

А. А. Шарипова, С. В. Мичурин, В. А. Попов¹, З. А. Канипова

ЖИЛЬНЫЕ КАРБОНАТНЫЕ МИНЕРАЛЫ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА В НИЖНЕРИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Карбонатные минералы часто встречаются на месторождениях различных типов. В ряде случаев они становятся одними из главных жильных минералов, связанных по времени формирования с определенными этапами рудного процесса. Их свойства, химический состав и наличие определенных элементов-примесей можно использовать для реконструкции физико-химических условий образования месторождений [Грабежев и др., 2005]. Вместе с тем, несмотря на относительно длительную историю изучения рудопроявлений золота, локализованных в докембрийских отложениях западного склона Южного Урала, сведения о карбонатных минералах, встречающихся в пределах этих объектов, в литературе практически отсутствуют.

Нами проведено изучение карбонатных минералов из жил и прожилков кварц-карбонатного состава на золоторудных проявлениях Исамаевской рудной зоны, расположенной приблизительно в 2 км западнее д. Исамаево. Она включает рудопроявления Улюк-Бар, Рамеева Жила и Кургашлинское, которые локализованы в нижнерифейских отложениях большеинзерской свиты Башкирского антиклинория. Зона приурочена к Караташскому региональному разлому субмеридионального простирания. Рудопроявления относятся к золото-кварцевому и золото-сульфидно-кварцевому типам [Салихов и др., 2003].

Минералогические исследования проведены по образцам из керна скважин №№ 18, 21 и 26, которые были пробурены в 2003–2006 гг. ГУП «Башгеолцентр» РБ в пределах площади вышеназванных рудопроявлений (рис. 1), а также скважины № 31, расположенной севернее рудной зоны в $\approx 6,5$ км на ССЗ от д. Исамаево. Часть полученных результатов опубликована нами ранее [Мичурин и др., 2010], и эти данные в настоящей работе приводятся более детально. В статье также обсуждаются полученные новые материалы, в первую очередь касающиеся расчета термобарических условий образования жильных карбонатных минералов. В работе использованы результаты химического и термогравиметрического анализов (аналитики С.А. Ягудина и Т.И. Черникова, ИГ УНЦ РАН), а также данные рентгеноструктурного анализа, выполненного в ИПСМ РАН. Термогравиметрический анализ проведен на дериватографе Q-1500 (Венгрия). Нагрев осуществлялся на воздухе от 20 до 1000 °C

со скоростью 10 °C/мин. Рентгеноструктурное изучение порошковых проб проведено на дифрактометре ДРОН-4-07 в $\text{CuK}\alpha$ -излучении (40 kV; 30 mA), размер щелей составлял 2–4–0,25 мм.

В кварц-карбонатных жилах и прожилках рудной зоны довольно определенно выделяются карбонатные минералы разновременных генераций. В ранней прозрачные, светло-серые и желтовато-коричневые кристаллы приурочены как к центральным частям прожилков, так и часто к их зальбандам (рис. 2, Б, В). Более поздние карбонатные минералы или ассоциируют с секущими кварцевыми прожилками, или развиваются в трещинах отрыва, образованных в результате тектонических дислокаций (см. рис. 2, А, Г).

В шлифах карбонатные минералы представлены бесцветными или бурыми идиоморфными и ромбовидными в срезе кристаллами размером от 0,1–0,2 до 0,5–1 мм. Под бинокулярным микроско-

