

С. В. Мичурин, И. В. Высоцкий¹

ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДОКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ

Месторождения и рудопроявления золота в рифейских отложениях западного склона Южного Урала относятся к золото-кварцевому и золото-сульфидно-кварцевому типам. Несмотря на длительную историю их изучения, до сих пор не разработаны надежные поисковые критерии рудоносных кварцевых жил. Факторы, контролирующие условия образования и локализации в них золота, остаются слабо изученными. Вместе с тем для объектов обычно устанавливаются некоторые общие характеристики, свидетельствующие, как правило, об эндогенном источнике рудного вещества и его концентрации в зонах интенсивной флюидной проработки [Ковалев и др., 1999; Мичурин и др., 2009].

Флюидные включения в минералах, как консерваты палеогидротермальных растворов, несут в себе ценнейшую информацию о физико-химических процессах образования или преобразования минералов. Состав флюидных включений, декрептоактивность и флюидонасыщенность пород и руд широко используются при расшифровке условий минералообразования. При этом хорошо известно, что рудная минерализация на многочисленных, совершенно разных по типу и масштабности, месторождениях обладает схожей особенностью — она приурочена к участкам, где породы и минералы обладают максимальной декрептоактивностью или флюидонасыщенностью [Карский, Фортунатов, 1978; Церцвадзе, Астахов, 1978; Наумов и др., 1983, 1987; Баханова, 1988; Файзиев, Искандаров, 1988; Бобохов, Бобохова, 1990; Бобохов и др., 1993; Кольцов и др., 2001; Юргенсон, 2003]. Наряду с этим содержания главных компонентов флюидных включений (H_2O , CO_2 и др.) кварца и других руд находятся в зависимости от относительной «открытости — закрытости» минералообразующей системы, уровня эрозионного среза, а также давления и глубины рудообразования [Летников и др., 1975; Летников, Вилор, 1981; Левицкий, Демин, 1981; Наумов и др., 1987; Юргенсон, 1991; Икорский и др., 1992].

Проведенное в последнее время изучение жильного кварца золоторудных объектов Башкирского мегантиклинория позволило выявить несколько его разновидностей в пределах региона и некоторые общие минералогические и термобарогеохимические

особенности золотоносных жил [Бобохов и др., 1993; Кобзарева, 2007; Грановская, Кобзарева, 2009; Мичурин и др., 2009]. Цель настоящей работы, с одной стороны, показать схожесть газового состава флюидных включений «рудного» кварца, как его специфической термобарогеохимической особенности, на ряде золоторудных объектов в докембрийских отложениях западного склона Южного Урала (Улюк-Бар, Рамеева жила, Кургашлинское, Восточно-Акташское), а с другой — акцентировать внимание на связи между флюидонасыщенностью кварца отдельных проявлений и его золотоносностью.

Геологическое положение

Большинство месторождений и рудопроявлений золота в пределах Башкирского мегантиклинория располагается в Авзянском рудном районе, где выделяют Исмакаевскую и Горноприисковую рудные зоны [Бердников, 1987], из которых в большей степени нами была изучена первая.

Исмакаевская рудная зона приурочена к Караташскому региональному разлому субмеридионального простирания. В пределах зоны расположены месторождение Улюк-Бар и рудопроявления Кургашлинское и Рамеева Жила (рис. 1), которые относятся к золото-кварцевому и золото-сульфидно-кварцевому типу и структурно приурочены к присводовой части Айгирской антиклинали. Детальное описание месторождения Улюк-Бар можно найти в работе С.Г. Ковалева с соавторами [1999].

Месторождение Улюк-Бар и рудопроявление Кургашлинское локализованы в породах большеинзерской свиты (R_{1bi}), в ее нижней, сланцево-алевролитовой, и средней, существенно песчаниковой с алевро-сланцевыми прослоями, толщах. Рудопроявление Рамеева жила располагается стратиграфически выше — в сланцево-алевролитовых породах верхней толщи R_{1bi} .

Породы сильно дислоцированы, сланцы и алевролиты филлитизированы и слабо обогащены углеродистым веществом (<0,5%). По химическому составу основные типы пород рудной зоны близки породам стратотипических разрезов большеинзерской свиты. В то же время они заметно отличаются повышенными содержаниями кремнезема и пониженными — калия.

Золото содержится в породах, кварцевых жилах, сульфидах и сульфоарсенидах. Его содержание

¹ФГУП «Башгеолцентр», г. Уфа.

в рудах варьирует от следов до первых сотен г/т, составляя в среднем 2,9–5,2 г/т [Ковалев и др., 1999].

Основной морфологической разновидностью рудных тел являются кварцевые жилы с многочисленными раздувами, пережимами, системами оперяющих прожилков, слагающие сложно построенные зоны и имеющие крутое падение, субогласное с осевыми поверхностями складок. На месторождении Улюк-Бар кварцевые жилы тяготеют к мощному (30–40 м) пласту песчаников, в котором

выполняют многочисленные трещины. Мощность кварцевых жил колеблется от 0,1 до 2 м. Их суммарная протяженность на месторождении достигает 300 м при ширине от 10 до 90 м. По падению золотоносные жилы прослежены до глубины 250 и более метров. Структурный план рудопроявления Кургашлинское несколько сложнее — здесь выделяются две системы кварцевых жил (северо-восточная и юго-западная) и развита более мелкая складчатость.

