

УДК 553.661.2

ПИРИТ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СПРУТ (СЕВЕРНАЯ КАМЧАТКА)

Яблокова Д.А.^{1,2}, Зобенько О.А.¹, Лобзин Е.И.³

¹*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

³*КамчатГеология*

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

В данной работе приводятся первые результаты изучения типоморфных особенностей пирита месторождения Спрут – одного из наиболее распространенных рудных минералов месторождения. Пирит - индикатор геохимических особенностей среды минерало- рудообразования, что позволяет использовать его для более детальной геолого-генетической классификации слабо изученных или новых рудных объектов и оценки степени их перспективности. Методами классической минераграфии и современного физико-химического анализа (EMPA, SEM, XRD, ICP) детально охарактеризованы размеры, цвет, морфология (габитус), микроструктура, химический состав (стехиометричность), химическая неоднородность и её типы, микровключения в пирите. Выделены три стадии и минеральные ассоциации этого минерала.

Ключевые слова: пирит, типоморфизм, месторождение Спрут, Северная Камчатка, минералы серебра

ВВЕДЕНИЕ

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 минерало-геохимических критериев при поисках и для оценки перспективности рудоносности конкретных территорий [2, 3].

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ СПРУТ

Месторождение Спрут относится к Корьякско-Западно-Камчатскому вулканическому поясу (КЗКВП) и расположено на востоке Тклаваямского (Ичигинского) серебряно-золоторудно-россыпного узла (рис. 1, 2). Приурочено к одноименной вулcano-тектонической структуре.

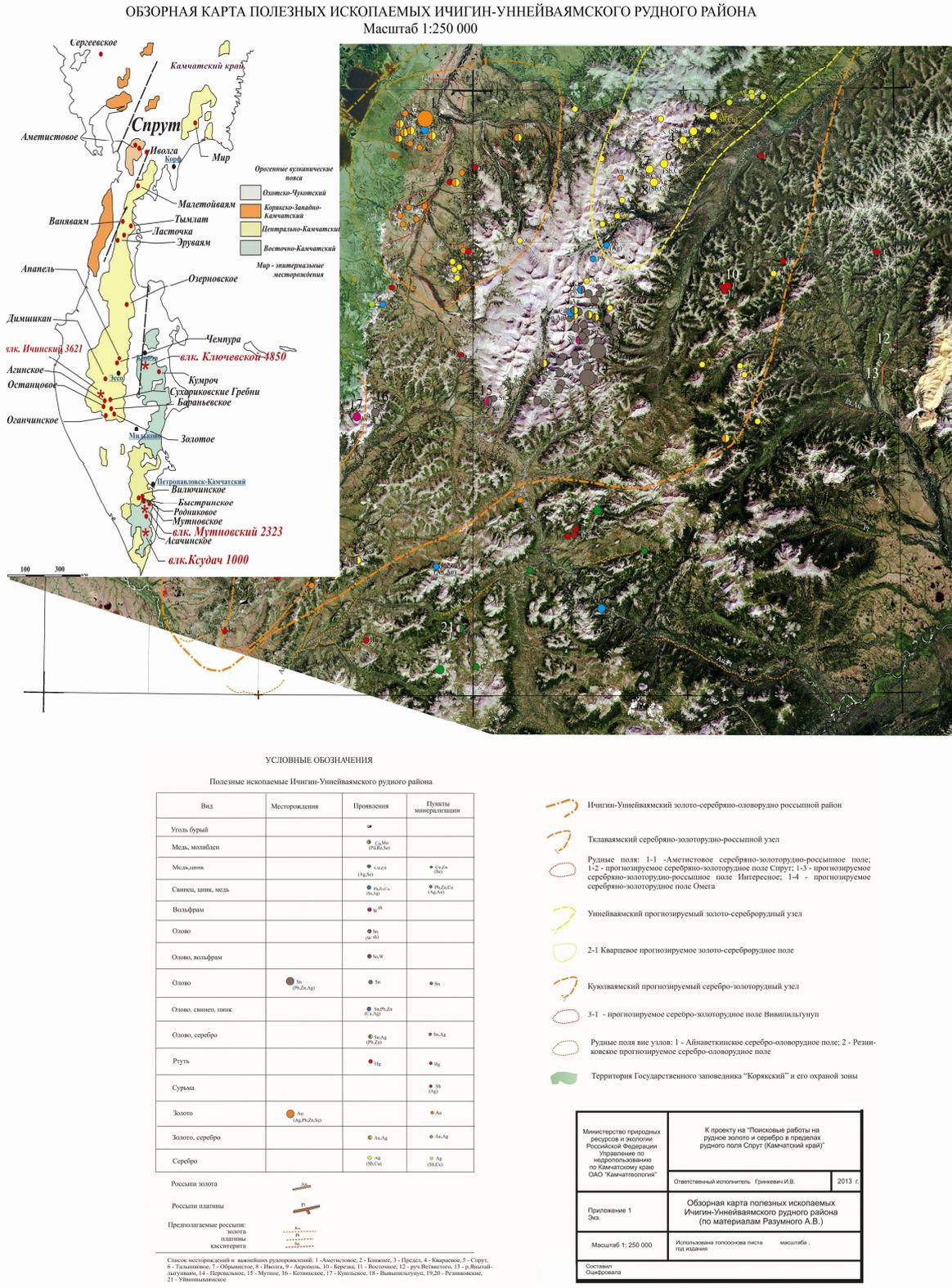


Рис. 1. Обзорная карта полезных ископаемых Ичигин-Уннейваямского рудного района М 1:250 000 (КамчатГеология).