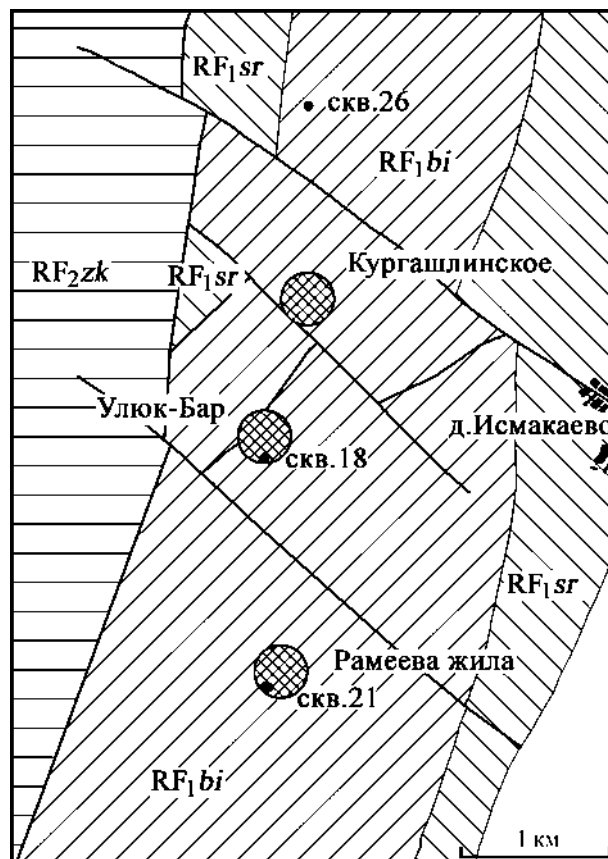


Рис. 1. Схема расположения скважин №№ 18, 21, 26 в пределах Исамаевской рудной зоны

¹ Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа.

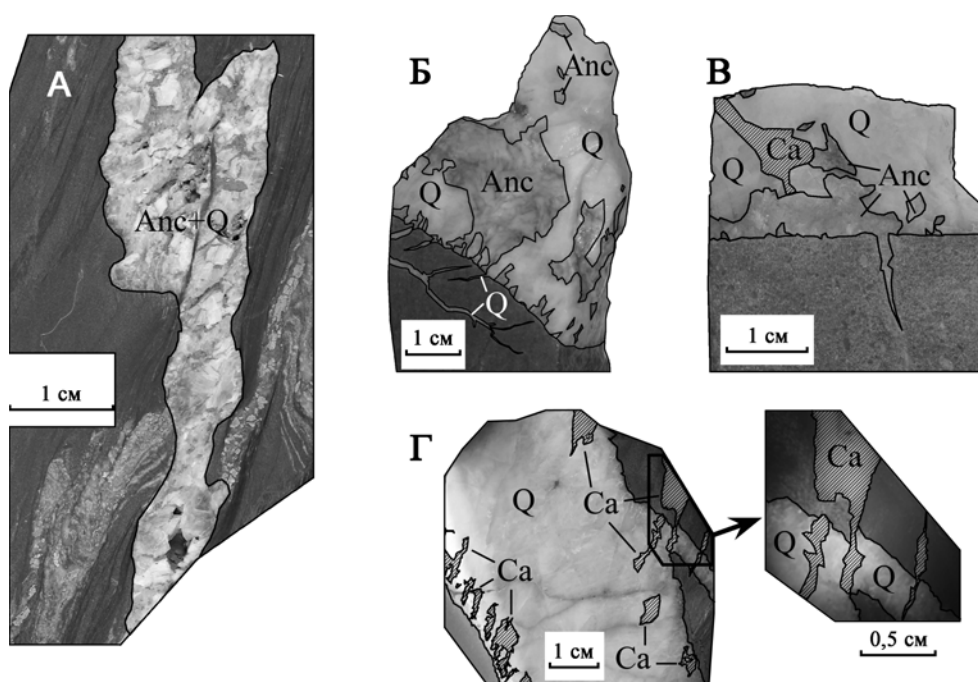


Рис. 2. Форма выделения карбонатных минералов в кварц-карбонатных жилах и прожилках

Примечания: А — секущий кварц-анкеритовый прожилок поздней генерации, обр. м496, скв. № 26, гл. 201,5 м; Б, В — анкерит и кальцит в кварцевых прожилках ранней генерации, скв. № 18, Б — обр. м491, гл. 105,85 м; В — обр. м488, гл. 108,5 м; Г — кальцит поздней генерации в трещинах отрыва в кварцевом прожилке, обр. м497, скв. № 26, гл. 212 м. Anc — анкерит, Ca — кальцит, Q — кварц

пом в раздробленных образцах (фракция 0,25–0,5 мм) карбонатные минералы отличаются по форме кристаллов. В основном это бесцветные, прозрачные, желтоватые, буроватые ромбоэдри или их выколки, реже агрегаты тонкопластинчатых кристаллов или волокнисто-шестоватые агрегаты.