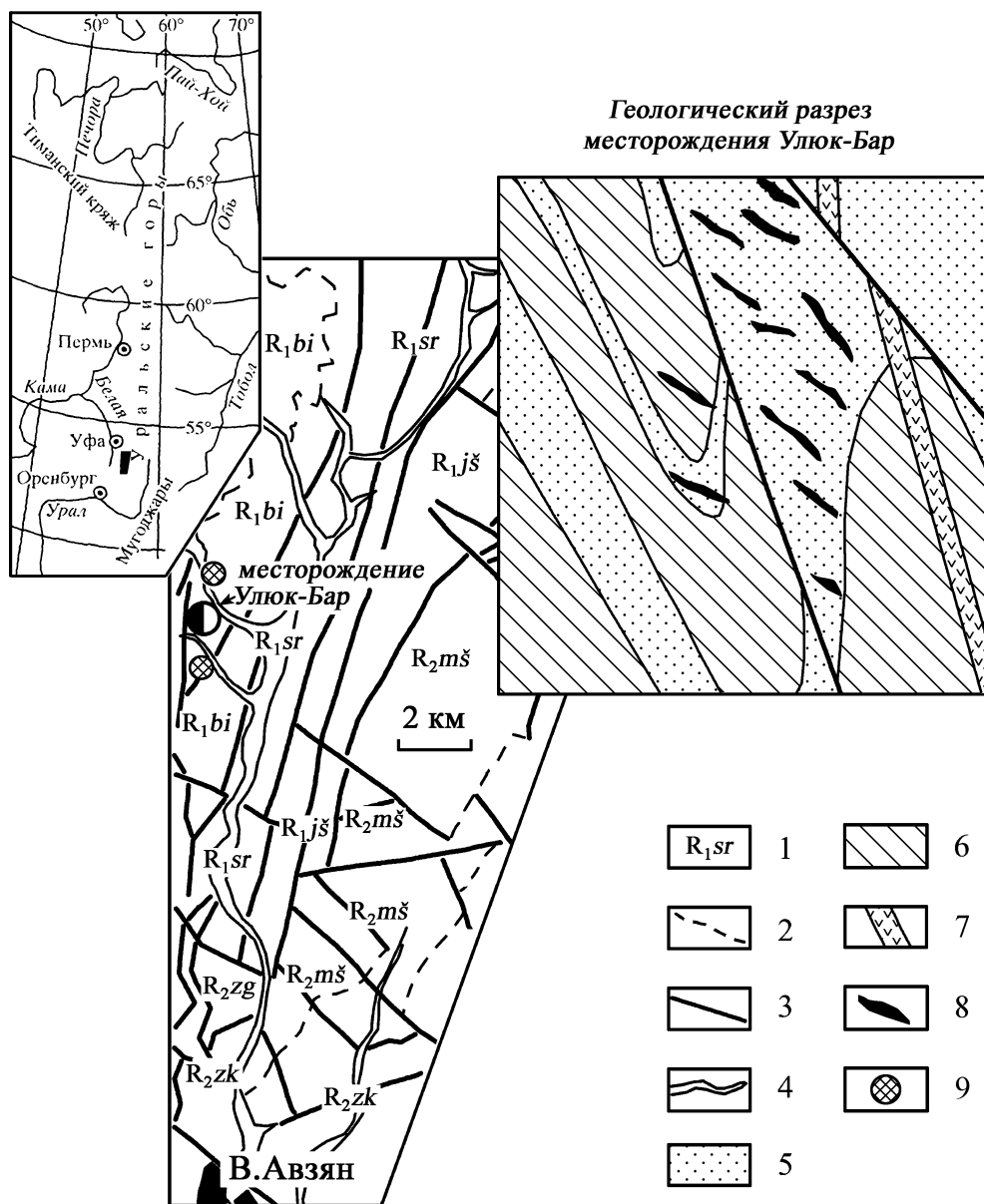


Рис. 1. Схема расположения месторождения Улюк-Бар в юго-западной части Башкирского мегантиклинория и геологический разрез месторождения

Условные обозначения: 1 — свиты нижнего и среднего рифея (*bi* — большеинзерская, *sr* — суранская, *js* — юшинская, *ms* — машакская, *zg* — зигальгинская, *zk* — зигазино-комаровская); 2 — стратиграфические границы свит; 3 — тектонические нарушения; 4 — четвертичные отложения; 5 — песчаники; 6 — сланцы и алевролиты; 7 — дайки габбро-диабазов; 8 — рудоносные кварцевые жилы; 9 — рудопроявления золота: Кургашлинское (сверху) и Рамеева жила. Геологический разрез приводится по [Ковалев и др., 1999] с изменениями

В пределах месторождения Улюк-Бар и рудопроявления Кургашлинское установлены несколько даек габбро-диабазов мощностью до 6 м, метасоматически измененных и карбонатизированных. Дайки тяготеют к ядру Айгирской антиклинали и под острым углом секут вмещающие породы по простиранию и на глубину. Простирание даек субмеридиональное, падение — крутое от 60 до 90°, или восточное, или западное. По петрохимическим особенностям и условиям залегания дайки отнесены А.А. Алексеевым [1984] к рифейской возрастной группе. На рудопроявлении Рамеева жила разрывные нарушения и магматические образования не установлены.

Месторождения и рудопроявления зоны сопровождаются вторичными и первичными геохимическими ореолами, распределение которых свидетельствует о погружении основного рудовмещающего уровня с юга на север. В углеродисто-глинистых сланцах месторождения Улюк-Бар установлены прямые корреляционные связи Au с As, Cu, Pb, Zn, Ni и Co.

