

УДК 553.3/.4:553.2

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУНГУРЦЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Округин В.М.^{1,2}, Яблокова Д.А.^{1,2}, Зобенько О.А.^{1,2}, Калинин К.Б.^{2,3}, Козлов В.В.⁴,
Кудаева Ш.С.^{1,2}, Москалева С.В.¹, Скильская Е.Д., Чубаров М.В.¹*

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-
Камчатский, 683006; e-mail: okrugin@kscnet.ru

²Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,
Петропавловск-Камчатский, 683032

³ООО «Интерминерал», Петропавловск-Камчатский, 683002

⁴OxfordInstrumentsOM - MoscowOffice, 105005, Москва

Авторами проведены детальные комплексные исследования руд Кунгурцевского месторождения. Изучены текстурно-структурные особенности, минеральный и химический составы руд и вмещающих пород. Особое внимание уделено типоморфным особенностям главных рудных минералов. Показано, что месторождение характеризуется удивительным разнообразием минерального состава руд, испытавших динамотермальное воздействие в зоне питающих систем верхнемиоценовых платобазальтов.

Введение

Кунгурцевское месторождение площадью 15 км² занимает южную часть Балхачского золоторудного узла, который объединяет не менее четырех разновозрастных эпитермальных золото-серебряных месторождений (собственно Кунгурцевское, Золотое, Бараньевское, Угловое), ряд рудопроявлений и 6 пунктов рудной минерализации. Эпитермальные золото-серебряные месторождения Балхачского золоторудного узла неравномерно распределены на площади вулканотектонической структуры (ВТС) Балхач. Она располагается в пределах Центрально-Камчатского наложенного олигоцен-плейстоценового вулканоплутонического пояса [1, 2]. В геолого-экономическом отношении золото-рудный узел входит в число наиболее перспективных объектов Центрально-Камчатского горнорудного района (рис. 1).

Балхачская ВТС имеет округлые очертания и трассируется внешними кольцевыми разломами. Рудные месторождения локализуются по перифериям разновозрастных, в разной степени эродированных, вулканических построек. Вмещающими породами выступают миоценовые вулканы андезитового, андезибазальтового состава, их туфы, относимые к кимитинскому комплексу. Интрузивные образования ВТС представлены субвулканическими андезитами, андезибазальтами и диоритами [1, 2].

Кунгурцевское месторождение представлено рудными телами жильных зон Главная, Центральная, Олана, 14, 17 (рис. 2). Все они с поверхности вскрыты траншеями, а на глубину скважинами. Жилы характеризуются комбинированными текстурами – сочетание полосчатой, крустификационно-полосчатой, колломорфно-полосчатой, прожилково-сетчатой, кокардовой, при обязательном присутствии брекчиевой. Они сложены плотным мелкозернистым