По результатам термогравиметрического анализа (15 обр.) установлено, что карбонатные минералы представлены кальцитом (термические эффекты при 775–800, 850–920 °С; рис. 3), анкеритом (800–805, 820–830, 930–940 °С) и доломитом (790–820, 890–930 °С). В ряде проб определены очень слабые эффекты при 675 и 730–740 °С, которые не диагностированы и могут быть связаны с присутствием незначительной примеси магнезита. В целом содержание карбонатных минералов в кварц-карбонатных жилах и прожилках, определенное по потере веса при нагревании, составляет от 4 до ≈ 55 мас. % (табл. 1). Это хорошо согласуется с данными, полученными ранее в результате химической обработки кварц-карбонатных проб из этих же скважин горячей HCl (1:1), по которым содержание карбонатных минералов в жилах колеблется приблизительно от 3 до 60 мас. % [Мичурин и др., 2009].

Анкерит отличается от доломита появлением на термограммах характерного дополнительного эндотермического пика при 800–830 °С (см. рис. 3),

обусловленного реакцией химического взаимодействия окиси железа с карбонатом кальция, которые образуются в результате распада анкерита на отдельные карбонатные компоненты (CaCO_3 , MgCO_3 и FeCO_3) и диссоциации FeCO_3 с одновременным окислением железа. Последний процесс при значительном содержании железа в анкерите иногда приводит к появлению на термограммах экзотермического эффекта между 1-ым и 2-ым эндотермическими пиками [Цветков и др., 1964]. Такая картина была отмечена нами (см. рис. 3) в образцах м470, м491 (скв. № 18, гл. 102,4 и 105,85 м) и м502 (скв. № 26, гл. 186,4 м), в которых, как установлено по результатам химического анализа, содержание FeO составляет более 10,5 мас. % (табл. 2). Были проанализированы монофракции карбонатных минералов — тяжелые фракции после разделения валовых проб кварц-карбонатного состава в бромформе (фракции 0,1–0,25 и 0,25–0,5 мм).

Однако следует отметить, что при анализе не монофракций отдельных минералов, а валового состава жил и прожилков, специфический эндотермический пик анкерита при 800–830 °С не фиксируется даже при его значительном содержании в пробе. По-видимому, термические эффекты кальцита и доломита оказывают влияние и затушевывают эффекты анкерита, что необходимо учитывать при

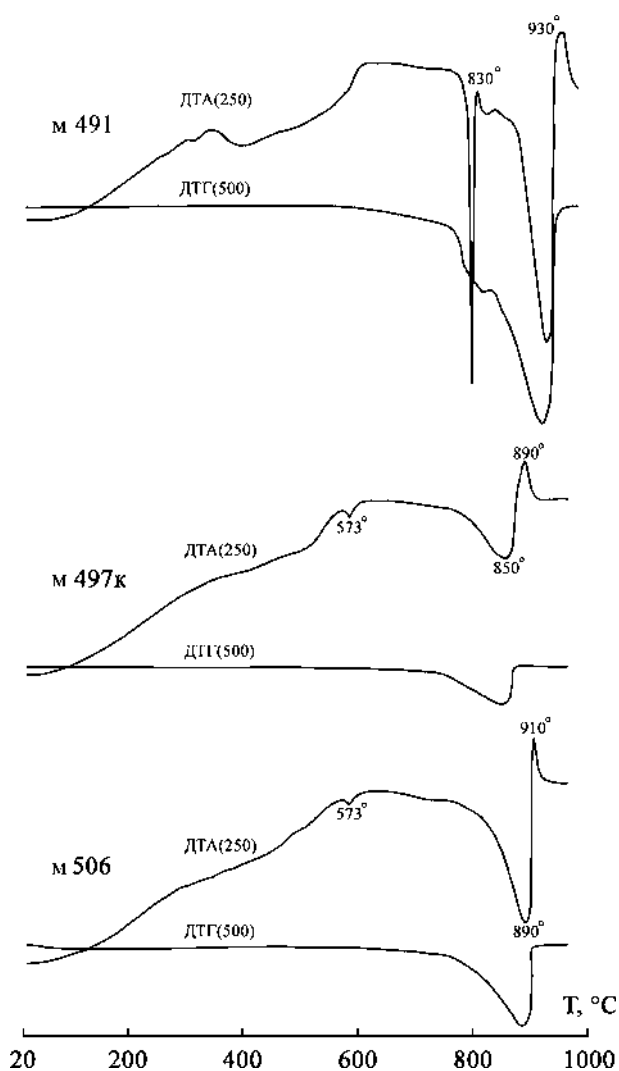


Рис. 3. Термограммы анкерита (обр. м491) и кальцита (обр. м497к и м506) из кварц-карбонатных жил

термическом анализе валовых образцов кварц-карбонатного состава.