Методика исследований

В практике термобарогеохимии при исследовании состава флюидных включений часто, особенно в случае проведения валовых анализов, используется термический способ вскрытия включений, т. к. он не требует сложной аппаратуры и позволяет вести изучение выделяющихся газов дифференцированно, в определенных температурных интервалах. Анализ флюидонасыщенности проводился на форвакуумной установке модифицированной конструкции ГН-2 и ВД [Наумов и др., 1983]. Газы из флюидных включений образцов кварца (навеска 2–3 г, фракция 0,5–0,25 мм) извлекались путем нагрева в вакууме при 500°C и измерялись деформационным мембранным манометром СМД-4А, показывающим непосредственно парциальное давление газов от 0,1 до 100 мм рт. ст. Анализ проводился по методу Г.Б. Наумова с соавторами [1983] с усовершенствованиями, заключающимися в разделении выделяющихся газов при помощи жидкого азота. Это позволяет определять в составе газовой смеси, помимо H₂O и CO₂, еще и суммарное количество так называемых восстановленных газов (СО, N₂, CH₄, H₂ и др.).

Методика разделения газовой смеси на отдельные компоненты при помощи жидкого азота основана на разности между температурой возгонки некоторых газов и температурой жидкого азота (около –186°C) и заимствована у В.Н. Кулешова [1983]. В случае небольшого количества газа из флюидных включений использовались вакуумметр с двумя режимами измерения давления в вакуумной системе (P ≈ 0,02 ÷ 1 мм) и термопарный преобразователь ПМТ-4М. Детально методика измерения

описана в [Мичурин и др., 2009]. Точность определений составляла по H₂O_{газ} ± 10 мкл, по остальным газам ± 1 мкл.

Следует особо отметить, что при термическом вскрытии флюидных включений в условиях повышенных температур сами исследуемые минералы могут разлагаться с выделением газов [Конев, Бекман, 1978; Пашков, 1980]. Между газообразными продуктами и различными минеральными примесями (двухвалентное железо, карбиды и др.) может происходить химическое взаимодействие [Лохов, Левский, 1992]. Даже при изучении кварца — наиболее пригодного минерала для термической экстракции газовой составляющей флюидных включений — может происходить образование значительного количества газа в результате разложения микропримесей органического вещества или карбонатов [Александрова и др., 1980; Козлов и др., 1996].

Для того, чтобы исключить ошибки такого рода, согласно рекомендациям Г.Б. Наумова с соавторами [1983], пробы пород и кварца на анализ флюидонасыщенности готовились следующим образом: 1) очищались от сульфидов под микроскопом; 2) обрабатывались соляной кислотой (1:1) в течение трех часов для удаления микропримесей карбонатов; 3) отмывались в дистиллированной воде не менее 10–15 раз и сушились. Обработка соляной кислотой и сушка проводились, как правило, при температуре около 60°C.

Таким образом, пробы в значительной степени очищались от карбонатов и органического вещества. Проведенный сравнительный анализ состава выделяющихся газов показал (табл. 1), что в обработанных HCl пробах, по сравнению с необработанными, происходит резкое уменьшение содержания CO₂ и восстановленных компонентов на фоне почти неизменного количества H₂O_{газ} (табл. 1). Это говорит о том, что флюидные включения образцов в результате обработки соляной кислотой остаются неизменными, а примесные компоненты удаляются. Эти результаты согласуются с материалами ранее проведенных методических исследований [Александрова и др., 1980; Наумов и др., 1983].

Кроме того, с целью выявления связи флюидонасыщенности кварца с содержанием золота в породах было проведено опробование керна скважины № 18 в интервале приблизительно от 0 до 120 м на содержание золота. Керновые пробы отбирались из половины расколотого вдоль оси керна метровыми интервалами, средний вес пробы составлял 4,4 кг. Геологический контроль пробирных анализов выполнялся в Полевском химико-технологическом центре и в лаборатории ЦНИГРИ. В классе содержаний до 1 г/т случайных и систематических ошибок не было установлено.

Состав и количество выделяемых газов в пробах кварца, обработанных и необработанных соляной кислотой

Образец	Обработка соляной кислотой	Количество газа, мкл/г		
		H ₂ O _{газ}	CO ₂	CO+N ₂ +C _n H _m +H ₂
9264/1	нет	364	78	24
	после HCl	336	15	2
м91-1	нет	646	45	55
	после HCl	594	21	16

Результаты исследований

Изучение жильного кварца Исмакаевской рудной зоны проводилось по разрезам трех скважин: № 18 (месторождение Улюк-Бар) и №№ 21 и 26 (рудопроявления Рамеева жила и Кургашлинское соответственно). В пределах зоны в целом выделяются две системы кварцевых и карбонатно-кварцевых прожилков, в первой из которых (кварц-1) обычно отмечается сульфидная минерализация (рис. 2). Иногда сульфиды занимают более 50% от объема карбонатно-кварцевых прожилков, мощность которых меняется от первых миллиметров до первых сантиметров. Вторая система (кварц-2) сечет «рудные» карбонатно-кварцевые прожилки и характеризуется отсутствием сульфидов (рис. 2).

На рудопроявлениях Кургашлинское и Рамеева жила наблюдается одинаковая морфология кварц-сульфидных и карбонатно-кварцевых прожилков. Преимущественно это сильно изогнутые

маломощные (3–8 мм, редко до нескольких см) кварц-карбонат-пиритовые прожилки, субсогласные слоистости. Мощность прожилков в замках микроскладок увеличивается и здесь же наблюдается увеличение мощности пиритовых прослоев, что свидетельствует об одновременном образовании или преобразовании пирита, кварца и карбоната (см. рис. 2). В районе месторождения Улюк-Бар пирротин-пиритовые прожилки с кварцем и карбонатом приурочены, как правило, к границе песчаных и сланцевых прослоев.

Результаты изучения состава газов флюидных включений и общей флюидонасыщенности кварца-1 и кварца-2 Исмакаевской зоны, встречающихся по разрезу скважин №№ 18, 21 и 26 представлены в таблице 2.

