

В.В. Холоднов, Т.Д. Бочарникова, С.В. Прибавкин

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД РАССЛОЕННОЙ СЕРИИ КУСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кусинское месторождение располагается на Южном Урале, в пределах одноименного среднерифейского габбрового массива, представляющего собой пластообразную интрузивную залежь и принадлежащего к расслоенному типу серий [Штейнберг и др., 1959]. Позднее расслоенность была выявлена также и для восточной, погруженной части Кусинского габбрового массива по данным глубокого бурения [Алексеев и др., 2000]. Условия формирования Кусинского месторождения были рассмотрены в работе Г.Б. Ферштатера и др. [2001], где было показано, что его образование происходило при высоком водном давлении $P_{H_2O} = 6-7$ кбар и пониженной температуре ($600 - 1000^\circ C$, $\lg f O_2 = 18-11$), что и определило раздельную кристаллизацию в породах и рудах ильменита и магнетита.

Позднее детальное полевое исследование западной, обнаженной части Кусинского массива, непосредственно включающей в себя

Кусинское месторождение, показало, что и здесь наблюдаются отдельные хорошо сохранившиеся фрагменты расслоенной серии [Холоднов и др., 2001]. Они обнаружены в наименее деформированных блоках пород, сохранившихся в интервалах между первой, второй и третьей рудными залежами. В отличие от восточной, погруженной части массива, где наблюдается пологое залегание расслоенной серии пород (скв. 2), в пределах Кусинского месторождения, слагающие его расслоенные породы характеризуются крутым, близким к вертикальному, залеганием.

Ниже мы приводим первые данные по характеристике химического состава ритмов расслоенной толщи, расположенной между второй и третьей рудными залежами, закартированными нами в южной части месторождения (рис. 1). Каждый ритм сложен несколькими типами пород – меланократовыми, мезократовыми и лейкократавыми. Степень «лейкократово-

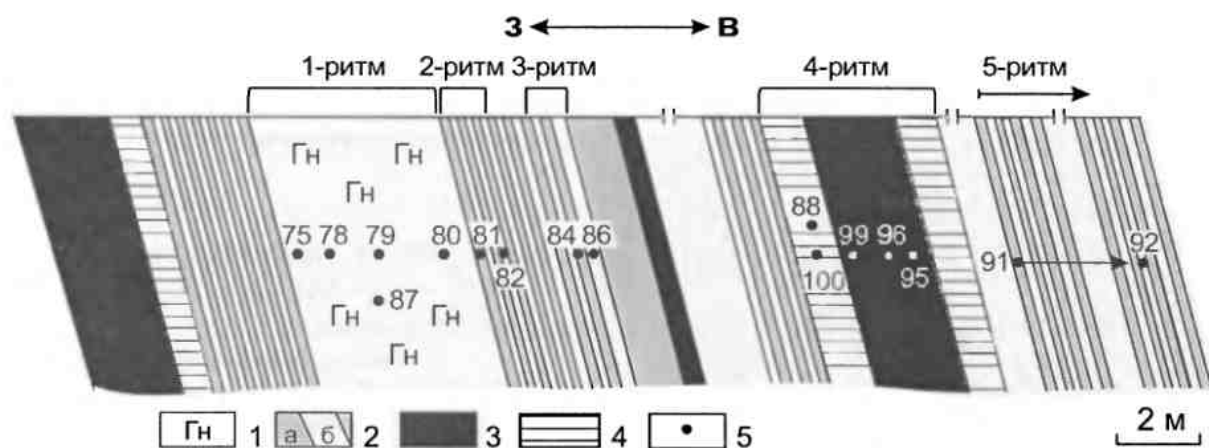


Рис. 1. Ритмично-расслоенное строение фрагмента разреза южной части Кусинского месторождения.

1 – габбро-норит; 2 – ритмично-расслоенные породы: а – мелано- и мезократовый габбро-амфиболит, б – лейкократовый габбро-амфиболит, анортозит; 3 – сплошная ильменит – титаномagnetитовая руда; 4 – околорудные гранат-амфиболовые породы; 5 – места отбора образцов.

