

УДК 553.661.2

ПИРИТ РУДНОГО ПОЛЯ МАЛЕТОЙВАЯМ (КОРЯКИЯ)

Яблокова Д.А.^{1,2}, Зобенько О.А.¹

¹*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Научный руководитель: к.г.-м.н. В.М. Округин

С применением современных минералого-геохимических и физико-химических методов исследований изучены для пирита рудного поля Малетойваям такие типоморфные особенности как размеры, морфология и микроструктура, химический состав и распределение элементов-примесей, минеральные ассоциации в которых он участвует.

Ключевые слова: пирит, рудное поле Малетойваям, элементы-примеси, типоморфизм, Камчатка

ВВЕДЕНИЕ

Под типоморфизмом понимают способности минеральных индивидов, агрегатов и ассоциаций отражать в характерных особенностях своего химического состава, морфологии, структурно-текстурного облика, кристаллического строения, кристаллохимии, физических свойств, геохимических систем включений различные геологические и физико-химические условия тех процессов минерало- и рудообразования, которые привели к их появлению [9].

Пирит – один из самых распространенных в природе минералов. Он образуется в самых разнообразных условиях - от эндогенных магматических до экзогенных осадочных, что позволяет применять его в качестве своеобразного индикатора (минерального трассера) для выявления не только формационной принадлежности, но и физико-химических условий процессов минерало- и рудообразования, в которых он участвует. Поэтому его типоморфные особенности используются в качестве одного из минералого-геохимических критериев при поисках и для оценки перспективности рудоносности конкретных территорий.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РУДНОМ ПОЛЕ МАЛЕТОЙВАЯМ

Рудное поле объединяет рудопроявления Юбилейное, Юго-Западное, Гичинг и располагаются в юго-западной части Корякского нагорья (рис. 1).

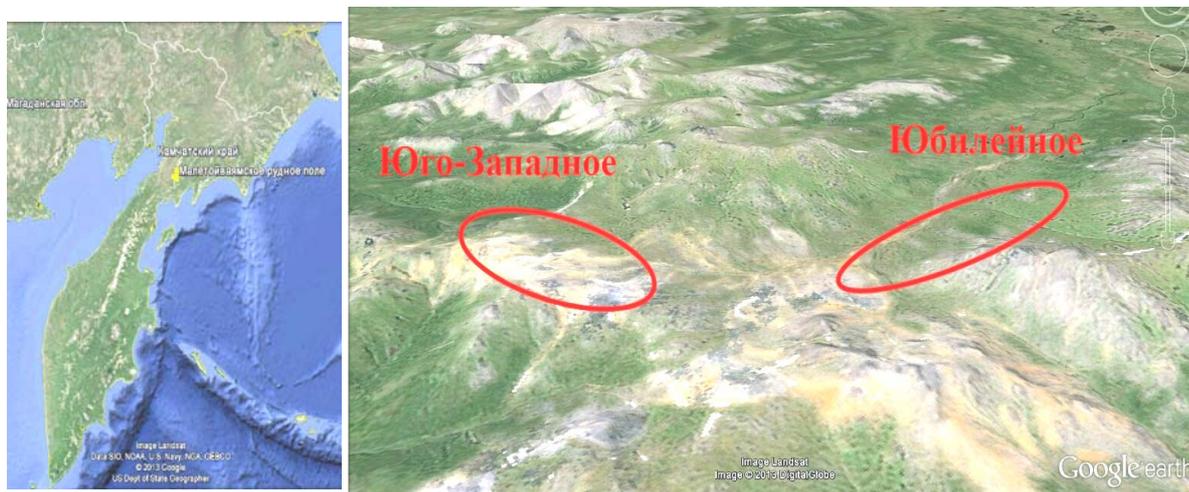


Рис. 1. Местоположение рудного поля Малетойваам.

По мнению ряда исследователей золото-серебряная минерализация рудного поля относится к эпиптермальной типа HS [1,2,5,6,8]. Месторождения типа «high sulfidation» (HS) характеризуются наличием интенсивно выщелоченных пород и сопровождаются каолинизацией, алунитизацией и окварцеванием. В центральных частях таких зон могут находиться кварц-алунитовые жилы с мощностью до 40 м.

В структурном плане названный рудный объект приурочен к одноименной вулканотектонической структуре, тяготеющей к северному замыканию Центрально-Камчатского наложенного вулканоплутонического пояса (рис. 2,3).