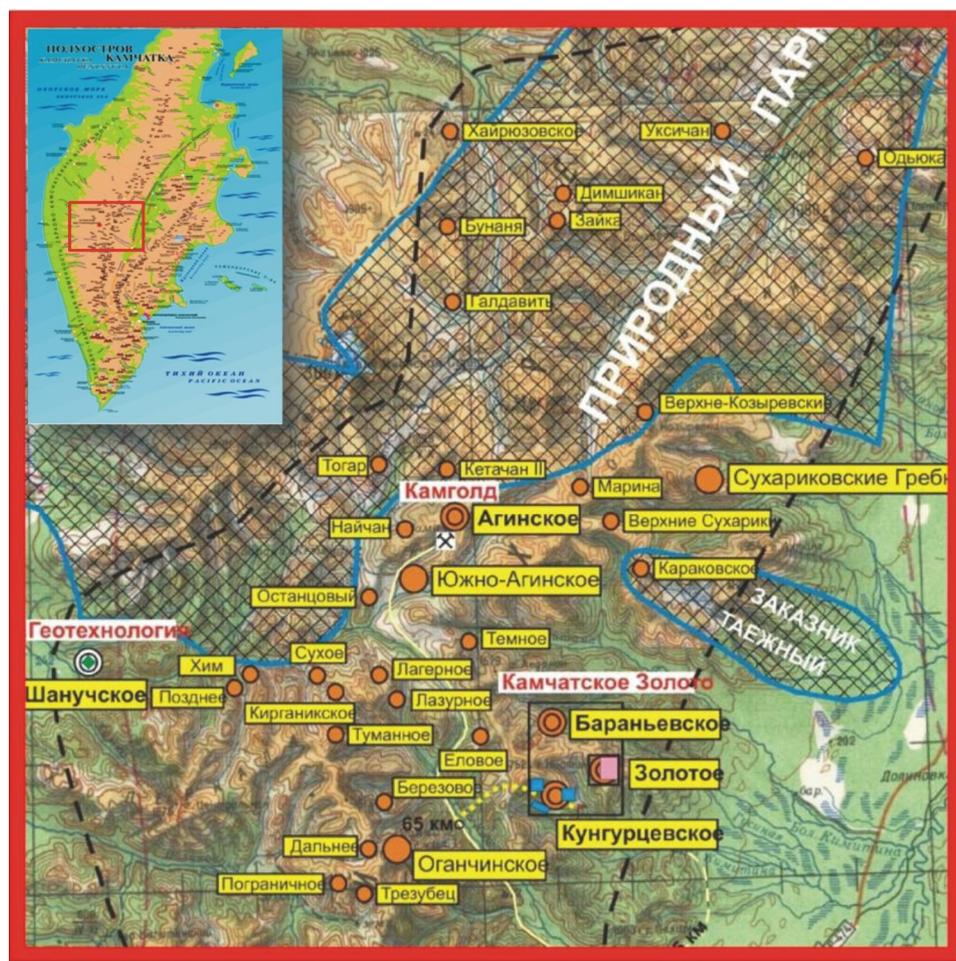


Рис. 1. Схематическая карта Центрально-Камчатского горнорудного района, показывающая локализацию исследованных объектов

кварцем, адуляром (до 5%), видимая минерализация представлена пиритом (до 3%), редким халькопиритом и самородным золотом.

Зона Главная, прослеженная с поверхности канавами и траншеями на 2050 м и скважинами на глубину до 220 м (скв. 335), представлена преимущественно одной стволовой кварцевой жилой, реже двумя ее ветвями, либо зоной прожилкования субширотного простирания, субвертикального и крутого южного падения, которые вмещают телами вторичных кварцитов, монокварцитов, адуляр-кварц-гидрослюдистых метасоматитов и аргиллизитов.

Методы исследований

Исследования выполнялись по оригинальной методике, разработанной в лаборатории вулканогенного рудообразования Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ЛВР ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский). Данная методика представляет собой сочетание широко известных методов классической минералогии и минераграфии с новейшими уникальными возможностями локального физико-химического анализа. При этом особое внимание уделяется специализированной пробоподготовке образцов для комплексных мине-



Рис. 2. Панорама рудного тела 3, жильная зона Главная, 2014 г.

ралого-геохимических исследований. В первую очередь, необходимо изготовление безрельфных аншлифов на основе эпоксидного компаунда, которые должны отличаться максимальной степенью информативности и высоким качеством полировки. Для этого из первичного каменного материала изготавливаются полированные штуфы (пришлифовки). Они позволяют охарактеризовать текстурно-структурные особенности и выбирать объекты (отдельные зерна, срастания, микролинзы и т.д.), необходимые для дальнейших исследований. Эти участки "выбуриваются" с помощью алмазных микрокоронки, монтируются в пластиковые формы (шашки) с помощью эпоксидных смол и на алмазных пастах "доводятся" до необходимых кондиций. Изучение первичного каменного материала, текстурно-структурных особенностей (полированные штуфы), микроморфологии, отбор монофракций и контроль за их качеством проводится с помощью стереомикроскопов Stemi 2000 C 2, Discovery.V12 (Carl Zeiss). Минераграфическое описание и фотодокументация выполнены на универсальных прецизионных микроскопах Axioskop 40, AxioPlan 2 imaging, Nikon Eclipse LV 100 pol. Микроморфология, химический состав изучались методами локального физико-химического анализа, а именно электронно-зондовые— аналитическая сканирующая электронная микроскопия (Vega 3 Tescan с энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 50, Tescan Luga 3).

Результаты исследований и их обсуждение

Основное внимание было уделено жильной зоне Главная, а именно рудному телу 3, которое содержит 29% запасов золота от общих по месторождению. Рудное тело 3 выделено в центральной части зоны и представлено стволовой кварцевой жилкой, сопровождающей ее зоной прожилкования в диоритах, измененных до адуляр-кварц-гидрослюдистых метасоматов. Мощность его колеблется от 4,7 до 17,6 м, с раздувами до 19,8 м; среднее содержание золота - от 1,4 до 144,2 г/т, серебра - от 0,4 до 160,8 г/т.

На Кунгурцевском месторождении установлены золото-убогосульфидно-адуляр-кварцевый и золото-сульфидно-кварцевый комплексы. В зависимости от местоположения в вертикальной зональности состав меняется с глубиной от золото-убогосульфидно-адуляр-кварцевого до золото-сульфидно-кварцевого комплекса.