В составе газов флюидных включений обеих генераций кварца установлено присутствие воды, углекислоты и восстановленных газов (азот, метан, водород, окись углерода и др.). H₂O_{газ} является главным компонентом флюидных включений, тог-

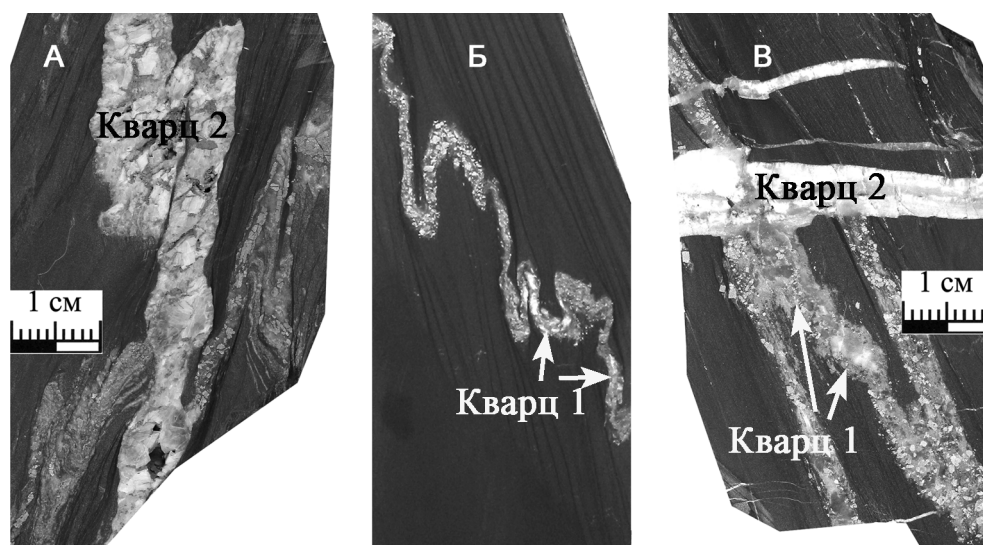


Рис. 2. Морфология кварц-карбонат-пиритовых прожилков на рудопроявлениях Рамеева жила (А) и Кургашлинское (Б, В); взаимоотношения кварца 1 и 2

А — скв. № 21, гл. 110,5 м, обр. м520; Б и В — скв. № 26, гл. 201,5 м и 248,2 м; обр. м496 и м159

Таблица 2

Состав газов из флюидных включений кварца 1 и 2 золоторудных объектов
Исмакаевской рудной зоны

№ п/п	№ образца	№ скважины, рудодоявление	Глубина, м	Генерация кварца	Содержание карбонатов, %	Наличие сульфидов	H ₂ O _{газ} , мкл/г	CO ₂ , мкл/г	Восстанов. газы (N ₂ +CH ₄ +H ₂ +CO), мкл/г	Концентрация CO ₂ , моль CO ₂ / кг H ₂ O
1	м476	Скв. № 18, Улюк-Бар	2,5	кварц-1	0	нет	115	2,1	1,5	1,0
2	м93		8,7		–		165	4,5	4,6	1,5
3	м459		20,7	кварц-2	–		–	–	–	
4	м92		25,5		–	14	2,0	1,6	7,9	
5	м471		37,0	кварц-1	0	пирит	144	2,5	1,9	1,0
6	м91		48,5		–	355	8,5	8,0	1,3	
7	м460		59,4		0	нет	107	3,1	1,5	1,6
8	м463		87,5		0	пирит	126	3,3	4,7	1,5
9	м467		97,5		3,2	нет	181	3,1	3,2	1,0
10	м470		102,4		18,9		131	5,6	4,8	2,4
11	м490		106,0		1,6		505	9,2	6,1	1,0
12	м486		112,0		40,0	пирит	321	5,9	4,8	1,0
13	м481		126,0	5,9	нет	216	3,7	3,8	1,0	
14	м525	Скв. № 21, Рамеева жила	1,5	кварц-1	0	нет	262	5,4	3,2	1,1
15	м526		68,7		0		57	1,5	1,0	1,5
16	м522		97,5	0	пирит	559	9,9	5,3	1,0	
17	м520		110,5	кварц-2	56,9	нет	28	2,4	3,4	6,4
18	м523		181,2	0	113		2,5	2,8	1,2	
19	м512ц		159,3	кварц-1	9,3		347	8,0	3,8	1,3
20	м512к				5,7		236	6,3	3,1	1,5
21	м506		Скв. № 26, Курташлинское	121,1	кварц-1	31,1	пирит	104	3,2	2,4
22	м502	186,4		40,7		нет	116	2,2	1,6	1,1
23	м495	201,0		48,2	394		5,2	2,3	0,7	
24	м496	201,5		62,2	42		4,9	2,6	6,5	
25	м497ц	212,0		кварц-2	1,3	пирит	23	1,0	0	2,4
26	м497к				11,3	нет	12	1,1	1,7	5,1
27	м498ц	236,4		кварц-1	2,8	пирит	40	1,7	1,7	2,4

да как CO₂ и восстановленные газы составляют первые проценты от суммы (см. табл. 2).

Анализ зависимости концентрации CO₂ и восстановленных газов от содержания воды во флюидных включениях кварца-1 показывает, что эти компоненты прямо коррелируют с концентрацией H₂O_{газ} (рис. 3). Это свидетельствует о вхождении этих компонентов в состав флюидных включений. Однако более низкий коэффициент корреляции для пары восстановленные газы – H₂O_{газ} ($K_{\text{корр}} = 0,64$) относительно пары CO₂ – H₂O_{газ} ($K_{\text{корр}} = 0,91$), вероятно, указывает на то, что появление восстановленных газов частично связано с разложением

примесных компонентов вследствие различных термохимических реакций и реальное содержание CO, N₂, CH₄, H₂ и др. во флюидных включениях должно быть несколько меньше.

