

Кайгородова Е.Н., Петров В.А. (ИГЕМ РАН)

**ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ РАДУЖНОЕ
(КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА)**

*Структура рудного поля месторождения Радужное — совокупность близко расположенных рудных зон, связанных единством своей геологической структуры и общностью происхождения в границах общей области рудокализации. Месторождение Радужное относится к гидротермальным объектам в субвулканических структурах и представляет собой рудно-магматический узел, состоящий из серии рудных тел и субвулканических тел среднего-кислого состава. Жилообразные, штокообразные и гнездообразные рудные тела с вкрапленными сульфидными рудами развиты в полигенных брекчиях, также присутствуют линзообразные тела массивных, густо-вкрапленных сульфидных руд и различные по составу жилы и прожилки. Состав руд: пирит, халькопирит, сфалерит, галенит. Самородное золото тонкое и мелкое, низкопробное. Присутствует в свободной форме и в тонкодисперсном виде в сульфидах. **Ключевые слова:** золоторудное месторождение, Северный Кавказ, геология, руда.*

Kaygorodova E.N., Petrov V.A. (IGEM RAN)

GOLD ORE DEPOSIT RADUZHNOE (KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC)

*The structure of the ore field of the Raduzhnoe deposit is a set of closely located ore zones, connected by the unity of their geological structure and by common origin within the boundaries of the general area of ore-localization. The Raduzhnoe deposit presents a hydrothermal object in subvolcanic structure and represents an ore-magmatic unit consisting of a series of ore bodies and subvolcanic bodies of medium-acid composition. Vein-like, stock-shaped and nest-shaped ore bodies with disseminated sulphide ores are developed in polygenic breccias, lenticular bodies of massive, densely disseminated sulphide ores and various of veins. The composition of the ores: pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena. Native gold is thin and low grade. It is presented in free form and in a finely dispersed form in sulfides. **Keywords:** gold ore deposit, North Caucasus, geology, ore.*

Месторождение Радужное входит в состав Кардан-Куспартинского рудного узла Черек-Кубанской минералогической зоны Карпато-Крымско-Кавказской провинции.

Цель настоящей статьи — выяснение генетических особенностей месторождения Радужное, с использованием каменного и графического материала, собранного во время полевых работ в 2007–2015 гг. На сегодняшний день практически отсутствуют опубликованные работы по данному месторождению и району.

Впервые сульфидные жилы в юрских черных сланцах на контакте с гранитами в районе с. Хулам упоминаются в работе Левинсона-Лессинга 1913 г. в книге «Вулканы и лавы Центрального Кавказа» [4]. Поисковые работы в зоне Главного и Бокового хребтов Большого Кавказа проводились с 1930-х годов и были направлены в основном на поиски рудных полезных ископаемых (свинец, цинк, медь, мышьяк, золото и др.). Анализ по полиметаллическим и мышьяковым рудопроявлениям территории дан в статье «Мышьяковые и полиметаллические рудопроявления между-речья рек Чегем — Черек Балкарский (Кабардино-Балкарская Республика)» [6]. Золотое оруденение участка Радужный было выявлено в 1974 г. в процессе производства работ Нальчикской нерудной партией КБГРЭ на фарфорофаянсовое сырье.

Структура рудного поля месторождения Радужное

Месторождение Радужное находится в горной части Республики Кабардино-Балкария на территории Черекского района в Хуламо-Безенгийском ущелье севернее с. Безенги на левом борту р. Черек Безенгийский в пределах листа К-38-VIII. Район месторождения сложен разновозрастными и пестрыми по составу комплексами пород, образующими два структурных этажа. Нижний — представлен кристаллическими сланцами, гнейсами и гранито-гнейсами Гондарайского комплекса нижнего-среднего палеозоя [10], прорванными гранитоидами средне-верхнепалеозойского возраста. Верхний — сложен осадочными образованиями нижней и средней юры, залегающими с резким угловым и стратиграфическим несогласием на породах фундамента и вмещающими вулканиты хуламского комплекса. С севера район ограничен эскарпом Скалистого хребта, сложенного терригенно-карбонатными породами верхнего отдела юрской системы.

В структурном плане месторождение расположено на северо-западном окончании Безенгийского горста, состоящего из тектонических блоков домезозойского фундамента, местами перекрытых ниже-среднеюрскими отложениями в зоне раннеальпийской тектономагматической активизации (ТМА) в пределах Северной Юрской депрессии, которая отличается относительно мягким выположенным рельефом. Абсолютные отметки участка работ колеблются от 1400 до 2500 м. Обнаженность участка низкая, около 80–85 % площади закрыто чехлом четвертичных отложений мощностью от 1 до 50–60 м. Юрские терригенные отложения претерпели существенные метасоматические изменения в связи с проявлением юрского магматизма.