Рудное тело 3 характеризуется удивительным разнообразием форм и взаимоотношений минеральных агрегатов, образованных сочетанием полосчатых, крустификационно-полосчатых с брекчиевой и прожилково-сетчатой текстурами (рис. 3). Такое многообразие текстур свидетельствует о сложности и длительности процессов рудообразования.

Руды обладают сложным многокомпонентным минеральным составом. Наиболее распространенные рудные минералы – пирит, самородное золото. К второстепенным минералам относятся сфалерит, галенит, халькопирит, ютенбогартит, петцит, кавазулит, блеклые руды,

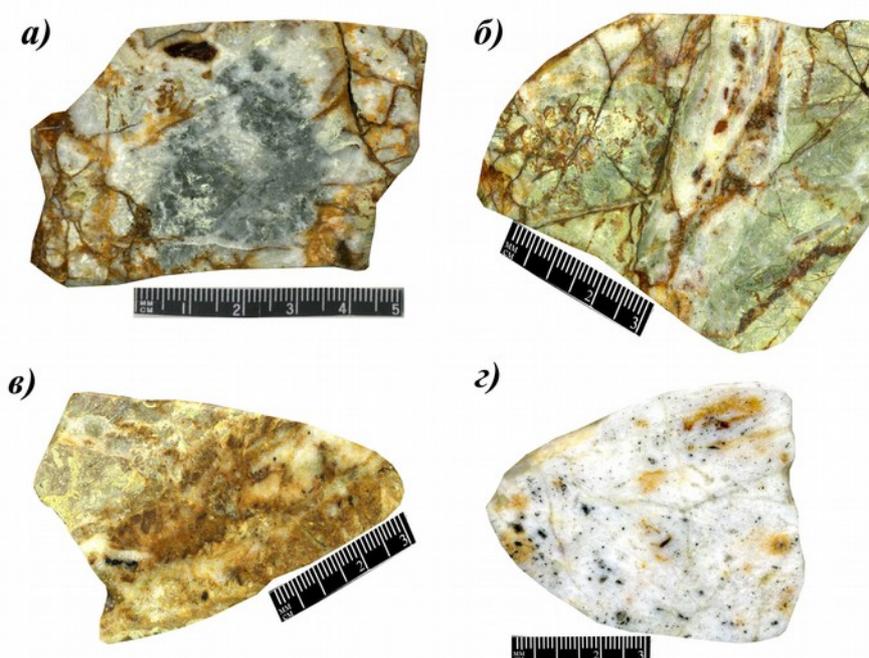


Рис. 3. Комбинированные текстуры руд, представленные сочетанием: а, б - брекчиевой с элементами полосчатой и прожилково-сетчатой; в - брекчиевой с прожилково-сетчатой, полосчатой и кокардовой; г - массивной с вкрапленной и прожилковой.