Интересно отметить, что на термограммах в целом ряде проб кальцит-кварцевого состава (м497к, м506, м512ц и м512к, скв. №№ 21 и 26) был проявлен ярко выраженный экзотермический эффект, характерный для марганцовистого кальцита (см. рис. 3). В то же время данные химического анализа не подтвердили наличие большой примеси марганца в кальците, которая составляет только около 0,07 мас. % (см. табл. 2). Пока трудно ответить, с чем может быть связано такое расхождение результатов, и это требует дальнейшего изучения.

По данным химического анализа, жильные карбонатные минералы Исмакаевской рудной зоны представлены кальцитом, железистым доломитом и анкеритом (см. табл. 2). К последним относятся, согласно У.А. Диру с соавторами [1966], доломиты

с содержанием железа более 5 мас. %. В нашем случае содержание FeO в анкерите колеблется приблизительно от 6 до 11 мас. %. Отметим при этом, что в анкерите из секущих и явно вторичных прожилков (обр. м496) содержание железа несколько меньше по сравнению с анкеритом (обр. м495) из кварц-карбонатных прожилков первой генерации (см. табл. 2). Кроме того, в позднем анкерите параметры элементарной ячейки довольно заметно отличаются (особенно по оси *c*) от практически одинаковых значений в анкеритах ранней генерации (табл. 3).

Дифракционная картина порошковых проб кальцитов и анкеритов (12 обр.) в изученных скважинах практически одинакова в пределах зоны. Их характерные дифрактограммы приведены на рис. 4. Кальцит устанавливается по рефлексам 3,85; 3,04; 2,84; 2,49; 2,29; 2,09; 1,91; 1,87; 1,60; 1,52; 1,44; 1,42; 1,18; 1,15 Å, анкерит — 3,70; 2,89; 2,68; 2,55; 2,40; 2,20; 2,02; 1,85; 1,81; 1,79; 1,57; 1,55; 1,47; 1,45; 1,44; 1,39; 1,34; 1,30; 1,27; 1,24; 1,17; 1,13; 1,11; 1,10 Å.

При интерпретации результатов рентгеноструктурного анализа нами был использован подход, предложенный И.Г. Демчук [1985, 1992]. По интенсивности ряда линий на дифрактограммах были рассчитаны так называемые коэффициенты упорядочения структуры *K* и *D*, которые позволяют дать приближенную количественную оценку содержания железа, замещающего магний в железистых доломитах, анкеритах и смесях этих минералов. Исходя из величины коэффициента *K* ($\approx 0,32-0,64$; 6 обр.), количество FeO в изученных образцах колеблется в пределах $\approx 4,5-10$ мас. %, что неплохо согласуется с данными химического анализа (см. табл. 2 и 3). Следует отметить, что самый высокий коэффициент *K* и самое низкое расчетное содержание FeO имеет анкерит из кварц-анкеритового прожилка поздней генерации (см. табл. 3). При этом значение коэффициента *D* у всех образцов примерно одинаковое. Довольно высокая величина этого коэффициента ($\geq 2,1-3,3$) указывает, по-видимому, на отсутствие каких-либо искажений кристаллической решетки, т.е. на упорядоченность твердого раствора железа [Демчук, 1992].

Таким образом, в жилах рудной зоны устанавливается наличие анкерита — специфического гидротермального минерала, который часто встречается на золоторудных месторождениях различных типов. Его находки могут служить дополнительным минералогическим индикатором благороднометаллового оруденения в рифейских отложениях Башкирского антиклинория. Следует отметить, что анкерит обнаружен нами и в породах суранской свиты в районе руч. Интурат, где в пробе-протолочке из

Таблица 1

Содержание карбонатных минералов в кварц-карбонатных жилах и прожилках в породах Исмакаевской рудной зоны