По составу газов и по общей флюидонасыщенности кварц-1 в значительной степени отличается от кварца-2. В первой генерации кварца флюидонасыщенность составляет в среднем ≥ 200 мкл/г, что почти на порядок больше, чем в кварце-2. В последнем значительно увеличивается концентрация CO₂ относительно содержания H₂O_{газ} при резко сниженной общей флюидонасыщенности. Отношение моль CO₂/кг H₂O для этой генерации кварца как

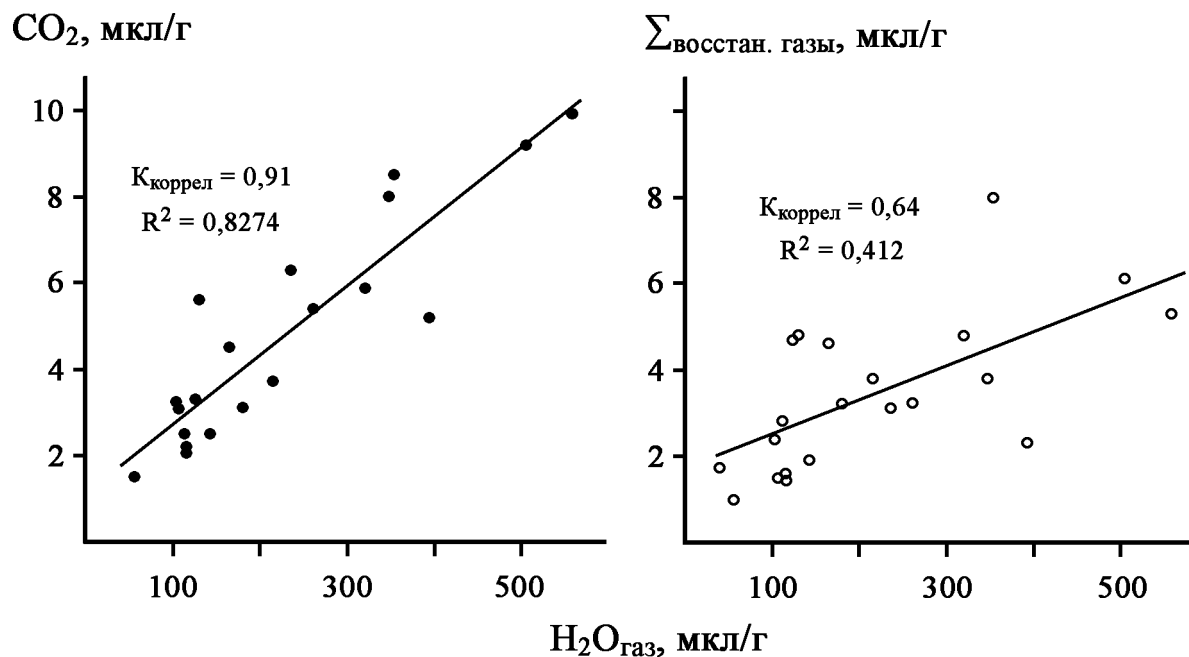


Рис. 3. Зависимость концентраций CO_2 и $\Sigma_{\text{восстан. газы}} (\text{N}_2 + \text{CH}_4 + \text{H}_2 + \text{CO})$ от содержания $\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$ во флюидных включениях кварца-1 Исмакаевской рудной зоны

правило превышает 5, тогда как для кварца-1 эта величина колеблется в пределах 0,7–2,4, в среднем составляя 1,3–1,5 (см. табл. 2).

Полученные результаты, в целом, согласуются с термобарогеохимическими данными по жильному кварцу золоторудных объектов, залегающих в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория, полученными ранее ростовскими геологами газохроматографическим анализом [Кобзарева, 2007; Грановская, Кобзарева, 2009]. Согласно указанным авторам, золотоносный кварц отличается от других типов кварца в рифейских породах брекчированностью, кавернозностью, ожелезнением и наличием сульфидов. При этом данные, полученные ими на газовом хроматографе при термическом вскрытии флюидных включений, показывают следующий состав газов этой разновидности кварца: $\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$ — 74–87%, CO_2 — 3–18%, $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{N}_2$ — 8–11% [Грановская, Кобзарева, 2009].

Следует однако заметить, что, вероятно, концентрации CO_2 и $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{N}_2$ являются в данном случае несколько завышенными из-за не вполне качественной пробоподготовки образцов кварца. По устному сообщению Н.В. Грановской, пробы кварца на хроматографический анализ ими не были предварительно обработаны соляной кислотой. Это могло привести к завышению реального содержания углекислоты и восстановленных газов из флюидных включений вследствие разложения микропримесей карбонатов или органического вещества во время анализа [Александрова и др., 1980; Наумов

и др., 1983; Козлов и др., 1996]. Как отмечено в методической части настоящей статьи, из необработанного НСI кварца, по сравнению с обработанным, выделяется в 2–5 раз больше CO_2 и в 3–12 раз больше восстановленных компонентов газа, которые, очевидно, связаны не с флюидными включениями кварца, а с разложением различных микропримесей (см. табл. 1). Кроме того, следует учитывать и то обстоятельство, что, согласно данным таблицы 2, в кварце золоторудных объектов Исмакаевской зоны довольно часто отмечается значительная примесь карбонатов.

