

**Р-Т УСЛОВИЯ МЕТАМОРФИЗМА ПОРОД
УЛУ-ЕЛГИНСКО-КУДАШМАНОВСКОЙ ЗОНЫ
БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ**

Мичурин С.В.*, Ковалев С.Г.*, Кринов Д.И.**

**Институт геологии Уфимского НЦ РАН, Уфа, s_michurin@mail.ru*

***Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии, Москва*

Улу-Елгинско-Кудашмановская зона расположена в восточной части Башкирского мегантиклинория приблизительно в 40 км юго-западнее белорецкого метаморфического комплекса. Она приурочена к Юрюзано-Зюраткульскому разлому и располагается в пределах развития вулканогенно-осадочных отложений машакской свиты среднего рифея. Выполняющие ее породы протягиваются узкой (до 250 м) полосой в субмеридиональном направлении на расстояние около 20 км [2]. Породы зоны представлены сильно дислоцированными углеродсодержащими сланцами и пространственно совмещенными с ними габбро-диабазы. Последние в значительной степени изменены и превращены в хлорит-клиноцоизит(эпидот)-полевошпат-амфиболовые породы, часто биотитсодержащие, карбонатизированные и окварцеванные. Терригенные породы представляют собой серицит(мусковит)-кварцевые алевросланцы и углеродсодержащие серицит(мусковит)-кварцевые сланцы обычно с биотитом и хлоритом. В породах широко развита альбитизация с образованием шпиров, сложенных широкотаблитчатыми кристаллами альбита и жилообразных тел альбититов мощностью до 20 см. По минеральным парагенезисам степень изменения пород соответствует переходной к фации эпидотовых амфиболитов биотит-хлорит-мусковитовой субфации зеленосланцевой фации метаморфизма.

В породах зоны установлена комплексная метаморфогенная сульфидная, REE и уран-ториевая минерализация, сформировавшаяся в поздневендское время [3]. Среди сульфидов наиболее развиты пирротин и пирит. Отмечаются сфалерит, халькопирит, галенит и др. Нами проведены исследования, включающие энергодисперсионный микроанализ сульфидов (приставка ЭДС LINK OXFORD с анализатором AN 10000 к сканирующему электронному микроскопу CamScan-4), а также рентгеноструктурный анализ (ДРОН-4). В настоящей работе особенности химического состава сфалерит-пирит-пирротиновой минеральной ассоциации привлекаются для оценки Р-Т условий метаморфических преобразований пород.

По результатам рентгеноструктурного анализа установлено, что в породах зоны (разрез около с. Кудашманово, скв. № 77, 79) присутствует как моноклинный, так и относительно высокотемпературный гексагональный пирротин. Железистость (N_{FeS}) последнего, оцененная по величине $d_{(102)}$, в среднем равна 0,939-0,943, что соответствует температурным условиям отложения минерала $\approx 360-410^\circ\text{C}$ [4]. Близкие, но несколько более высокие температуры (в среднем $415-460^\circ\text{C}$), получены из расчетов, основанных на распределении кобальта и никеля между пирритом и пирротинном в породах Улу-Елгинского разреза (табл. 1). Согласно экспериментальным данным [1], коэффициенты распределения этих элементов существенно зависят от температуры, при этом концентрация кобальта по сравнению с никелем должна быть выше в пирритах, и, наоборот, относительная концентрация никеля должна быть больше в пирротинах. В сульфидах из пород

Таблица 1

Средние содержания Co и Ni в пирритах и пирротинах Улу-Елгинского разреза и температура отложения сульфидов по кобальтовому и никелевому пирит-пирротинным геотермометрам

№ обр.	№ скв./гл., м; порода	Сульфид	Кол-во анализов	Содержание, вес. %		t , °C	
				Co	Ni	по Co	по Ni
м395	74/182,8; габбро-диабаз	пирит	2	1,99	0,15	480	440
		пирротин	8	0,22	0,37		
м399	74/216,2; углер. сланец	пирит	2	0,27	0,13	330	500
		пирротин	2	0,13	0,14		
м404	74/265,1; углер. сланец	пирит	1	0,78	0,03	440	400
		пирротин	2	0,12	0,13		

