

Минеральный состав и генетические особенности апатит-магнетитовых руд месторождения Северный Гурвунур (Западное Забайкалье)

Е.В.ХОДЫРЕВА, А.В.ПАТРАХИНА, С.В.КАНАКИН, Г.С.РИПП (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН); 670047, г.Улан-Удэ, ул.Сахьяновой, д.6а)

Приведены результаты изучения апатит-магнетитовых руд месторождения Северный Гурвунур. Дано описание главных, второстепенных и акцессорных минералов, их состав и характер распределения. Показано, что минералообразование проявилось в два этапа. В первый из них сформировался апатит-магнетитовый парагенезис. Проявление позднего этапа обусловило мартитизацию магнетита, перераспределение редкоземельных элементов. Структурно-текстурные, минеральные и геохимические особенности апатит-магнетитовых руд обосновывают их подобие рудам типа Кируна.

Ключевые слова: апатит, магнетит, изотопный состав, монацит, ксенотим.

Ходырева Елена Викторовна, khodyreva_ev@mail.ru
Патрахина Анна Викторовна, patrahina.av@yandex.ru
Канакин Сергей Васильевич, skan@mail.ru
Рипп Герман Самуилович, rip@gin.bsnet.ru

The mineral composition and genetic characteristics of apatite-magnetite ore of North Gurvunur deposit (Western Transbaikalia)

E.V.KHODYREVA, A.V.PATRAKHINA, S.V.KANAKIN, G.S.RIPP

The results of studying of apatite-magnetite ores of the North Gurvunur deposit are given. Major and accessory minerals, their composition and distribution pattern are described. It is shown that such mineralization was formed in two stages. Apatite-magnetite paragenesis was formed in the first of them. Late stage led to a martitization of magnetite and redistribution of rare earth elements. Structural, mineral and geochemical characteristics of apatite-magnetite ores identify their similarity to the Kiruna-type ores.

Key words: apatite, magnetite, isotopic composition, monazite, xenotime.

Месторождение Северный Гурвунур расположено в Еравнинском рудном районе, входящем в состав Удино-Витимской островодужной системы, сформировавшейся в позднем рифее—палеозое. Здесь известно 10 месторождений железных руд. Большая часть их находится в Озернинском рудном узле, занимающем площадь около 130 км² и сложенным вулканогенными, осадочными и вулканогенно-осадочными породами нижнего—среднего палеозоя. Эти отложения прорваны небольшими штоками средне-позднепалеозойских гранитоидов. Руды локализованы в скарнах, водносиликатных и вулканогенно-осадочных образованиях. Некоторые из железорудных месторождений обогащены апатитом. К наиболее интересным из них относятся Гурвунурское и Северо-Гурвунурское.

Месторождение Северный Гурвунур локализовано в палеозойских осадочно-вулканогенных породах. По данным геолого-съёмочных и поисково-оценочных работ в геологическом строении его принимают участие туфы и эффузивы кислого и среднего составов, углистые и известковистые туффиты, известняки. Здесь же отмечены дайки долеритовых порфири-тов, сиенит-порфириров, закартирован шток гранодио-

ритов, кварцевых порфириров. В зонах трещиноватости и дробления пород надрудной толщи распространены пиритизация, многочисленные карбонатные и ангидрит-гипсовые прожилки, маломощные (до 1 м) мартитизированные апатит-магнетитовые тела.

Месторождение представлено плитообразной залежью апатит-магнетитовых руд, не выходящей на поверхность. Оно вскрыто скважиной на глубине 320 м среди средних туфов и эффузивов, имеет 250 м стволовой мощности. По геолого-геофизическим данным залежь слагает наклонную пластину длиной 1400 м и прослеживается по падению более чем на 600 м. Глубина ее верхней кромки от 260 до 460 м. Руды сложены существенно магнетитом, участками гематит-магнетитовыми агрегатами с рассеянной вкрапленностью порфирировых идиоморфных зерен и кристаллов апатита. Контакты рудных тел с вмещающими породами резкие. Более половины рудного интервала составляют массивные руды. Меньшая часть представлена брекчиевидным типом, содержащим ксенолиты различных размеров, в основном хлоритизированных туфов, обломки которых сцементированы апатит-магнетитовой тонкозернистой массой и имеют остроугольную форму. Мощ-