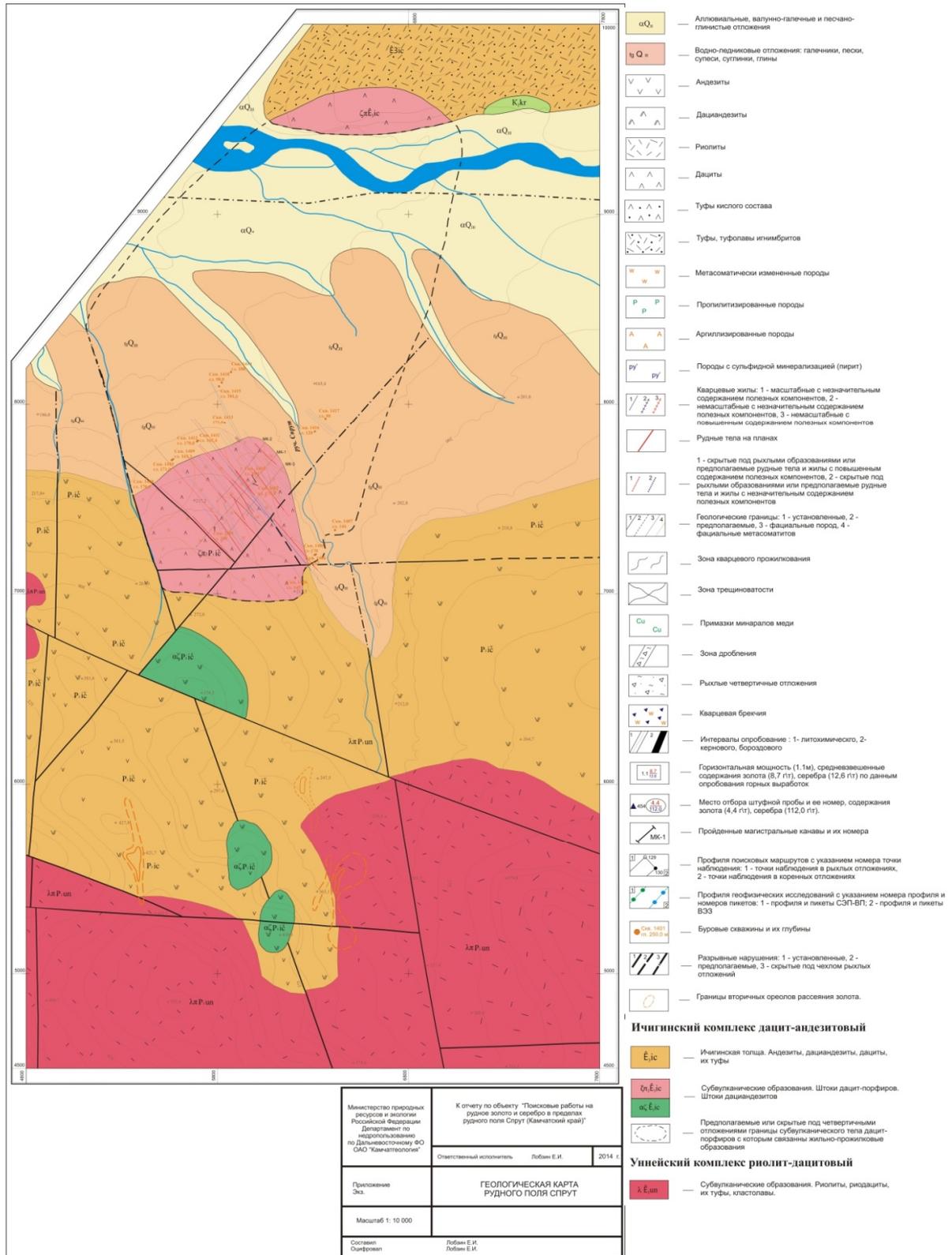


Рис. 2. Геологическая карта месторождения Спрут М 1:10 000 (КамчатГеология).

В геологическом строении ВТС принимают участие магматические образования Ичигинского комплекса, представленные покровной, субвул-

канической и пирокластической фациями, а также экструзивные породы Уннейского вулканического комплекса (рис. 2). Покровная фация образована мощной (170-180 м) толщей потоков андезитового, дациандезитового состава. Дациандезиты имеют палеотипный облик, легко разрушаются, часто хлоритизированы, ожелезнены. Андезиты свежие, плотные, массивные. Большая часть структуры перекрыта чехлом рыхлых четвертичных отложений долины р. Тклаваям. Магматические образования Уннейского комплекса представлены большими экструзивными телами, которые занимают значительные территории в южной части месторождения. Они приурочены к водораздельным пространствам, слагая все господствующие высоты. Форма тел неправильная, контакты извилистые, часто заливообразные.

Потенциально рудоносные структуры приурочены к довольно крупному субвулканическому телу дацит-порфиров Ичигинского комплекса (площадь предполагаемого выхода, с учетом участков, перекрытых рыхлыми отложениями, составляет около 3,5 км²). Оно имеет овальную форму при северо-восточном простираии.

Практически все горные породы, слагающие месторождение Спрут, подвержены в той или иной степени воздействию метасоматических процессов. Метасоматическое замещение - результат циркуляции гидротермальных минералообразующих растворов по трещинам, ослабленным зонам с проникновением на значительное расстояние от них в боковые породы. В результате формируются жилы, различающиеся размерами и мощностью (от первых метров до волосовидных прожилков), и зоны метасоматитов от кварцитов до хлорит-карбонат-кварцевых разновидностей. Карбонаты, кварц, хлорит, адуляр, серицит, смектиты, гидрослюды - типичные метасоматические минералы. Соотношение между ними меняется в широких пределах. Наиболее широкое и интенсивное развитие гидротермальных образований наблюдается в пределах юго-западной части субвулканиче-

ского тела дацит-порфиров. Они представлены метасоматитами фаций пропилитов, гидротермальных кварцитов, монокварцитов и кварцевыми жилами. Наблюдается латеральная зональность метасоматитов.

Окварцевание, карбонатизация и формирование сложных по своему минеральному составу ассоциаций глинистых минералов (смектиты, гидрослюды, каолиниты, бейделлиты) – характерные формы метасоматических образований для месторождения.

Площадь месторождения Спрут - 13 км². Средние содержания серебра варьируют от 146 до 4850 г/т, золота - от 1 до 44 г/т [1]. Оно активно осваивается компанией «Камчатгеология», которая проводит поисковые работы на рудное золото и серебро в его пределах по двухлетнему федеральному контракту.