В геологическом строении рудного поля (рис. 3) принимают участие:

- стратифицированные эффузивно-пирокластические и лагунно-осадочные угленосные отложения нижневетроваямской толщи (поздний миоцен - плиоцен);
- эффузивы верхневетроваямской толщи (плиоцен - ранний плейстоцен);
- субвулканические, возможно, интрузивные - диориты, дио-

ритовые порфириты (поздний миоцен - плиоцен); - экструзивные купола андезитов, дацитов, липарито-дацитов (плиоцен - ранний плейстоцен); - рыхлые четвертичные отложения [4,5,8].

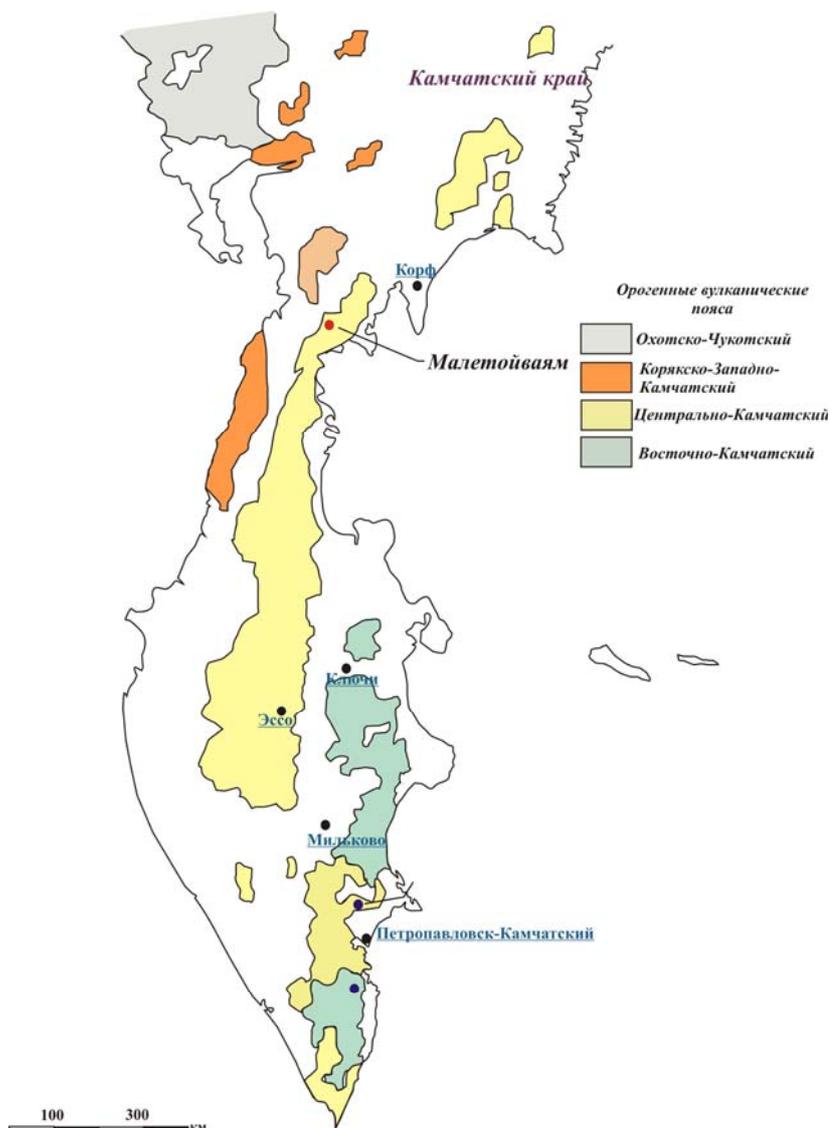


Рис. 2. Схема локализации орогенных вулканических поясов (составлена с использованием данных [1,7]).

Рудоносные кварциты характеризуются относительно небольшим разнообразием текстур и структур [2]. В приповерхностных горизонтах рудопроявлений развиты, в основном, вкрапленные текстуры. С увеличением глубины залегания текстурные рисунки меняются на более сложные - комбинированные: прожилковые с элементами гнездово-вкрапленных, брекчиевые и вкрапленные - с полосчатыми (рис. 4).