В междуречье рек Чегем — Черек Балкарский раннеальпийский (киммерийский) тектономагматический цикл охватывает нижнее-среднеюрское время

внедрения и излияния пород андезит-трахиандезитовой формации, включающей долериты, андезито-базальты, андезиты, трахиандезиты, дациты, риолиты и трахиты, образовавшиеся в узком временном интервале из одного магматического расплава [2]. Внедрение магм, создавших субвулканические тела, происходило на участках, испытывавших растяжение, чаще всего в местах пересечения крутопадающих и пологих разрывных структур. Магматические процессы протекали на фоне тектонической активизации в период с ранне-тоара до байосса включительно. Пространственное распределение их проявлений контролировалось долгоживущими субширотными разломами (Саугамским, Саурданским) и их пересечениями с субмеридиональными разломами. На территории месторождения нами описаны диабазы, риолиты и трахиты. Дабазы, по-видимому, образовались в начальный этап ТМА и относятся к дайковому поясу Большого Кавказа [7]. С телами калиевых риолитов связаны массивные золотосульфидные руды. Трахиты, образовавшиеся позднее риолитов, представляют собой более поздний дифференциат магматического источника. Возраст вулканитов точно не установлен и определяется разными авторами от нижнего тоара до среднего байосса. С эпимагматическим этапом становления риолитов связывается широкое развитие процессов окварцевания вмещающих пород, меньшая их карбонатизация и баритизация, а также широкое развитие щелочного метасоматоза — содержание калия достигает 11–12 %.

В пределах рудного поля месторождения Радужное в приповерхностных условиях характерно широкое развитие флюидно-эксплозивных брекчии. Они являются продуктом гидротермально-метасоматических преобразований рудовмещающих пород различного происхождения и собственно кремнистого цемента инъекционно-эксплозивных брекчии. Максимально брекчии проявлены в аргиллитах аалена — байосса на контакте с риолитами в форме сплошных масс, пятен, пластовых и реже прожилковидных образований темно-серого и черного цветов. Подобные инъекционно-эксплозивные брекчии были описаны [9] на месторождениях Балеysкое, Илинское, Куранахское, Кочбулакское. Существуют различные представления о генезисе и механизме становления эксплозивных аппаратов. П.Ф. Иванкин относит их к закрытым эксплозиям, не разделяя брек-

чии на эруптивные и эксплозивно-инъекционные [3]. Он называет их эксплозивно-гидротермальными, рассматривая эти образования как переходное звено между процессами магматического петрогенеза и гидротермально-магматогенного рудообразования и считая, что транспортировка обломочного материала осуществляется концентрированными гидротермами подобно материалу селя или грязевого потока. Причину взрывных явлений А.М. Борсук и Ю.П. Масуренков [1] видят в явлениях дифференциации магмы, в результате которой головная часть магматического столба обогащается щелочами и газовой составляющей.

Рудная минерализация на площади месторождения Радужное пространственно связана с субвулканическими телами юрских калиевых риолитов и трахитов. Рудные тела и зоны повышенной минерализации наиболее часто представлены жиллообразными, штокообразными и гнездообразными телами в флюидно-эксплозивных брекчиях, вкрапленными сульфидными рудами, линзообразными телами массивных, густо-вкрапленных сульфидных руд и различными по составу жилами и прожилками.

Наиболее интенсивным и широко развитым из рудных гидротермальных процессов является площадное окварцевание. Оно охватывает как магматические, так и вмещающие породы. Мощность зон окварцевания колеблется от первых десятков сантиметров до сотен метров. Аргиллизация также, по всей вероятности, предшествует оруденению.

Рудные образования месторождения Радужное представлены вкрапленными сульфидными рудами в брекчиях, линзообразными телами массивных и