сти» породы определяется количеством содержащихся в породе темноцветных (пироксен, амфибол, рудный минерал и др.) и лейкократовых минералов (плагноклаз). В исследованной части разреза выделено 8 ритмов. Закономерные изменения количества того или иного породообразующего минерала определили и вариации химического состава пород, что отображено в таблице и на рисунках 2, 3.

Тройная диаграмма ($Al_2O_3 - TiO_2 - MgO$) на рис. 2 учитывает влияние трех главных составляющих расслоенных пород: темноцветных минералов (пироксен и др.), плагноклаза и рудных. Выделенные по степени меланократовости члены ритмов на данной диаграмме образуют несколько обособленных полей. Расположение векторов на диаграмме (рис. 3) характеризуют направление магматической дифференциации в составе различных ритмов.

Восточнее второго рудного тела выделяется первый ритм, сложенный меланократовым рудным габбро-норитом (обр. 75) мощностью 0,5 м, который имеет резкий контакт с вышележащим трахитоидным габбро-норитом (обр. 78, 79, 87, 80). В меланократовом габбро-норите рудные выделения ориентированы согласно направлению общей расслоенности. При этом, по направлению к рудной залежи в породе происходит накопление рудных элементов – Ti, Fe, V, Mn. В рудном габбро-норите содержание суммарного железа (FeO^*) достигает 30,86 %, TiO_2 – 6,00%, V – 0,31%. При этом, отношение TiO_2/FeO^*

составляет 0,19. Эти рудные габбро-нориты можно отнести к одному из типов богатых вкрапленных руд месторождения. В трахитоидном габбро-норите (мощность 4 м) лейсты плагноклаза также вытянуты согласно общей расслоенности массива. Эта порода характеризуется более высокими содержаниями SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, а также K_2O , Na_2O , P_2O_5 . В этом прослое к его основанию также наблюдается рост содержаний рудных компонентов. Отношение TiO_2/FeO^* составляет 0,17. Распределение MgO в этом ритме достаточно равномерное.

Второй ритм, расположенный восточнее, представлен низкотитанистыми породами. Основание ритма сложено амфиболизированным меланократовым габбро-норитом (обр. 81), мощностью 0,5 м, с реликтами в виде теней структуры габбро-норита. Верхняя часть – лейкократовым габбро-норитом (обр. 82), контакт между ними отчетливый. Меланократовый габбро-норит характеризуется не только более высокими содержаниями рудных элементов (TiO_2 – 1,59%, FeO^* – 19,64%), но и высокими концентрациями MgO (10,77%). Отношение TiO_2/FeO^* в этой породе снижается до 0,08%. Лейкократовый габбро-норит характеризуется пониженным содержанием MgO – 6,15% и повышенными – Al_2O_3 , CaO, SiO_2 , P_2O_5 , при отношении TiO_2/FeO^* 0,12.

Следующий третий ритм (обр. 84, 85, 86), также как и первый, представлен породами с повышенным содержанием TiO_2 . Отличие его

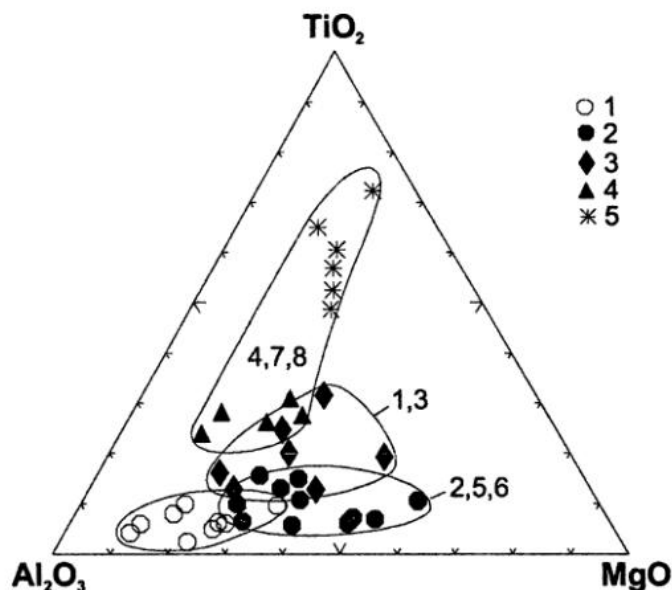


Рис. 2. Диаграмма соотношения $Al_2O_3 - TiO_2 - MgO$ для различных пород в составе ритмов.