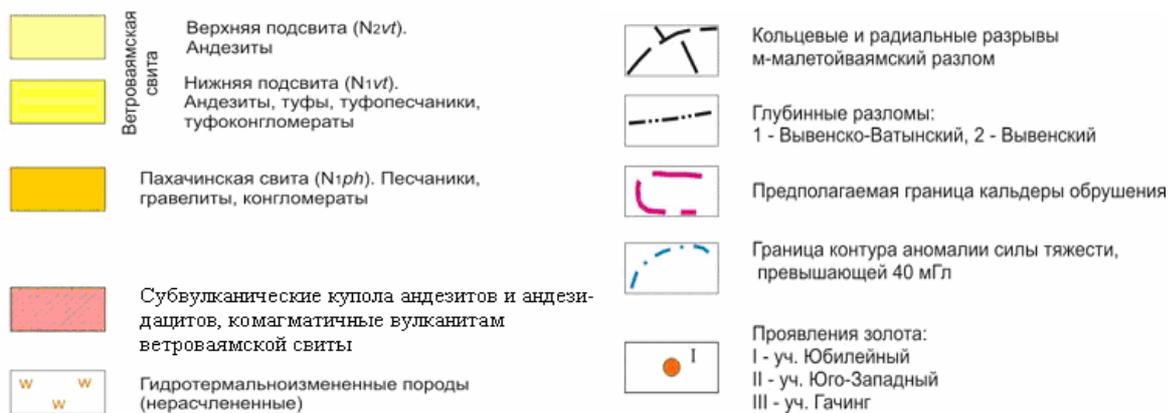


Рис. 3. Геолого-структурная схема Малотойваемской вулканотектонической структуры [4].