В течение 2013-2014 гг. на месторождении проводились детальные поисково-разведочные работы с проходкой канав, траншей и скважин, которые позволили получить новый каменный материал для детальных минералого-геохимических исследований (рис. 3), который стал основой изучения типоморфных особенностей пирита.

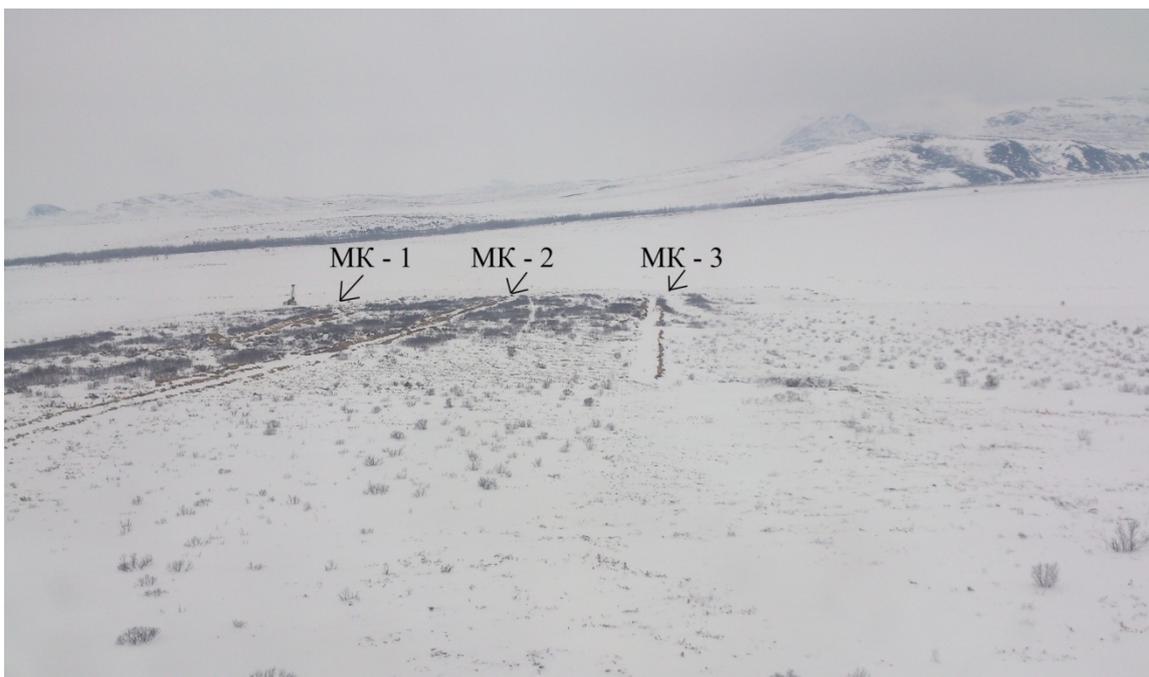


Рис. 3. Панорама месторождения Спрут. На первом плане представлены канавы МК-1, МК-2, МК-3. Зима 2013 года.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования типоморфных особенностей пирита как индикатора геохимической среды (поисковый признак и прогнозный критерий), были применены как классические методы минераграфии и минералогии с использованием микроскопов Axioskop 40, Discovery (Carl Zeiss), так и современные физико-химические: – рентгено-спектральный 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), - индукционно связанная плазма (ICP MS).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пирит - один из наиболее часто встречаемых рудных минералов на месторождении. Для решения поставленных задач, а именно - для изучения количества, размеров, цвета, морфологии (габитус), микроструктуры, химического состава (стехиометричность), химической неоднородности и ее типа, микровключений и минералов, с которыми он ассоциирует были подготовлены образцы пирита из дорудной, продуктивной (рудной) и пострудной стадий (рис. 4).

К дорудной стадии отнесен пирит, распространенный в кислых субвулканических порфировых горных породах – риодацитах, измененных вторичными гидротермальными процессами (рис. 4 а). Он слагает обычно микропрожилки, выполненные кварцем и кальцитом, где образует гнездообразные скопления. С помощью аналитической сканирующей электронной микроскопии во вмещающих породах присутствуют кварц, хлорит, КПШ, плагиоклазы а также мелкие включения циркона, апатита и рутила (рис. 5).

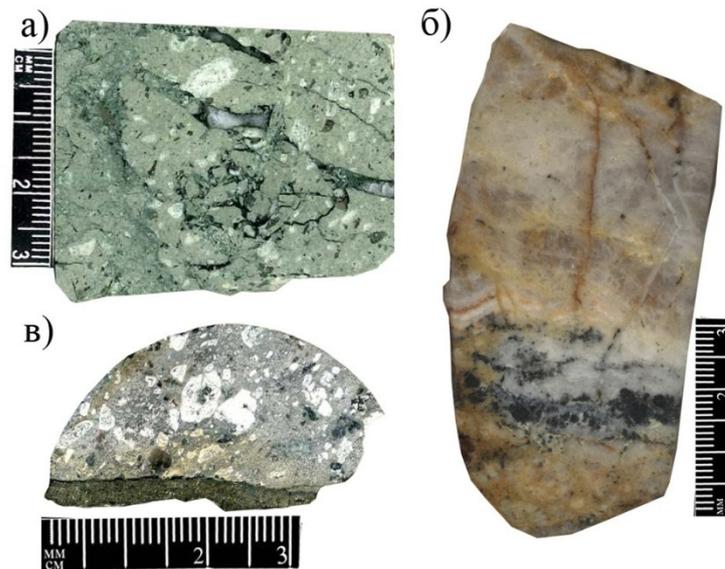


Рис. 4. Представительные образцы месторождения Спрут: а - дорудная, б - рудная, в-пострудная стадии