ность брекчиевидных тел от 3 до 65 м. Кроме того отмечаются разноориентированные прожилки апатит-магнетитового состава. Они составляют 15—20% от объема массы хлоритизированных, пиритизированных и карбонатизированных туфов. Для руд характерна мартитизация магнетита. Наиболее интенсивно она развита в верхней контактовой зоне, но широко распространена и в пределах залежи. Для таких участков отмечаются наложенные карбонатизация и окварцевание.

Методика исследований. Состав и микроструктурные особенности минералов изучены на сканирующем электронном микроскопе LEO-1430 VP с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 300 и модернизированном микроанализаторе MAP-3 в лаборатории физических методов анализа Геологического института СО РАН (аналитики С.В.Канакин, Е.В.Ходырева). Анализ проводился при ускоряющем напряжении 20 кВ, токе зонда 40 нА, времени измерения 20 с и диаметре зонда 2—3 мкм. Определение содержания примесных элементов в апатите проведено методом ICP MS в лабораториях ИГХ и Геологическом институте СО РАН.

Изотопный состав кислорода в минералах проанализирован в Аналитическом Центре ДВНЦ РАН (г.Владивосток) и Геологическом институте СО РАН (аналитик В.Ф.Посохов). Кислород определен методом лазерного фторирования, измерения проведены на масс-спектрометре Finigan MAT 253 в режиме двойной системы напуска. Калибровка осуществлялась по международным NBS-28 (кварц), NBS-30 (биотит) и лабораторным стандартам. Погрешность полученных значений составила не более 0,2—0,3% при 95% доверительном уровне.

Анализ изотопного состава кислорода и углерода в карбонатных минералах проведен в Аналитическом Центре ДВНЦ РАН на масс-спектрометре Finigan

MAT. Разложение проб карбонатов проводилась с помощью ортофосфорной кислоты. Метод откалиброван по международным стандартам NBS-18, NBS-19. Значения ^{13}C приведены относительно стандарта PDB, ^{18}O — SMOW, ^{34}S — CDT.

Минеральный состав руд. Руды сложены в основном магнетитом, гематитом и апатитом. К второстепенным и аксессуарным минералам относятся карбонаты, пирит, кварц, монацит, ксенотим, хлорит, амфибол, альбит, биотит, торит, гипс, ангидрит. Минеральные ассоциации сформировались в два этапа. В первый были образованы магнетит и апатит. Одновременно с ними в вулканитах контактовых зон и ксенолитах этих пород, присутствующих в рудах, проявилась хлоритизация, образовалось небольшое количество амфибола, биотита, альбита. Со вторым этапом связаны мартитизация магнетита, формирование многочисленных карбонатных, пиритовых прожилков, окварцевание.

Магнетит слагает равномерно-, мелкозернистый агрегат с порфировыми выделениями апатита. Редкая рассеянная вкрапленность магнетита присутствует в хлоритовых агрегатах. На контактах рудных тел и участков проявления наложенной карбонатизации и окварцевания магнетит интенсивно мартитизирован. Минерал практически не содержит примесных элементов. Лишь в отдельных пробах до первых десятых долей процента обнаруживается ванадий.

Гематит представлен двумя генерациями. Одна из них образуется в результате мартитизации магнетита, другая встречается в виде пластинчатых кристаллов и их скоплений в карбонатных, кварц-карбонатных прожилках (рис. 1, А). В надрудной толще часто встречаются прожилки, линзы и гнездообразные скопления гематита в ассоциации с карбонатами и гипсом. При этом гематит слагает контактовые зоны прожилков. Здесь же нередко отмечается и пирит.

