

УДК 553.3/4:553.2

**Au-Ag - МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТОЕ: ПЕРСПЕКТИВНЫЙ
ИСТОЧНИК ЗОЛОТА КАМЧАТСКОГО КРАЯ**

Рукин П.А.¹, Андреева Е.Д.^{1,2}, Чубаров М.В.²

¹ *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

² *Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН*

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

Месторождение Золотое долгое время оставалось в ранге перспективных рудных объектов Камчатки. В связи с истощением запасов и ухудшением качества руд Агинского месторождения горнорудная компания ЗАО "Камчатское золото" начала разработку месторождения Золотое. В полевой сезон 2013 г. отобраны образцы руд из слоевых штреков горизонтов 886, 889 и 892 метров для детальных минералого-геохимических исследований с использованием новейших методов анализа. Руды месторождения относятся к типичным золото-кварц-адуляровым, в которых количество рудных минералов, как правило, не превышает 3-5%. Особое внимание было уделено разностям, обогащенным сульфидами (до 25-30%), где пирит - главный рудный минерал. Он характеризуется разнообразием форм выделения, неоднородностью химического состава с обогащением отдельных участков мышьяком, пористой микроструктурой. Золото в рудах присутствует в двух формах: свободное и связанное. Значительная часть связанного золота образует микровключения в пирите.

Ключевые слова: месторождение, самородное золото, пирит, адуляр, кварц

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение Золотое - один из перспективных в промышленном отношении золотосеребряных рудных объектов Балхачского золоторудного узла (БЗУ), Центрально-Камчатского горнорудного района (рис. 1). Оно было открыто 80-х годах прошлого столетия и долгое время оставалось в ранге перспективных. В 70 км на северо-запад от него находится Агинское золото-серебро-теллуридное месторождение, на базе которого почти восемь лет успешно функционирует Агинский горно-обоганительный комбинат (ГОК). Руководством компаний ЗАО «Камголд» и ЗАО «Камчатское золото» с целью продления срока рентабельной эксплуатации Агинского ГОКа было принято решение, выбывающие производственные мощности

восполнять за счет своевременно изученных и детально разведанных близлежащих золото-серебряных месторождений спутников БЗУ.

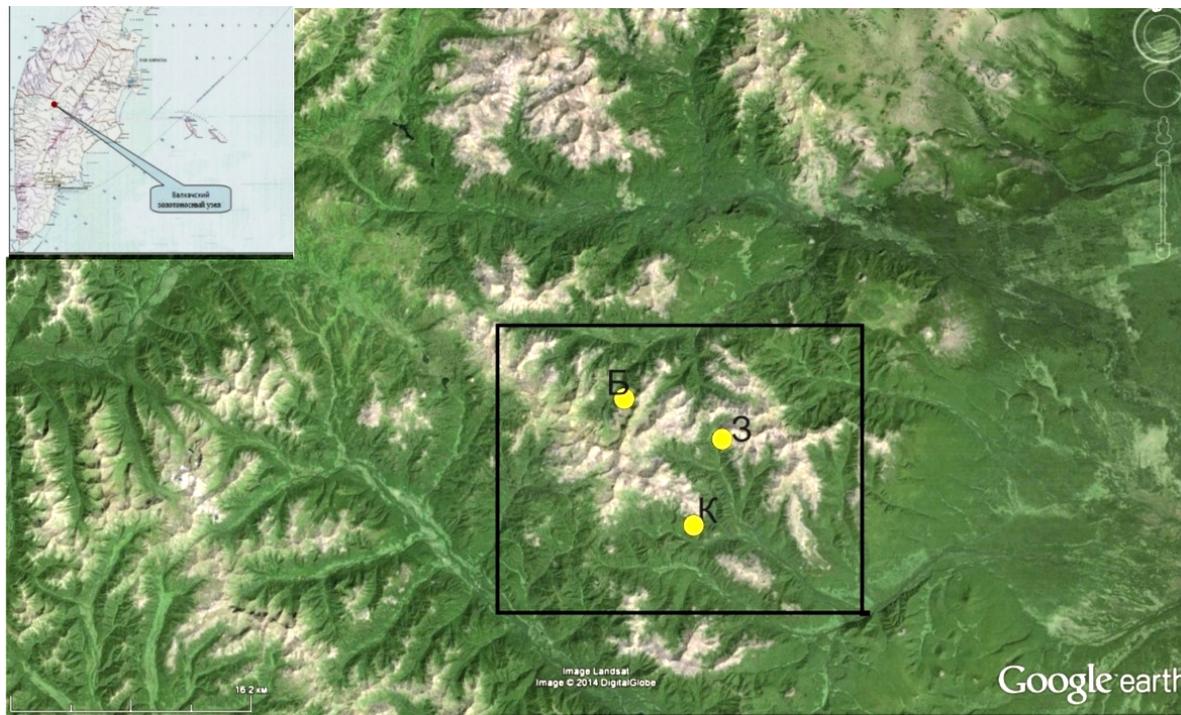


Рис. 1. Схематическая карта расположения Балахачского золоторудного узла:
Б- Бараньевское месторождение, З - Золотое месторождение, К - Кунгурцевское месторождение.