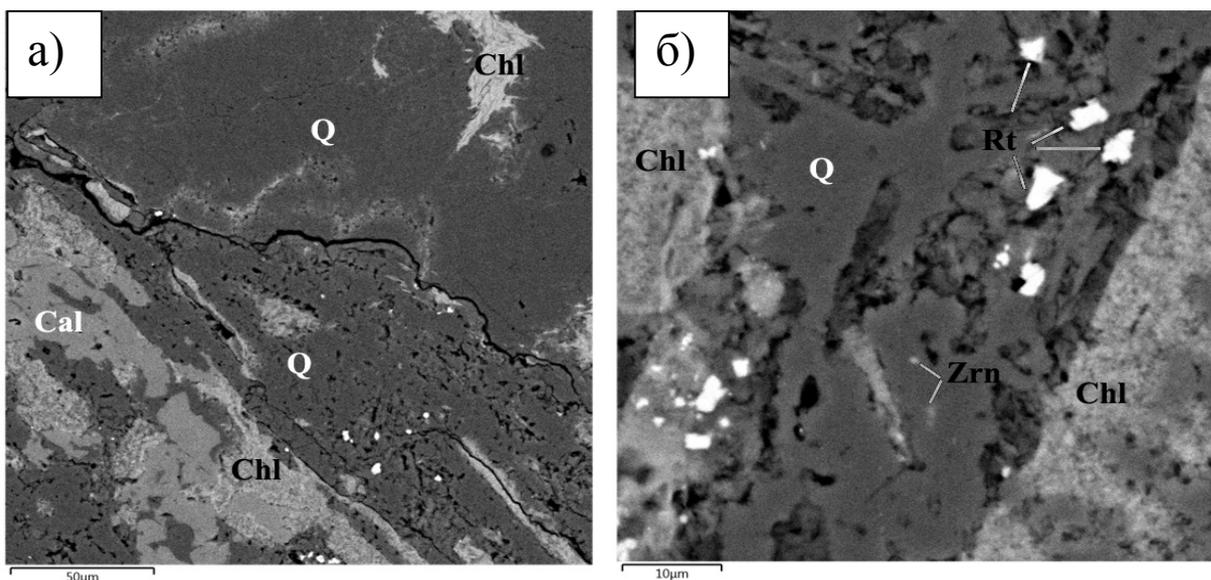


Рис. 5. Формы выделения вторичных минералов в измененных риодацитах: а) взаимоотношение кварца (Q), кальцита (Cal) и хлорита (Chl); б) микровключения циркона (Zrn), рутила (Rt) в кварцевой матрице (Q). В правом нижнем углу - взаимоотношения кварца (Q - серые пятна) и хлорита (Chl). Фото BSE SEM Tescan Vega 3.

Пирит риодацитов представлен в виде единичных зерен - пентагондодекаэдры, кубы, размеры которых от 10 до 250-300 мкм (рис. 6 а,б). Также встречаются срастания зерен пирита в гнезда, размеры которых достигают 1 мм (рис. 6 в,г). Пирит данных пород, в основном, стехиомет-

ричен, редко встречаются зерна с химической неоднородностью за счет обогащения отдельных микроучастков мышьяком.