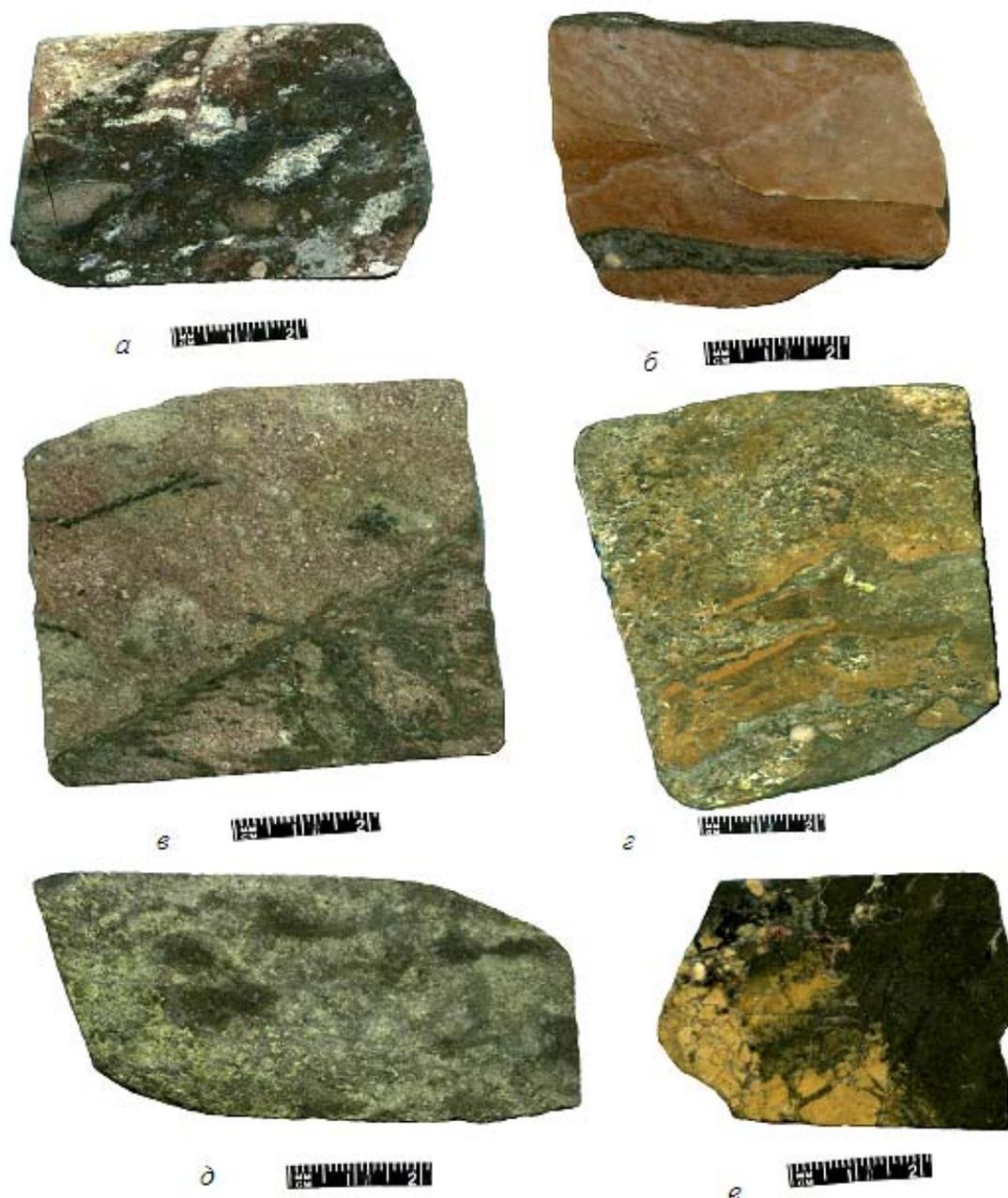


Рис. 4. Комбинированные текстуры рудопроявления Юбилейное: *а* – гнездово-вкрапленная с брекчиевидной; *б* – массивная с прожилковой; *в* – вкрапленная с элементами прожилковой; *г* – вкрапленная с полосчато-брекчиевой; *д* – сочетание массивной с гнездово-вкрапленной; *е* – брекчиевая с вкрапленной. Полированные штуфы.

Среди структур наиболее распространены идиоморфная, криптозернистая, катакластическая и структуры гипогенных краевых каемок (рис. 5). Катакластическая - дробление зерен пирита с последующим залечиванием микротрещин кварцем, алунином. Структуры эндогенных краевых каемок - одни из наиболее оригинальных. Они впечатляют изяществом строения и

взаимоотношений агрегатов пирита. Относительно крупные (первые мм) зерна пирита окаймлены кружевами криптозернистого дисульфида железа и нерудных минералов [2].