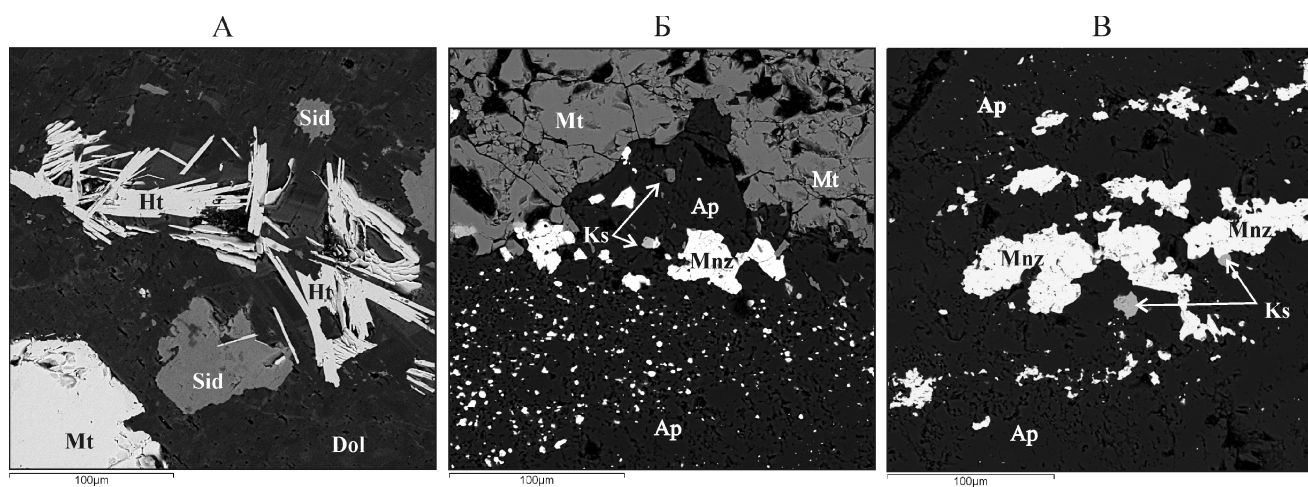


Рис. 1. Характер выделения минералов в рудах месторождения Северный Гурвунур:

Mt — магнетит, Ap — апатит, Mnz — монацит, Ks — ксенотим, Dol — доломит, Sid — сидерит, Ht — гематит; см. пояснения в тексте

Anatum образует в рудах одиночные идиоморфные зерна и кристаллы, реже их сегрегации. Распределен неравномерно, количество его изменяется в пределах 3—5%, иногда достигает 25% объема руд. Размер кристаллов — первые сантиметры, по длинной оси 0,5—1 см. Нередко кристаллы раздроблены и сцементированы магнетитом. Встречаются участки с ориентированным расположением индивидов, подобно магматической полосчатости. В периферийной зоне кристаллов обычно отмечается эмульсионная вкрапленность, а в ряде случаев более крупные сегрегации монацита и реже ксенотима, выделившихся из апатита (см. рис. 1, Б, В). Минерал относится к фтор-апатиту (F 2,7—4,2%), сера и хлор для него не характерны. За счет тонкораспыленного гематита минерал имеет розовую окраску. Анализами в апатите установлено присутствие до 1% железа. Характерной примесью является стронций, содержание иттрия 500—900, тория около 140, а урана 10 ppm (табл. 1).

Содержание редкоземельных элементов в апатите в среднем составляет 0,9%, а иттрия около 600 ppm. Редкоземельные элементы представлены существенно легкими лантаноидами (табл. 2). На диаграмме составов редкоземельных элементов, нормированных к хондриту, четко выражен европиевый минимум (рис. 2). Рассчитанная величина Eu/Eu₀ изменяется в

1. Содержание примесных элементов в апатитах месторождения Северный Гурвунур (в ppm)

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Be	0,21	Pr	422,93
Ti	26,2	Nd	1482,5
V	14,40	Sm	205,2
Cr	18,62	Eu	22,47
Co	8,56	Gd	199,5
Ni	2,40	Tb	21,5
Cu	2,65	Dy	110,5
Zn	6,06	Ho	19,84
Ga	38,66	Er	52,3
Rb	0,39	Tm	6,25
Sr	512,2	Yb	36,15
Y	496,45	Lu	4,77
Zr	0,18	Hf	0,35
Nb	0,16	Ta	0,12
Cs	0,01	Pb	8,94
Ba	95	Th	138,80
La	2669,0	U	6,23
Ce	4116,0		

Примечание. Анализ выполнен ICP MS (г.Иркутск, ГЕОХИ СО РАН).

