

К МИНЕРАЛОГИИ АНДРЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2015 г. А. А. Храмов

Андреевское месторождение золота находится в 115 км к юго-западу от Челябинска, в 5.5 км к юго-востоку от д. Борисовка, в долине р. Каменка. Отрабатывалось в начале XX в. небольшими шахтами и карьерами. Объектом отработки являлись крупные гнезда галенита в мраморах. Позднее, как в сульфидизированных мраморах, так и в находящихся на площади месторождения кварцевых жилах было обнаружено самородное золото. Отработанное в начале XX в. Андреевское месторождение рудного золота остается недостаточно изученным как в отношении геологии, так и в отношении минералогии. Есть основания считать, что рассматриваемое золотое оруденение не единичное, и его проявления могут встречаться на иных участках Кочкарского антиклинория. В настоящее время на месторождении доступны для исследований два небольших затопленных карьера, разделенных 3-метровой перемычкой.

В научной литературе краткое минералогическое описание месторождения приводит С.С. Смирнов [8], а структура месторождения изучалась А.П. Смолиным [9]. Описание карбонатных пород, распространенных на площади, дано в ряде публикаций [4, 5 и др.] Некоторые вопросы структурной позиции Андреевского месторождения рассмотрены в [6].

В последние годы начато изучение минералогии месторождения современными физико-химическими методами, чтобы получить достоверные представления о минералах и минеральных ассоциациях, сравнить ее с данными по другим золоторудным месторождениям. Ранее на месторождении описаны галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит, халькопирит, иорданит, тремолит, слюды биотит-флогопитового ряда, самородное золото, шеелит [8]. Целью работы является ознакомление с новыми данными по минералогии руд месторождения и вмещающих пород.

Образцы вмещающих пород и рудных зон изучались оптическими методами в петрографических и полированных шлифах. Проводился минералогический анализ шлиховых проб и протолок пород рудных зон. Состав минералов, морфология и внутреннее строение зерен минералов, включая золото, изучались оптическими методами, под электронным микроскопом JSM-6390LV и электронно-зондовом микроанализаторе SX 100 фирмы Cameca в ИГГ УрО РАН.

Месторождение приурочено к обрамлению Кочкарского гранито-гнейсового метаморфического комплекса (к его восточной окраине), к узкой полосе карбонатной толщи Кочкарско-Чернореченской грабен-синклинали. К западу от карьера располагается Борисовский гранито-гнейсовый массив (C_3-P_1), а в 1 км к востоку проходит граница Кочкарского антиклинория субмеридионального простирания. Месторождение залегает в мелкозернистых доломитовых мраморах серовато-белой и желтовато-белой окраски с полигональнозернистой структурой (Mg-метасоматиты). Ранее показаны их метасоматическая природа и дометаморфическое время образования [2–4]. В плане форма тел Mg-метасоматитов вытянутая, а при их пересечении ширина резко возрастает (Еленинский и Юльевский участки). Параметры тел Mg-метасоматитов Андреевского месторождения не установлены, но, очевидно, что они превосходят упомянутые проявления по размерам. Метасоматиты залегают в светлых средне- и крупнозернистых мраморах полигональнозернистой структуры. Локально развиты среднезернистые Mg-кальцитовые мраморы панидиоморфнозернистой структуры, содержащие MgO в количествах 0.п%. Во вмещающих породах полиметаллические руды выполняют отдельные гнезда и прожилки.

Породообразующие минералы мраморов на месторождении представлены доломитом и Mg-кальцитом. Доломит резко преобладает над кальцитом, содержание которого достигает 5 об. %. Размер зерен доломита составляет от 0.1 до 2 мм в сечении, кальцита – 1–4 мм. Содержание MgO в доломите варьирует от 20.64 до 21.77, в кальците – от 1.13 до 1.93 мас. %. Содержание FeO часто не отмечается либо фиксируется на фоновом уровне. В отдельных анализах имеются незначительные примеси Se, Cd, Mn и Zn – до 0.2 мас. %. Границы зерен близки к прямолинейным. Карбонаты подвержены полисинтетическому деформационному двойникованию. На изображениях в отраженных электронах часто наблюдается развитие кальцита по доломиту. Границы между фазами извилистые заливчатые; при этом кальцит формируется по периферии доломитовых зерен. Вероятно, кальцит является продуктом процесса дедоломитизации [2, 5], при дальнейшем развитии которого формируются линзы Mg-кальцитового мрамора. Вблизи кварцевых