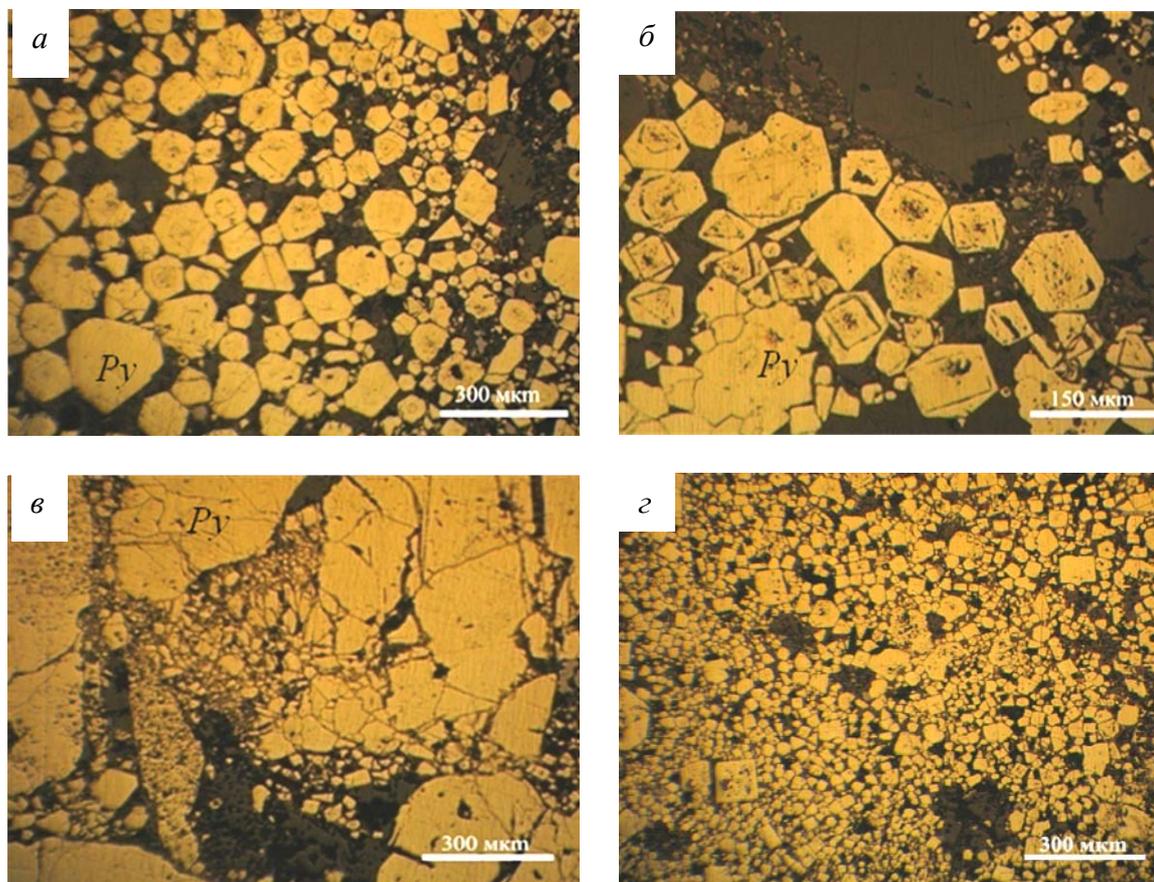


Рис. 5. Структуры руд: *а* – идиоморфная; *б* – сочетание идиоморфной со структурой гипогенных краевых каемок; *в* – катакластическая; *з* – криптозернистая. Фотографии в отраженном свете. *Py* – пирит.

Такой спектр текстур и структур свидетельствует об относительно продолжительных и сложных процессах рудообразования, в которых метасоматическому замещению принадлежала ведущая роль.

Минеральный состав руд отличается наличием редких фаз. Рудные минералы: - пирит, марказит, халькопирит, халькозин, борнит, магнетит, станин, сфалерит, гринокит, аргентит, рутил, титаномагнетит, сульфосоли меди (люционит, фаматинит, энаргит), галенит, сульфосоли свинца и висмута (?), самородное золото. Жильные - кварц, алунит, самородная сера, каолинит, барит, целестин, сфен, фтор-хлорапатит, хлорит и полевые шпаты [2].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы исследований: – классическая минералогия и минераграфия с использованием микроскопов Axioskop 40, Discovery (Carl Zeiss); – рентгеноспектральный с электронным зондом микроанализ (автоматизированная аналитическая система Camebax, укомплектованная новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80); – аналитическая сканирующая электронная микроскопия (SEM Vega 3 Tescan).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пирит в кварцитах распространен крайне неравномерно. Обычно он присутствует крайне убогую вкрапленность единичных зерен с размерами до первых сотен микрон. Значительно реже он образует локальные скопления в виде гнезд, линз, прожилков. В сульфидно-кварцевых разностях его количество достигает до 75-80%.

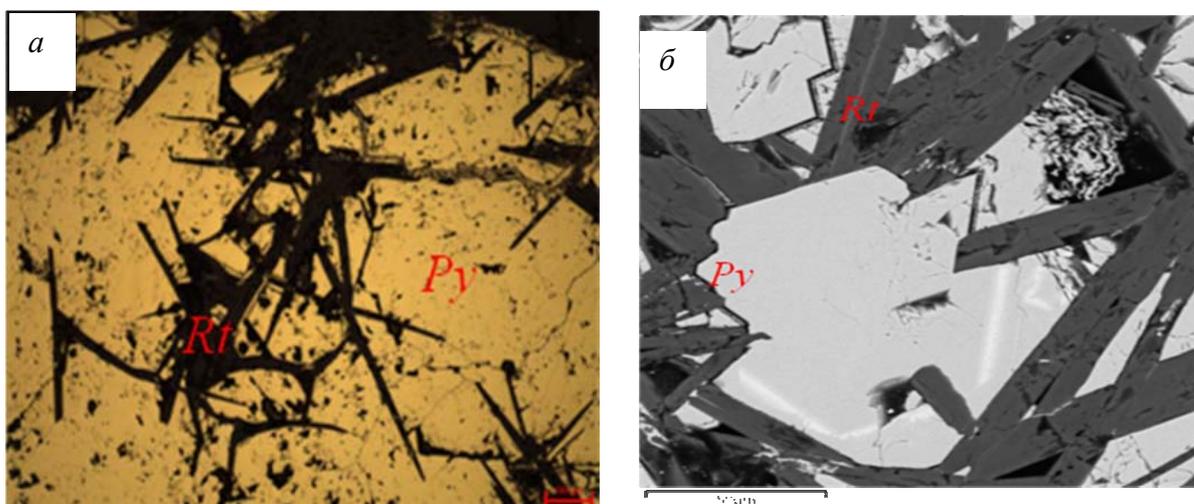


Рис. 6. Сурьма-содержащий пирит: а – тонкозернистый агрегат пирита (светлое с желтоватым оттенком, с игольчатыми кристаллами рутила (темное до черного); б – зональный пирит (светло-серое), обогащенный сурьмой (белые зоны-микророски) в ассоциации с рутилом (темно-серое): а – отраженный свет; б – вторичные электроны. *Py* – пирит, *Rt* – рутил.