№ скв.	№ обр.	глуб., м	содержание карбонатных минералов, мас. %				
			кальцит	доломит	анкерит	магнезит	общее содержание
18	м476	2,5	–	–	–	–	0
	м471	37,0	–	–	–	–	0
	м460	59,4	–	–	–	–	0
	м463	87,5	–	–	–	–	0
	м467	97,5	–	–	–	–	3,2
	м470	102,4	≈22	0	0	?	18,9
	м470*	102,4	0	0	≥91,5	0	–
	м491*	105,85	≈29	≈69	0	0	–
	м491*	105,85	0	0	≈99	0	–
	м490	106,0	–	–	–	–	1,6
	м486	112,0	≈17,5	≥17	0	?	40,0
м481	126,0	–	–	–	–	5,9	
21	м525	1,5	–	–	–	–	0
	м526	68,7	–	–	–	–	0
	м522	97,5	–	–	–	–	0
	м520	110,5	≈8	≈47	0	0	56,9
	м523	181,2	–	–	–	–	0
	м512ц	159,3	≈4	0	0	?	9,3
	м512к		≈6	0	0	0	5,7
26	м506	121,1	≈36	0	0	0	31,1
	м502	186,4	≈4	≈45	0	0	40,7
	м502*	186,4	0	?	≥90	0	–
	м495	201,0	≈14	≈39	0	0	48,2
	м496	201,5	≈3	≈51	0	0	62,2
	м497ц	212,0	–	–	–	–	1,3
	м497к		≈17	0	0	0	11,3
	м498ц	236,4	–	–	–	–	2,8
№31	м528	39,45	100	0	0	0	100,0

Примечания. Пробы, отмеченные звездочкой — монофракции карбонатных минералов, полученные путем разделения валовых кварц-карбонатных проб (фракции 0,1–0,25 и 0,25–0,5 мм) в бромформе. В пробах м497к, м506, м512ц и м512к кальцит определен как марганцовистый. Использованы данные термогравиметрического анализа, аналитик Т.И. Черникова, ИГ УНЦ РАН. Общее содержание карбонатных минералов в кварц-карбонатных прожилках определено ранее весовым методом по результатам химической обработки проб горячей HCl (1:1) [Мичурин и др., 2009]. Проверка — нет определений.

этого разреза ранее С.Г. Ковалевым с соавторами [Ковалев и др., 1999] определено содержание золота 2,2 г/т. Анкерит здесь (обр. м611) по данным рентгеноструктурного анализа характеризуется довольно высоким коэффициентом K (0,59) и, соответственно, расчетным низким содержанием FeO на уровне 5,0–5,5 мас. %, расчетные параметры ячейки: $a = 4,816 \pm 0,0007$; $c = 16,065 \pm 0,0027$.

Известно, что магнезиальность кальцита, образующегося совместно с доломитом, существенно зависит от температуры их кристаллизации. Для определения P-T условий образования доломит-кальцитового парагенезиса детально разработан

метод, основанный на их химическом составе и распределении в них Mg, Fe, Mn и некоторых других элементов [Таланцев, 1981]. Метод позволяет по составу жильных карбонатов или карбонатных метасоматитов определить условия их формирования, и его успешно применяют при определении физико-химических параметров рудообразования [Грабежев и др., 2005]. С помощью этого метода нами рассчитаны температура и давление формирования жильных карбонатных минералов в породах, вскрытых скважиной № 20, расположенной приблизительно в 200–300 м западнее скв. № 26 (см. рис. 1). Используются данные А.А. Алексеева и А.П. Чернова [1982 г.]

Таблица 2

Химический состав (мас. %) жильных карбонатных минералов Исмакаевской рудной зоны

№№ п/п	№ обр.	№ скв./гп., м	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	ппп	Σ
1	м470	18/102,4	0,50	10,77	1,55	13,00	0,23	28,94	41,42	96,41
2	м491	18/105,85	0,50	10,49	1,86	13,00	0,21	30,14	42,18	98,38
3	м495	26/201,0	0,50	–	8,00	17,60	0,13	28,94	42,48	97,65
4	м496	26/201,5	0,60	6,29	0,23	16,60	0,12	27,83	42,48	94,15
5	м497	26/212,0	81,75	0,11	0,38	0,40	0,03	8,62	7,38	98,67
6	м497к		35,38	–	0,30	1,40	0,06	34,08	–	71,22
7	А12562	20/33,3	сл.	–	3,43	17,39	0,37	27,86	42,99	92,04
8	А12563		0,00	–	0,25	0,45	0,07	55,16	44,11	100,04
9	А13112	7854/491,3	сл.	–	4,10	15,39	0,23	32,13	44,07	95,92

Примечание. Анализы №№ 1–6 — авторские материалы (химический анализ выполнен С.А. Ягудиной, ИГ УНЦ РАН); анализы №№ 7–9 приводятся по материалам А.А. Алексеева и А.П. Чернова [1982 г.]. Прочерк — нет определений; сл. — следы.

