

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ПИРИТА УЧАСТКА СЕВЕРНЫЙ
БАРАНЬЕВСКОГО АУ-АГ МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА)**

Ярославцев Д.А., Якич Т.Ю.

Научный руководитель доцент Якич Т.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический институт г. Томск, Россия

Пирит – широко распространённый минерал золоторудных месторождений и зачастую его химический состав, характер захваченных включений, особенности внутреннего и внешнего строения несут определенную информацию о процессах рудообразования.

Объектом настоящего исследования является пирит северного участка Бараньевского эпitherмального золото-серебряного месторождения низкосульфатного (LS-типа), представляющего собой пример палеогидротермальной системы, входящей в структуру более высокого порядка: Центрально-Камчатский вулканического пояса неоген-четвертичного возраста [1]. Бараньевское месторождение включает несколько участков с различными типоморфными особенностями пирита. Ранее авторами изучен пирит центрального участка, обогащенный примесью меди [4]. Пирит северного участка обогащен примесью мышьяка и характеризуется зональным строением (рис.). Отчетливая зональность пирита и его обогащенность мышьяком обычно проявляется в приповерхностных и относительно низкотемпературных условиях ($\leq 300^{\circ}\text{C}$) и при увеличении глубины и температуры проявляется значительно реже [5, 6, 8].

Размеры кристаллов пирита варьируют в диапазоне от 0,2 мм до 2 мм. По данным накопительного спектра профиля (рис. А) хорошо заметно, что мышьяк (As^{5+}) замещает серу (S^{2-}) в пирите, что подтверждается и многоэлементными картами составов пиритов (рис. Б). Такая картина характерна для месторождений карлинского [2, 5, 6] и эпitherмального низкосульфатного LS-типа [6]. В большинстве изученных зерен пирита граница насыщения мышьяком смещена к внешней части его зерен, за исключением отдельных мелких зерен, где обогащены и центральные зоны. Среднее содержание мышьяка в пирите (табл.) изучаемого объекта $\sim 4,72$ вес. %. Габитус кристаллов пирита, обогащенного мышьяком, в преобладающем большинстве – пентагондодекаэдрический (рис.).

В Камчатском крае встречается ряд эпitherмальных месторождений, в том числе и тех, в которых аналогично приведенным данным пирит концентрирует примесь мышьяка: м. Асачинское (до 4,57 вес. %), м. Мутновское (до 4,51 вес. % As), м. Вилючинское (до 4,31 вес. % As), м. Кумроч (до 6,79 вес. % As) и др. [3].

Зональность в распределении мышьяка в пирите зачастую представляет не только фундаментальный, но и практический интерес, так как зоны, обогащенные мышьяком, часто являются концентраторами наноразмерного золота [5, 6, 7]. Попытки изучить захваченные частички золота в мышьяковистом пирите с помощью микроскопических или электронно-микроскопических методов могут быть затруднены из-за низких пределов обнаружения и вполне доступны для более чувствительных LA-ICP-MS и nanoSIMS методов с высокими уровнями обнаружения. Происхождение этого явления в эпitherмальных месторождениях истолкована [5] как результат неравновесных процессов, связанных со смешиванием гидротермальных флюидов разного состава и/или растворением-перекристаллизацией пирита в более благоприятных кинетических условиях [5]. Так проведенные исследования в местах современной геотермальной и активной гидротермальной деятельности (Чили) показали прямую связь между обогащением зон мышьяком и медью в пирите и изменениями, происходящими в составе рудообразующего флюида [8].