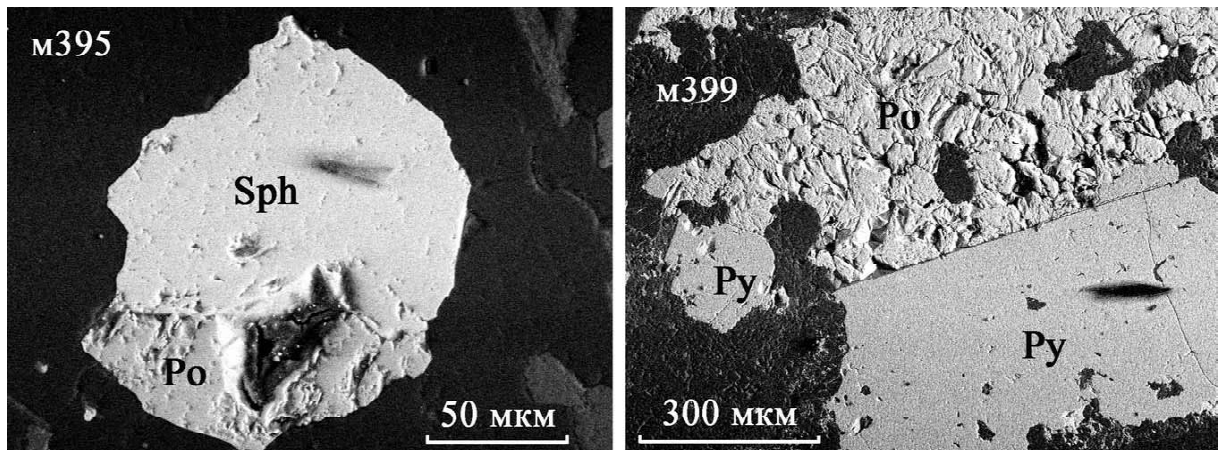


Рис. 1. Срастание сфалерита, пирротина и пирита в породах Улу-Елгинско-Кудашмановской зоны.

зоны наблюдается именно такое распределение Co и Ni (табл. 1). Это свидетельствует о равновесных термодинамических условиях отложения пирита и пирротина. Кроме того, следует отметить совпадение между значениями температуры, рассчитанными с использованием разных формул для кобальта и никеля [1], что указывает на достоверность полученных результатов. Таким образом, геохимические данные показывают, что пирит-пирротиновая минерализация зоны формировалась при температурах $\approx 360-460^\circ\text{C}$.

Экспериментальными и теоретическими исследованиями показано, что концентрация железа в сфалерите, ассоциирующего с пиритом и пирротинном, при температурах отложения около 500°C и выше прямо зависит от давления [5, 6]. Из элементов-примесей в сфалерите только Cu может оказывать заметное влияние на установление равновесия в системе Fe-Zn-S, а для низкотемпературной части фазовых диаграмм термодинамические расчеты и результаты экспериментов более неопределенные [6]. В сфалеритах из габбро-диабазов и углеродсодержащих сланцев Улу-Елгинского разреза (обр. м395 и м399, рис. 1) концентрация Fe составляет в среднем 6,76-7,76 вес. % ($\approx 11,6-13,2$ мол.% FeS в ZnS) и только в двух из семи анализов выявлена незначительная примесь Cu (0,06-0,27 вес.%). С учетом температурных условий отложения сульфидной минерализации, данные по содержанию железа в сфалеритах из пород зоны на диаграмме П. Тулмина с соавторами [6] группируются около величины $6,7 \pm 1$ кбар. Таким образом, установленные особенности химического состава сфалерит-пирит-пирротиновой минеральной ассоциации характеризуют относительно высокие P-T параметры ($P \approx 6,7 \pm 1$ кбар; $T \approx 360-460^\circ\text{C}$) метаморфизма пород Улу-Елгинско-Кудашмановской зоны.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Безмен Н.И., Тихомирова В.И., Косогова В.П. Пирит-пирротинный геотермометр: распределение никеля и кобальта // Геохимия. 1975. № 5. С. 700-714.
2. Ковалев С.Г., Мичурин С.В. Геохимическая специализация углеродсодержащих толщ западного склона Южного Урала // Литология и полезные ископаемые. 2005. № 3. С. 281-291.
3. Ковалев С.Г., Кринов Д.И., Мичурин С.В. Первая находка минералов урана и тория в черносланцевых породах Южного Урала // ДАН. 2010. Т. 430. № 6. С. 797-801.
4. Тулмин П., Бартон П.Б. Термодинамическое исследование пирита и пирротина // Термодинамика постмагматических процессов. Москва: Мир. 1968. С. 182-230.
5. Scott S.D. Experimental calibration of the sphalerite geobarometer // Economic Geology. 1973. V. 68. № 4. P. 466-474.
6. Toulmin P., Barton P.B., Wiggins Jr.L.B. Commentary on the sphalerite geobarometer // American Mineralogist. 1991. V. 76. P. 1038-1051.