Очередность освоений месторождений БЗУ следующая: первая очередь - месторождение Золотое, вторая - месторождение Кунгурцевское и третья - месторождение Бараньевское. Первые 661 тонна руды были получены в конце 2012 г. На сегодняшний день на участке месторождения создана полная инфраструктура, включающая грунтовую дорогу от с. Мильково до месторождения Золотое, жилой комплекс, сотовую связь, построены ремонтно-механические мастерские и вентиляционное строение (ГВУ).

Основная цель данной работы - дать современную характеристику минерального состава руд месторождения Золотое, основанную на результатах исследования образцов, отобранных из слоевых штреков горизонтов 886, 889 и 892 метров.

Задачи работы: - изучение геологического строения территории месторождения в ходе производственной практики и полевых работ рудно-генетического отряда лаборатории вулканогенного рудообразования (ЛВР)

ИВиС ДВО РАН; - отбор каменного материала из слоевых штреков, штольневых горизонтов и керна скважин с элементами минералогического картирования; - изучение минерального состава руд с помощью как классических минералогических так и современных методов физико-химического анализа с использованием ЕМРА и аналитической SEM лабораторий вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН и месторождений полезных ископаемых КамГУ им. Витуса Беринга.

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Геология Балхачского золоторудного узла и, в частности, месторождения Золотое, практически не представлена в современной геологической литературе посвященной Камчатскому краю. Отдельные сведения о геологическом строении района можно найти в фондовых материалах, объяснительных записках к карте полезных ископаемых Камчатского края, и в работах Патоки М.Г., Большакова В.Н., Округина В.М., Безруковой Г.А. и др. [2, 3, 4].

Основные сравнительно большие и достаточно хорошо изученные месторождения Балхачского золоторудного узла: Бараньевское на северо-западе, Кунгурцевское в южной части, Золотое и Угловое в юго-восточной части узла. Известен также Отмечается также ряд мелких рудопроявлений и точек минерализации, перспективность которых не вполне при данной степени геологической изученности.

В геологическом строении месторождения принимают участие: складчатый фундамент (вулканогенно-осадочные породы ирунейской свиты мелового возраста); неогеновые вулканы - вулканические покровные образования нижнемиоценового Кимитинского комплекса, миоцен-плиоценового Кахтунского комплекса и верхнеплиоценового Крерукского комплекса. Перекрывающими образованиями служат верхнеплейстоценовыми и современными континентальными осадками.

Интрузивные и субвулканические образования от раннемелового до позднеплиоценового возраста в пределах района месторождения развиты очень широко. Они представлены породами преимущественно среднего состава. В меньшей степени распространены основные и, переходные к щелочным кислым, разности. Наблюдается пространственная ассоциация рудоносных жил с интрузивными и субвулканическими телами Кимитинского комплекса, сложенного раннемиоценовыми диоритами, диорит-порфиритами, андезитами, дацито-андезитами [4].

На месторождении отмечаются крутопадающие до пологих разрывные нарушения (зоны дробления) субмеридионального, северо-восточного, северо-западного и субширотного простираний. Многократное подновление рудовмещающих структур обусловило стадийность рудообразования, сложную морфологию, пострудное дробление и повышенную трещиноватость рудных тел.

В структурном отношении месторождение может быть представлено как локальная купольная структура диаметром около 1,5 км с радиальной системой разломов, главным рудовмещающим из которых служит субмеридиональный разлом (жильная зона 1), расположенный в лежащем боку субвулканического тела дацито-андезитов. Рудоносная зона месторождения представляет собой стволую золотоносную кварцевую жилу, простирающуюся на расстояние до 900 м, осложненную серией оперяющих более мелких апофиз [3].