2. Содержание редкоземельных элементов в апатитах месторождения Северный Гурвунур (ppm)

Номер пробы	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Y	Сумма
Г-08	2669	4116	422	1495,6	206	22,48	222,5	22,4	110	19,8	53	36,2	4,8	496,45	9472
Г-50	2500	4060	450	1360	164	24,6	200	20,5	100	18	52	42	4,5	580	8912
Г-429	2400	4500	—	2000	200	18	200	—	160	31	110	65	12	900	9640
5545	2100	3900	—	1500	160	22	190	—	160	30	90	47	10	700	8220

Примечание. Прочерк — элемент не обнаружен; анализы выполнены ICP AES.

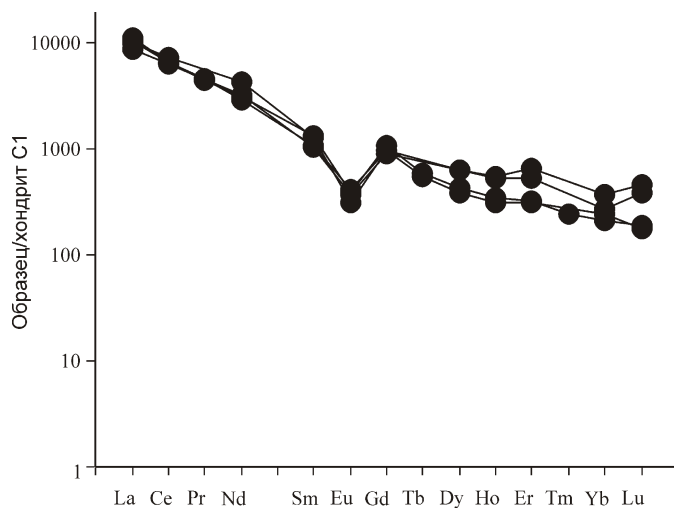


Рис. 2. Графики нормированных к хондриту содержания редкоземельных элементов в апатитах месторождения Северный Гурвунур. По работе 3

пределах 0,2—0,4. Индекс дифференциации редкоземельных элементов $(La/Yb)_n$ невысокий — 1,75—3,63 (в среднем 2,58).

Монацит представлен двумя генерациями. Одна из них слагает эмульсионную вкрапленность в апатите (см. рис. 1, Б) и скопления мелких зерен, образовавшихся в результате сегрегации (см. рис. 1, В). Другая генерация более поздняя. Это обычно одиночные мелкие зерна в гематите, карбонатных минералах и прожилковидных агрегатах кварца. Выделенные генерации отличаются соотношениями присутствующих в них редкоземельных элементов и содержанием тория (табл. 3). Ранняя из них менее ториевая (соответствен-

3. Химический состав монацита из руд месторождения Северный Гурвунур (в массовых долях %)