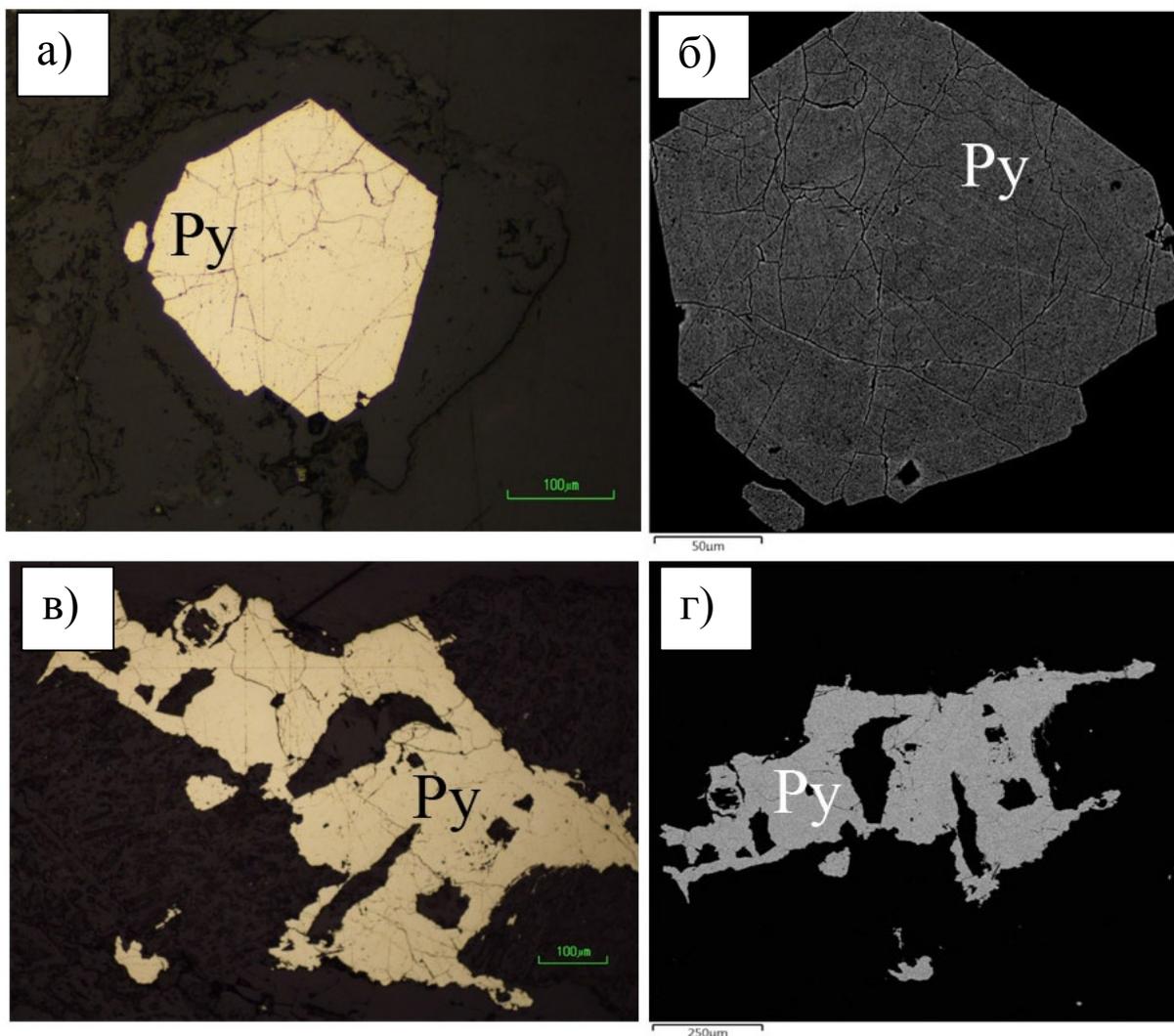


Рис. 6. Две разновидности пирита: а) единичные зерна пентагондодекаэдра; б) гнездообразные срастания агрегатов. Py - пирит. а, в - фото в отраженном свете, б, г - фото BSE SEM Tescan Vega 3.

Минеральная ассоциация - халькопирит, железистый сфалерит и галенит, приуроченный к микротрещинкам (рис. 7).

Для изучения пирита продуктивной стадии была выбрана наиболее богатая руда, представленная сочетанием полосчатой, колломорфно-полосчатой с гнездовой и прожилково-вкрапленной текстур (рис. 4б) с "серебряными чернями типа гингуро", которые отличаются широким спектром сульфосолей серебра, германия, сульфидов свинца, цинка, железа,

серебра (ленаит), серебра с золотом (ютенбогардит), селенидов (включая клаусталит), теллуридов с самородными золотом и серебром.

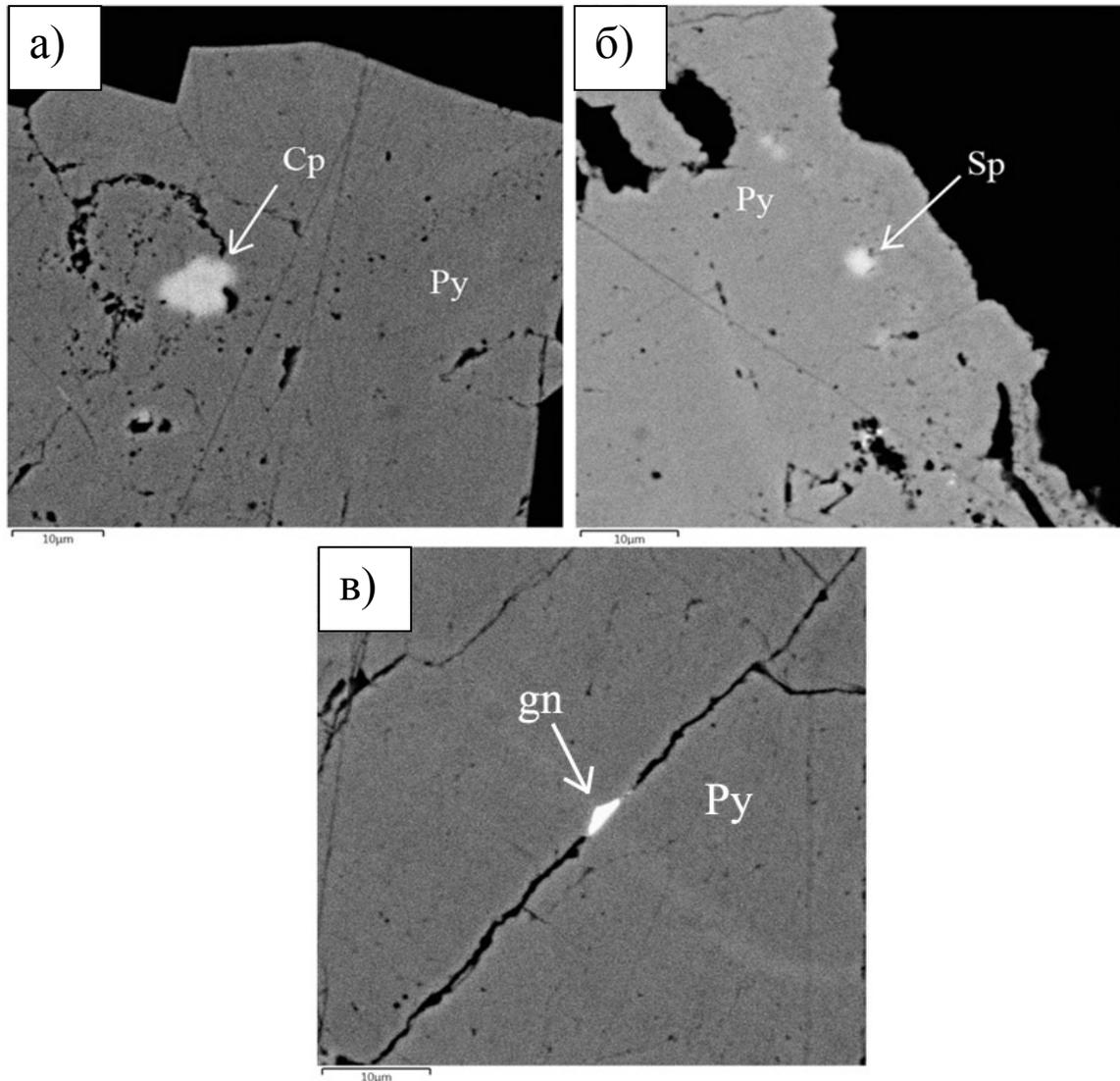


Рис. 7. Микровключения в пирите (Py): а) халькопирита (Cp); б) сфалерита (Sp); в) галенита (gn). Фото BSE SEM Tescan Vega 3.

