inclusions]. Materialy XVI Vserossiyskoy konferentsii po termobarogeokhimii – Proceedings of the 16th All-Russian Conference on Thermobarogeochemistry. (Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, Irkutsk, September 10–14, 2014). Irkutsk, Izdatelstvo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2014, pp. 18–19 (In Russian).
15. Rojzenman F.M. Novaya teoriya flyuidnogo rudobrazovaniya – pod vozdeystviem “uglekislotoy Volny” [The new theory of fluid mineralization - under the impact of “carbon dioxide Wave”]. Materialy XVI Vserossiyskoy konferentsii po termobarogeokhimii – Proceedings of the 16th All-Russian Conference on Therbarogeochemistry, pp. 46–47 (In Russian).
16. Sokerina N.V., Kuznetsov S.K., Isaenko S.I. Flyuidnye vkluycheniya v kvartse zolotorudnykh zhil proyavleniya Sekushhij (Chukotka) [Fluid inclusions in quartz veins of the Sekushchiy gold occurrence (Chukotka)]. Materialy XVI Vserossiyskoy konferentsii po termobarogeokhimii – Proceedings of the 16th All-Russian Conference on Therbarogeochemistry, pp. 58–59 (In Russian).
17. Sharipova A.A., Michurin S.V. Zhilnye karbonatnye mineraly iz rudoproyavleniy zolota Ismakaevskoy rudnoy zony (Yuzhnyy Ural) [Vein carbonate minerals from gold ore occurrences of the Ismakaevo ore zone (South Urals)]. Mineraly: stroenie, svoystva, metody issledovaniya [Minerals: Structure, properties, investigation methods]. Proceedings of the 4th All-Russian Youth Scientific Conference (October 15–18, 2012). Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 2012cm, pp. 267–269 (In Russian).
18. Michurin S.V., Sharipova A.A. Khimicheskoe datirovanie uran-torievoy mineralizatsii iz nizhnereifyskikh otlozheniy Bashkirskogo antiklinoriya [Mineralization chemical uranium-thorium dating of Lower Riphean rocks of the Bashkir Anticlinorium]. Geologicheskii sbornik № 9 [Collected works in geology no. 9]. IG UNTs RAN. Ufa, DizaynPoligrafServis, 2011, pp. 216–219 (In Russian).