Номер пробы	SiO ₂	CaO	Ce ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	P ₂ O ₅	ThO ₂	Сумма
<i>Монацит I генерация</i>										
C-Г-3	—	1,94	32,10	18,55	2,53	9,45	1,48	30,18	0,83	97,09
141a	—	6,23	28,99	13,83	2,34	12,08	—	30,52	2,72	98,18
141б	1,37	1,12	31,05	16,09	3,15	11,2	—	27,7	1,93	97,4
530-1	—	1,22	31,5	18,82	2,01	9,32	1,8	30,4	—	98,89
51-14	—	2,43	33,96	18,46	2,59	8,15	—	29,17	1,39	97,02
51-16	—	6,35	25,67	15,52	—	6,43	—	38,84	—	93,16
51-22	—	0,84	32,9	19,64	1,92	8,93	—	27,52	—	91,76
51-30	—	1,18	32,39	18,99	1,81	9,19	—	29,24	1,04	94,76
51-55	—	—	33,04	17,92	1,58	9,6	1,74	29,19	—	93,6
51-80	—	2,22	34,13	19,63	1,59	7,94	—	31,62	—	98,16
51-233	—	1,13	32,7	22,48	—	8,84	—	30,87	—	97,32
141б	1,22	—	31,5	18,82	2,01	9,32	1,8	30,04	—	98,89
5670	—	1,94	32,1	18,55	2,53	9,45	1,48	30,18	—	97,09
5670a	—	—	34,26	18,72	2,15	10,77	—	28,67	—	94,56
5670в	—	1,13	32,46	19,71	—	8,75	—	27,91	—	91,01
<i>Монацит II генерация</i>										
СГ-11a	1,65	0,83	29,8	15,27	2,79	11,7	1,37	28,25	1,6	93,25
СГ-12	—	4,23	25,31	11,94	3,11	12,4	1,58	26,31	4,48	93,37
СГ-15	—	0,91	29,85	16,29	2,94	12,67	1,41	29,65	0,98	101,67
Г-213	—	1,51	31,57	16,41	2,28	11,64	—	29,49	1,04	98,62
3456-7	—	0,67	30,69	16,54	1,5	11,83	1,37	29,44	3,07	101,77
3456-6	—	1,67	24,85	12,96	1,85	10,8	—	27,27	8,43	98,93
3456-11	—	—	33,11	21,83	1,5	7,13	—	29,22	1,52	95,55
5434	—	1,27	28,11	13,7	2,04	10,36	—	26,58	7,72	92,6
5435	—	1,93	30,24	15,35	2,06	13,16	1,62	30,98	Не опр.	95,35

Примечание. Суммы даны с учетом содержания других примесных элементов, количество которых достигает нескольких процентов. Присутствие в анализах кальция обусловлено захватом его из апатита, что связано с небольшими размерами включений монацита в апатитах.

4. Химический состав ксенотима из руд месторождения Северный Гурвунур (в массовых долях %)

Номер пробы	P ₂ O ₅	CaO	Ce ₂ O ₃	FeO	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Сумма
<i>Ксенотим I генерация</i>											
C-Г-45	36,73	0,6	—	—	1,95	6,31	2,29	4,03	3,7	41,97	97,58
120a	35,31	2,13	1,46	—	1,39	4,44	1,59	4,09	3,36	38,7	92,91
1236	34,76	0,73	—	—	2,07	4,53	—	4,01	2,25	42,29	91,05
411-1	35,04	—	—	2,35	1,68	4,11	—	3,94	3,03	42,59	92,77
35-6	36,02	—	—	1,8	—	4,01	—	4,07	3,88	41,64	91,4
35-8	35,91	0,91	—	—	2,43	4,95	—	3,54	5,01	40,18	92,88
43-22	34,44	3,64	—	—	1,87	4,52	—	2,97	3,19	41,1	91,72
55-10	38,56	6,46	—	—	1,44	4,88	1,25	3,04	3,84	38,89	98,36
55-11	36,59	—	—	3,8	1,58	5,86	1,78	3,67	3,38	40,29	95,96
<i>Ксенотим II генерация</i>											
435	34,71	1,43	—	1,18	2,56	6,84	—	3,24	3,78	42,71	96,45
586	34,62	0,49	—	—	3,37	5,86	1,58	4,19	3,93	39,38	93,42
586a	35,59	0,6	—	1,4	2,4	5,94	—	3,11	3,16	40,76	93,8

но до 1,5—2,5 и 2—7% ThO₂) и характеризуется более высоким Ce/Nd (соответственно 3,5 и 3).

Ксенотим, также как и монацит, представлен двумя генерациями. Одна из них ассоциирует с монацитом (см. рис. 1, В) и слагает мелкие зерна неправильной формы, другая ассоциирует с гематитом, кварцем, карбонатами и образует одиночные гипидиоморфные зерна. Составы ксенотима представлены в табл. 4. Выделенные генерации отличаются составами присутствующих в них элементов. В поздней из них отмечается несколько более высокая концентрация гадолиния и диспрозия и более низкая величина отношений суммы лантаноидов к иттрию (соответственно 2,47 и 2,79).