Гидротермально изменённые породы приурочены к ослабленным тектоническим зонам, где слагают линейные тела пропилитов, аргиллизитов, вторичных кварцитов, адуляр-кварц-гидрослюдистых метасоматитов [2].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представительные образцы вмещающих пород и руд, отобранные в ходе полевых работ 2013 г., были подготовлены к аналитическим исследованиям в лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН. Основные методы исследований: рудная микроскопия на базе современных прецизионных микроскопов Axioskop 40 и Nikon Eclipse LV100 POL, петрографическое описание шлифов с помощью микроскопа проходящего света AxioPlan 2 imaging, локальные методы физико-химического анализа (рентгеноспектральный с электронным микрозондом EMPA Camebax, сканирующая аналитическая электронная микроскопия SEM Tescan Vega-3, термобарогеохимический с применением термокриокамеры Linkam (рис. 3).

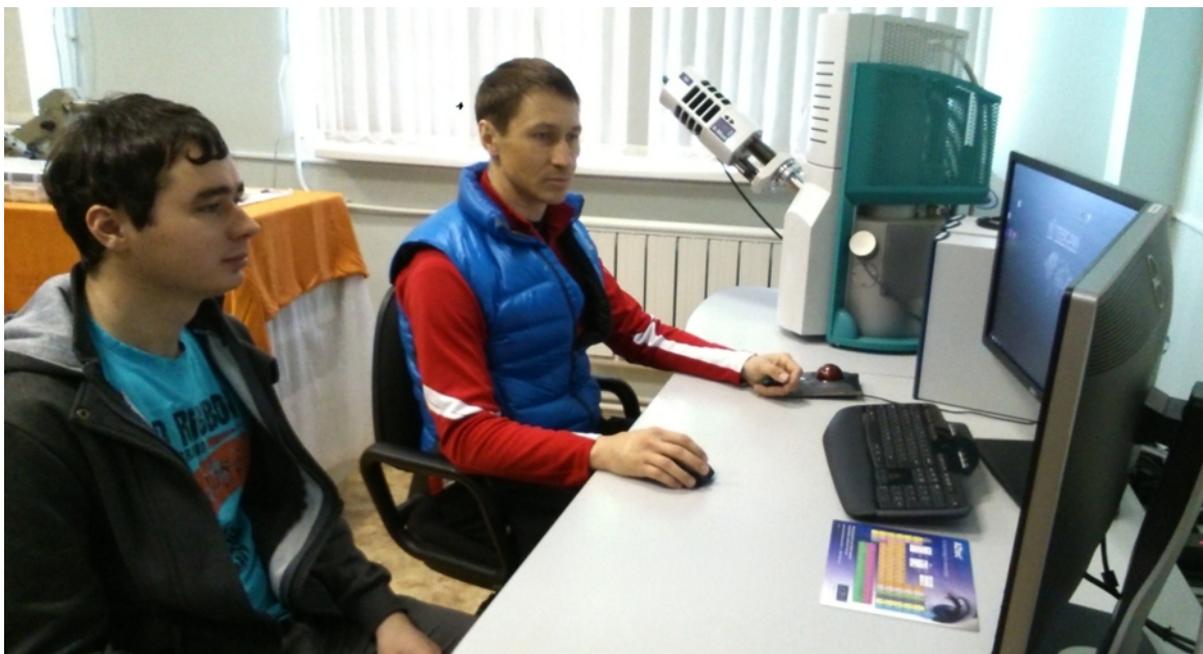


Рис. 2. Сканирующий электронный микроскоп Tescan Vega-3 с энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 50, лаборатория вулканогенного рудообразования, ИВиС ДВО РАН. Оператор инженер Чубаров М.В.



Рис. 3. Микроскоп Nikon Eclipse LV100 POL для исследования пород и руд в отраженном и проходящем свете, лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН, месторождений полезных ископаемых КамГУ им. Витуса Беринга.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Минералогия и вещественный состав руд месторождения Золотое изучалось многими исследователями [1,5,6]. Начало промышленного освоения месторождения позволило произвести минералого-геохимическое картирование рудного тела с отбором наиболее представительных образцов. Особое внимание было уделено рудам с аномальными количествами сульфидов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОСЕРЕБРЯНЫХ РУД

Руды месторождения представляют собой жилы кварц-адуляр-карбонатного состава с различными текстурами и структурами, в которых количество рудных минералов меняется от рассеянной убогой вкрапленности до до густовкрапленных и даже массивных. Основные виды текстуры руд приведены на рис. 4. Наибольшим распространением пользуются брекчиевые и брекчиевидные текстуры, которые сложены обломками рудного массивного молочно-белого и полупрозрачного полосчатого кварца. Обломки массивного кварца часто содержат незначительную вкрапленность рудного вещества (рис. 4а).

