

ЭПИДОЗИТЫ И АПОИЗВЕСТНЯКОВЫЕ СКАРНЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТУРЬИНСКОГО МЕДНО-СКАРНОВОГО РУДНОГО ПОЛЯ

А.И. Грабежев, С.М. Новокрещенов, В.Г. Гмыра, Г.В. Пальгуева

Эпидозиты и пироксеновые скарны являются достаточно характерными метасоматитами Турьинских рудников, в скарновых зонах которых, однако, абсолютно преобладают пироксен-гранатовые скарны по алюмосиликатным породам (гранитоидам, вулканитам) и андрадитовые экзоскарны. По данным [Коржинский, 1948; Баклаев, 1959; Чернышев, 1960; Норштейн, 1967; Кантор, 1965; Скарновые ..., 1985; Дымкин и др. 1990] в скарновых колонках эпидозиты нередко встречаются в виде зоны мощностью до первых метров между кварцевыми диоритами (или околоскарновыми пироксен-плагноклазовыми метасоматитами по ним) и пироксен-гранатовыми эндоскарнами. Однако, по-видимому, в значительной части колонок зона эпидозитов отсутствует. Поэтому в свое время Д.С.Коржинский [1948] предположил, что эпидозитовая зона, строго говоря, не сингенетична с другими метасоматитами колонок, формируясь по пироксен-плагноклазовым околоскарновым метасоматитам и пироксен-гранатовым скарнам на заключительной стадии образования колонки в несколько менее высокотемпературных условиях, чем сама скарновая колонка. Причины ее появления между околоскарновыми метасоматитами и эндоскарнами остаются неясными, особенно если иметь в виду, что зона эпидозитов фиксирует локальное сильное повышение окисленности флюида в пределах относительно восстановленной среды формирования

скарновой колонки. Эпидозиты встречаются и в составе колонок иной зональности. Кроме того, Д.С.Коржинским выделены низкотемпературные пластовые эпидозиты, сформировавшиеся по полосчатым осадочно-вулканогенным породам и эпидозиты инъекционных зон диоритовых порфиритов в мраморах. Пироксеновые экзоскарны и развивающиеся по ним в регрессивный этап минералообразования крупные магнетит-сульфидные рудные тела являются важнейшей особенностью Турьинских рудников. Гораздо реже рудные тела наблюдаются в андрадитовых экзоскарнах. Приводимые материалы по Промежуточному месторождению могут быть в какой-то степени полезными для прояснения условий формирования метасоматитов.

Тела пироксеновых эпидозитов мощностью обычно до 2-4 м встречаются в различных участках пологопадающей на запад зоны пироксен-гранатовых скарнов мощностью 180-250 м, развивающихся по толще слоистых вулканогенно-обломочных пород (с редкими прослоями известняков) преимущественно андезитового состава. Изучение скарнового разреза по скв. 2001/3 (профиль X-A, см. в другой статье настоящего сборника) показывает, что эпидозитовые тела находятся преимущественно в верхней контактовой части скарновой зоны, развиваясь в основном по дайкам диоритовых порфиритов. В верхней части разреза в вулканогенной толще над скарновой зоной часто наблюдаются уча-

**Анализы пироксеновых эпидозитов, эпидот-пироксеновых метасоматитов
Промежуточного месторождения (1-10) и других месторождений (11-14)
Турьинского рудного поля (мас. %, Sr – г/т)**