Пирит продуктивной стадии - идиоморфные зерна кубической, пентегондодэкаэдрической форм, размеры которых достигают не более 200 мкм. Нередко наблюдаются срастания агрегатов пирита в виде гнезд и линз. По химическому составу пирит, в основной своей массе, стехиометричен. Для получения более полной информации о химическом составе пирита продуктивной стадии была отобрана «монофракция», состоящая из кристаллов и агрегатов, для последующего исследования методом индук-

ционно связанной плазмы. Среди наиболее оригинальных химических элементов, которые были обнаружены - As, Sb, Se, Ag, Cu, Zn, Pb. Объяснение природы этих элементов пока вызывает определенные затруднения. С одной стороны они могут входить в качестве изоморфной примеси в структуру пирита.

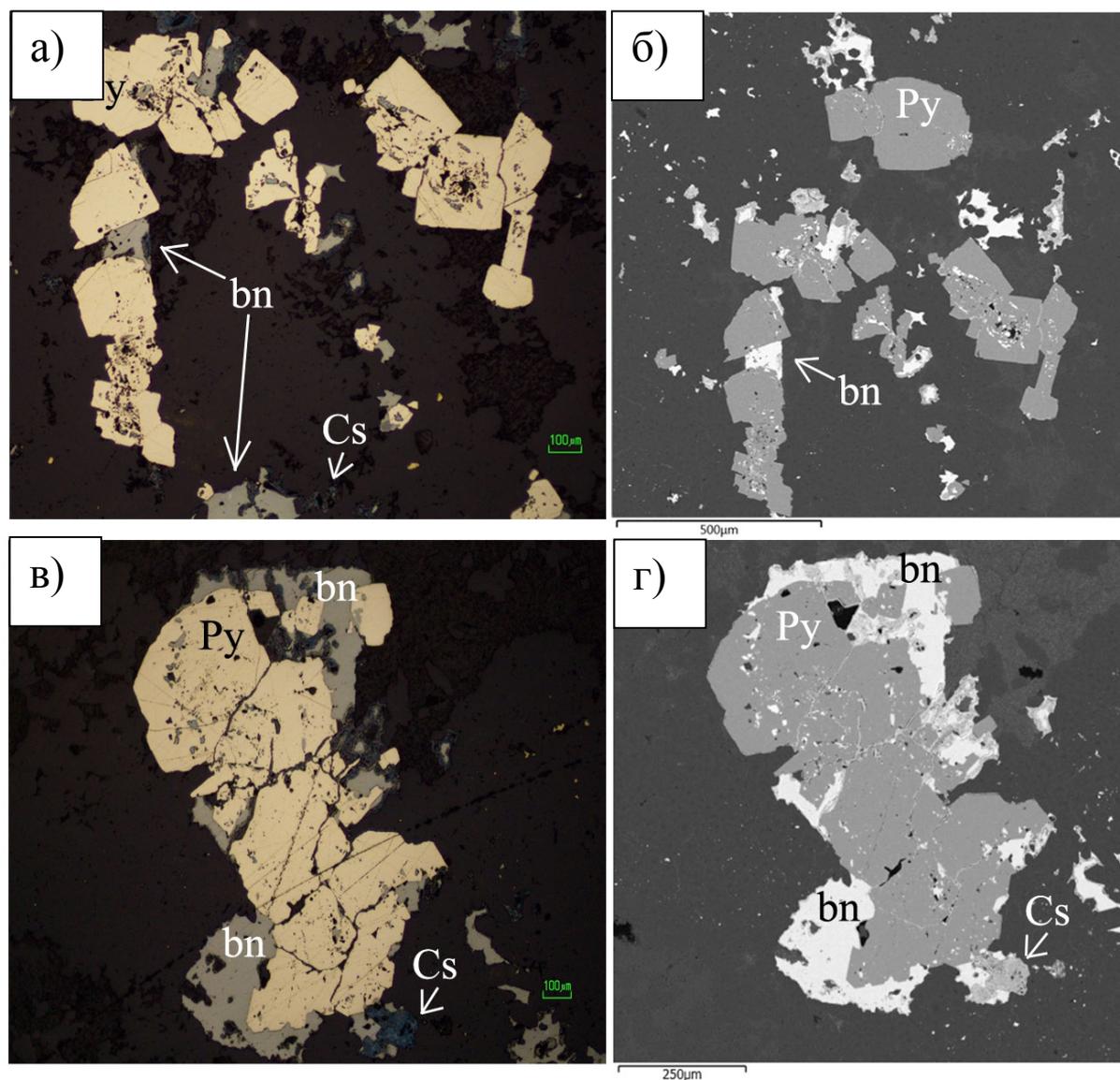


Рис. 8. Пирит (Py) продуктивной стадии в ассоциации с блеклыми рудами (bn) и халькозином (Cs). а, в - фото в отраженном свете, б, г - фото BSE SEM Tescan Vega 3.

С другой стороны они могли стать результатом «загрязнения монофракции» микровключениями сульфидов и сульфосолей, тесно ассоциирующих с ним. При минераграфических и микрозондовых исследованиях в пирите были диагностированы микровключения блеклой руды - тетраэдр-

рит-тенантит $(\text{Cu,Fe})_{12}(\text{Sb,As})_4\text{-S}_{13}$, содержащей теллур (до 6.50 здесь и далее % вес), серебро (до 4.50), селен (до 1.25 % вес)); аргентита (Ag_2S), пираргирита (Ag_3SbS_3) и агвиларита (Ag_4SeS). В сростаниях с ним и в минеральных ассоциациях установлены такие минералы, как ковеллин (CuS), клаусталит (PbSe), ленаит (AgFeS_2), халькозин (Cu_2S), галенит (PbS), (рис. 8, 9).