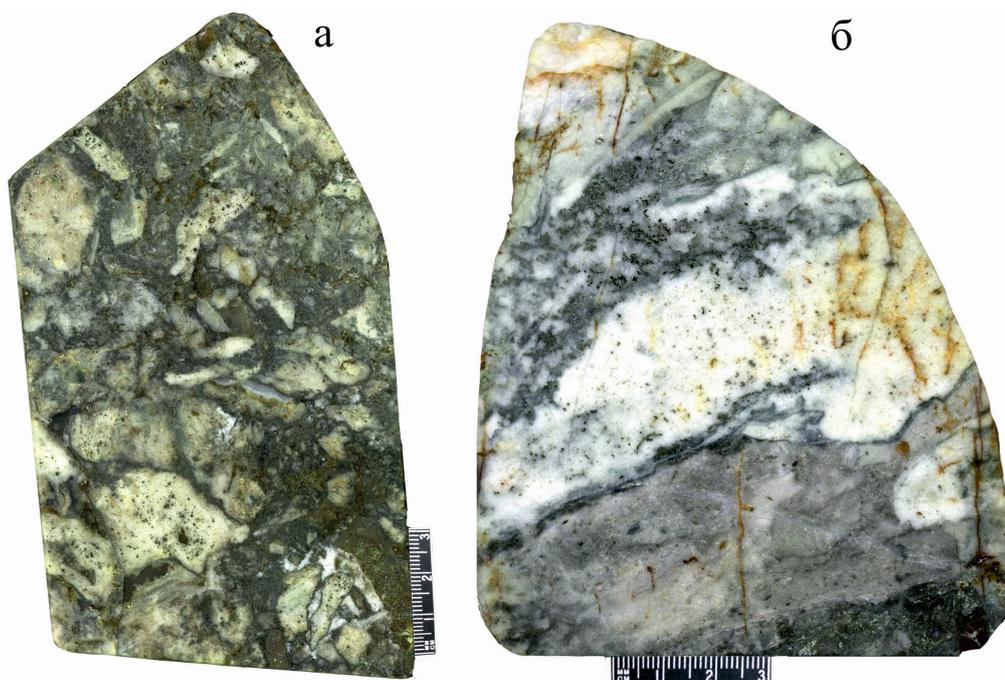


Рис. 4. Текстуры руд: а - брекчиевые где обломки кварца, обогащенного, сульфидами, сцементированы кварц-сульфидным агрегатом с вкрапленностью самородного золота; б - полосчатая ура с рассеянной вкрапленностью сульфидов и самородного золота, приуроченные к массивному кварцу молочно-белого цвета.

Полосчатые текстуры руд представлены значительно реже брекчиевых. Они обусловлены чередованием широких полос массивного, сливочного белого мелкокристаллического кварца с серым кварцем опаловидным. Часто в полосчатых текстурах наблюдаются элементы брекчирования.

ния. Вкрапленность рудных минералов в таких разностях достаточно убогая.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

Главные рудные минералы: самородное золото, электрум, пирит, сфалерит, галенит свободно рассеяны в кварцевом жильном агрегате (табл. 1). В данной работе приводятся результаты детальных исследований таких типоморфных минералов эпитермальных золоторудных месторождений как золото, пирит, халькопирит и сфалерит, описание которых приводится ниже.

Таблица 1. Минеральный состав руд месторождения Золотое

	Распространенность	Гипогенные	Гипергенные
Главные	Пирит (As до 3-4 %) Самородное золото Электрум	Кварц Карбонаты с переменным содержанием марганца и магния Серицит (мусковит)	Гидрооксиды железа, и марганца
Второстепенные	Сфалерит Халькопирит Галенит	Адуляр Хлорит Каолинит Магнетит Монтмориллонит	Борнит Ковеллин Халькозин Гематит
Редкие	Блеклые руды (Ag до 4-5%) Сульфосоли серебра (пирсеит-полибазит, прустит-пираргирит) Гессит Алтаит Арсенопирит Молибденит Самородный теллур Реальгар Сульфостаннаты Киноварь Кюстеллит Агвиларит	Барит Циркон Рутил	Малахит

Жильный материал представлен кварцем в сростании с серицитом (мусковитом) и адуляром. Последний образует единичные кристаллы таблитчатой и удлиненной форм. По составу адуляр отвечает теоретической формуле $KAlSi_3O_8$.