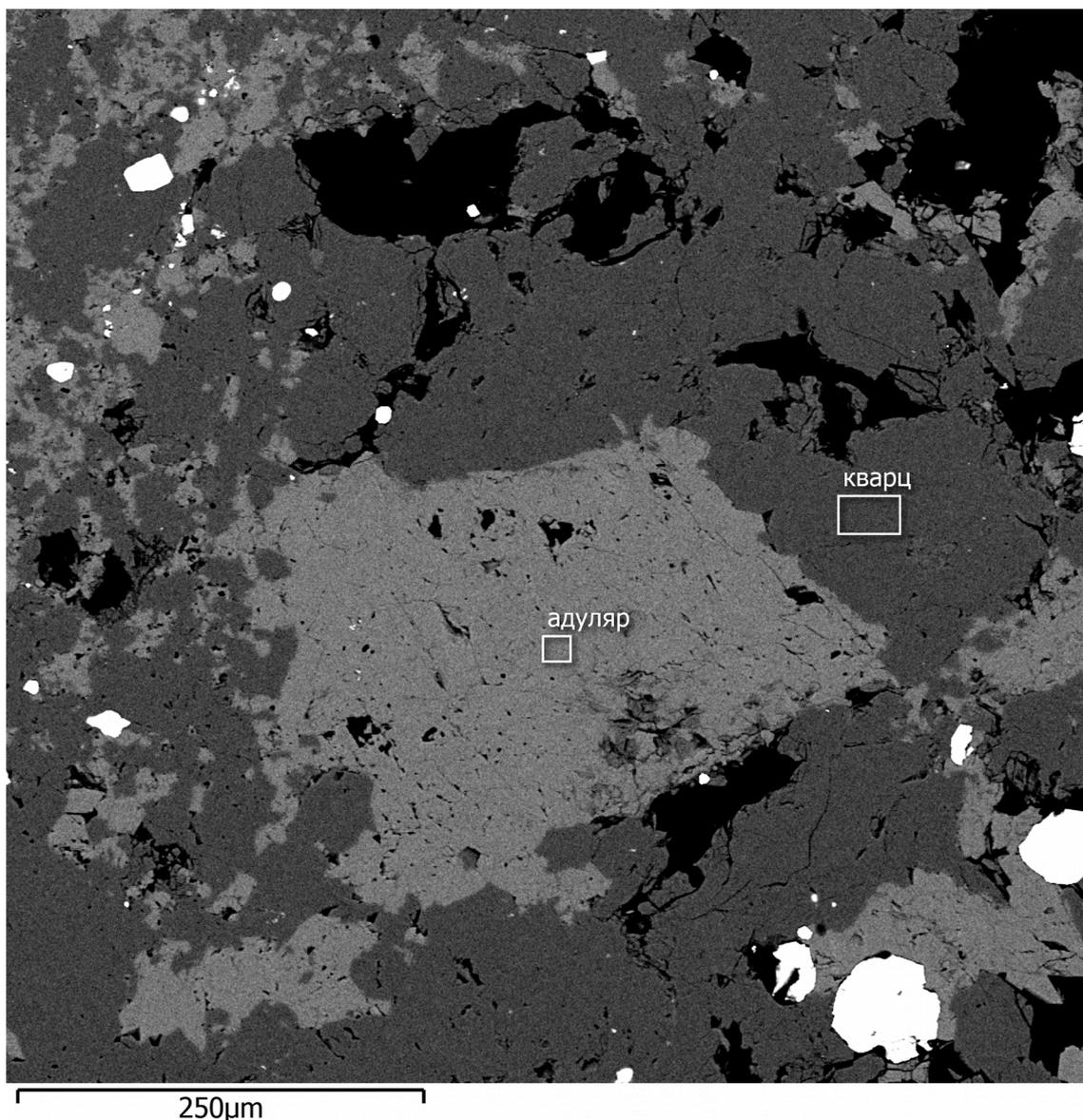


Рис. 4. Особенности строения кварц-адуляровой жильной массы, светло-серое – адуляр, темно-серое – кварц; белое – сульфаты и фосфаты (?). Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

также встречаются сульфиды и теллуриды Pb и Bi. Среди вторичных минералов диагностированы - халькозин, гетит, ковеллин, гидроокислы железа.

Нерудные минералы представлены кварцем, адуляром и карбонатами разного состава, баритом, хлоритом, серицитом (рис. 4).

Пирит представляет собой как единичные кристаллы (кубы, пентагоны), так и срастания агрегатов неправильной формы. Нередко зерна пирита катаклазированны.

По химическому составу зерна пирита чаще всего стехиометричны. Встречаются выделения пирита с химической неоднородностью по мышьяку – зональная и меди – облаковидная, при концентрациях 3,11 и 0,9 вес. %, соответственно (рис. 5, 6).