по химическому составу сосуществующего кальцита и доломита (см. табл. 2).

Приведенная магнезиальность кальцита Mg'_k этого парагенезиса рассчитана по формуле:

$Mg'_k = Mg_k (1 + 11,5Fe_k + 5Fe_k^2 + 550Fe_k^3 + 8Mn_k - 50Mn_k^2)$,
где Mg_k , Fe_k , Mn_k — мольные доли указанных компонентов в кальците.

По соотношению железа в кальците и доломите определена величина K_{Fe} . Полученные значения ($Mg'_k = 0,011$; $K_{Fe} = 0,068$) на диаграмме доломит-кальцитового геотермобарометра [Таланцев, 1981] располагаются в точке, приблизительно соответствующей температуре 300 °С и давлению 0,4 кбар. Более точные результаты были получены нами с использованием двух других формул [Таланцев, 1981]:

$$\log(Mg'_k/Ca_k) = 4,21\log T - 13,53 \text{ и}$$

$$\log(Mg'_k/Ca_k) = 4,21\log T + 0,10\log P - 13,53.$$

Температура и давление образования жильного кальцита и доломита, рассчитанные по ним, равны соответственно 290 °С и 0,36 кбар.

Полученные температурные данные неплохо согласуются с результатами изучения флюидных включений в жильном кварце золоторудных проявлений Башкирского антиклинория [Грановская, Кобзарева, 2009]. По данным этих исследователей, все разновидности жильного кварца в рифейских отложениях образуются в среднетемпературных условиях. Золоторудный кварц характеризуется при этом максимальным количеством и разнообразием флюидных включений и относительно более высокими температурами гомогенизации, которые составляют 180–290 °С.

Заслуживают внимания некоторые интересные особенности в распределении жильных карбонатных минералов в пределах Исмакаевской зоны. В керне изученных скважин (№№ 18, 21 и 26) они

Таблица 3

Значение коэффициента $K (J_{0115}/J_{1120})$, расчетное содержание FeO и параметры элементарной ячейки в анкерите и кальците из кварц-карбонатных жил

№ обр.	№ скв./гп., м	минерал	K (J_{0115}/J_{1120})	FeO, мас. %	параметры ячейки	
					а	с
м470	18/102,4	Anc	0,36	9,0–9,5	4,822±0,0004	16,103±0,0018
м491	18/105,85	Anc	0,32	≈10,0	4,818±0,0004	16,089±0,0013
м488	18/108,5	Ca	–	–	4,986±0,0004	17,042±0,0015
м486-1	18/112,0	Anc	0,44	≈7,5	4,819±0,0003	16,086±0,0012
м486-2	18/112,0	Anc	0,59	5,0–5,5	4,819±0,0005	16,083±0,0017
м486с	18/112,0	Anc	0,33	9,5–10	–	–
м496	26/201,5	Anc	0,64	≈4,5	4,813±0,0004	16,051±0,0015

Примечания. Anc — анкерит, Ca — кальцит. Рентгеноструктурный анализ выполнен в ИПСМ РАН, аналитик В.А. Попов. Прочерк — нет определений.