Торит относится к минералам, образовавшимся после апатит-магнетитового парагенезиса. Он слагает одиночные зерна неправильной и идиоморфной формы в ассоциации с гематитом и кварцем. Состав его (табл. 5)

соответствует ферриториту. В нем содержатся также уран и цирконий до нескольких процентов.

Карбонатные минералы образуют прожилки и небольшие гнездообразные скопления как в рудном теле, так и во вмещающих породах. Среди них диагностируются железистый доломит, кальцит, анкерит, сидерит, сидероплезит, брейнерит. Обычно в прожилках присутствует несколько минеральных видов, среди которых преобладает доломит. Вместе с ними встречаются гематит, кварц, редко пирит, вкрапленность торита, поздних генераций монацита и ксенотима, ангидрит, гипс. Анализы карбонатных минералов приведены в табл. 6.

К ранним карбонатам относится сидерит. Его корродированные зерна встречаются в виде реликтов среди железистого доломита и анкерита (см. рис. 1, А). Минерал характеризуется повышенной магнизиальностью и нередко марганценосностью. Высокими содержаниями

5. Химический состав торитов из руд месторождения Северный Гурвунур (в массовых долях %)

Номер пробы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	ThO ₂	UO ₂	ZrO ₂	P ₂ O ₅	Сумма
СГ-153	18,29	0,74	11,91	0,55	62,3	He опр.	1,89	0,89	96,57
СГ-155	19,4	0,72	8,88	—	65,29	He опр.	2,85	—	96,78
Г-480	17,57	—	10,76	—	66,13	3,70	He опр.	—	98,16
5678	14,44	—	14,29	0,91	59,67	4,14	He опр.	—	93,46

Примечание. Железо общее.

6. Химический состав карбонатных минералов месторождения Северный Гурвунур (в массовых долях %)

Номер пробы	CaO	MgO	FeO	MnO	Сумма	Минералы
С-Г-3	0,83	3,83	45,36	11,22	61,24	Манган-сидерит
С-Г-4	2,83	3,17	50,01	1,48	54,19	Сидерит
С-Г-4б	1,18	5,56	50,44	1,52	58,88	
22-6	0,53	12,64	45,09	1,39	59,06	Сидероплезит
22-8	0,98	11,59	45,44	1,16	51,17	
22-11	0,42	18,57	33,23	4,17	56,39	
22-13	0,8	13,63	43,19	1,36	58,97	
22-14	0,81	16,63	38,02	1,37	57,43	
22-15а	1,02	9,17	45,7	2,53	58,42	
5215	0,36	20,41	19,64	16,53	57,01	Брейнерит марганцевый
5223	0,39	21,09	19,01	15,47	55,95	
321	26,49	7,71	20,69	0,88	55,76	Анкерит
325	26,47	8,13	20,31	1,02	55,93	
450а	26,64	5,74	24,66	0,79	57,87	
450в	27,17	8,69	19,05	0,85	55,72	
С-Г-18	27,56	13,53	10,02	1,85	53,86	
С-Г-18а	27,7	14,63	10,16	1,72	54,21	
С-Г-22	27,35	14,36	14,95	1,48	55,15	
60-1	27,75	14,15	9,88	2,38	54,15	
60-2	27,87	13,88	12,27	1,36	55,38	
6330	27,83	16,53	7,42	1,02	52,81	
6331	27,69	12,32	13,21	0,61	53,83	
6331б	28,12	15,52	8,52	1,64	53,8	
78-1	27,75	14,44	11,31	1,11	54,61	
78-2а	27,91	16,27	8,32	1,21	53,72	

ми магнезия и марганца отличается брейнерит. Обычным для прожилков является также существенно магнезий-железистый карбонат (сидероплезит).

Для доломита характерна неоднородность состава, вызванная вариациями содержаний магнезия и железа, вплоть до преобладания анкеритового компонента. К наиболее поздним карбонатам относится кальцит, в котором почти не содержатся примесные элементы, за исключением небольшого количества магнезия.