1 – лейкократовые габбро-амфиболиты, анортозиты; 2 – мелано- и мезократовые габбро-нориты, габбро-амфиболиты низкотитанистой, магнезиальной серии; 3 – тоже самое, но высокотитанистой серии; 4 – околорудные гранат-амфиболовые породы; 5 – сплошные ильменит-титаномagnetитовые руды Кусинского месторождения. Цифрами указаны поля меланократовых и рудных частей выделенных ритмов (см. таблицу).

ПЕТРОЛОГИЯ И ПАЛЕОВУЛКАНОЛОГИЯ

Петрохимическая характеристика ритмов (мас. %)

Ритм	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	п.п.п	Cr	V
1	KC-75	34,27	6,00	7,03	13,63	17,23	0,21	6,09	10,83	1,23	0,12	0,07	2,01	151	3100
	KC-78	41,02	4,30	10,47	12,96	9,69	0,20	6,86	11,64	0,96	0,13	0,08	1,45	126	1300
	KC-79	46,09	2,56	13,34	4,37	10,41	0,14	5,57	12,17	2,65	0,21	0,06	1,53	170	766
	KC-87	43,61	3,31	13,62	4,25	12,92	0,15	4,76	11,61	2,08	0,23	0,14	1,81	129	800
	KC-80	46,24	2,52	9,43	10,79	5,03	0,17	7,59	13,55	1,46	0,14	0,29	0,83	269	2300
2	KC-81	43,22	1,59	9,71	6,00	13,64	0,22	10,77	8,83	2,09	0,13	0,24	2,69	50	339
	KC-82	47,63	1,48	16,29	6,35	5,39	0,14	6,15	11,30	2,40	0,16	0,33	1,69	174	380
3	KC-84	38,02	4,23	7,26	11,82	14,36	0,21	10,78	9,11	1,09	0,10	0,08	2,14	63	900
	KC-85	37,29	5,08	10,11	10,48	15,08	0,20	6,03	10,30	1,79	0,23	0,11	1,89	229	1300
	KC-86	46,85	2,32	16,90	3,45	9,33	0,13	4,27	11,60	2,33	0,17	0,16	1,43	214	617
4	KC-88	29,17	5,72	14,86	17,61	16,16	0,47	3,38	7,70	0,62	0,15	0,60	2,07	2100	2300
	KC-100	31,14	6,69	13,36	15,01	17,69	0,20	3,69	7,89	1,66	0,16	0,25	не опр	2100	3500
	KC-11	31,37	6,61	12,49	11,55	18,90	0,38	6,14	7,29	0,83	0,09	0,07	2,59	1900	1900
	KC-99	5,37	14,07	5,51	42,36	22,40	0,16	5,18	0,10	0,12	0,00	0,03	2,60	7000	760
	KC-95	2,50	14,33	4,57	52,12	22,62	0,16	3,14	0,11	0,00	0,00	0,04	не опр	11300	5000
	KC-96	4,96	13,84	6,47	44,72	22,98	0,17	6,05	0,11	0,00	0,00	0,03	не опр	8800	4800