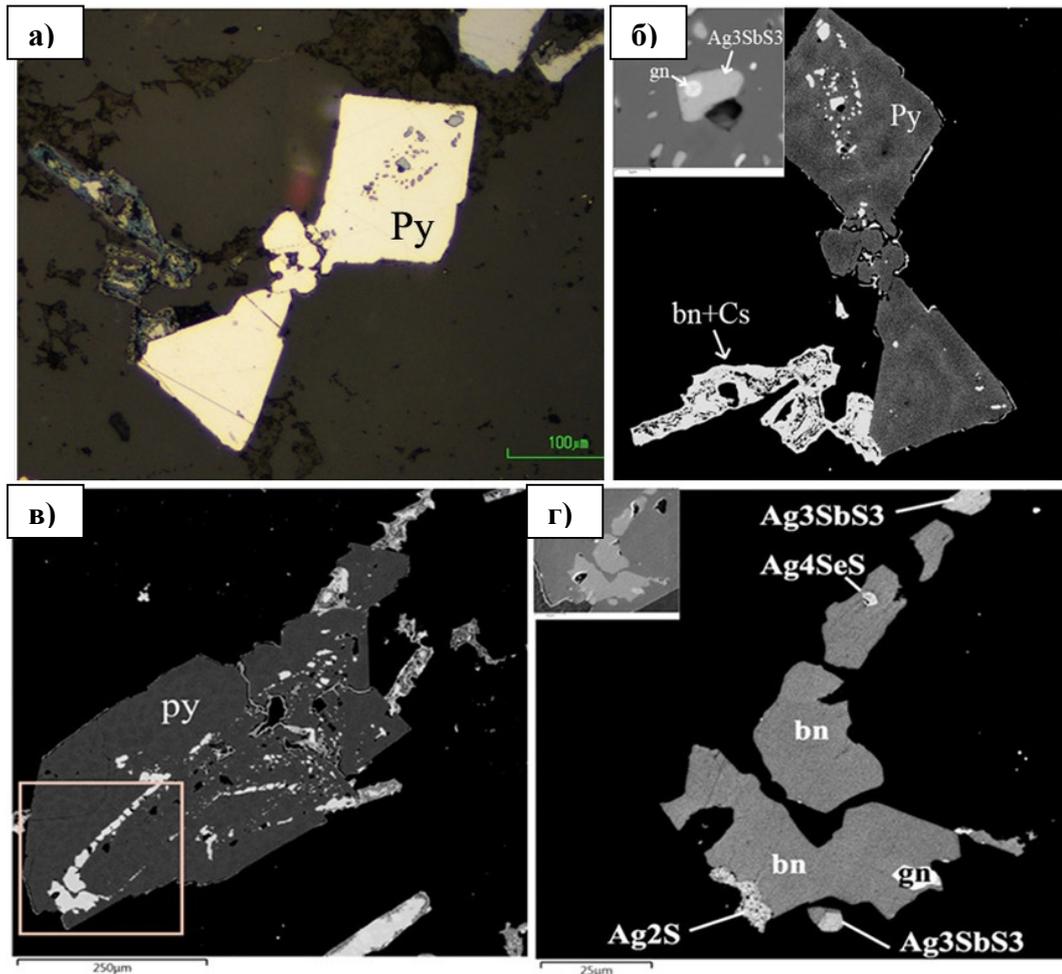


Рис. 9. Минералы рудной пирит-серебро-сурьмяно-кварцевой стадии: а, б - пирит с включениями галенита и пираргирита в ассоциации с блеклой рудой и халькозином; в, г - пирит с включениями блеклой руды и галенита в ассоциации с минералами серебра. Py - пирит, gn - галенит, bn - блеклые руды, Cs - халькозин, Ag_3SbS_3 - пираргирит, Ag_4SeS - агвиларит, Ag_2S - аргентит. а - фото в отраженном свете; б, в, г - фото BSE SEM Tescan Vega 3.

В одном из зерен пирита с включениями блеклой руды нами было диагностировано большое семейство минералов серебра таких как аргентит (Ag_2S), пираргирит (Ag_3SbS_3) и агвиларит (Ag_4SeS) (рис. 9 в,г).

Пирит пострудной стадии представлен сростаниями агрегатов, нередко напоминающих натечные формы (рис. 10). Единичные кристаллы встречаются редко. Размеры зерен пирита варьируют от 20 мкм до 4-5 мм. Пирит встречается, как правило, в виде убогой вкрапленности единичных агрегатов или образует сростания с пирротином и халькопиритом (рис. 11).

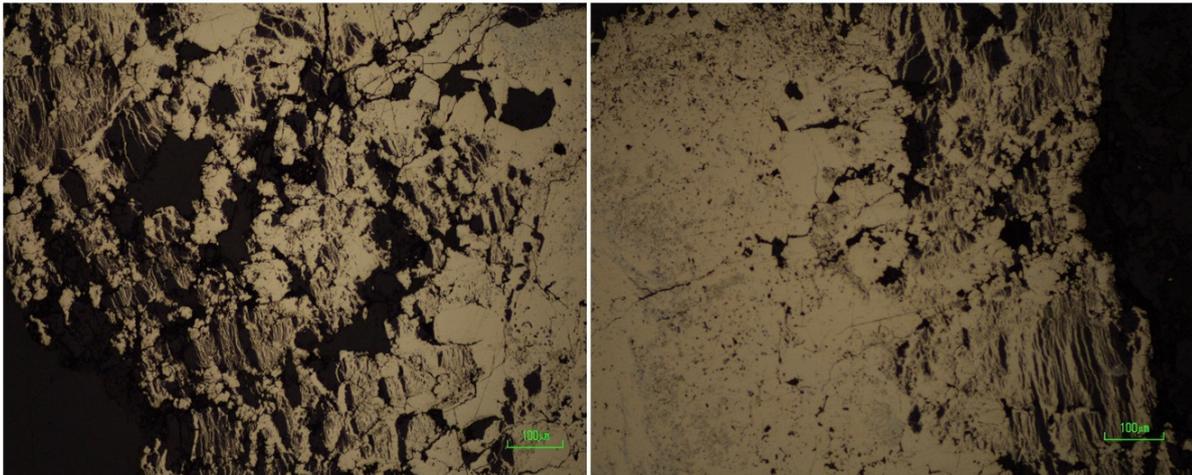


Рис. 10. Формы выделения пирита пострудной стадии. Сростания зерен пирита и прожилки с образованием "натечные" структуры. Фото в отраженном свете.