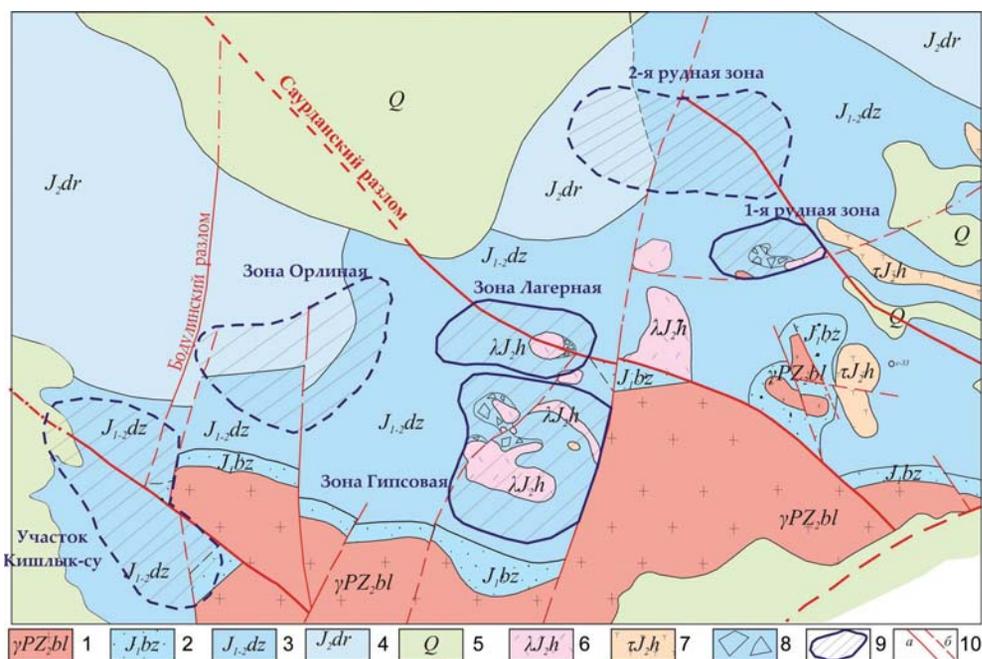


Рис. 1. Геологическая карта со схематическим расположением рудных участков на месторождении Радужное: 1 — граниты белореченского комплекса (нижний-средний карбон); 2–4 — юрские отложения, осадочный чехол; 5 — четвертичные отложения; 6 — риолиты хуламского комплекса; 7 — трахиты хуламского комплекса; 8 — флюидно-эксплозивные брекчии; 9 — рудные участки; 10 — разрывные нарушения (а — установленные, б — предполагаемые)

густовкрапленных сульфидных руд и различными по составу жилами и прожилками.

В пределах месторождения Радужное выделены 6 рудных участков (так называемых рудных зон): Первая, Вторая, Лагерная, Гипсовая, Орлиная и преимущественно полиметаллическая Кишлык-су. В связи с пространственной удаленностью участков друг от друга, корректнее было бы называть рудное поле месторождение Радужное. Следует отметить, что только участки Первой рудной зоны, Гипсовой и Лагерной можно считать промышленно перспективными. Первая рудная зона прослежена по простиранию более чем на 500 м. В ней отмечаются места с повышенной концентрацией золота и серебра, образующие отдельные рудные столбы (бананцы). Остальные так называемые рудные зоны представляют отдельные пересечения, вскрытые на различных уровнях, не имеющие выходы на земную поверхность и залегающие на значительной глубине (120–200 м). По состоянию на 01.01.2003 г. МПР РФ были утверждены прогнозные ресурсы 55 т коренного золота по кат. Р₃ по Безенгийскому (Хуламскому) рудному району (включающему все участки рудного поля месторождения Радужное) со средним содержанием 6 г/т. В 2013 г. по результатам проведенных на месторождении работ ТКЗ были утверждены запасы золота и серебра для открытой отработки: золота 4,89 т по кат. С₂, серебра 96,4 т по кат. С₂ при содержании в рудах 2,9 г/т золота и 58,99 г/т серебра. Месторождение Радужное относится к разряду мелких. По сложности геологического строения месторождение отнесено к 3-й группе.

Отмечается наложение рудной минерализации на силы трахитов, что свидетельствует о дорудном происхождении последних. Формирование рудно-магматической системы происходило в такой последовательности: внедрение комплекса лакколлитов и силлов, риолитов и трахитов → формирование золотосульфидного оруденения (массивные сульфидные руды) → образование золотосеребряного оруденения и кварц-карбонат-баритовой минерализации → образование зоны гипергенеза.

В результате проведенных работ на месторождении выделены 3 минеральных типа оруденения, располагающихся на различных уровнях (снизу–вверх):

1. Галенит-сфалерит-халькопиритовое оруденение, локализованное в основном в гранитах фундамента и песчаниках плинсбаха.

2. Золото-серебро-сульфидное оруденение — в брекчиях и линзообразных телах массивных сульфидных руд. Руды этого типа слагают большую часть площади месторождения.

3. Золотосеребряное безсульфидное оруденение — в инъекционно-эксплозивных брекчиях и метасоматитах в приповерхностных условиях.

Этим типам соответствуют 2 технологических вида руд на золото: первичные золотополиметаллические и окисленные золотосеребряные. В первом, кроме золота и серебра, представляют промышленный интерес медь, цинк, свинец и кадмий (Мезенина и др., 1982).

Содержание полезных компонентов варьирует в широких пределах: Au от 0,1 до 215 г/т, Ag от 0,1 до 4000 г/т.

Галенит-сфалерит-халькопиритовое оруденение

В пределах рудного поля выявлено широкое развитие полиметаллической минерализации вкрапленного и прожилкового типов. Глубина развития оруденения достигает 400 м. Рудные тела пространственно связаны с тектоническими разломами. Сульфидная минерализация прослежена в верхнепалеозойских гранитах, песчаниках плинсбаха, аргиллитах и вулканитах средней юры и контролируется тектоническими нарушениями северо-западного, субмеридионального, реже субширотного и северо-восточного направлений. Наиболее значительные полиметаллические проявления выявлены на левобережье р. Кушху-лесу, где в девяти скважинах выявлены зоны с содержаниями свинца 1–5,9 % и цинка 1,4–4,8 % на мощности 1 м. Аналогичное оруденение встречается на правобережье р. Кушху-лесу и на участке Кишлык-су. Как правило, для данного типа оруденения характерно крайне низкое (<0,5 г/т) содержание Au.