5	KC-91	33,06	2,73	8,01	11,93	19,75	0,27	15,01	2,47	0,40	0,03	0,07	5,41	900	1000
	KC-92	49,85	0,58	18,37	0,00	10,77	0,09	5,40	12,55	2,46	0,16	0,02	1,59	120	140
6	KC-60	41,48	2,77	9,20	6,88	15,62	0,19	6,56	12,31	1,65	0,25	0,07	2,12	246	800
	KC-59	44,59	1,99	12,76	5,84	9,61	0,14	5,53	12,88	2,57	0,14	0,16	1,38	365	794
	KC-59a	44,51	1,35	7,93	6,58	12,28	0,21	10,37	11,30	1,61	0,13	0,06	1,80	115	457
	KC-59b	44,24	1,22	9,25	6,88	11,56	0,21	9,79	10,88	2,14	0,14	0,19	1,75	107	407
	KC-64	43,74	2,51	10,38	5,95	11,71	0,21	6,43	12,52	2,04	0,17	0,24	1,71	54	600
	KC-65	40,59	1,95	9,34	6,00	16,16	0,19	6,83	12,09	1,79	0,25	0,14	2,24	195	600
7	X-99-4	3,00	14,12	4,60	43,00	30,87	0,19	4,60	0,31	0,00	0,02	0,03	0,00	2800	2760
	X-99-5a-1	14,70	12,47	6,88	26,82	30,16	0,18	6,26	2,29	0,62	0,09	0,07	0,00	5900	5900
	X-99-3	41,38	1,33	13,05	7,84	12,21	0,15	9,12	9,43	1,62	0,92	1,01	1,95	100	140
	X-99-5a-2	34,30	3,38	12,18	12,81	14,72	0,30	6,16	11,13	1,39	0,26	0,61	1,75	800	830
	X-99-5b-2	42,21	1,36	13,47	5,47	13,64	0,18	6,31	11,37	1,85	0,34	0,23	1,92	100	130
	X-99-5b-1	42,29	1,44	20,02	5,30	9,33	0,27	3,03	12,31	2,22	0,53	0,64	1,39	100	100
	X-99-5b-3	49,06	1,05	21,53	1,21	6,46	0,09	2,93	10,73	3,69	0,21	0,67	1,27	100	120
	X-99-5b-4	49,06	1,05	21,53	1,21	6,46	0,09	2,93	10,73	3,69	0,21	0,67	1,27	100	120
8	11-f-69	3,48	14,96	1,53	41,47	29,85	0,14	4,20	0,32	0,05	0,05	не опр	1,52	5300	1902
	329-2-f-75	27,22	8,30	11,56	14,98	19,69	0,30	6,99	7,12	1,36	0,18	не опр	2,00	1400	783
	329-5-f-75	28,46	7,25	11,17	14,38	20,11	0,30	7,85	7,31	1,61	0,18	не опр	1,33	1100	811
	329-1-f-75	36,40	1,30	18,66	11,98	12,93	1,08	6,78	8,63	1,04	0,20	не опр	1,33	0	56
	329-3-f-75	37,20	1,60	17,68	12,90	12,80	0,95	7,15	7,90	1,17	0,22	не опр	1,05	100	112
	329-4-f-75	37,00	2,60	15,26	6,93	14,60	0,36	9,33	9,87	1,98	0,27	не опр	1,81	400	336