Самородное золото характеризуется весьма мелкими размерами от 0,001 до 0,025 мм. Оно встречается в виде простых самостоятельных зерен, свободно рассеянных в кварцевой жильной массе, до сложных сростаний с сульфидами (рис. 5а, в). Еще одна, довольно часто встречающаяся, форма выделения золота - включения в пирите (рис. 5б). Одно зерно пирита может содержать от одного до нескольких микровключений золота.

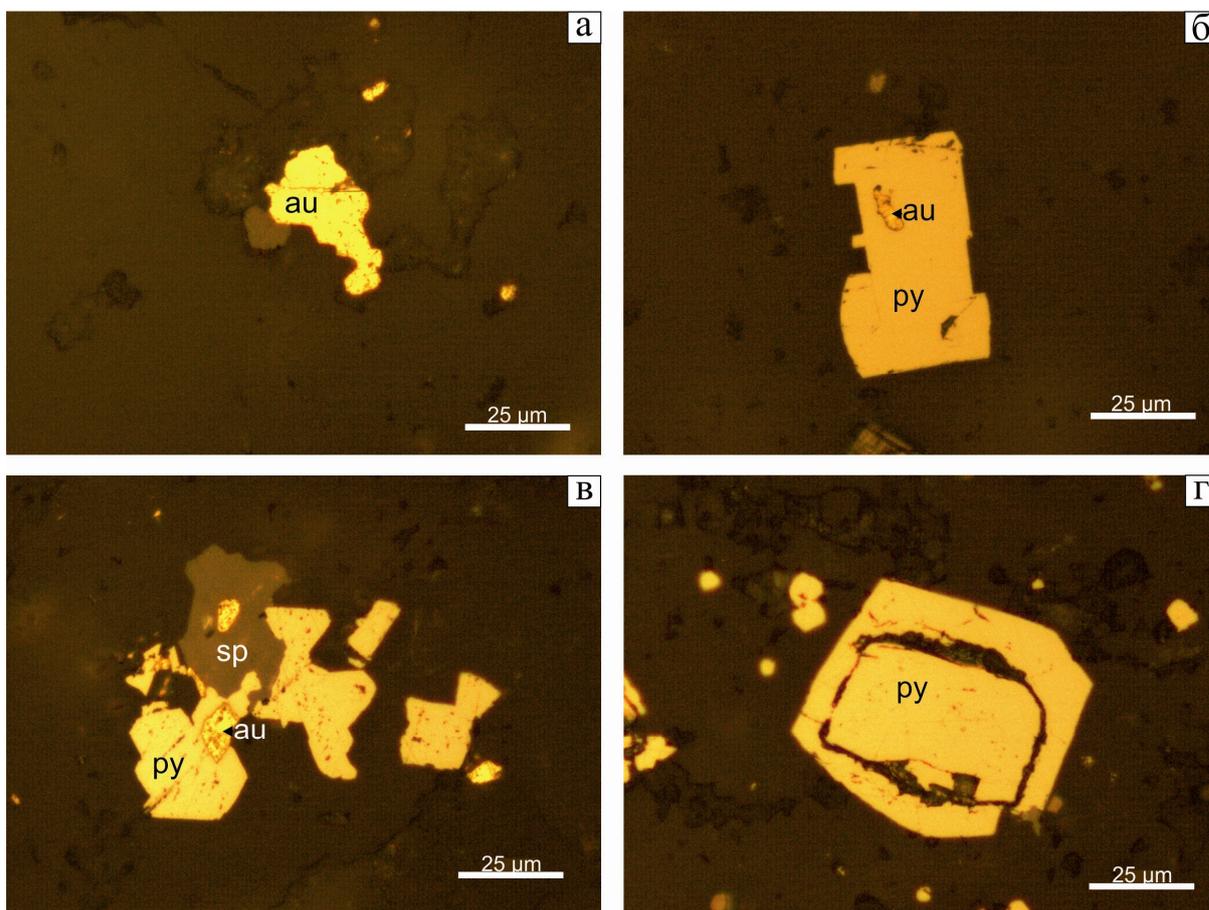


Рис. 5. Микрофотографии, иллюстрирующие формы выделения рудных минералов в кварц-адуляровой жильной массе месторождения Золотое: а - свободное самородное золото (au) интерстициональной формы в кварце; б - золото в виде микровключений в пирите (py); в) сложное сростание золота с пиритом и сфалеритом (sp); г) зерно пирита кубической формы. Микрофотографии сделаны в отраженном свете.