Важным результатом из приведенных термобарогеохимических характеристик жильного кварца Исмакаевской зоны является то, что во всех изученных скважинах состав флюидных включений в кварце-1 (концентрация углекислоты и процентное содержание суммы восстановленных газов) абсолютно одинаковый. Это свидетельствует о схожем составе палеогидротермальных растворов и, вероятно, близко одновременной их циркуляции в пределах всей рудоносной Исмакаевской зоны. При этом по направлению с юга (скв. № 21) на север (скв. № 26) в пределах зоны наблюдается уменьшение как максимальных, так и средних значений флюидонасыщенности (рис. 4), что, по всей видимости, свидетельствует или об уменьшении в этом направлении интенсивности гидротермальной деятельности, или о разном уровне эрозионного среза на исследуемой площади (вероятное погружение рудовмещающего уровня с юга на север). В этом же направлении

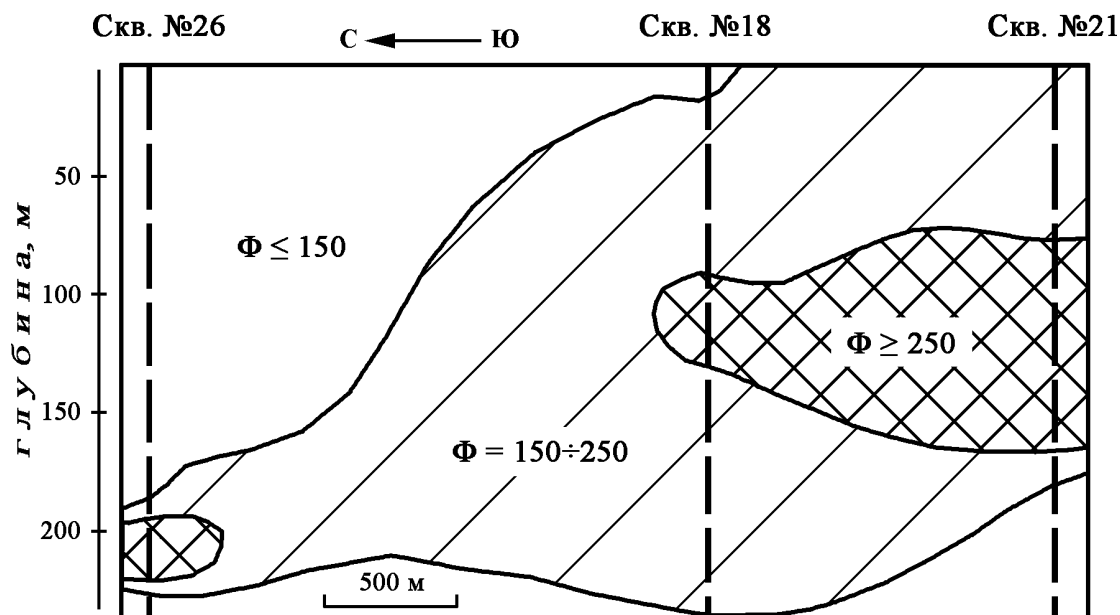


Рис. 4. Изменение флюидонасыщенности (Φ , мкл/г) кварца-1 по разрезу скв. №№ 26–21

в кварц-карбонатных прожилках увеличивается содержание карбонатов (см. табл. 2). В скв. № 31, расположенной значительно севернее скв. № 26, прожилки в коренных породах становятся уже полностью карбонатными.

Кроме того, необходимо отметить, что состав газов «рудного» кварца Исмакаевской зоны хорошо согласуется с термобарогеохимическими данными по золотосодержащему кварцу Восточно-Акташского рудопоявления. Ранее на этом рудопоявлении выявлено три генерации кварца [Бобохов и др., 1993], первая из которых слагает лестничные жилы до 1,5 м мощности и является безрудной. Две другие генерации кварца, образующие многочисленные прожилки среди диоритов и вмещающих их известняков, содержат золото и характеризуются большой флю-

идонасыщенностью, отношением моль $\text{CO}_2/\text{кг H}_2\text{O}$ на уровне 1,2 и температурами декрепитации в интервале 160–230 °С. Наиболее показательным критерием в данном случае является одинаковая концентрация углекислоты во флюидных включениях и сходная флюидонасыщенность на всех перечисленных объектах (табл. 3).

Наконец, наиболее значимым результатом проведенного исследования является обнаружение связи между флюидонасыщенностью и концентрацией золота в породах Исмакаевской зоны (табл. 4 и рис. 5). По разрезу скв. № 18 (месторождение Улюк-Бар) в интервале 0–120 м было установлено постепенное снижение флюидонасыщенности кварца с уменьшением глубины, которое происходило не плавно, а прерывисто: в отдельных интервалах

Таблица 3
Средний состав газов из флюидных включений кварца золоторудных объектов Исмакаевской зоны и Восточно-Акташского рудопоявления

Золоторудный объект	$\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$, мкл/г	CO_2 , мкл/г	Восстанов. газы ($\text{N}_2+\text{CH}_4+\text{H}_2+\text{CO}$), мкл/г	Концентрация CO_2 , моль $\text{CO}_2/\text{кг H}_2\text{O}$
Улюк-Бар (Скв. №18, кварц-1)	215	4,7	4,1	1,3
Рамеева жила (Скв. №21, кварц-1)	262	5,6	3,2	1,3
Кургашлинское (Скв. №26, кварц-1)	163,5	3,1	2,0	1,5
Восточно-Акташское рудопоявление	274	5,8	0	1,2

Таблица 4
Содержание золота в породах скв. № 18
(месторождение Улюк-Бар)

№№ п/п	Интервал опробования	Содержание Au, усл. ед.
1	0,0–2,0	<0,2
2	4,0–8,0	<0,2
3	8,0–9,0	0,8
4	15,0–16,0	≤0,2
5	26,0–27,0	0,4
6	47,0–48,0	1,0
7	51,0–52,0	<0,2
8	62,0–75,0	<0,2
9	101,0–102,0	≤0,2
10	109,0–110,0	0,8
11	115,0–116,0	<0,2

Примечание: содержание золота определялось пробирным анализом в Полевском химико-технологическом центре.