Золотосульфидное оруденение

Этот тип оруденения сформировался в раннюю постмагматическую стадию и ассоциирует с лакколитами и некками калиевых риолитов. В пределах Лагерной и Первой рудной зон наблюдаются выходы окварцованных брекчированных пород с гнездовыми и линзовидными выделениями колчеданно-полиметаллических руд мощностью до 30 см. Золото ассоциирует с сульфидами.

Золотосеребряное безсульфидное оруденение

Этот тип оруденения сформировался на месте сульфидных руд в приповерхностных условиях в поздний рудный этап в результате процессов, вызвавших выщелачивание сульфидов, замещение их вторичными минералами и переотложение входивших в состав сульфидов рудных компонентов в виде гипергенных минералов — лимонита, плюмбоарозита, церуссита, ковеллина и др. Это оруденение имеет наибольший промышленный интерес. Оно выявлено на Первой, Лагерной и Гипсовой рудных зонах. Рудные минералы представлены самородным золотом, серебром, кераргиритом, акантитом, сфалеритом (клейофаном), галенитом. Максимальные содержания золота и серебра концентрируются в приповерхностных условиях в зоне выветривания, с глубиной (по данным опробования скважин) содержания золота и серебра резко уменьшаются.

Стадийность минералообразования

Предварительные результаты изучения вещественного состава руд месторождения позволяют наметить следующую схему последовательности минералообразования (рис. 2). Дорудная стадия — внедрение кислых магм, формирование субвулканического тела и связанной с ним интенсивной аргиллизации и пропилизации вмещающих пород — сменяется ранней рудной золотосульфидной. Пострудная стадия связана с процессами гипергенеза. Золото выделяется главным образом в золотосульфидную стадию. Гидротермаль-

Минерал	Этапы			
	Дорудный	Рудный		Пострудный гипергенный
		Золото-сульфидный	Золото-серебряный	
Гидрослюды	■			
Арсенопирит	■			
Ангидрит	■			
Хлорит	■			
Пирит	■	■	■	
Золото		■	■	■
Серебро		■	■	
Кюстелит			■	
Галенит		■	■	
Сфалерит		■	■	
Халькопирит		■	■	
Гипс		■		
Кварц	■	■	■	
Акантит			■	■
Марказит			■	■
Блеклые руды			■	■
Халцедон			■	
Кальцит		■	■	
Доломит			■	
Барит		■	■	
Адуляр			■	
Халькозин				■
Ковеллин				■
Кераргирит				■
Гематит			■	■
Лимонит				■
Гётит				■
Церуссит				■
Малахит				■
Азурит				■
Плюмбоярозит				■

Рис. 2. Последовательность образования руд месторождения Радужное

ный этап имел непрерывно-пульсационный характер развития на фоне постепенного изменения состава и свойств гидротермальных растворов в условиях медленно затухающей тектонической активности.

Минеральный состав руд

Минеральный состав руд месторождения изучался по серии образцов из разных рудных тел, отобранных по канавам и из керна буровых скважин. Изготовлены десятки полированных аншлифов и прозрачно-полированных шлифов. Микроскопические исследования проводились на микроскопе OLYMPUS BX51-P (Япония). Состав сульфидных, редких минералов и самородного золота определялся С.Е. Борисовским на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-8200 JEOL (Япония), оснащенным энергодисперсионным спектрометром JEOL в лаборатории Анализа минерального вещества, и П.М. Карташовым на СЭМ JSM-5610LV (Япония), оснащенным рентгеновским энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) INCA-450 (Великобритания) в Лаборатории кристаллохимии минералов ИГЕМ РАН.

К числу наиболее распространенных рудных минералов, встречающихся во всех рудных зонах, относят-

ся пирит, сфалерит, халькопирит, галенит; к числу менее распространенных — марказит, гематит, блеклые руды. Редкими, но ведущими по поисковому значению, являются акантит, кюстелит, самородное золото. Главные нерудные минералы — кварц, барит, кальцит, гидрослюды, хлорит. Для рудной зоны Гипсовая среди нерудных минералов преобладают гипс и ангидрит. В зоне гипергенеза развиты: лимонит, плюмбоярозит, бедантит, церуссит, малахит, азурит, халькозин, ковеллин и др. Наиболее частое нахождение самородного золота и серебра связано с сульфидами (галенит, халькопирит, сфалерит, пирит) и гипергенными минералами (лимонит, ярозит, церуссит).