Примечание. Ритмы: 1 – 5, 8 в разрезе между 2 и 3 рудными залежами в южной части Кусинского месторождения; 6, 7 – там же, но в центральной части месторождения. Типы ритмов: высокотитанистый – 1, 3; низкотитанистый – 2, 5, 6; рудный – 4, 7, 8. Анализы ритма 8 приведены по данным В.Г. Фоминых.

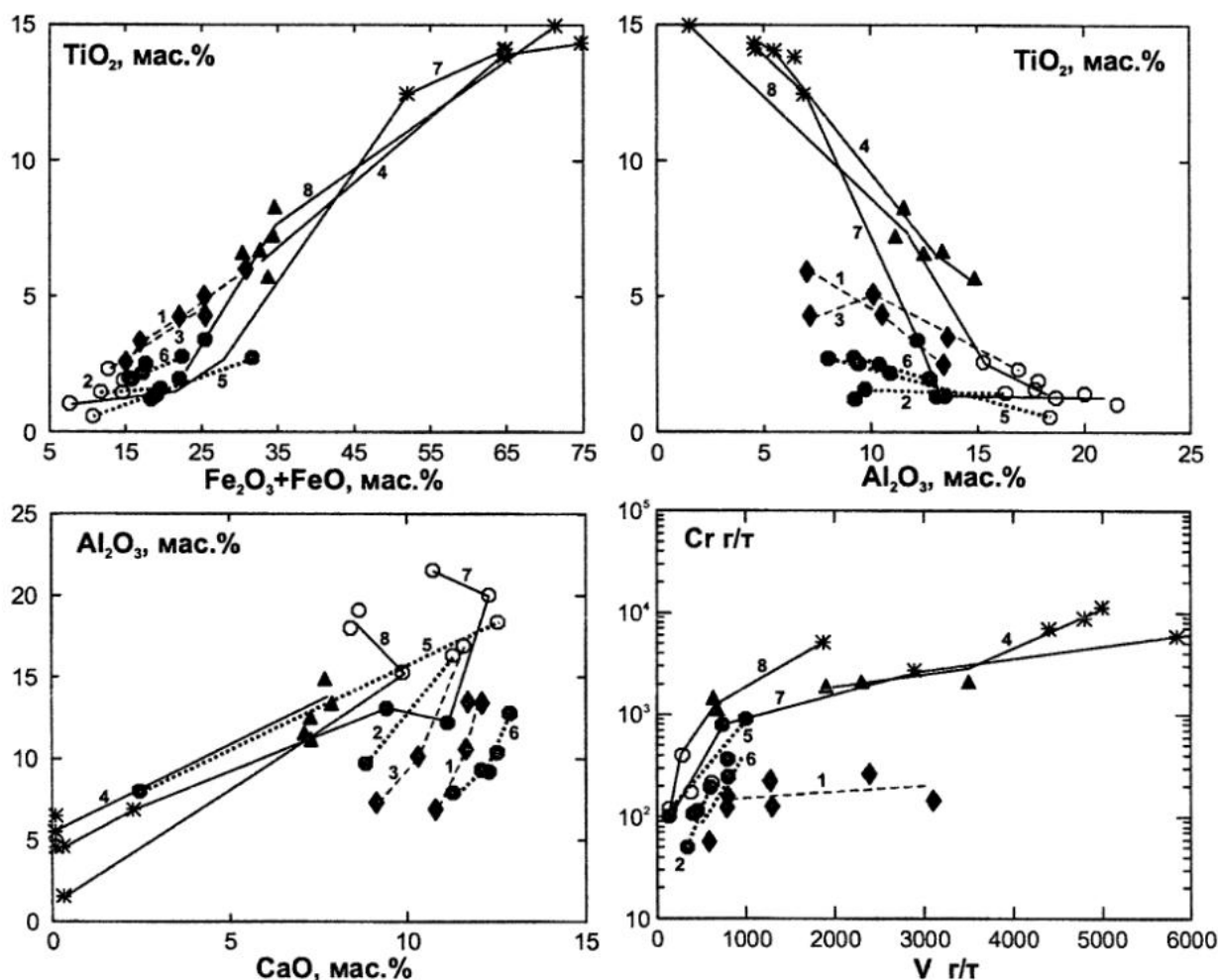


Рис. 3. Эволюция химизма расплавов в процессе формирования расслоенной серии пород на Кусинском месторождении.

Условные обозначения см. рис. 2.

состоит в том, что породы в этом ритме отчетливо дифференцированы по магнию, что делает их похожими на породы второго ритма. Нижняя часть третьего ритма представлена меланократовым рудным габбро-амфиболитом (обр. 84), мощностью около 1 м с реликтами структуры габбро-норита, содержащего также вкрапленность сульфидов. Эта порода сменяется маломощным прослоем (3–5 см) мезократового рудного габбро-амфиболита (обр. 85). Верхняя часть ритма сложена лейкократовым крупнозернистым габбро-амфиболитом (обр. 86), мощностью около 30 см, с хорошо видимой структурой габбро-норита.