разреза скв. № 18 на фоне в общем невысокой флюидонасыщенности отмечалось ее довольно значительное увеличение. При этом именно в этих интервалах и были установлены максимальные содержания золота пробирным анализом (рис. 5). Здесь важно подчеркнуть, что независимая проверка содержаний золота атомно-абсорбционными анализами в «Унипромедь» (г. Екатеринбург) и Баш-

кирской золотодобывающей компании (г. Учалы) в целом подтвердила эти результаты.

Вероятно, такое «ступенчатое» снижение флюидонасыщенности связано с «разгрузкой» флюидов по субгоризонтальным зонам трещиноватости и постепенным снижением гидротермальной активности при продвижении флюидов с глубоких горизонтов вверх, поскольку в целом для Исмакаевской зоны отмечается увеличение флюидонасыщенности с глубиной (рис. 6). На золото-сульфидно-кварцевых месторождениях часто устанавливается зональное распределение геохимических характеристик кварца, изменение которых происходит, как правило, вверх по восстанию рудных тел, и в этом же направлении происходит постепенное снижение температуры и изменение физико-химических характеристик флюидов [Заири и др., 1988; Бобохов и др., 1993; Boer et al., 1995; Юргенсон, 2003].

Заключение

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что «рудный» кварц месторождений и рудопоявлений золота, залегающих в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория, характеризуется сходными термобарогеохимическими особенностями: высокой флюидонасыщенностью и невысокими (первые проценты) концентрациями углекислоты и восстановленных компонентов в составе флюидных

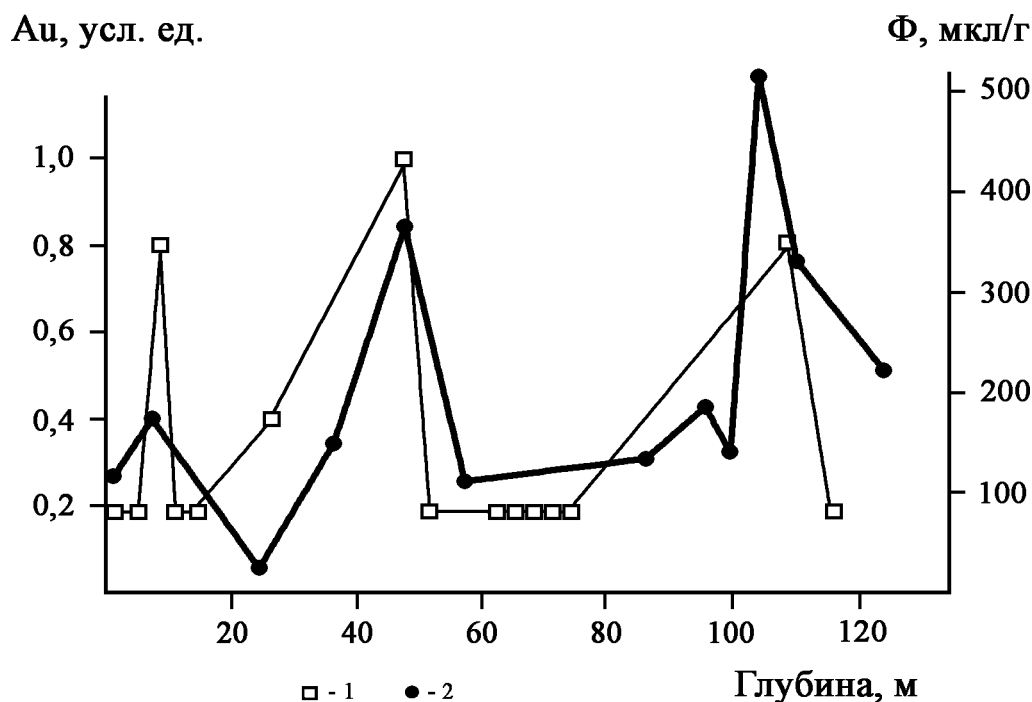


Рис. 5. Изменение флюидонасыщенности (Φ) и содержания золота по разрезу скв. № 18 (месторождение Улюк-Бар)
Условные обозначения: 1 — содержание золота в породах (данные табл. 4); 2 — флюидонасыщенность (данные табл. 2)

Рис. 6. Увеличение флюидонасыщенности в жильном кварце Исмакаевской рудной зоны с глубиной (скв. №№ 18, 19, 21, 26)

включений. Флюидонасыщенность кварца прямо коррелирует с содержанием золота в породах. Установленные особенности жильного кварца могут быть использованы при выявлении перспективных участков золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого оруденения в докембрийских отложениях западного склона Южного Урала.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы РФФИ «Поволжье», грант № 08–05–97000.

Литература:

Александрова Э.С., Банникова Л.А., Сушевская Т.М. О некоторых ошибках анализа газов при термическом вскрытии включений в минералах // Геохимия. 1980. № 11. С. 1710–1716.

Алексеев А.А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984. 136 с.

Баханова Е.В. Использование термобарогеохимических данных при поисках и оценке золотого оруденения // Минералообразующие флюиды и рудогенез: Мат-лы / 7 Всесоюз. совещ. по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов. Киев: Наукова думка, 1988. С. 131–136.

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.