Пирит встречается во всех рудных зонах и литологических разностях пород. Условно можно выделить четыре генерации пирита: 1 — рассеянный пирит в осадочных терригенных образованиях юры, характеризующийся часто овальными формами выделений (фрамбоидами); в алевролитах пирит образует тонкие межслоевые, линзообразные скопления; 2 — пирит дорудной стадии, связанный с процессами пропилитизации и аргиллизации в калиевых риолитах, кремнистых брекчиях, гранитах; 3 — пирит раннего и позднего рудных этапов формирования золото-сульфидного оруденения, развитый в карбонат-барит-кварц-сульфидных рудных жилах. Он характеризуется кристаллической формой выделений, образует идиоморфные кубические кристаллы, пентагон-додикаэдры, кубооктаэдры. Отдельные кристаллы и агрегаты пирита катаклазированы. В ассоциации со сфалеритом, галенитом, халькопиритом входит в состав массивных сульфидных руд; 4 — метаколлоидные выделения глобулярного пирита имеют ограниченное развитие, установлены преимущественно в пределах Первой рудной зоны. Форма выделений метаколлоидного пирита — почковидная, глобулярная. В цементирующей массе, состоящей преимущественно из барита, кальцита, сидерита, реже халцедона, развиваются зернистые овальной формы выделения пирита и скорлуповатые нарастания марказита на ранние кристаллы пирита, реже сфалерита.

Сфалерит — широко распространенный минерал, встречается практически во всех рудных зонах. По распространению он второй минерал после пирита. Большинство выделений сфалерита находится в сростаниях с галенитом, халькопиритом, пиритом. Часто в полированных шлифах сфалерит наблюдается в интерстициях кварца и других более ранних минералов, которые и определяют его формы выделений. Большинство

выделений сфалерита характеризуются пластинчатым обликом. Размер зерен от долей мм до первых см. По данным 26 микронзондовых анализов примесь кадмия составляет от 0,2 до 1,05 % (среднее 0,49 %); железа от 0,03 до 0,45 % (среднее 0,19 %). По невысокому содержанию железа сфалерит отнесен к клейофану.

Условно выделены 4 генерации сфалерита: 1 — кристаллические формы выделений сфалерита, не имеющие включений других минералов, образуют сростания преимущественно с галенитом и пиритом; 2 — отдельные кристаллы и зерна сфалерита, содержащие эмульсиевидные включения халькопирита. Ассоциирует с пиритом, халькопиритом и галенитом в массивных сульфидных рудах; 3 — низкожелезистый сфалерит позднего рудного этапа из рудных брекчий Первой рудной зоны (центральная часть проявления, где сконцентрированы основные запасы Au и Ag). Сфалерит ассоциирует с карбонатами, акантитом и самородным золотом. Зерна сфалерита данной генерации покрыты тонкой пленкой акантита; 4 — в приповерхностных условиях в зоне гипергенеза происходило образование колломорфного сфалерита, характерного для низкотемпературных образований. Как и сфалерит третьей генерации, он ассоциирует с акантитом.

Галенит — один из главных минералов золотосульфидного и полиметаллического типов оруденения. В пределах месторождения распространен неравномерно. В рудных брекчиях Первой рудной зоны встречаются мономинеральные скопления галенита. Химический состав галенита практически постоянный (по данным 39 микронзондовых анализов средний состав Pb 85,80 %; S 13,45 %). Примеси Se, Cu, As, Fe, Ag не обнаружены. Отмечены единичные значения Sb и Bi до 0,13 %.

Халькопирит широко распространен во всех рудных зонах. Наиболее высокие его концентрации установлены в Орлиной и Первой рудных зонах в массивных сульфидных рудах в ассоциации со сфалеритом, галенитом, пиритом. Минерал наблюдается в виде кристаллически-зернистых агрегатов, чаще всего в сростаниях со сфалеритом, галенитом, окаймляет кристаллы пирита, галенита. Иногда встречаются кристаллы октаэдрического габитуса. В ряде случаев халькопирит наследует формы выделений пирита, замещая последний. Халькопирит нарастает на кристаллы сфалерита, выполняет интерстиции в катаклазированном пирите, сфалерите. Халькопирит совместно со сфалеритом, галенитом, блеклой рудой ассоциирует с золотом и электрумом (кюстелитом). По халькопириту развиваются вторичные минералы: ковеллин, халькозин, малахит.

Арсенопирит — относительно редкий минерал. Встречен он лишь в ранней ассоциации с пиритом и халькопиритом.

Марказит — мало распространенный минерал. В рудных брекчиях Первой рудной зоны марказит иногда образует метаколлоидные выделения в карбонат-баритовой цементирующей массе, но чаще встречается в виде корочек и оторочек на корродированных кристаллах пирита и сфалерита.

Блеклые руды (Ю.М. Коптюх и др., 1985) встречаются в незначительном количестве в виде спорадических выделений в ассоциации с халькопиритом, сфалеритом, галенитом, реже пиритом, обнаружены практически во всех рудных зонах. Установлено ее присутствие в виде мелких включений в галените, сфалерите, пирите. Более крупные выделения наблюдаются в ассоциации с халькопиритом. Рентгенометрическими исследованиями (Ю.М. Коптюх и др., 1985) установлена принадлежность блеклой руды к серебросодержащим разновидностям (группа фрейбергита).