Ком- понен- ты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	00-3- 374	01-3- 49	01-3- 90	01-3- 95	01-3- 112	01-3- 223	01-3- 227	01-3- 230	01-3- 240	00-2- 382	01-3- 144	(4)	(3)	(2)	(3)
SiO ₂	42,75	47,10	42,34	41,68	41,53	40,45	39,33	42,03	41,91	46,41	46,20	39,31	45,21	42,45	43,76
TiO ₂	0,56	0,40	0,27	0,37	0,35	0,37	0,28	0,14	0,19	0,49	0,20	0,39	0,53	0,44	0,48
Al ₂ O ₃	13,00	14,44	13,55	12,39	12,45	15,14	15,43	14,36	11,05	5,35	5,19	17,83	18,42	13,45	9,78
Fe ₂ O ₃	8,84	8,61	9,85	7,58	7,49	9,34	10,88	10,51	7,92	5,19	2,97	9,34	2,34	6,08	4,06
FeO	2,40	1,20	1,40	1,60	4,30	3,20	1,60	2,10	3,20	5,60	8,50	1,98	2,98	3,41	4,26
MnO	0,26	0,23	0,20	0,16	0,25	0,19	0,14	0,22	0,26	0,41	0,43	0,32	0,13	0,12	0,19
MgO	4,64	3,18	4,07	2,78	4,65	2,67	2,41	3,36	3,31	6,72	8,39	2,99	5,43	8,09	13,54
CaO	23,13	21,05	24,16	25,60	24,14	23,83	24,45	23,58	25,84	23,90	22,90	22,19	17,75	22,54	20,29
Na ₂ O	0,30	0,30	0,30	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,40	0,09	0,20	0,29	1,44	0,16	0,16
K ₂ O	H/об	H/об	H/об	H/об	H/об	0,01	0,01	H/об	0,15	0,01		0,02	0,18	0,05	0,01
P ₂ O ₅	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,22	0,20	0,15	0,20	0,33	0,19	0,13	0,13	0,02	0,06
Ппп	3,10	2,90	3,00	6,60	3,90	3,80	4,30	2,80	4,40	4,80	3,60	5,21	5,19	3,34	3,29
Сумма	99,24	99,64	99,34	99,14	99,22	99,22	99,03	99,25	98,83	99,30	98,77	100,00	99,73	100,15	99,88
Fe ₂ O ₃ *	11,48	9,93	11,39	9,34	12,22	12,86	12,64	12,82	11,44	11,35	12,86	11,52	5,62	9,83	8,75
Sr	619	198	501	997	1053	1433	1787	1427	1032	142	304				
D	3,27			3,16						3,38		3,25		3,20	3,17

Примечание. 1-9 – пироксеновые эпидозиты по жильным породам; 10-11 – эпидот-пироксеновые метасоматиты с небольшим количеством граната по породам неясного состава; 12 – пироксеновые эпидозиты по породам неизвестного состава из различных месторождений по [Коржинский, 1948; Баклаев, 1959]; 13-15 – соответственно плагиоклаз-пироксен-эпидотовый околоскарновый метасоматит, эпидозит с высоким содержанием диоксида и эпидот-диоксидовый метасоматит по жильным гранитоидам, Фроловское и Никитинское месторождения (по материалам Г.Ш.Норштейна). Метасоматиты обычно содержат небольшое количество карбоната и кварца. В скобках показано количество проб для средних анализов. Fe₂O₃* = Fe₂O₃ + 1,1FeO. D – плотность. Незаполненная ячейка – элемент не определялся. Номер пробы отвечает номеру скважины и глубине взятия образца в метрах. Авторские анализы выполнены в лаборатории ИГГ УрО РАН с использованием приборов СРМ-18 и VRA-30.

стки частичной или полной эпидотизации пород. Вероятно, можно говорить о наличии внешнего ореола эпидотизации около зоны пироксен-гранатовых скарнов Промежуточного месторождения. Ранее отмечалось появление эпидозитов преимущественно на удалении от малых гранитоидных интрузий [Чернышев, 1960].

Эпидотизации подвергается в первую очередь плагиоклаз; амфибол замещается преимущественно пироксеном. Пироксеновые эпидозиты представлены зернистыми породами с варьирующим размером зерен от 0,05 до 0,3 мм, увеличивающимся в перекристаллизованных породах. Эпидот наблюдается в виде почти бесцветных, часто слабо пелитизированных призм. Количество равномерно распределенных таблиц пироксена составляет 15-25 об. %. Нередко наблюдаются кварц и кальцит. Пироксеновый эпидозит иногда сечется прожилками граната, которые отвечают стадии андрадитизации пир-

ксен-гранатовых скарнов. Это свидетельствует об образовании эпидозитов до андрадитизации, и эпидозиты, скорее всего, следует рассматривать как внешнюю зону одновременно формирующейся скарновой метасоматической зональности. Это подтверждается наличием вышеуказанной общей зональности скарновой зоны, в которой участки перехода к вулканитам характеризуются присутствием эпидозита (разрез вниз по скв.2002/2 и вверх по скв. 2001/3). В эпидозитах часто наблюдаются участки низкотемпературного изменения. Пойкилобласты кварца и кальцита (до 5 мм размером) могут содержать многочисленные реликтовые призмы перекристаллизованного укрупненного эпидота. Изредка присутствуют агрегаты зеленого хлорита, кварца и кальцита, включающие многочисленные призмы эпидота. Встречен мелкозернистый эпидозит, содержащий занозистый альбит, местами ассоциирующий с пренимом.