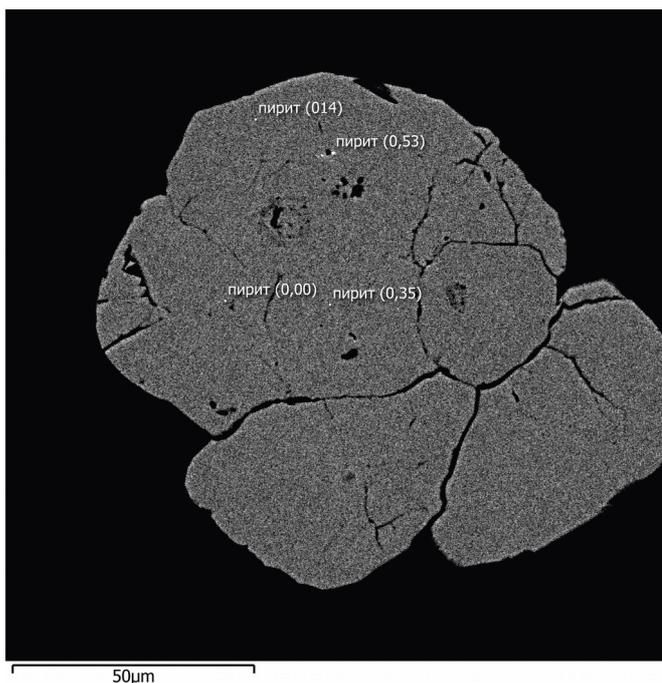
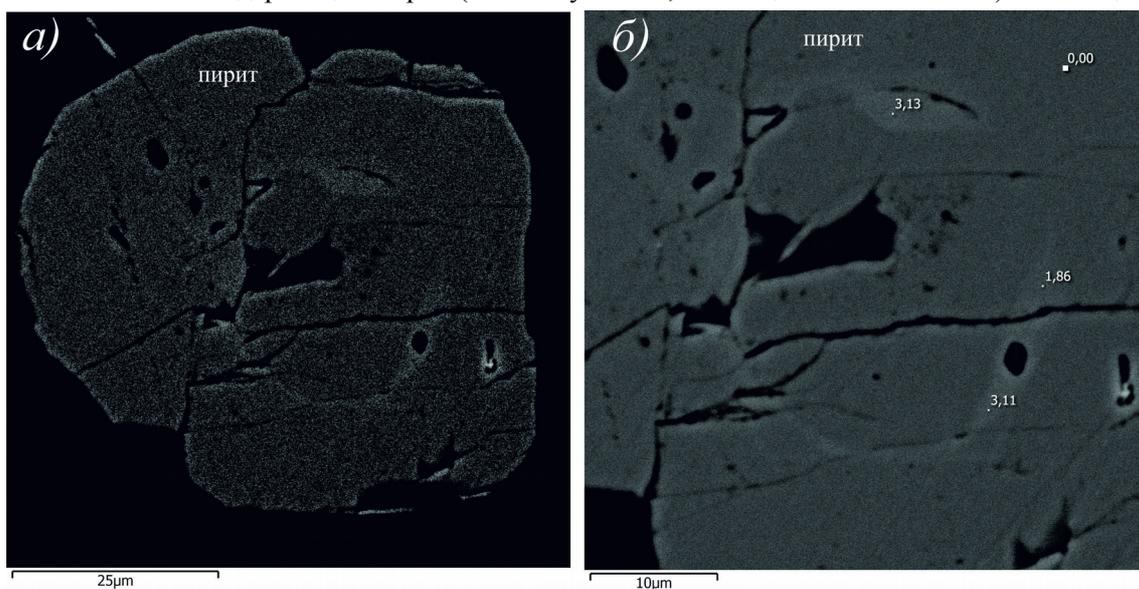


Рис. 5. Катаклазированный агрегат медьсодержащего пирита. Цифрами указаны концентрации меди в вес. %. Фото в обратно рассеянных электронах (Vega 3 Tescan).

Рис. 6. Мышьяксодержащий пирит (белое – участки, обогащенные мышьяком): а – общий



вид, б – фрагмент, цифрами указаны концентрации мышьяка в вес. %. Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

В пирите выявлены многочисленные включения галенита, встречаются зерна обогащенные селеном до 2,23 вес. % (рис. 7). В нем диагностированы мелкие фазы – петцит (? , рис. 8), гессит, кавацилит (? , рис. 8), сфалерит (с примесью Cu– 2,01, Cd– 0,75 вес. %), халькопирит, X-фазы (таблица 1). Самородное золото обычно приурочено к агрегатным выделениям адуляра, халькопирит-сфалеритовым срастаниям или к основанию роста гребчатого кварца.

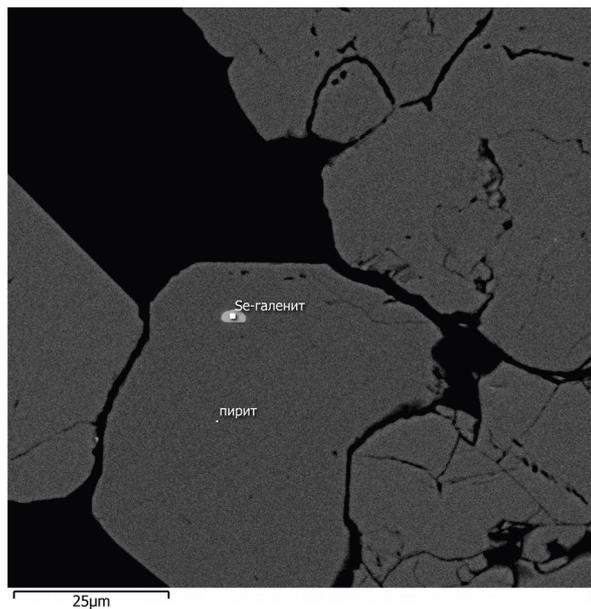


Рис. 7. Микровключение Se-содержащего галенита в пирите. Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