Пирит встречается в ассоциации с халькопиритом, халькозином, борнитом, станином, сфалеритом, гринокитом, рутилом, титаномагнетитом, магнетитом, галенитом. В отдельных случаях наблюдаются включе-

ния игольчатых агрегатов рутила, микропрожилки халькопирита и каймы халькозина (рис. 6,7).

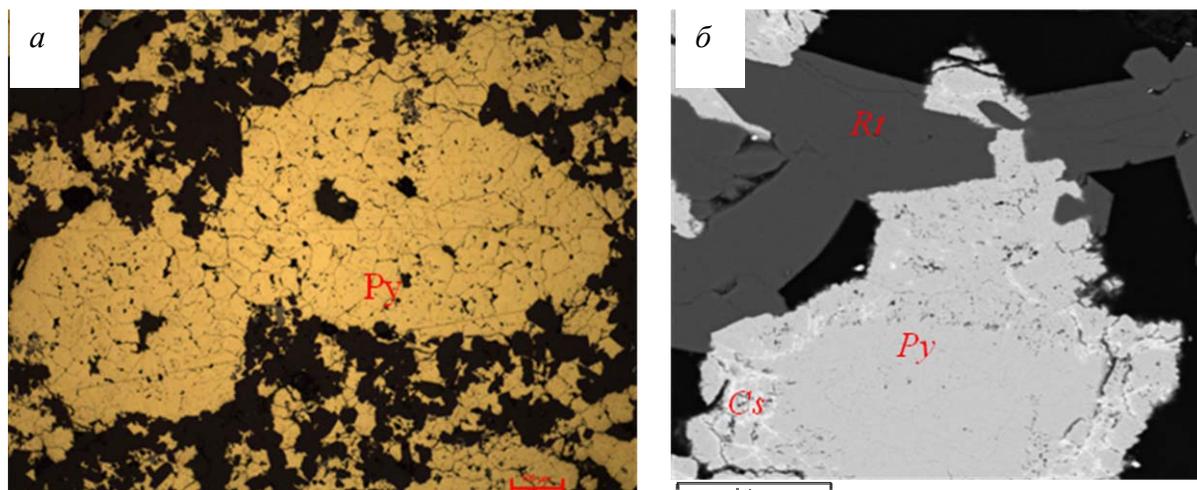


Рис. 7. Медь-содержащий пирит в ассоциации с рутилом и халькозином: игольчатые кристаллы рутила (темно-серое) «пронизывают» зерна пирита (светло-серое); халькозин (белое) образует микропойкилитовые включения, приуроченные к внешним зонам дисульфида железа: *a* – отраженный свет; *б* – вторичные электроны. *Py* – пирит, *Rt* – рутил, *Cs* – халькозин.

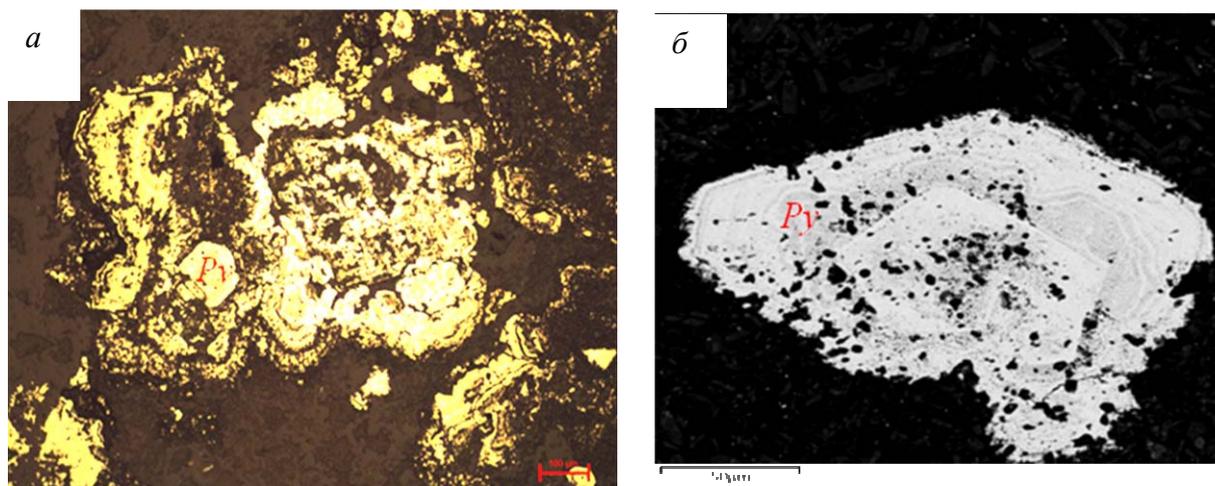


Рис. 8. Колломорфная структура пирита: *a* – отраженный свет; *б* – вторичные электроны. *Py* – пирит.