Пирит также относится к поздним минералам. Он слагает в основном автономную вкрапленность, прожилки и агрегатные скопления в рудах и вмещающих породах. Реже пирит ассоциирует с гематитом, кварцем и карбонатами, но чаще образует мономинеральные выделения.

Хлорит характерен для контактовых зон магнетитовых руд и ксенолитов измененных вулканитов. Вместе с ним встречаются амфибол, альбит, биотит, магнетит, редкие мелкие зерна титанита и рутила.

Гипс и ангидрит наиболее широко распространены в надрудной толще пород, где они слагают многочисленные прожилки мощностью от долей до первых сантиметров. Редко они встречаются в апатит-магнетитовых рудах, где ассоциируют с карбонатами, присутствуют в друзовых пустотах этих минералов.

Изотопная характеристика минералов. На месторождении проведен небольшой объем изотопных исследований. Были определены составы кислорода, углерода, сульфатной серы и первичных изотопных стронциевых отношений. Результаты этих исследо-

7. Изотопная характеристика минералов месторождения Северный Гурвунур

Номер пробы	Минералы	$^{18}\text{O}\text{‰}$ SMOW	$^{13}\text{C}\text{‰}$ PDB	$^{34}\text{S}\text{‰}$ CTD	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
С-Г-5	Апатит	7,5			
121а	Магнетит	0,5			
121б		2,4			
830-76	Анкерит	14,05	0,1		
121-12	Доломит	19,88	7,11		
121-16		13,4	3,5		
121-22		12,99	0,87		
121-19		13,29	1,39		
121-10		14,24	1,11		
121-3,5		14,32	1,15		
121-453		10,2	1,35		0,70765 7
С-114		Ангидрит			13,95
С-114-460				10,3	

ваний, показанные в табл. 7, зафиксировали два типа источников вещества, участвовавших в формировании месторождения. Один из них характеризует апатит-магнетитовую ассоциацию, другой представляет минералы пострудных парагенезисов. Величины ^{18}O в апатите и магнетите близки к значениям ювенильного происхождения. В магнетите кислород близок к значениям в этом минерале из базитовых пород. Некоторая обогащенность тяжелым кислородом одной из проб магнетита обусловлена наложенной мартитизацией. Расчет температуры по изотопно-кислородному термометру согласно работе [5] в паре апатит-магнетит показал 587 С.

Изотопный состав кислорода и углерода в карбонатных минералах из прожилков отличается широкими вариациями и свидетельствует об их коровом источнике. На вовлечение вещества вмещающих пород указывают также изотопные стронциевые отношения в минералах гидротермального происхождения (ангидрит — 0,70840 11, карбонат — 0,70765 7).

Обсуждение результатов. Месторождение Северный Гурвунур по форме рудного тела, минеральному составу и структурно-текстурным особенностям руд, в т.ч. по присутствию брекчиевидных типов, резко отличается от известных железорудных месторождений Западного Забайкалья. Одна из особенностей этого месторождения — однородность и равномерная зернистость магнетитовой матрицы, подобные магматическим породам. Кроме того, здесь вблизи рудного тела, несмотря на большие размеры залежи,

не проявлены характерные для скарновых железорудных месторождений контактово-метасоматические процессы (за исключением хлоритизации). Порфировая структура, обусловленная вкрапленниками идиоморфных зерен (кристаллов) апатита подобных фенокристам, еще больше подчеркивает вероятность магматической природы руд. Высокая температура, рассчитанная по изотопным составам апатита и магнетита, также может служить критерием магматического происхождения руд.