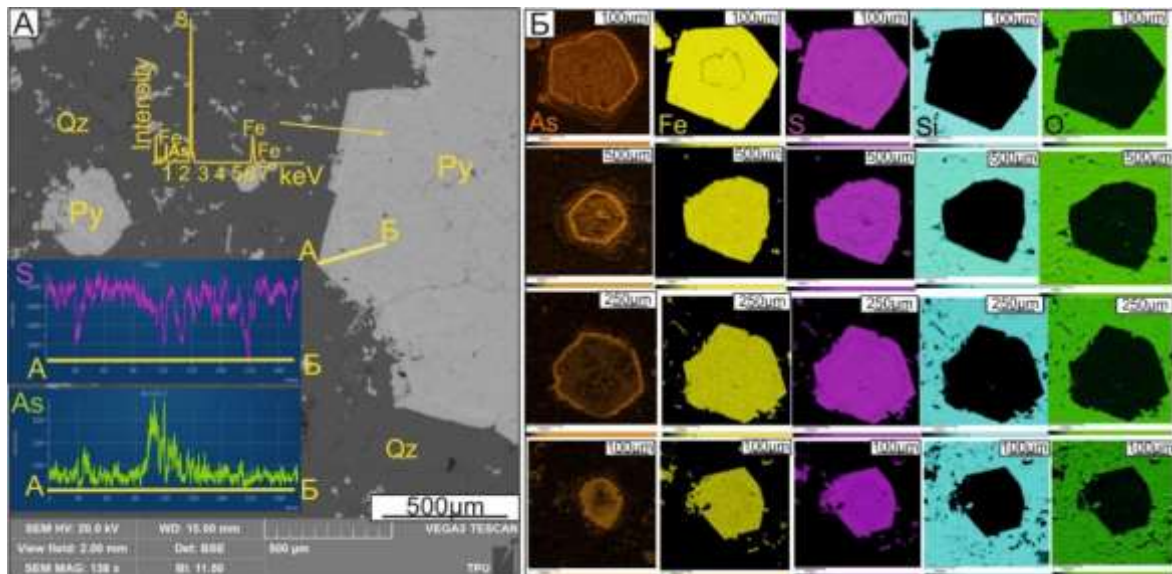


Рис. Микрофотография мышьяковистого пирита (Py) в обратно-отражённых электронах сканирующего микроскопа Tescan Vega 3 SBU с демонстрацией профиля АБ, отражающего распределение в пирите S^{2-} и As^{5+} в краевой части зерна (А); многоэлементные карты распределения элементного состава пиритовых зерен, обогащенных мышьяком (Б)

**СЕКЦИЯ 2. РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ,
ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ**

Таблица

Химический состав пирита участка северный Бараньевского эпитермального Au-Ag месторождения

№ обр.	S, вес. %	Fe, вес. %	As, вес. %	Сумма, вес. %	Формула
1	48,11	43,79	8,1	100	FeS _{1,86} As _{0,14}
2	52,23	44,95	2,82	100	Fe _{0,99} S _{1,95} As _{0,05}
3	48,39	43,79	7,82	100	FeS _{1,86} As _{0,14}
4	52,29	45,35	2,35	100	Fe _{0,99} S _{1,96} As _{0,04}
5	49,88	45,42	4,7	100	FeS _{1,92} As _{0,08}
6	52,64	46,42	0,94	100	FeS _{1,98} As _{0,02}
7	53,61	46,39	0	100	Fe _{0,99} S ₂
8	53,8	45,21	0,99	100	Fe _{0,96} S _{1,98} As _{0,02}
9	47,37	45,25	7,38	100	FeS _{1,87} As _{0,13}
10	52,32	45,34	2,34	100	Fe _{0,99} S _{1,96} As _{0,04}
11	47,63	42,25	10,12	100	FeS _{1,82} As _{0,18}

Ростовая и секториальная зональность пирита, наиболее распространенного минерала Бараньевского эпитермального месторождения может дать представление о схеме гидротермального палеопотока, а также о количестве и составе флюидных импульсов, питавших гидротермальные системы.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Наука № FSSWW-2023-0010, тема «Комплексные исследования на базе природных геологических лабораторий».

Литература

1. Большаков Н. М., Газизов Р. Б., Вартанян С. С. Геолого-структурная позиция и минералого-геохимические особенности золото-серебряного оруденения Тымлатского рудного узла, Камчатка // Руды и металлы. – 2000. – №. 4. – С. 37-42.
2. Константинов М.М. Золоторудные месторождения типа Карлин и критерии их выявления // Руды и металлы. – 2000. – Т. 2. – С. 70-76.
3. Округин В.М. Новые данные о пирите современных и палеогидротермальных систем Камчатского края / Округин В. М., Яблокова Д. А., Андреева Е. Д. и др. // «Вулканизм и связанные с ним процессы»: Материалы ежегодной конференции, посвящённой Дню вулканолога – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. – С. 324-329.
4. Особенности вещественного состава и условия формирования медной минеральной ассоциации Бараньевского эпитермального месторождения (Центральная Камчатка) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 12. – С. 74-87.
5. Deditius A. P. et al. The coupled geochemistry of Au and As in pyrite from hydrothermal ore deposits // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 2014. – Т. 140. – С. 644-670.
6. Kesler S. et al. Role of arsenian pyrite in hydrothermal ore deposits: a history and update. – 2011.
7. Simon G. et al. Oxidation state of gold and arsenic in gold-bearing arsenian pyrite // *American Mineralogist.* – 1999. – Т. 84. – №. 7-8. – С. 1071-1079.
8. Tardani D. et al. Copper–arsenic decoupling in an active geothermal system: A link between pyrite and fluid composition // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 2017. – Т. 204. – С. 179-204.