Минерал образует прожилки мощностью от 100 мкм до 1-2 см, гнезда, рассеянную вкрапленность идиоморфных, прекрасно ограненных кристаллов в форме куба, октаэдра, пентагон-додекаэдра, кристаллические сростки и друзы, а также сплошные тонкозернистые до криптокристаллических массы (рис. 5). Нередко наблюдаются агрегаты пирита (мельнико-

вит-пирит) с колломорфной структурой, а также отдельные кокардовые обособления (рис. 8).

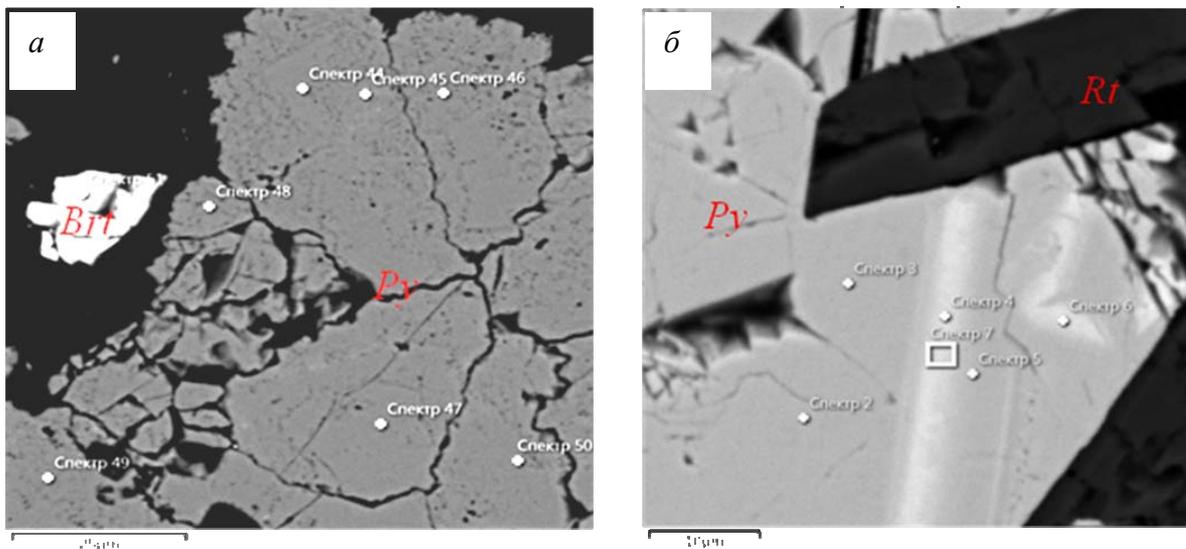


Рис. 8. Неоднородное строение пирита, обусловленное неравномерным распределением: *а* – меди; *б* – сурьмы. Фото во вторичных электронах. *Py* – пирит, *Rt* – рутил, *Brt* – барит. Результаты спектров 2-7, 44-50 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав пирита по данным рентгеноспектрального с электронным зондом микроанализа.

Спектры	Fe	S	Cu	Sb	Сумма в мас. %
44	46.11	53.48	0.00	0.00	99.59
45	43.97	52.59	2.59	0.00	99.15
46	45.10	54.02	1.04	0.00	100.16
47	45.47	52.77	0.87	0.00	99.11
48	44.74	54.32	0.74	0.00	99.80
49	46.91	53.25	0.16	0.00	100.32
50	46.05	53.02	0.08	0.00	99.15
2	47.16	53.26	0.00	0.13	100.55
3	47.71	53.44	0.00	0.00	101.15
4	44.99	51.02	0.00	2.88	98.89
5	46.71	52.75	0.00	0.49	99.95
6	44.84	50.83	0.00	3.07	98.74
7	45.09	51.03	0.00	2.82	98.94

В некоторых генерациях пирита при микрозондовых исследованиях выявлено неоднородное, как правило, зональное строение, обусловленное локальным обогащением отдельных микроучастков сурьмой и медью (рис.