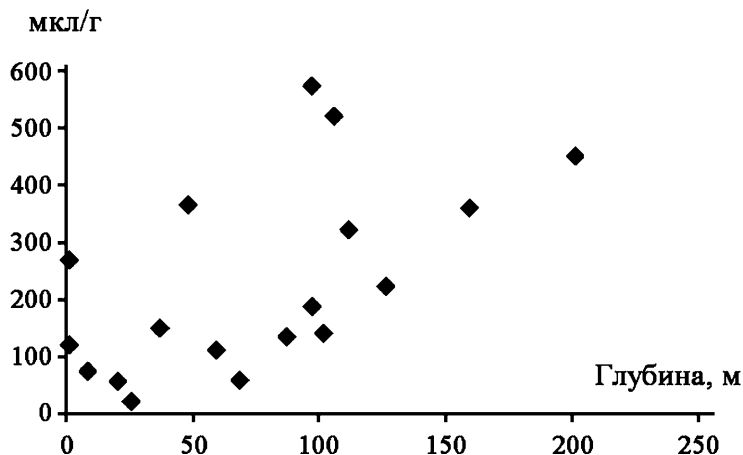
Бобохов А.С., Бобохова Р.Б. Выявление палеогидротермальных зон с целью прогноза золото-сульфидного оруденения (на примере Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала) // Научно-технический информационный сборник ВИЭМС. М., 1990. Вып. 6. С. 19–25.

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Горожанин В.М., Мищуринов С.В. Термогазгеохимические и изотопные поисковые критерии колчеданного и золото-сульфидного оруденения (на примере месторождений Башкортостана): Препринт. Уфа, 1993. 23 с.

Грановская Н.В., Кобзарева Ж.С. Флюидные включения в жильном кварце золоторудных проявлений Башкирского антиклинория // Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах: Мат-лы / Всерос. науч. конф., посвященной 40-летию Башкирского отделения РМО. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. С. 27–29.

Заири Н.М., Васюта Ю.В., Виленкин В.А. и др. Среда рудообразования и изотопно-геохимический режим формирования золоторудных месторождений

Флюидонасыщенность



кварц-золото-сульфидной формации // Изотопная геохимия процесса рудообразования. М.: Наука, 1988. С. 167–177.

Икорский С.В., Нивин В.А., Припачкин В.А. Геохимия газов эндогенных образований. СПб.: Наука, 1992. 179 с.

Карский Б.Е., Фортунатов С.П. Метод декрепитации при поисках слюдоносных пегматитов // Термобарогеохимия земной коры и рудообразование. М.: Наука, 1978. С. 228–233.

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 н/Д, 2007. 24 с.

Козлов А.В., Лохов К.И., Токарев И.В., Левский Л.К. Методические вопросы анализа состава газов из флюидных включений в кристаллах кварца // Записки ВМО. 1996. № 3. С. 113–129.

Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Фаткуллин И.Р. Сложнодислоцированные углеродсодержащие толщи западного склона Южного Урала. Уфа: Изд-во БГУ, 1999. 118 с.

Кольцов А.Б., Баранова Н.Н., Козеренко С.В. и др. Некоторые особенности флюидного режима азота в гидротермально-метасоматических системах (на примере золоторудных месторождений Зод, Чармитан, Мурунтау и Марджанбулак) // Геохимия. 2001. № 11. С. 1196–1206.

Конев А.А., Бекман И.К. О природе газов, выделяющихся при прокаливании горных пород (на примере нефелиновых сиенитов Прибайкалья) // Геохимия. 1978. № 3. С. 390–397.

Кулешов В.Н. Выделение углерода из пород для изотопного анализа // Геохимия изотопов в офиолитах Полярного Урала. М.: Наука, 1983. С. 156–162.

Левицкий В.В., Демин Б.Г. Газовый состав включений — индикатор эрозионного среза гидротермальных месторождений // Сов. геология. 1981. № 3. С. 104–112.

Летников Ф.А., Вилор Н.В. Золото в гидротермальном процессе. М.: Недра, 1981. 224 с.

Летников Ф.А., Вилор Н.В., Гантимурова Т.П. и др. Эволюция флюидов при формировании золоторудных

метаморфогенных кварцевых жил и возможные формы переноса золота // *Геохимия*. 1975. № 12. С. 1827–1836.

Лохов К.И., Левский Л.К. Термический анализ флюидных компонентов: интерпретация экспериментальных данных // *Геохимия*. 1992. № 9. С. 1317–1327.

Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Горожанин В.М. Генезис сульфатов и сульфидов в нижнерифейских отложениях Камско-Бельского авлакогена и Башкирского мегантиклинория. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. 192 с.

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.

Наумов Г.Б., Салазкин А.Н., Миронова О.Ф., Савельева Н.И. Ореолы флюидных включений и методы их изучения при поисках гидротермальных руд // *Геохимия*. 1987. № 2. С. 250–259.

Пашков Ю.Н. Термометрия по включениям минералообразующих сред // *Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред*. М.: Наука, 1980. С. 12–31.

Файзиев А.Р., Искандаров Ф.Ш. Использование декриптофонического метода при поисково-разведочных работах на серебро-полиметаллическое оруденение (на примере одного из месторождений Таджикистана) // *Термобарогеохимические исследования процессов минералообразования*. Новосибирск: Наука, 1988. С. 185–190.

Церивадзе З.Я., Астахов Г.Н. Использование ореолов пропаривания и рассеяния при поисках месторождений ртути, сурьмы и мышьяка // *Термобарогеохимия земной коры и рудообразование*. М.: Наука, 1978. С. 214–217.

Юргенсон Г.А. Зависимость концентрации воды и углекислоты в кварце от давления в минералообразующих системах // *Докл. АН СССР*. 1991. Т. 318, № 3. С. 721–723.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. Новосибирск: Наука. 2003. 368 с.

Boer R.H., Meyer F.M., Robb L.J. et al. Mesothermal-type mineralization in the Sabie-Pilgrim's Rest gold field, South Africa // *Econ. Geol.* 1995. V. 90. P. 860–876.