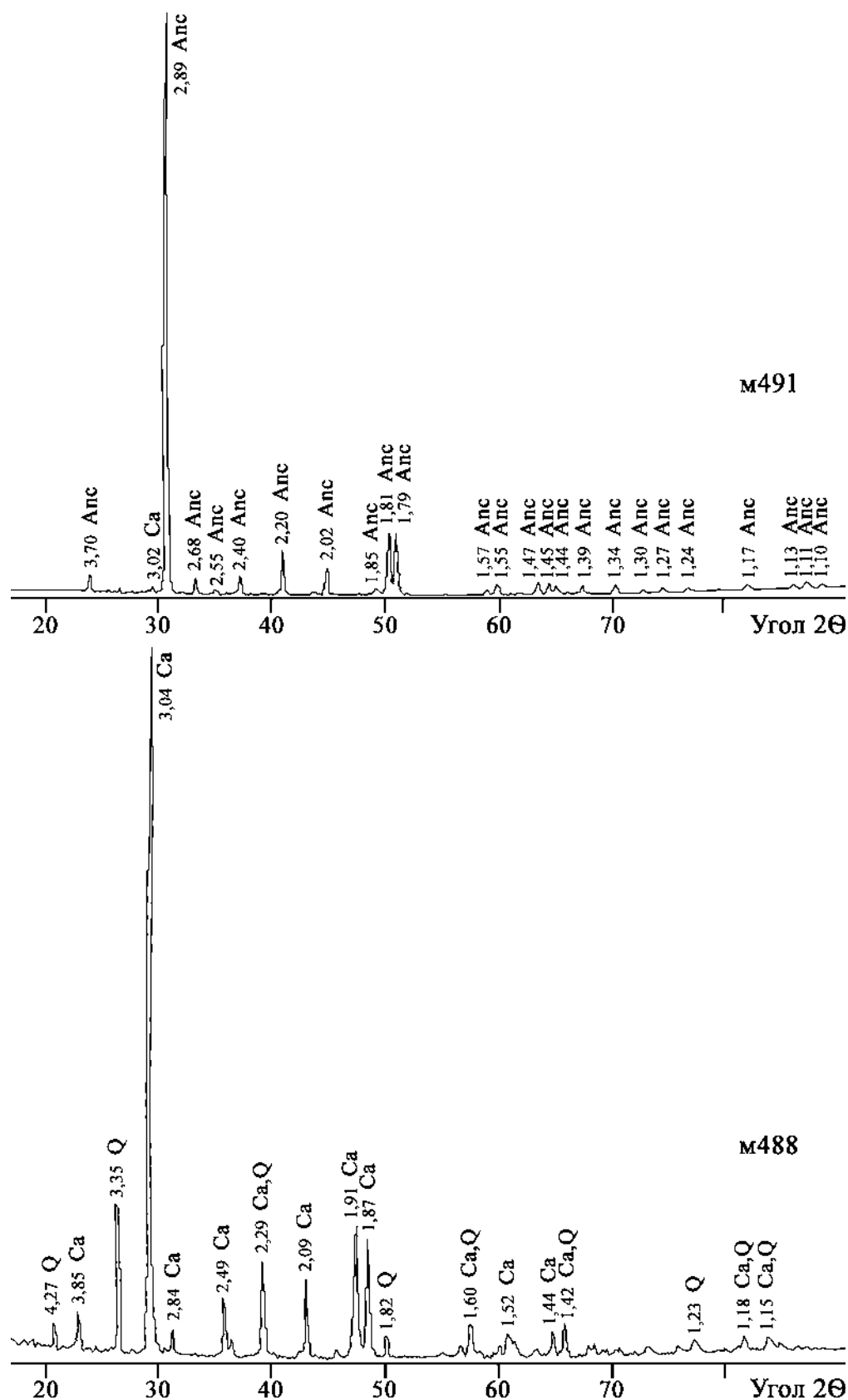


Рис. 4. Дифрактограммы кальцита (обр. м488) и анкерита (обр. м491) из кварц-карбонатных жил

Примечания: Anc — анкерит, Ca — кальцит, Q — кварц

встречаются только на глубине около 100 и глубже метров, а основным жильным минералом в коренных породах ближе к дневной поверхности является кварц. Причем отмечается тенденция увеличения с глубиной их содержания в кварц-карбонатных прожилках, например, в скв. № 26 на глубине около 200 м до 40–60 мас. % (см. табл. 1). В северной периферийной части зоны и за ее пределами, в скважинах № 20 (материалы А.А. Алексеева и А.П. Чернова [1982 г.]) и № 31 (наши данные), жилы и прожилки в близповерхностной части, напротив, практически полностью сложены карбонатными минералами.

Кроме того, анализ распределения жильных карбонатных минералов в скважинах №№ 18 и 26 (см. табл. 1) показывает, что анкерит ранней генерации встречается в кварцевых жилах, обладающих наиболее высокой флюидоносностью до 400–520 мкл/г (см. табл. 1 и рис. 4 в работе [Мичурин, Высоцкий, 2009]). Кальцит является сквозным минералом, однако в большей степени он ассоциирует с кварцем, имеющим средние значения этого параметра ≈ 150 –250 мкл/г. Причем в одних интервалах преимущественно развит анкерит, а кальцит имеет резко подчиненное значение (например, скв. № 18, гл. 102,4–112 м), в других же наблюдается противоположная картина (скв. № 18, гл. 141–206,5 м).