На месторождении Радужное, как и в подавляющем большинстве золоторудных полей, одновременно присутствует золото первичное, неизменное; частично измененное гипергенными процессами и новообразованное, гипергенное. Их количественное соотношение варьирует в широких пределах [8].

Нами выделены 5 самостоятельных минеральных фаз золота и серебра: **самородные золото и серебро, кюстелит (электрум), акантит и кераргирит**. Последний является гипергенным минералом. Акантит встречается в поздних ассоциациях со сфалеритом, галенитом, карбонатом, баритом.

Золото и кюстелит наблюдались в виде мелких выделений (первые единицы микронов) в единичных полированных шлифах и были диагностированы с помощью микронзонда. Трудность изучения самородного золота заключалась, прежде всего, в присутствии его исключительно в мелких выделениях (первые микроны, реже десятки микронов) сульфидов. В основном золото входит в виде изоморфной примеси или «невидимых включений» преимущественно в пирит и халькопирит золото-серебро-сульфидной стадии. Видимое золото наиболее часто наблюдалось в полированных шлифах из образцов Первой рудной зоны. По химическому составу анализ отвечает кюстелиту: Au — 19,32; Ag — 70,12; Hg — 9,93 % (сумма 99,37) (Ю.М. Коптюх и др., 1985). В халькопирите нами наблюдались тонкодисперсные включения золота (рис. 3а), отвечающие по составу электрму: Au — 42,57; Ag — 51,34; Hg — 3,63 % (сумма 97,59).

В карбонатизированных песчаниках зоны Кишлык-су выделены знаки самородного золота (рис. 3б), появление которых связано с процессом реювенации золота из сульфидов в самородную форму. По морфологии выделений и размерам золотин в пределах рудных зон месторождения Радужное можно выделить:

1. Самородное дисперсное золото с размером частиц до 300 мкм (рис. 3б).
2. Тонкодисперсное — первые десятки мкм (рис. 3а) в сульфидах.
3. Ультратонкодисперсное — частицы менее 1 мкм.

В зоне окисления месторождения встречены минералы надгруппы алуниита (плюмбоярозит, бедантит), малахит, азурит, лимонит и другие минералы. Мощность зоны окисления месторождения Радужное составляет первые метры.

Нерудные жильные минералы представлены кварцем, кальцитом, баритом, гипсом. Наиболее распространенным минералом является кварц. Жильный кварц

различается по цвету и формам выделения. С рудными стадиями связано две разновидности кварца: 1 — мутно-серый жильный кварц с зернистой структурой, синхронный с продуктивным золото-серебро-сульфидным типом оруденения; 2 — халцедоновидный кварц поздней продуктивной стадии рудной минерализации.

Карбонаты и барит также являются распространенными минералами. По золотоносности барит является вторым нерудным минералом после кварца. Барит развит, как правило, в верхней части разреза. Карбонаты представлены кальцитом, реже доломитом и сидеритом. Золотоносность и сереброносность карбонатных минералов относительно низкая. Исключение составляет карбонат-баритовая поздняя ассоциация золотосеребряного типа оруденения.

Одной из важных особенностей месторождения является широкое развитие гипса в рудном разрезе. Гипс является продуктом гидратации ангидрита, приуроченного к корневым частям вулканических построек. В результате проведенного исследования установлено следующее.

Золотое оруденение развито в различных геологических образованиях: риолитах, кварцитах, брекчиях. Выходы золотоносных брекчий образуют рудную полосу, которая дугообразно окаймляет с севера приподнятые гранитные блоки фундамента. Брекчированные, карбонатизированные и окварцованные породы месторождения Радужное на всех коренных выходах имеют повышенные содержания благородных металлов, но их промышленные концентрации приурочены к участкам пересечения тел брекчий с разломами северо-западного простирания. Рудогенерирующей системой являлся субвулканический хуламский комплекс. Повышенная золотоносность пород фундамента обеспечивает под воздействием юрского магматического очага мобилизацию рудного вещества и его переотложение в тектонически ослабленных зонах в юрском осадочном чехле. Аргиллиты сыграли роль геохимиче-

ских и термодинамических «экранов», приводящих к разгрузке напряжений и образованию флюидно-эксплозивных брекчий. При быстром падении давления и температуры разгрузка металлоносных растворов происходила непосредственно в пределах вулканотектонических структур.

Совокупность геологических, структурных, литологических и минералогических данных позволяет отнести месторождение Радужное к типичным гидротермальным объектам с развитием метасоматических процессов, таких как интенсивное окварцевание вулканитов и осадочных пород, аргиллизация и пропилизация риолитов и трахитов.

Рудная минерализация в породах фундамента и верхнем вулканогенно-осадочном структурном этаже имеет признаки генетического единства, представляя собой различные уровни рудной системы, контролировавшейся процессами вулканотектонической активизации.