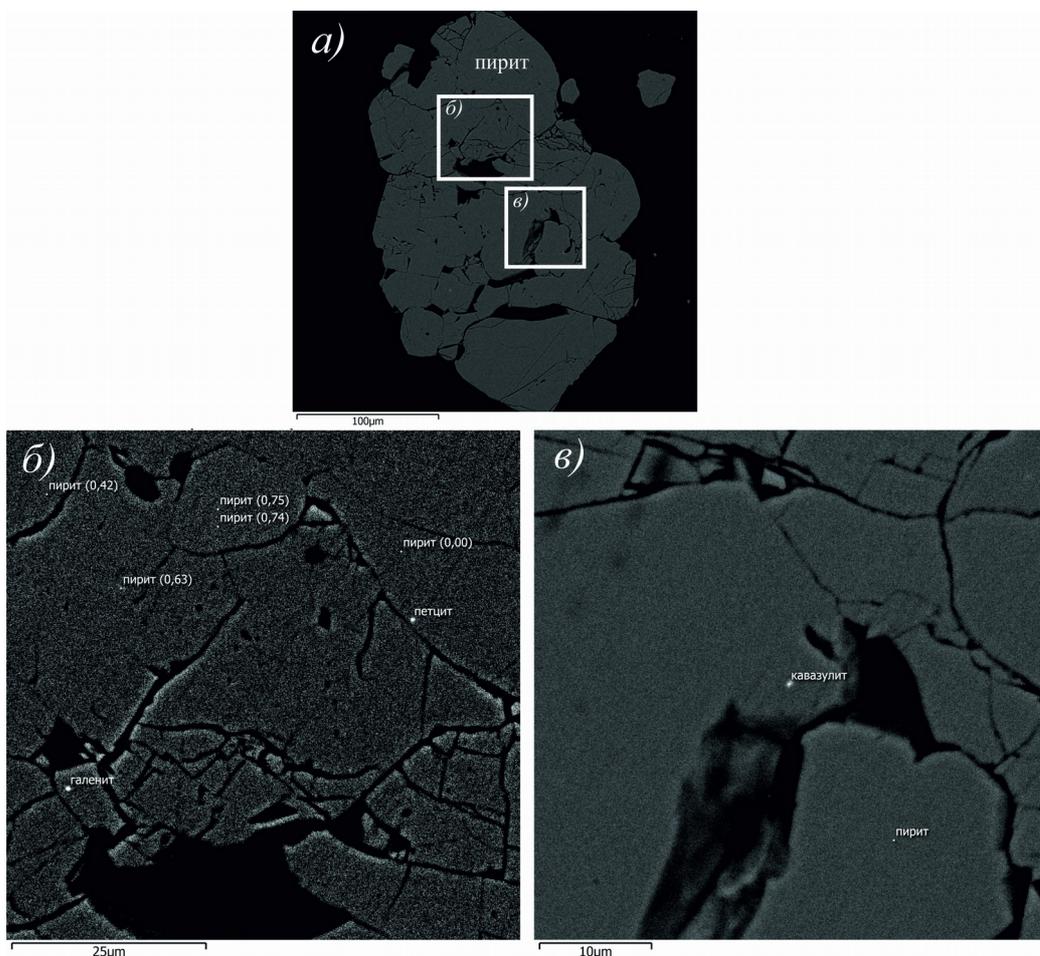


Рис. 8. Медьсодержащий пирит с микровключениями петцита (Ag_3AuTe_2), галенита (PbS), кавазулита ($Bi_{14}Te_{13}Se_8$): а – общий вид, б – микровключения петцита (Ag_3AuTe_2) и галенита (PbS), в - микровключение кавазулита ($Bi_{14}Te_{13}Se_8$). Цифрами указаны концентрации меди в вес. %. Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

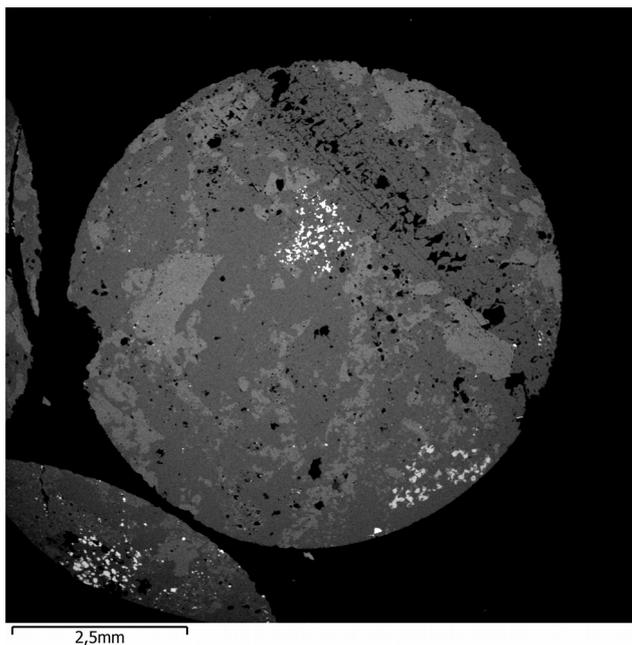


Рис. 9. Гнездообразные скопления самородного золота в кварц-адуляровой основной массе (кern № 3, Р.т. 3, обр. 023). Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