Рудный габбро-амфиболит (обр. 84) имеет повышенную концентрацию MgO – 10,78%, высокие содержания FeO^* – 26,18% и TiO_2 – 4,23%. Отношение $\text{TiO}_2/\text{FeO}^*$ составляет 0,16. Для вышележащего габбро-амфиболита (обр. 85) характерна низкая концентрация MgO – 6,03%, при более высоких содержаниях Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 . Для породы этого прослоя при одинаковых концентрациях FeO^* характерно повышенное отношение $\text{TiO}_2/\text{FeO}^*$, составляющее 0,20.

Лейкократовый габбро-амфиболит (обр. 86) верхней части этого ритма имеет значительно более высокие содержания SiO_2 ,

Al_2O_3 , CaO , Na_2O , P_2O_5 , при пониженных концентрациях TiO_2 , FeO^* и отношении $\text{TiO}_2/\text{FeO}^*$, равном 0,18.

Далее по разрезу следует фрагмент тонкорасслоенной серии, состоящей из 13 микроритмов. Мощность отдельных слоев в этих ритмах составляет от 6 до 17 см. Ритмы представлены чередованием мелкозернистого рудного габбро-амфиболита с крупнозернистым лейкократовым габбро.

Завершает этот разрез третья рудная залежь с характерной для рудных тел Кусинского месторождения околорудной зональностью.

Зональность около третьего рудного тела (мощность 3 м) в его подрудной части (обр. 88, 100) представлена мелкозернистым гранатовым рудным габбро-амфиболитом с реликтовой структурой габбро-норита, содержащим вкрапленность сульфидов. Порода характеризуется относительно низким содержанием MgO , повышенными концентрациями Al_2O_3 и рудных компонентов ($\text{FeO}^* - 32-34\%$, $\text{Ti} - 5,7-6,7\%$, $\text{V} - 0,23-0,35$). Отношение $\text{TiO}_2/\text{FeO}^*$ составляет 0,17–0,20. Для этих пород характерно резко повышенное содержание Cr 0,2% против 0,02% у рудных габбро-амфиболитов первого (обр. 75, 85) и других ритмов. В рудном теле также проявляется элемент зональности. В центральной его части (обр. 95) содержания Fe , Ti , V , Cr максимальны при отношении $\text{TiO}_2/\text{FeO}^* 0,19$. В краевых частях рудного тела концентрации рудных компонентов и Cr несколько снижены, но при этом повышены содержания MgO , Al_2O_3 и SiO_2 . К востоку от рудного тела, в его надрудной части разрез представлен также габбро-амфиболитом, содержащим включения крупночешуйчатого хлорита.

Анализ других конкретных разрезов околорудной зональности (рудные тела 2 и др.), в том числе и по опубликованным данным [Фоминых, Андреев, 1970] позволил составить обобщенный разрез этой зональности. Во всех разрезах рудные тела симметрично, с двух сторон, окружены рудными гранатовыми амфиболитами мощностью от 10 см до 1 м, которая коррелируется с размерами самого рудного тела. Рудные тела имеют четкие контакты с амфиболитами. Вдоль контактов наблюдаются оторочки (мощностью до 1 см) крупночешуйчатого хлорита, иногда в сростании с кристаллами амфибола, магнетита. Гранат представлен высокожелезистой разновидностью (альмандин).

Дальнейшее строение разреза характери-

зуется асимметричностью. Она заключается в формировании в подрудной части тонкорасслоенной серии пород, охарактеризованной выше, а в надрудной ее части – лейкократовых пород. Последние сначала представлены крупнозернистыми, а затем мелкозернистыми разновидностями пород существенно полевошпатового состава, в некоторых случаях приближающихся по составу к анортозитам. Мощность таких пород иногда достигает 1,5–2 м, но чаще составляет первые десятки см. Отношение $\text{TiO}_2/\text{FeO}^*$ в сплошных рудах составляет 0,20, в рудных гранатовых амфиболитах – 0,21–0,24 и в полевошпатовых породах снижается до 0,04–0,1. Далее на восток в разрезе надрудной зоны продолжается многократное чередование меланократовых и лейкократовых пород, различающихся как по содержаниям петрогенных и рудных компонентов, так и по отношению $\text{TiO}_2/\text{FeO}^*$. Высокомагнезиальные меланократовые породы (обр. 91), содержащие $\text{MgO} - 15,01\%$,