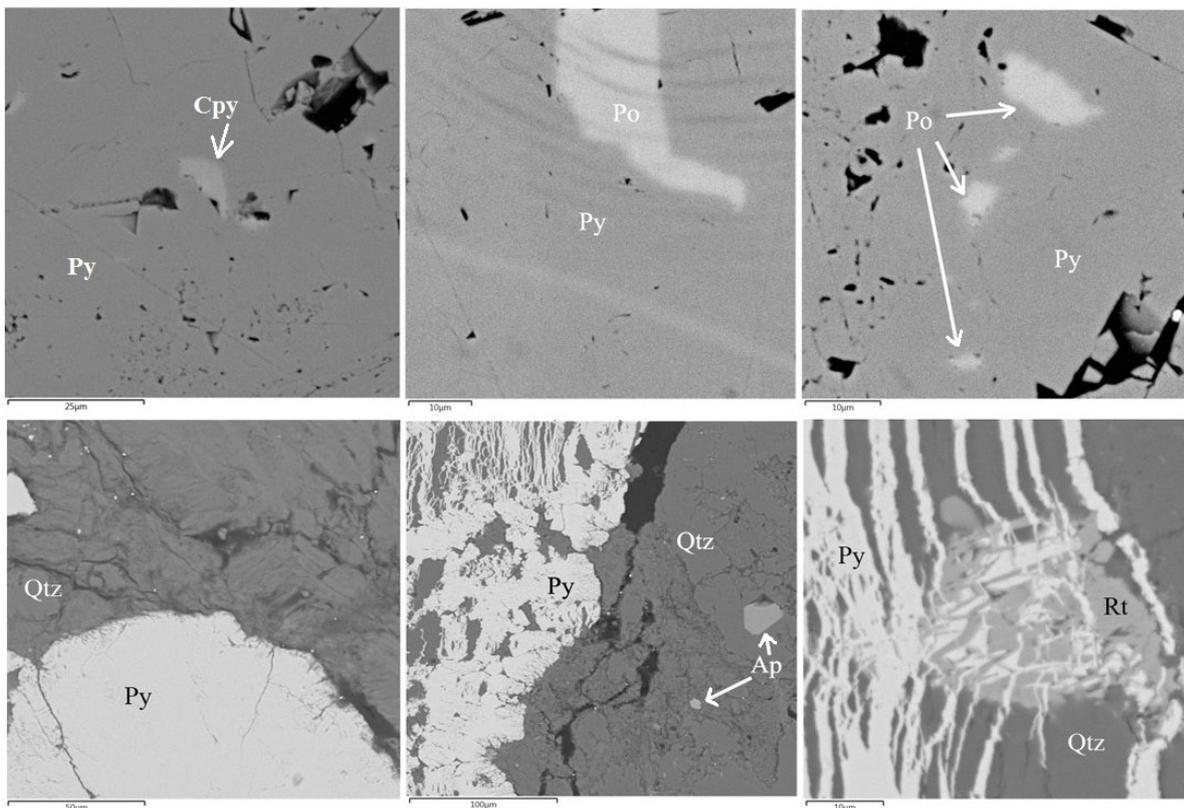


Рис. 11. Минералы пострудной стадии: Py - пирит, Cpy - халькопирит, Po - пирротин, Qtz - кварц, Ap - апатит, Rt - рутил. Фото BSE SEM Tescan Vega 3.

ВЫВОДЫ

Пирит – один из наиболее распространенных минералов месторождения Спрут. Его образование носило полистадийный характер и установлено не менее трех и трех стадий формирования: - дорудная (минеральная ассоциация пирит-галенит-халькопирит-сфалеритовая); - рудная (минеральная ассоциация пирит-серебро-сурьмяно-кварцевая); - пострудная (минеральная ассоциация пирит-пирротин-халькопиритовая).

Пирит продуктивной стадии ассоциирует с минералами серебра, сурьмы, селена и теллура, блеклыми рудами, халькопиритом, галенитом, сфалеритом. Микроэлементный состав и другие типоморфные признаки пирита продуктивной стадии могут быть использованы в качестве поискового критерия для обнаружения подобных месторождений.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования Чубарову М. В., Философовой Т.М., Куликову В.В., Платонову А.А. оказавшим неоценимую помощь в обработке каменного материала и обеспечивших своевременное выполнение анализов.

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 (№ 14-III-B-08-053).

ЛИТЕРАТУРА

1. 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
2. Округин В.М., Яблокова Д.А., Андреева Е.Д., Шишканова К.О., Чубаров В.М., Философова Т.М., Москалева С.В., Чернев И.И., Чубаров М.В. Новые данные о пирите современных и палеогидротермальных систем Камчатского края // Тезисы докладов традиционной региональной научной конференции, посвященной Дню Вулканолога, г. Петропавловск-Камчатский 27 - 28 марта 2014 г. С. 324-329
3. Яблокова Д.А., Зобенько О.А. Пирит Малетойваямского рудного поля (Корякия) // Материалы XI региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». 26 ноября 2013 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН 2013. С. 19-30

PYRITE OF THE SPRUT DEPOSIT (NORTHERN KAMCHATKA)

Yablokova D.A.^{1,2}, Zobenko O.A.¹, Lobzin E.I.³

¹*Vitus Bering Kamchatka State University*

²*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

³*KamchatGeology*

There are the first results of the study typomorphic features of pyrite Sprut deposits in this paper. Pyrite is one of the most common ore's mineral of deposit. His study as an indicator of environmental geochemistry of mineral ore formation is essential for detailed geological and genetic classification of poorly studied new ore sites and assess their prospects. Methods of classical mineragrafi combined with modern physical and analytical methods (SEM, ICP) described in detail the size, color, morphology (habitus), microstructure, chemical composition (stoichiometry), chemical heterogeneity and its types, micro-inclusions in pyrite. Divided into three stages and mineral associations of this mineral.