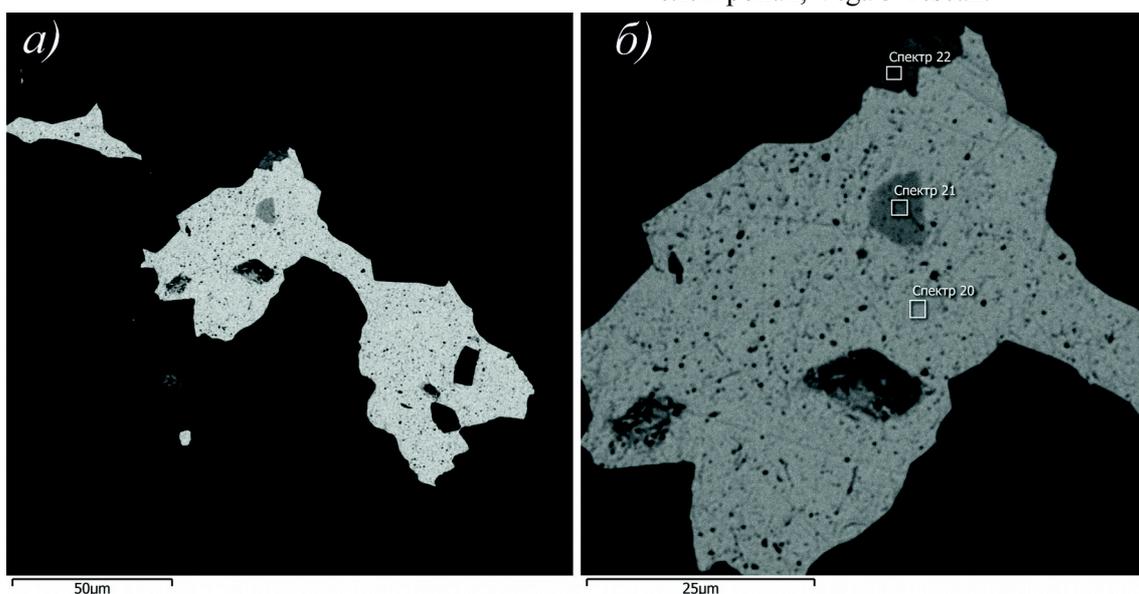


Рис. 10. Микроморфология самородного золота (белое, спектры 20-21) с включениями ютенбогартита (темно-серое, сверху, спектр 22): а – общий вид, б – фрагмент. Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

Выделения золота с адуляром иногда совместно с гребенчатым кварцем участвуют в строении кокардовых текстур руд.

Самородное золото присутствует в рудах в виде гнездообразных скоплений размером до 1-2 мм в диаметре (рис. 9). Морфология отдельных зерен разнообразная – от изометричных, вытянутых до интерстициальных (с отпечатками кристаллов кварца, рис. 10, 11, 12). Размер агрегатов самородного золота – 50-200 мкм. Поверхность агрегатов микропористая. По со-

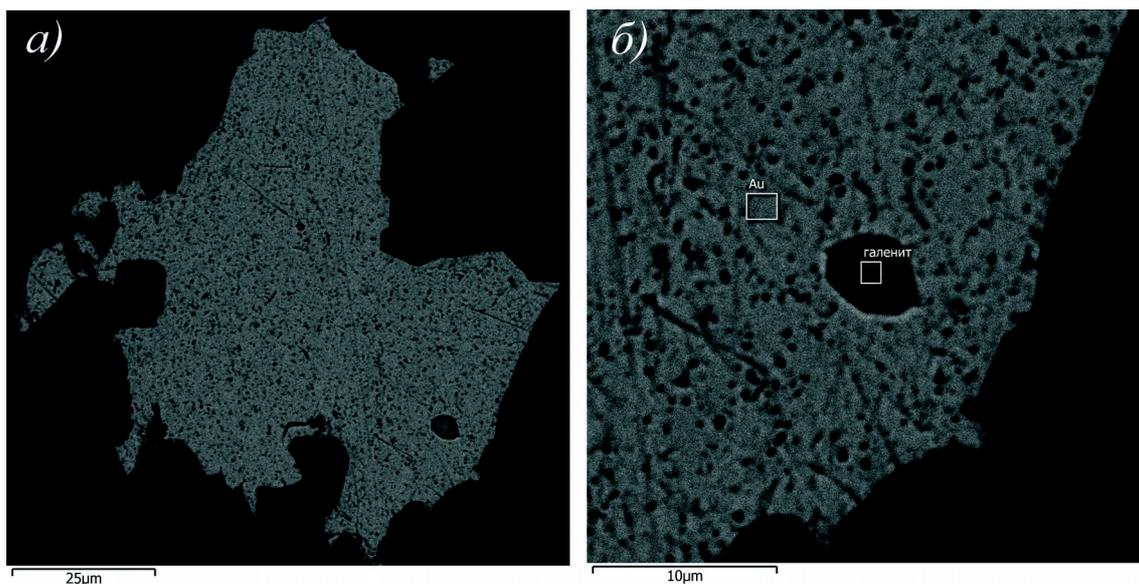


Рис. 11. Включения галенита (спектр 56) в самородном золоте (спектр 57). Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