Анализы известняка и экзокскарнов по нему из месторождений Турьинского рудного поля
(мас. %, Sr – г/т)

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1)	(9)	(8)	01-3- 316	(1)	(5)	(3)	01-3- 343	01-3- 214
SiO ₂	0,41	35,10	34,91	41,25	45,46	48,51	50,22	48,07	51,65
TiO ₂	0,01	0,05	0,03	0,09	0,12	0,10	0,07	0,07	0,08
Al ₂ O ₃	0,06	1,58	2,28	3,31	2,35	2,44	1,85	1,83	2,17
Fe ₂ O ₃	0,15	27,63	27,86	19,77	1,60	1,90	1,15	0,58	1,31
FeO	0,57	0,59	0,67	0,90	21,79	12,39	10,18	7,70	8,40
MnO	0,80	0,34	0,36	0,33	0,86	0,17	0,11	0,37	0,42
MgO	1,44	0,48	0,44	2,37	2,45	9,05	11,80	9,39	7,37
CaO	53,81	31,93	32,22	27,23	23,01	22,63	22,98	25,58	24,07
Na ₂ O	0,02	0,02	0,19	0,05	0,13	0,13	0,12	0,20	0,20
K ₂ O	0,01	0,01		0,01	0,01	0,01	0,02		
P ₂ O ₅	0,01	0,06		0,05	0,01	0,04	0,01	0,21	0,17
S	0,01	0,05				0,01			
Ппп	42,71	1,85	1,85	3,52	2,30	2,51	1,95		
Сумма	100,01	99,68	100,81	98,88	100,08	99,88	100,45	94,00	95,74
Hd					84	44	26		
D	2,69	3,63	3,70	3,55		3,26			
Sr								67	54

Примечание. 1 – мрамор; 2,3 – гранатовые экзокскарны, соответственно по Г.Ш Норштейну из Никитинского месторождения и по [Коржинский, 1948; Баклаев, 1959] из Новоникитинского, Фроловского месторождений; 4 – гранатовый скарн с диопсидом карбонатизированный, Промежуточное месторождение; 5-7 – пироксеновые экзокскарны по Г.Ш Норштейну, Никитинское месторождение; 8, 9 – пироксеновые скарны по прослоям мраморов среди апоандезитовых гранат-пироксеновых скарнов. Ниже порядкового номера приведен номер скважины и глубина взятия пробы в метрах. Hd – содержание геденбергитовой молекулы в %. D – плотность. Незаполненная ячейка – элемент не определялся. В скобках дано количество анализов для средних значений. Авторские анализы выполнены на приборах СРМ-18 (петрогенные элементы) и VRA-30 (стронций) в ИГГ УрО РАН.

Замещение эпидозитами габбро-диоритов и диоритовых порфиринов, химические анализы которых приведены в [Грабежев, Шардакова, 2004], сопровождается выносом кремния, титана, алюминия и привносом кальция, железа (табл. 1). Высокое содержание магния, а соответственно, и пироксена, в некоторых эпидозитах (ан. 10, 11, 14, 15) обусловлено, по-видимому, спецификой состава замещенных пород.

Пироксеновые экзокскарны рудного поля довольно детально охарактеризованы во многих работах, так как они являются эдуктом большей части рудных тел. Обычно они локализованы на контакте андрадитовых скарнов и мраморов. Отмечается ограниченное распространение пироксеновых экзокскарнов в южной части рудного поля [Чернышев, 1960], что подтверждает и изучение Промежуточного месторождения. На данном месторождении установлено несколько тел апоизвестняковых пироксеновых

и андрадитовых экзокскарнов мощностью 1-3 м, находящихся среди пироксен-гранатовых скарнов (см. рис. 1 в другой нашей статье в настоящем сборнике). Они имеют зеленовато-серую окраску и порфиривидную структуру. Метасоматиты состоят из равномерно распределенных крупных (0,2-1,5, до 6 мм) таблиц пироксена (до 20 об. %) и мелкотаблитчатой (0,02-0,15 мм) пироксеновой массы. Таблицы пироксена часто пелитизированы. Низкие содержания алюминия и титана свидетельствуют о формировании пироксеновых скарнов по мраморам (табл. 2). В частности, это подтверждается наличием в пироксеновом скарне участков изотропного или аномального Adr₁₀₀. Скарны изредка секутся прожилками Adr₁₀₀, обычно ассоциирующего с кальцитом.

Небольшой участок андрадитового экзокскарна встречен нами только в нижней части скважины на гл. 316 м (табл. 2, ан. 4). Еще глубже фиксируется контакт скарновой зоны с мрамором.