Пирит - самый распространенный сульфид в рудах Золотого месторождения. Он образует собственные скопления зернистых масс, формируя участки массивных сульфидных руд и ассоциирует с самородным золотом, сфалеритом, халькопиритом, галенитом и другими рудными минералами. По формам выделения отмечаются одиночные кубические кристаллы, реже встречаются пентагондодекаэдрические и триоктаэдрические. Одиночные кубические кристаллы нередко образуют скопления. Характерны нарастания пирита поздней генерации на более ранний с образованием структур эндогенных краевых каемок (рис. 5г).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ

В таблицах 2 и 3 приведены результаты микрозондового анализа самородного золота и пирита. В химическом составе самородного золота установлены только Au и Ag. Концентрации Au меняются от 70 до 80 вес. %, Ag - от 20 до 30 вес. %, соответственно (рис. 6).

Таблица 2. Результаты микрозондового анализа самородного золота

№	Вес. %			Атом. %		
	Au	Ag	Сумма	Au	Ag	Сумма
1	70,43	29,56	99,99	56,61	43,39	100,00
1	70,44	30,20	100,64	56,09	43,91	100,00
1	76,27	21,96	98,23	65,54	34,46	100,00
2	75,90	22,06	97,96	65,33	34,67	100,00
3	77,79	21,78	99,57	66,17	33,83	100,00
1	74,36	25,39	99,75	61,60	38,40	100,00
2	74,79	25,21	100	61,90	38,10	100,00
1	75,13	24,87	100	62,32	37,68	100,00
2	74,48	25,52	100	61,52	38,48	100,00
3	73,91	26,09	100	60,81	39,19	100,00

Таблица 3. Результаты микрозондового анализа пирита

№	Вес. %				Атом. %			
	Fe	S	As	Сумма	Fe	S	As	Сумма
1	47,49	51,32		98,81	34,69	65,31		100,00
2	47,61	51,33		98,94	34,75	65,25		100,00
1	47,38	51,50	0,13	99,01	34,57	65,39	0,07	100,00
2	47,55	51,89	0,88	100,32	34,31	65,21	0,48	100,00
3	47,49	51,08	0,27	98,84	34,75	65,11	0,15	100,00
4	48,09	52,09	1,03	101,21	34,45	65,00	0,55	100,00
1	47,21	50,11	2,70	100,02	34,58	63,94	1,48	100,00
2	45,67	49,71	2,52	97,90	34,05	64,55	1,40	100,00
3	47,33	51,42		98,75	34,57	65,43		100,00
4	47,31	51,67		98,98	34,45	65,55		100,00