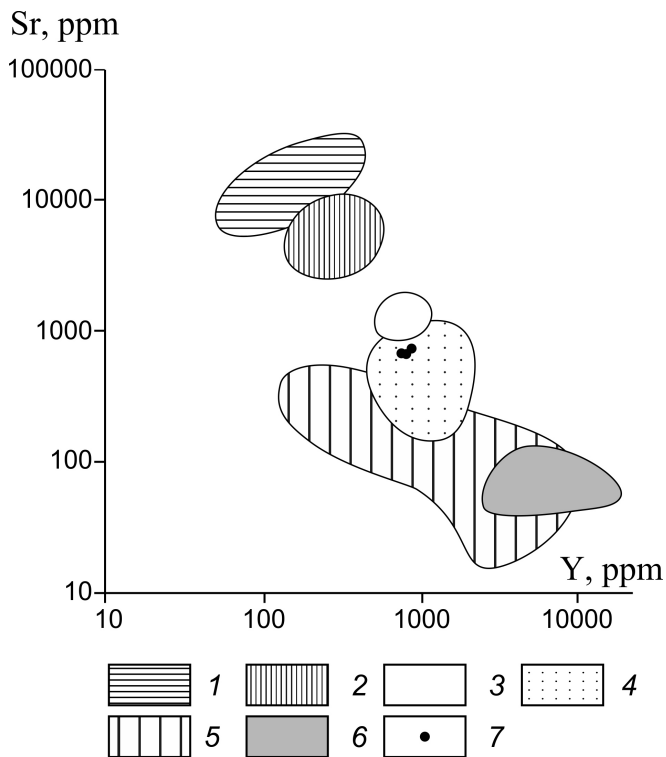
Апатит, выделившийся на ранней стадии под действием позже кристаллизовавшегося магнетита, испытал термальный метаморфизм, сопровождавшийся экстракцией из него редкоземельных элементов с образованием монацита и ксенотима. Наиболее отчетливо это фиксируется по периферии кристаллов апатита, где наблюдаются зоны с эмульсионной вкрапленностью монацита. При этом размер эмульсионных зерен, наибольший в краевых зонах, постепенно уменьшается по направлению к центральным, и затем они исчезают. Появление монацита в апатите, как результат термального воздействия, продемонстрирован в многочисленных публикациях, например в работах [1, 4]. В природе известно небольшое число апатит-магнетитовых месторождений. Первая часть из них относится к апатитосодержащему титаномагнетитовому типу, связанному с габброидами. Вторая, описанная под названием нельсониты, содержит повышенные количества силикатных минералов, таких как оливин, пироксен полевые шпаты, и явля-

Рис. 3. Y-Sr состав в апатитах различного происхождения. По работе 2 :

1 — лерцолит; 2 — карбонатит; 3 — якупирангит; 4 — основные породы и руды типа Кируна; 5 — гранитоид; 6 — гранитный пегматит; 7 — точки содержания Y-Sr в апатитах месторождения Северный Гурвунур

ется продуктом дифференциации щелочных (в т.ч. карбонатитов) пород.

Третья часть представляет тип Кируны, имеющий, по мнению многих исследователей, магматическое происхождение. Как видно из представленных данных, к этому типу с большей уверенностью может быть отнесено и месторождение Северный Гурвунур. В пользу этого предположения также говорят результаты геохимических исследований. В частности, согласно приведенному в работе [2] обобщению, значения отношения содержаний Sr-Y в апатитах ложатся в поле руд типа Кируна (рис. 3). Предполагается, что подобный тип месторождений может быть более широко представлен в Западном Забайкалье.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Punn G.S., Дорошкевич А.Г., Бурцева М.В. и др.* Эндогенные постмагматические изменения в карбонатитах // Мат-лы всерос. петрограф. конф. «Петрология магматических и метаморфических комплексов» ЦНТИ. —Томск, 2009. С. 276—281.
2. *Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly, Fisher N.I.* Apatite as an indicator mineral for mineral exploration: trace-element compositions and their relationship to host rock type // *J. Geochem. Expl.* 76. Pp. 45—69.
3. *Sun S. and Mc. Donough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / In *Magmatism in the the ocean basins* // *Ceol. Soc Special Publ* 42. 1989. Pp. 313—345.
4. *Villeneuve M.E. and Relf C.* Tectonic Setting of 2.6 Ga Carbonatite in the Slave Province, NW Canada // *Jornal of Petrology.* 1998. Vol. 39. № 39. Pp. 1975—1986.
5. *Zheng Y.F.* On calculations of oxygen isotope fractionation in minerals // *Episodes.* 1999. Vol. 22. № 2. Pp. 99—106.