морями и развитие небольших светло-серых грубополосчатых участков граната и пироксена по мрамору. В одних случаях наблюдается образование только крупных зерен аномально-зонального бледно-бурого граната и изотропного бурого андрадита. Иногда по гранату развивается агрегат мелкозернистого эпидота. В других участках мрамор частично или полностью замещается мелкопризматическим (длиной до 0,04 мм) геденбергитом (двупреломление составляет 0,029, $cNg=30^\circ$, удлинение положительное, оптически положительный). Отдельные призмы геденбергита могут замещаться амфиболом (плеохроирует от бесцветного до зелено-голубого) и далее минералом типа биотита или фуксита (двупреломление до 0,023, $cNg=0$, удлинение положительное, плеохроирует от синезеленого по Ng до травяно-зеленого по Np). В участках скарнирования происходит укрупнением кальцита мрамора до 0,8 мм. Вблизи таких участков в мраморе на фоне мелкозернистой структуры (0,05-0,1 мм) часто наблюдаются параллельные полосчатости мрамора зоны перекристаллизации, выражающиеся в укрупнении зерен кальцита до 0,2-0,4 мм и сильном замутнении.

Довольно часто в мраморах наблюдается маломощные скарновые колонки. Во внешней зоне по серому мрамору развивается зона геденбергитового скарна шириной 0,2-3 см, состоящая из мелкопризматического пироксена (0,01-0,05 мм в длину). Местами пироксеновый скарн сменяется среднезернистым пироксен-гранатовым скарном. Часто мрамор содержит только вкрапленность мелко-призматического пироксена, приобретая бледно-голубоватую окраску. Далее следует темно-бурый гранатит, в котором иногда присутствуют зерна светло-бурого граната с очень тонкой периферической каймой почти черной окраски. Иногда наблюдается противоположный характер зональности граната – зерна размером до 2-5 мм темно-бурого цвета имеют светло-буроватую периферическую кайму. Гранат в таких колонках на глубине 347-348 м представлен по двум рентгеновским определениям Adr_{49} и Adr_{63} , что фиксирует значительный привнос алюминия. Обычное снижение железистости граната андрадитовых экзоскарнов в биметасоматических колонках по мере приближения к границе с алюмо-силикатными эндоскарнами ранее отмечалось для Турьинских рудников [Коржинский, 1948; Баклаев, 1959, 1960]. Апоизвестковые

скарны иногда замещаются магнетитом с участками тонкозернистого пирита и окружаются более зернистым пиритом. Замещению подвергается исключительно гранат, так что в магнетите сохраняются короткопризматические зерна пироксена. Часто присутствует бурозеленый хлорит. В толще мраморов встречаются и обычные пироксен-гранатовые скарны, образовавшиеся по тектоническим пластинам вулканогенных пород.

Таким образом, эпидозиты Промежуточного месторождения образуют внешнюю кайму около мощного инфильтрационно-диффузионного тела апоандезитоидных пироксен-гранатовых скарнов. Кроме того, они замещают дайки габбро-диоритовых порфиритов, которые обычно пересекают пироксен-гранатовые скарны. Вместе с тем, наблюдается развитие прожилково-метасоматических зон граната по эпидозитам, что свидетельствует о завершении скарного процесса после внедрения даек и образования эпидозитов. Приведенные данные не исключают представления о возможной сингенетичности эпидозитов и пироксен-гранатовых скарнов в составе одних и тех же колонок на других месторождениях Турьинского рудного поля.

Авторы признательны Н.С.Бородиной за помощь в работе.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект 06-05-64053).

Список литературы

- Баклаев Я.П. Геологическое строение и перспективы Турьинских контактово-метасоматических месторождений меди на Северном Урале. Свердловск: УФАН СССР, 1959. 142 с.
- Баклаев Я.П. О некоторых закономерностях распределения железа в скарнах // Труды ГГИ УФАН СССР, вып. 35. Свердловск, 1960. С. 21-26.
- Грабежнев А.И., Шардакова Г.Ю. Петрохимические особенности рудоносных гранитоидов медно-скарновых месторождений Урала // Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных ассоциаций складчатых областей. Екатеринбург, 2004. С. 428-432.
- Дымкин А.М., Полтавец Ю.А., Холоднов В.В. и др. Скарново-магнетитовая система // Главные рудные геолого-геохимические системы Урала. М.: Наука, 1990. С. 119-176.
- Коржинский Д.С. Петрология Турьинских скарных месторождений меди. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 148 с.

РУДООБРАЗОВАНИЕ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ,
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кантор М.З. Типы зональности скарнов Турьинских месторождений меди // Минералы рудных месторождений и пегматитов Урала. Свердловск: ИГ УФАИ СССР, 1965. С. 129-148.

Норштейн Г.Ш. Последовательность и условия образования скарновых зон Турьинских медных месторождений // Геология рудных месторождений. 1967.

№ 1. С. 31-44.

Скарновые месторождения. / Под ред. Д.С.Коржинского. М.: Наука. 1985. 248с.

Чернышев В.Ф. Особенности геологического строения Турьинского скарноворудного поля на Урале // Основные вопросы и методы изучения структур рудных полей и месторождений. М: Госгеолтехиздат. 1960. С. 469-503.