Все эти особенности, по-видимому, отражают определенную минералогическую зональность, проявленную как на локальном уровне в пределах скважины, так и в целом в пределах зоны. Зональность, очевидно, обусловлена различной интенсивностью деятельности флюидов и их эволюцией при отложении жильных минералов — кварца, анкерита, доломита и кальцита. Следует отметить, что в породах Исмакаевской зоны ранее нами установлена вертикальная и латеральная зональность по некоторым изотопным и геохимическим характеристикам [Мичурин и др., 2009]. Нельзя исключить также, что нахождение различных минеральных видов на разной глубине в пределах зоны отражает определенный уровень эрозионного среза.

Таким образом, карбонатные минералы из жил и прожилков кварц-карбонатного состава на золоторудных проявлениях Исмакаевской рудной зоны по результатам химического, термогравиметрического и рентгеноструктурного анализов представлены кальцитом, железистым доломитом и анкеритом. Наличие марганцовистого кальцита не подтверждается данными химического анализа. Согласно минералогическим наблюдениям, выделяются карбонатные минералы ранней и поздней генераций. Содержание карбонатных минералов в жилах колеблется приблизительно от 3 до 60 мас. %. Полученные материалы показывают, что в централь-

ной части зоны жильные карбонаты встречаются на глубине более 100 м. Это отражает минералогическую зональность или определенный уровень эрозионного среза. Зональность проявлена и на локальном уровне: в одних интервалах изученных скважин в большей степени развит анкерит, в других — кальцит. Анкерит ранней генерации встречается на участках наиболее интенсивной палеогидротермальной деятельности, в кварцевых жилах, обладающих наиболее высокой флюидоносностью до 400–520 мкл/г. Рассчитанные по распределению Mg, Fe и Mn в кальцит-доломитовом парагенезисе температура и давление формирования жильных карбонатных минералов равны 290 °С и 0,36 кбар. Эти данные согласуются с температурами гомогенизации золоторудного кварца в рифейских отложениях. Наличие в жилах анкерита — специфического гидротермального минерала, который часто встречается на золоторудных месторождениях различных типов, может служить дополнительным минералогическим индикатором благороднометалльного оруденения в рифейских отложениях Башкирского антиклинория.

Авторы благодарны В.М. Горожанину и С.Е. Знаменскому за помощь и ценные советы при обсуждении отдельных вопросов рассматриваемой проблемы, и особенно признательны С.А. Даниленко за постоянные консультации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, контракт № 14.740.11.0189.

Литература:

Грабежев А.И., Мурзин В.В., Сотников В.И. и др. Карбонаты из метасоматитов и жил Гумешевского скарнового медно-порфирового месторождения (Средний Урал): состав и геотермобарометрия // Записки РМО. — 2005. — Ч. СXXXIV, № 4. — С. 15–27.

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.

Демчук И.Г. Количественные определения изоморфного железа в анкеритах и железистых доломитах методом рентгеноструктурного анализа // Докл. АН СССР. — 1985. — Т. 283, № 4. — С. 981–984.

Демчук И.Г. Рентгенографическое исследование изоморфизма в доломитах // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1992. — № 10. — С. 153–158.

Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. — М.: Мир, 1966. — Т. 5. — 306 с.

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

Мичурин С.В., Высоцкий И.В. Термобарогеохимические предпосылки благороднометалльного оруднения в докембрийских отложениях Башкирского мегантиклинория // Геологический сборник № 8 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. – С. 187–196.

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.

Мичурин С.В., Попов В.А., Шарипова А.А. Карбонатные минералы золоторудных проявлений Исмакаев-

ской рудной зоны Башкирского антиклинория // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матлы VIII Межрегион. науч.-практ. конф. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – С. 140–143.

Салихов Д.Н., Ковалев С.Г., Беликова Г.И., Бердников П.Г. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (золото). – Уфа: Экология, 2003. – 223 с.

Таланцев А.С. Геотермобарометрия по доломит-кальцитовым парагенезисам. – М.: Наука, 1981. – 136 с.

Цветков А.И., Вальяшихина Е.П., Пилоян Г.О. Дифференциальный термический анализ карбонатных минералов. – М.: Наука, 1964. – 168 с.