Гидротермальные процессы, связанные с вулканической деятельностью, мобилизация рудных компонентов, а также быстрое охлаждение рудоносных растворов в поверхностных условиях и смешение их с холодными метеорными водами в условиях повышающейся щелочности рудогенерирующих растворов и ритмически меняющегося окислительно-восстановительного потенциала при температурах 295–120 °С привели к переотложению вещества и образованию рудной минерализации, содержащей самородное золото, серебро и другие минералы благородных металлов.

Золото представлено двумя генерациями: ранняя — в виде микронных включений электрума и кюстелита в халькопирите, сфалерите и галените золотосульфидной ассоциации и поздняя — преимущественно самородная форма золота в золотосеребряной безсульфидной ассоциации.

Рудоконтролирующую роль имели длительно развивавшиеся тектонические формы нижнего структурного этажа (фундамента), связанные с высокой мобильностью горст-антиклинальных блоков, сопряженностью с ними разломов, контролирующих размещение продуктов магматизма (вулканических аппаратов) и гидротермалитов.

В работе использованы материалы отчетов: Г.Ю. Григорчук, С.С. Крыжевич и др. Перспективная оценка золотосеребряных рудопоявлений на Безенгийском рудном поле на основе изучения геологических и физико-химических условий минерализации. Промежуточный отчет по работам 1978–1979 гг., Львов. 1980;

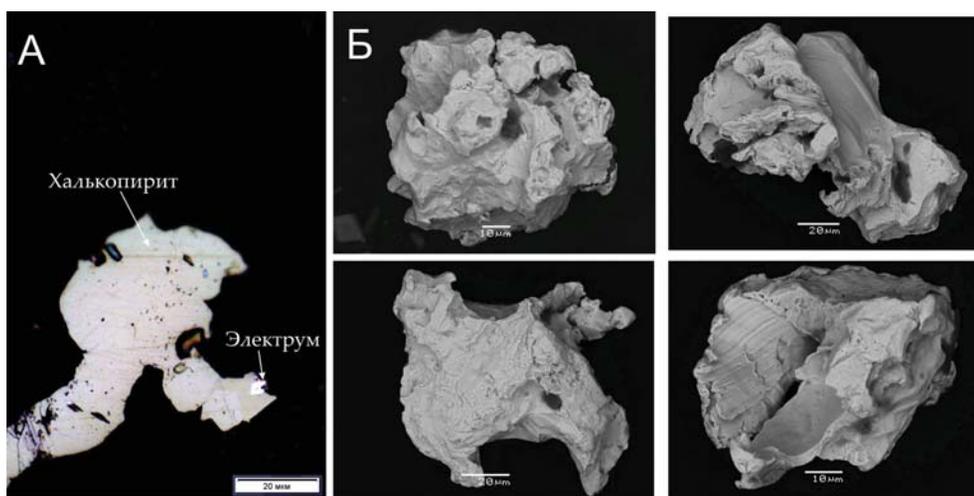


Рис. 3. Формы нахождения золота в рудах месторождения Радужное: А — электрум в халькопирите из кварц-карбонатных метасоматитов, Первая рудная зона, скв. 3001; Б — золотины из зоны окисления карбонатизированных брекчированных песчаников с сульфидной минерализацией, зона Кишлык-су

В.С. Доля, В.Е. Зайцев, А.Н. Письменный, Н.Л. Энна. Проект прогнозно-поисковых работ на золотосеребряное оруденение в Чегем-Урухском вулканоплутоническом поясе, 2005 г.; Л.С. Калинин, В.И. Разумеев и др. Отчет партии № 4 о результате поисково-оценочных работ на Радужном участке и поисковых геохимических и геофизических работ на флангах Безенгийского рудного поля на коренное золото за 1976–1979 гг., Нальчик, 1979; Ю.М. Коптюх, Н.П. Семенюк и др. Отчет по хоздоговору №3/82 Изучение вулканизма и связи с ним процессов метасоматоза и оруденения в зонах активизации Кабардино-Балкарии, Киев, 1985; С.И. Лезин, Э.В. Стативкин и др. Отчет о поисковых работах на золото-серебряное и полиметаллическое оруденение на Радужном (Хуламском) участке за 1975–1976 гг., Нальчик, 1976; Т.В. Мезенина, Е.В. Аксаментов и др. Отчет партии № 4 о результатах детальных поисков близповерхностного золото-серебряного оруденения на участках Кишлык-су, Кардан, Правобережный и зоне II Безенгийского рудного поля за 1979–1982 гг., Нальчик, 1982; Э.В. Стативкин, А.А. Стативкина. Справочные материалы по перспективам золотоносности территории КБАССР, Нальчик, 1976.

Исследование выполнено в рамках темы № 0136-2018-0016 государственного задания ИГЕМ РАН «Развитие интегрированной информационной системы для пространственно-временного моделирования рудообразующих систем месторождений стратегических металлов на основе ГИС технологий».