$\text{FeO}^* - 31,68\%$, $\text{TiO}_2 - 2,72\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 8,01\%$, $\text{CaO} - 2,47\%$, имеющие отношение $\text{TiO}_2/\text{FeO}^* = 0,08$, сменяются лейкократовыми высокоглиноземистыми породами (обр. 92), содержащими $\text{Al}_2\text{O}_3 - 18,37\%$, $\text{SiO}_2 - 49,85\%$, $\text{MgO} - 5,40\%$, $\text{CaO} - 12,55\%$. Меланократовые породы, богатые железом, могут быть отнесены к низкотитанистому типу вкрапленных руд.

Состав породообразующих минералов также обнаруживает эволюцию, отражающую скрытую расслоенность в пределах ритмов. От меланократовой части ритма к его лейкократовой части в плагиоклазе происходит уменьшение доли анортитовой составляющей, а именно от № 55–65 в составе рудных меланократовых частей ритмов, до № 50–35 в составе лейкократовых. В том же направлении происходит снижение содержаний Mg , Al , Cr , V в составе титаномагнетитов при росте концентраций Ti (от 3–6 до 6–9% TiO_2), а также снижение отношения Al/Si в амфиболе (от 0,40 до 0,25), при росте содержаний K_2O (от 0,1 до 0,4%), рост содержаний F в апатите при снижении концентраций Cl . Пропорциональное снижение отношения Al/Si в плагиоклазе и амфиболе свидетельствует о том, что процессы расслоения в массиве происходили в условиях, близких к изобарическим (7–5 кбар).

По мере приближения к контакту с вышележащими гранито-гнейсами Губинского массива степень разгнейсования ритмично расслоенных пород резко возрастает.

В отличие от месторождения разрез восточной, погребенной, части Кусинского массива характеризуется наличием только высокотитанистых ритмов. В разрезе скв. 2 отсутствуют также тела сплошных титаномagnetитовых руд и ритмы с низким содержанием титана, какие выделены нами в породах Кусинского месторождения. Породы разреза (скв. 2) как верхней ритмично-расслоенной его части (до гл. 750 м), так и нижней габбро-норитовой (до гл. 1043 м), относятся к высокотитанистой серии. Расслоенный разрез верхней части представлен чередованием ритмов, основание каждого из них сложено меланократовой породой, обогащенной рудным веществом, верхняя часть – лейкократовой, полевошпатовой породой, приближающейся по составу в некоторых случаях к анортозитам [Алексеев и др., 2000]. В меланократовой части отношение TiO_2/FeO^* составляет 0,30–0,45, а в лейкократовой – 0,1–0,15, что существенно отличается этот тип расслоенности от расслоенности на Кусинском месторождении.

Габбро-нориты скв. 2 и габбро-нориты Кусинского месторождения при близком содержании в них общего железа FeO^* 21% по концентрациям других компонентов существенно отличаются друг от друга. В частности, в габбро-норитах месторождения содержания SiO_2 составляют 41–49%, против 37–44% (скв. 2), Al_2O_3 соответственно 9–18%, против 11–14%, MgO 5–10% против 5–7%, CaO 8–13%, против 7–10%. При этом, габбро-нориты скв. 2 содержат значительно больше TiO_2 и закисного железа FeO . Концентрации TiO_2 в них составляют 6–9%, против 0,6–4% на Кусинском месторождении, FeO соответственно 12–17%, против 5–13%. По концентрациям некоторых других компонентов также имеется существенное различие. Габбро-нориты скв. 2 содержат больше Zn (185 г/т, против 110 г/т для габбро-норитов месторождения), но значительно меньше Cu (23 г/т, против 220 г/т для габбро-норитов месторождения), при одинаковых концентрациях Co (50–55 г/т) [Холоднов и др., 2001]. Более низкие содержания закисного железа FeO в габбро-норитах Кусинского месторождения по сравнению с габбро-норитами скв. 2 свидетельствуют о более окислительной обстановке их формирования.