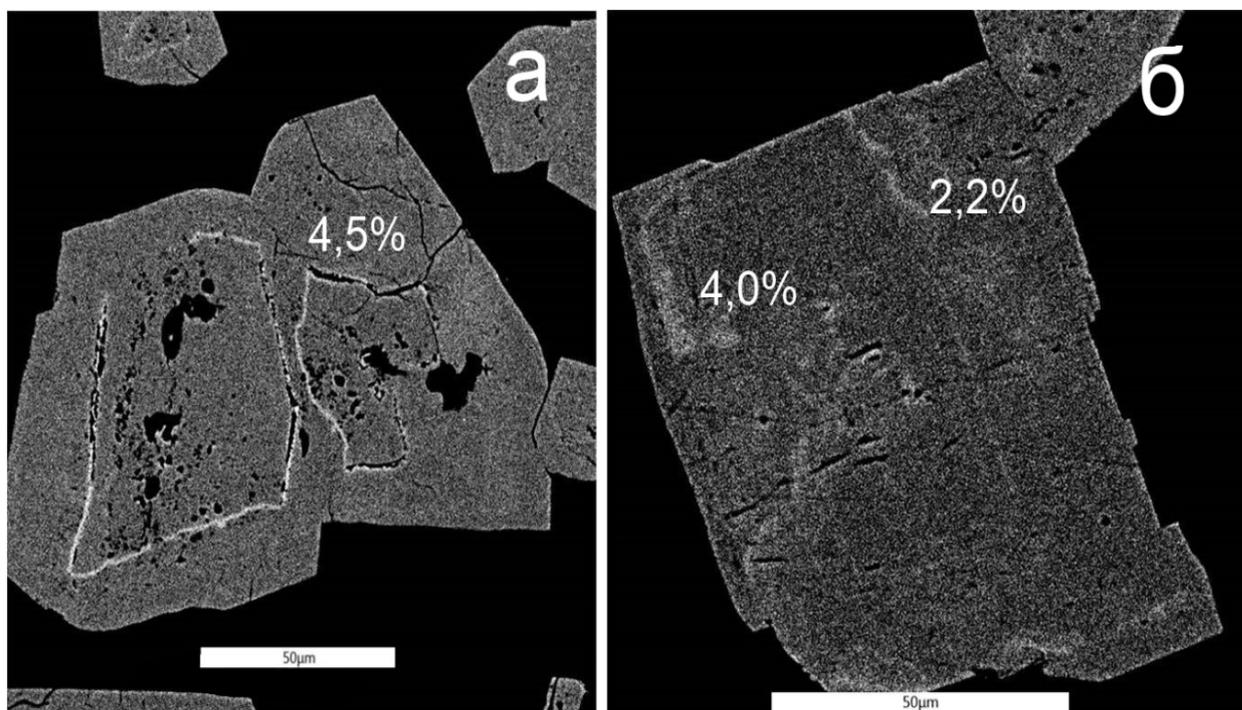


Рис. 6. Гистрограмма распределения серебра в самородном золоте

Пирит характеризуется однородным и неоднородным химическим составом (табл. 3). Неоднородности состава вызваны локальным концентрированием мышьяка как правило в виде микрозон. Концентрации As достигают 4-5 % вес. Распределение мышьяка носит как упорядочный характер, по зонам роста кристалла, так и неравномерно распределенный с локальным обогащением микроучастков содержащих до 2-4% вес. (рис. 7).

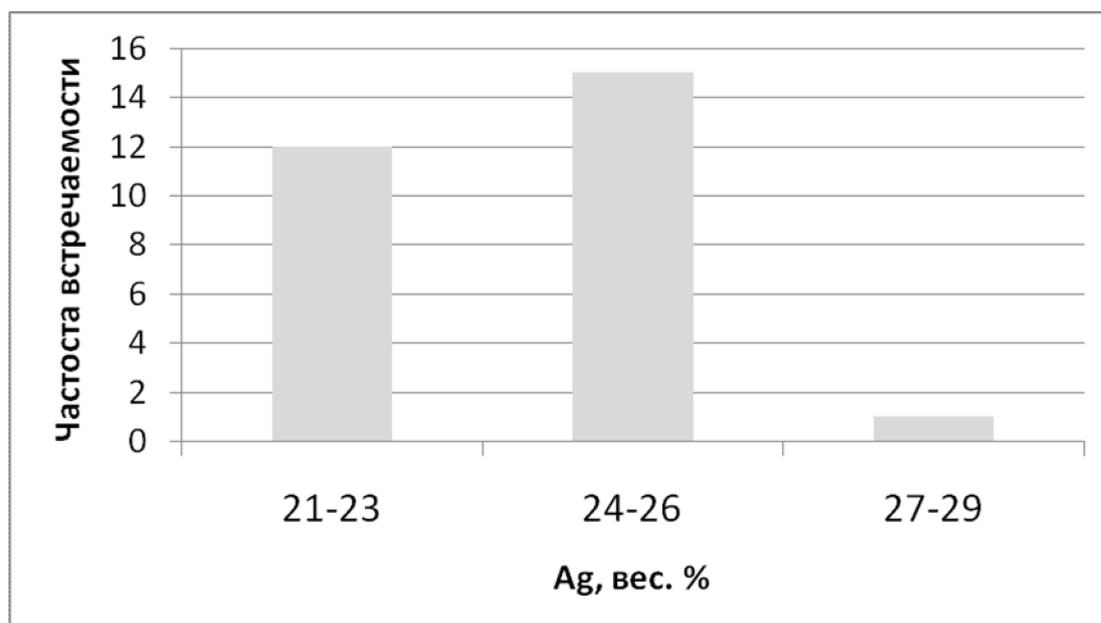


Рис. 7. Неоднородное строение пирита, обусловленное локальным обогащением мышьяком отдельных участков в пределах зерен: а - упорядоченное зональное распределение мышьяка (белые зоны) с концентрациями As до 4-5 вес. %; б - неравномерное комбинированное за счет сочетания микрозон и сложных по своему строению микроучастков. Микрофотографии в обратно рассеянных электронах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Месторождение Золотое разрабатывается с конца 2012 г. с целью поставки высокосортной золотосеребряной руды для нормальной деятельности Агинского ГОКа. В течение полевого сезона 2013 года на территории месторождения был выполнен ряд работ: 1) построен комплекс для проживания горно-технического персонала месторождения; 2) прой-

дена штольня и слоевые штреки; 3) обеспечена система вентиляции штольни.