ЛИТЕРАТУРА

1. Борсук, А.М. Об эксплозивных формах интрузивного процесса / А.М. Борсук, Ю.П. Масуренков // Изв. РАН СССР. Серия геологическая. — 1964. — № 4. — С. 38–55.
2. Борсук, А.М. Пропилитизированные породы Горной Балкарии (Северный Кавказ) и связанная с ними рудная минерализация / А.М. Борсук, А.А. Цветков, С.И. Лезин // Изв. РАН СССР. Серия геологическая. — 1977. — № 11. — С. 37–52.
3. Иванкин, П.Ф. О закрытых эксплозивиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роли при формировании рудных месторождений / П.Ф. Иванкин // Геология и геофизика. — 1965. — № 10. — С. 23–33.
4. Левинсон-Лессинг, Ф.Ю. Вулканы и лавы Центрального Кавказа / Ф.Ю. Левинсон-Лессинг. — СПб., 1913.
5. Кайгородова, Е.Н. Элементы-примеси и состав галенита и сфалерита Au-Ag рудопроявления Радужное (Сев. Кавказ) / Новое в познании процессов рудообразования: Четвертая науч. молодеж. школа / Е.Н. Кайгородова. — М.: ИГЕМ РАН, 2014.
6. Кайгородова, Е.Н. Мышьяковые и полиметаллические рудопоявления междуречья рек Чегем — Черек Балкарский (Кабардино-Балкарская Республика) / Е.Н. Кайгородова, В.А. Петров // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 2. — С. 3–8.
7. Ломизе, М.Г. Дайковый пояс Большого Кавказа: среднеюрская задуговая структура / М.Г. Ломизе, М.К. Суханов // Бюл. МОИП. Отд. Геология. — 2006. — Т. 81. — Вып. 6. — С. 9–15.
8. Петровская, Н.В. Золото в корях выветривания / Рудоносные коры выветривания / Н.В. Петровская, С.В. Яблокова. — М.: Наука, 1974. — С. 173–182.
9. Фогельман, Н.А. Рудоносные инъекционно-эксплозивные брекчи близповерхностных золоторудных месторождений / Н.А. Фогельман // Отечественная геология. — 1998. — № 3. — С. 50–55.
10. Somin, M.L. Pre-Jurassic Basement of the Greater Caucasus: Brief Overview / M.L. Somin // Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.). — Vol. 20. — 2011. — P. 545–610.

© Кайгородова Е.Н., Петров В.А., 2018

Кайгородова Екатерина Николаевна // katmsu@mail.ru
Петров Владислав Александрович // vlad243@igem.ru

Светлицкая Т.В., Фоминых П.А. (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН)

КОБАЛЬТ-НИКЕЛЕВАЯ АРСЕНИДНО-СУЛЬФОАРСЕНИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИНТРУЗИИ СЕДОВА ЗАЙМКА (КОЛЫВАНЬ-ТОМСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ ЗОНА)

*Приведены данные об ассоциациях, химическом составе и условиях образования Ni-Co арсенидно-сульфоарсенидной минерализации, впервые выявленной в контуре Cu-Ni рудопоявления Седова Займка. Никелин, маухерит и минералы ряда кобальтин-герсдорфит имеют не магматическое происхождение и были сформированы в результате метасоматического замещения как минералов Cu-Ni сульфидной ассоциации, так и минералов более ранних стадий арсенидно-сульфоарсенидного этапа. **Ключевые слова:** никелин, маухерит, герсдорфит, кобальтин, метасоматическое замещение, сульфидные Cu-Ni руды, интрузия Седова Займка.*

Svetlitskaya T.V., Fominykh P.A. (V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS)

COBALT-NICKEL ARSENIDE-SULFOARSENIDE MINERALIZATION OF THE SEDOVA ZAIMKA INTRUSION (KOLYVAN-TOMSK FOLDED ZONE)

*Data on the associations, chemical composition, and conditions for the formation of the Ni-Co arsenide-sulfoarsenide mineralization, discovered for the first time within the Sedova Zaimka Cu-Ni mineralization, are provided. Nickeline, maucherite and sulfoarsenides of the cobaltite-gersdorffite series are non-magmatic in origin and were formed as a result of metasomatic replacement of minerals of both the Cu-Ni sulfide association and the earlier arsenide-sulfoarsenide stages. **Keywords:** nickeline, maucherite, gersdorffite, cobaltite, metasomatic replacement, sulfide Cu-Ni ores, Sedova Zaimka intrusion.*

Введение

В мафит-ультрамафитовых интрузиях Co-Ni арсениды и сульфоарсениды образуются на магматическом этапе как продукт раскристаллизации поликомпонентной сульфидной жидкости или на стадии преобразования первично-магматических сульфидных руд более поздними метаморфическими или гидротермально-метасоматическими процессами. Каждый из этих генетических типов играет важную диагностическую роль, их корректная трактовка позволяет получить информацию об условиях образования или преобразования Cu-Ni сульфидных руд и препятствует построению ущербных генетических моделей месторождения, в которых существенно преобразованные сульфидные руды ошибочно трактуются как первично-магматические.

Рудопоявление Седова Займка было открыто в 1979 г. в результате глубинного геологического карти-