Таким образом, в составе Кусинского массива установлены различные формы магматической расслоенности с проявлением фазовой и скрытой ее типов.

Установлено, что образование ритмичной расслоенности в разных частях массива происходило одновременно с формированием рудных залежей. В центральной части массива выделяются три рудных ритма, которым соответствуют три рудные залежи, главные из которых, вторая и третья, вскрыты шахтами и отработаны. Рудные ритмы, включающие крупные тела сплошных руд, известны также как в самой западной части массива (вблизи обогатительной фабрики), так и в крайней восточной части массива, но они здесь интенсивно деформированы. Другие типы расслоенности сформированы в промежутках между рудными залежами (ритмами) и представлены чередованием высоко- и низкотитанистых ритмов.

В разрезе Кусинского месторождения по сравнению с восточной, погребенной, частью Кусинского массива выявлена более сложная картина ритмичной расслоенности. В частности, в пределах Кусинского месторождения это отражено сочетанием высокотитанистых ритмов и низкотитанистых и отсутствием последних в погребенной части массива. Наличие чередования высокотитанистых и низкотитанистых ритмов является типичной чертой других рудоносных расслоенных интрузий, в частности, она детально охарактеризована на примере Чинейского массива. Процессы моделирования расплавов, отвечающих по составу высоко- и низкотитанистым габброидам Чинейского массива, показали, что в высокотитанистом типе первым кристаллизовался титаномagnetит, а во втором – низкотитанистом ортопироксен [Гонгальский, Криволицкая, 1993].

Присутствие высокомагнезиальных низкотитанистых пород в составе ритмов указывает на более глубокие условия формирования пород и руд Кусинского месторождения по сравнению с восточной погребенной частью массива, характеризующейся более высокими концентрациями калия в лейкократовом типе пород и значительно более высокими отношениями TiO_2/FeO^* 0,30–0,45 в меланократовых породах. Наличие повышенных концентраций Cr в рудах Кусинского месторождения свидетельствует о принадлежности их к нижней части расслоенного разреза интрузии, как это имеет место в других расслоенных массивах (Чинейский и др.).

Унаследованность отношений Ti/Fe в ритмично расслоенных породах и сплошных magnetит-ильменитовых рудах Кусинского место-

рождения указывает на единый магматический источник рудных элементов.

Значительные концентрации железа и титана в меланократовых частях ритмов, а также вариации в значениях TiO_2/FeO^* делает возможным выделение на Кусинском месторождении новых типов вкрапленных руд. Это позволяет по-новому оценить степень рудоносности Кусинского массива.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Ч-2001-УрЧел-01-26.

Список литературы

Алексеев А.А., Алексеева Г.В., Ковалев С.Г. Расслоенные интрузии Западного склона Урала. Уфа, 2000. 188с.

Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. Новосибирск: Наука, 1993. С. 181.

Ферштатер Г.Б., Холоднов В.В., Бородин Н.С. Условия формирования и генезис рифейских ильменит-титаномагнетитовых месторождений Урала // Геология рудных месторождений, 2001. Т. 43. № 2. С. 112–128.

Фоминых В.Г., Андреев М.И. Корундовый амфиболит Кусинского месторождения // Ежегодник-1969. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1970. С. 155–159.

Холоднов В.В., Бочарникова Т.Д., Прибавкин С.В., Ленчевский Н.В. Геологический разрез Кусинского ильменит-титаномагнетитового месторождения // Ежегодник-2000 Ин-та геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 2001. С. 185–188.

Холоднов В.В., Ферштатер Г.Б., Бородин Н.С. и др. Новые данные по геологии и геохимии Кусинского ильменит-титаномагнетитового месторождения (Южный Урал) // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. Уфа, 2001. С. 153–156.

Штейнберг Д.С., Крайцова Л.И., Варлаков А.С. Основные черты геологического строения Кусинской габбровой интрузии и залегающих в ней рудных месторождений // Труды горно-геологического института, 1959. Вып. 40. С. 13–40.