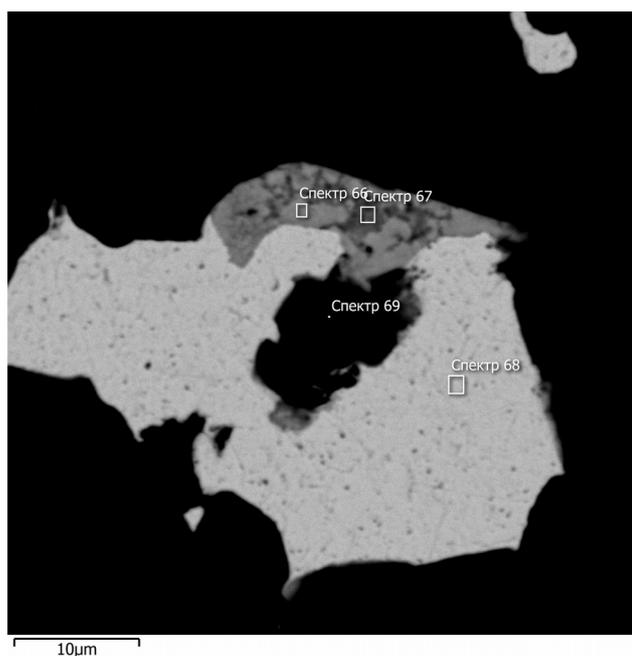


Рис. 12. Самородное золото (спектр 68) в ассоциации с акантитом (спектр 67), ютенбогардитом (спектр 66) и кварцем (спектр 69). Фото в обратно рассеянных электронах, Vega 3 Tescan.

ставу оно отвечает высокопробному, в котором концентрации собственно золота меняются в пределах 79,9% - 85,5% вес. (таблица 2).

Из рудых минералов в сростании с ним присутствуют ютенбогардит и акантит (таблица 2). Ютенбогардит и галенит нередко образуют микросключения в самородном золоте с размерами до 5-10 мкм.

Выводы

Применение новейшей методики комплексных минералого-геохимических исследований для изучения руд жильной зоны Главная позволило впервые: - выявить такие минералы как самородное золото, сфалерит, халькопирит, ютенбогартит, петцит, кавазулит, блеклые руды, сульфиды и теллуриды Pb и Bi, халькозин, гетит, ковеллин, гидроокислы железа и адуляр; - охарактеризовать агрегатное состояние, размеры, микроморфологию, химический состав рудных и жильных минералов; - показать разнообразие минеральных форм нахождения золота.

Полученные данные имеют важное значение для корректировки технологических схем и разработки месторождения.

Авторы искренне благодарны: - руководству компании ООО «Интерминералс» во главе с В.В. Радько, Е.Л. Петровым, В.В. Гальштольдом, коллективу рудника «Золотое» за неоценимую помощь в проведении полевых работ, получении представительного каменного материала - карт, схем и других геологических данных; - сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования - В.В.Куликову, Лунькову В.Ф., А.В. Платонову, обеспечивших высококвалифицированную пробоподготовку, Аналитического Центра ИВиС ДВО РАН - Е.В. Карташевой, Н.И. Чебровой, выполнивших изучение химического состава руд и вмещающих пород методами РФА.

Список литературы

1. *Андреева Е.Д., Кудаева Ш.С.* Типоморфизм самородного золота Балхачского рудного узла (Камчатка) // Материалы XI региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2013, С. 5-18.
2. *Большаков Н.М., Фролов А.И., Минеев С.Д., Газизов Р.Б., Безрукова Л.А., Округин В.М.* Геологическое строение золоторудного месторождения Бараньевское (Центральная Камчатка) // Отечественная геология, 2010. Том 4. С. 15-22
3. *Дир У.А., Хаун Р.А., Зусман Дж.* Пирит. Породообразующие минералы. М.: Мир. 1966. Том 5. С. 148-165.
4. *Рамдор П.* Рудные и минералы и их сростания. М.: Издательство иностранной литературы. 1962. 1132 с.