8, табл. 1). При этом пирит рудопроявления Юбилейное (северо-восточная часть рудного поля) обогащен медью. Пирит рудопроявления Юго-Западное (юго-западный фланг рудного поля) отличается наличием сурьмы.

ВЫВОДЫ

1. Пирит – главный рудный минерал рудного поля Малетойваям. Он характеризуется: - неравномерным распределением (от единичных зерен до густо вкрапленных и массивных, напоминающих колчеданные руды; - размерами от первых микронов до нескольких мм; - разнообразием кристаллических форм: идиоморфные кристаллы (куб, октаэдр, пентагон-додекаэдр); - структурной позиции: гнезда, прожилки; - широким спектром ассоциирующих с ним минералов, а именно: халькопиритом, халькозином, борнитом, станином, сфалеритом, гринокитом, рутилом, титаномагнетитом, галенитом;

2. Для него характерно неоднородное строение по химическому составу за счет неравномерного распределения элементов-примесей таких как медь и сурьма, которые образуют микроучастки-зоны локального обогащения (Cu до 2.59%, Sb до 3.07 %):

3. Наличие элементов скрытой минералого-геохимической зональности рудного поля по избирательному концентрированию элементов-примесей в пирите: медь на рудопроявлении Юбилейное (северо-восточная часть) и сурьма на рудопроявлении Юго-Западное (юго-западная часть);

4. Наличие коллоидных текстур и структур свидетельствует об участии коллоидных растворов в процессах рудообразования и сопровождалось старением «гелей».

Авторы выражают благодарность научному руководителю заведующему лабораторией вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН В.М. Округину за постановку задачи, постоянное внимание, поддержку и

непосредственное участие на протяжении всех этапов работы; сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования В.М. Чубарову В.М., Т.М. Философовой, С.В. Полушину, В.В. Куликову, В.Ф. Лунькову, оказавшим неоценимую помощь в обработке каменного материала и выполнении аналитических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012-2016 гг. и гранта ДВО (№ 13-III-B-08-053).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячев Н. А., Волков А. В., Сидоров А. А., Гамянин Г. Н., Савва Н. Е., Округин В. М. Au-Ag-оруденение вулканогенных поясов северо-востока Азии // ЛИТОСФЕРА, 2010, № 3, с. 36–50.
2. Калинин К.Б., Андреева Е.Д., Яблокова Д.А. Текстуры и структуры рудопроявления Юбилейного (Малетойваямское рудное поле) // Материалы XI региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». 16 апреля 2012 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2012. С. 40-51.
3. Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1: 500 000. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализаций и ореолов рассеяния полезных ископаемых // Главные редакторы: Литвинов А.Ф., Патока М.Г. (Камчатгеолком), Марковский Б.А. (ВСЕГЕИ). Петропавловск-Камчатский: Изд-во СП КФ ВСЕГЕИ, 1999, 560 с.
4. Ляшенко Л.Л., Михайлова Г.Н. Отчет о результатах поисково-разведочных работ в пределах Малетойваямского сернорудного узла. (Энынгваямская ПРП, 1970-1971 гг.), 1972 (фондовая).
5. Мелкомуков В.Н., Разумный А.В. (ЗАО «Корякгеолдобыча»), Литвинов А.Ф., Лопатин В.Б. (Управление «Камчатнедра»). Новые высокоперспективные золоторудные объекты Корякии // Горный вестник Камчатки. Выпуск № 4 (14). 2010.
6. Округин В.М. Новые данные о возрасте и генезисе эпитеpmальных месторождений зоны перехода континент-океан (Северо-Западная Пацифика). Магадан – 2003.
7. Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1999, 116 с.
8. Стефанов Ю.М., Широкий Б.И. Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. М.: Наука, 1980. С. 75-87.
9. Типоморфизм минералов: Справочник / Под. Ред. Л.В. Чернышевой – М.: Недра, 1989. 560 с.

PYRITE OF THE MALETOIVAYAM ORE FIELD (SOUTH AFRIKA)

Yablokova D.A.^{1,2}, Zobenko O.A.¹¹*Vitus Bering Kamchatka State University*²*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

Application of modern mineralogical-geochemical and physico-chemical methods of investigation in the presence of a representative stony materials allowed: - to characterize the chemical composition, micro-morphology pyrite of Maletoyvayamskogo ore field; - to explore mineral association of pyrite; - to identify in the composition of pyrite such impurity as antimony, and copper.

Keywords: Pyrite, Maletoivayam ore field, impurity, Kamchatka.