Для руд месторождения характерны брекчиевые и прожилково-вкрапленные текстуры с рассеянной вкрапленностью рудных минералов.

Детально изучены некоторые типоморфные особенности таких рудных минералов как пирит, халькопирит, сфалерит, самородное золото. Пирит характеризуется разнообразными формами выделения: простые кубические кристаллы, пентагондодекаэдрические, триоктаэдрические. Типичны включения рутила в пирите.

По химическому составу выделены две разновидности пирита: однородный и неоднородный. Неоднородности химического состава обусловлены примесью мышьяка (до 4-5% вес.).

Самородное золото отличается исключительно мелкими размерами (от 0,001 до 0,025 мм). Оно образует самостоятельные выделения в кварцевой массе (свободная форма), сростания с сульфидами и включения в пирите (связанная форма нахождения в рудах).

В химическом составе самородного золота установлены Au (70-80% вес.) и Ag (20-30% вес). В редких случаях установлены незначительные концентрации железа, обусловленные захватом этого элемента из сульфидной матрицы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую и искреннюю благодарность руководству компании ЗАО "Золото Камчатки" за возможность прохождения преддипломной практики с отбором образцов руд и вмещающих пород для дальнейших исследований и лично главному геологу Черняеву Д.С. за помощь в процессе полевых работ и критические замечания, высказанные при ознакомлении с рукописью данного сообщения. Огромное спасибо Куликовой Р.Н. и Куликову В.В. за помощь в подготовке полиро-

ванных штуфов, аншлифов, шлифов, плоскопараллельных препаратов-пластинок. Авторы признательны Лунькову В.Ф. за подготовку проб для химико-аналитических исследований, руководителю группы микронзондового анализа ст.н.с. Чубарову В.М. за консультации по локальным методам физико-химических исследований, интерпретации данных микронзондового анализа. Отдельное спасибо научному руководителю к.г.-м.н. заведующему лабораторией вулканогенного рудообразования Округину В.М. за постановку проблемы, внимание и методические указания.

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 РАН № 14-III-B-08-192.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Е.Д. Текстурно-структурные особенности эпитермальной минерализации рудного поля золотое (Центральная Камчатка) // Вестник Краунц, 2(8), 2006. С. 195-200.
2. Андреева Е.Д., Кудаева Ш.С. Самородное золото Центральной Камчатки. XI региональная молодежная научная конференция «Исследования в области наук о Земле», г. Петропавловск-Камчатский, 26 ноября, 2013.
3. 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. С. 15-22.
4. 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.
5. Округин В.М., Андреева Е.Д., Безрукова Л.А., Большаков Н.М., Минеев С.Д. Типоморфизм самородного золота Балхачского золоторудного узла (Центральная Камчатка) // Материалы Всероссийской конференции «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». – Москва – 2010. – Т.1.
<http://www.econf.info/Samorodnoe-zoloto-Petrovskaya-100/Vol2/39.html>
6. Okrugin V.M., Okrugina A.M., **Andreeva E.D.**, R. Takahashi, H. Matsueda and S. Ono. Epithermal Mineralization of the Zolotoye Ore Field in Central Kamchatka, Russia // The 57th International Symposium «Resource geology», Tokyo, Japan, 2007. P. 80.
7. Okrugin V.M., Okrugina A.M., **Andreeva E.D.**, R. Takahashi, H. Matsueda and S. Ono. Geology and Ores of the Baranjevskoe Epithermal Deposit in Central Kamchatka, Russia // The 57th International Symposium «Resource geology», Tokyo, Japan, 2007. P. 82.

Au-Ag ZOLOTOT DEPOSIT: PERSPECTIVE SOURCE
OF GOLD IN KAMCHATKA

Rukin P.A., Andreeva E.D., Chubarov M.V.

Zolotoe deposit is one of the economic significant gold-silver deposit of Balkhach ore cluster has been remained in rank of promising for long time. Zolotoe deposit has been put into mine stage by the reason of petering-out gold resources of Aginskoe mine, which is located in 15 km to north-east from the Zolotoe deposit. In a purpose to make out mineralogical and geochemical studies the samples of gold-silver ores and host rocks have been collected during field works of 2013. Epithermal veins are composed of quartz-adularia with ore minerals less than 3-5 %. Some ores are enriched in sulphides, especially pyrite. This type of ore have been studied. Pyrite is a main mineral. It is characterized by different mode of occurrence, impurities of As and porous microstructure. A significant portion of the associated native gold in pyrite forms micro-sized inclusions enriched with arsenic.

Key words: deposit, gold, pyrite