Таблица 1. Состав силикатных минералов Андреевского месторождения

№ п.п.	Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Total
Флогопит													
1	2013-м10-3	41.94	0.54	15.51	0.07	1.27	0	24.70	0.16	0.12	8.97	0.53	93.85
2	2013-м10-4	41.31	0.47	15.99	0.76	0.95	0	24.60	0.32	0.18	7.62	0.60	92.87
3	2013-м4-1	40.40	0.58	16.39	0.06	1.59	0.09	23.80	0.03	0.14	9.98	0.82	93.92
4	2013-м4-2	40.85	0.43	16.14	0.04	1.75	0.05	23.90	0.14	0.12	9.33	0.90	93.69
5	2013-м4-3	39.35	0.48	17.69	0.06	1.88	0.04	23.20	0.11	0.09	10.27	0.05	93.19
Тремолит													
1	2013-м12-26	58.70	0.06	0.98	0.02	0.05	0.03	23.60	13.69	0.24	0.05	1.01	98.43
2	2013-м12-25	57.50	0.02	1.18	0	0.05	0.05	23.50	13.64	0.21	0.04	0.98	97.25
3	2013-м5-10	57.30	0.01	2.22	0.08	1.61	0.03	22.60	13.69	0.18	0.06	0.25	98.03
Мусковит													
1	2013-м24-1	46.40	0.38	35.77	0.01	0.09	0.03	0.99	0.06	0.40	10.23	0.09	94.45
2	2013-м24-2	46.60	0.74	32.53	0.09	0.56	0	3.51	0	0.23	10.79	0.12	95.17
3	2013-м26-2	45.19	0.99	33.52	1.70	0.73	0	0.50	0.30	0.51	10.03	0.14	93.62
4	2013-м10-23	45.34	0.47	32.55	0.06	0.40	0	2.96	0.07	0.17	8.48	0.14	90.67
5	2013-м2-5	47.38	0.19	30.22	0.02	2.52	0	2.10	0.03	0.23	11.07	0.28	94.06

Примечание. Пробы 2013-м2, 2013-м4, 2013-м5, 2013-м10 – Андреевское месторождение, 2013-м12 – Еленинская россыпь. Анализы выполнены в ИГГ УрО РАН, аналитик Д.А. Замятин.

жил в юго-восточном борту карьера наблюдается зона перекристаллизации мрамора, сложенная гигантозернистым кальцитом с фукситом и окисленными рудными минералами.

Второстепенные силикатные минералы. Из силикатных минералов на месторождении встречается кварц, флогопит, мусковит (в том числе хромистый), тремолит, хлорит. Кварцевые жилы имеют различное простирание, мощность жил достигает 15–20 см. Зальбанды некоторых жил не содержат видимых включений других минералов. Особый интерес вызвала кварцевая жила в кровле штольни в юго-восточном борту карьера. Кварц жилы содержит крупные включения пирита с сульфосолями и золотом, имеет признаки растворения. Зальбанды по мощности достигают 3 см, в них установлено присутствие мусковита и пирита. Кроме того, местами во вмещающих доломитовых мраморах попадаются рассеянные включения кристаллов “рисовидного кварца” размером до первых сантиметров в удлинении.

Мусковит встречен в зальбандах кварцевых жил, где развивается по границам зерен кальцита и доломита. Отметим, что в одном зерне золота из протолок вмещающих пород было обнаружено включение мусковита размером в первые сотые доли миллиметра. В мусковите содержание Na и Ca достигают 0.28, Fe – 0.85, Mg – 2.12, Ti – 0.59 и F – 0.28 мас. % (табл. 1). Размеры пластинок слюды составляют 3 мм в наибольшем измерении. Кроме того, в зонах перекристаллизованного кальцита наблюдается фуксит, иногда образующий расщепленные агрегаты с субиндивидами размером до 5 мм. В фуксите содержания Cr составляют в среднем 1.47 мас. %. Других отличий в составах фуксита и мусковита не выявлено.

Флогопит в доломитовом мраморе образует густую вкрапленность вдоль отдельных плоскостных зон с содержанием до 10 об. %. Часто содержит включения карбонатных минералов. Зерна идиоморфные, имеют ровные границы. Пластины достигают 3 мм в сечении по удлинению. Изучение состава показало, что слюда относится к флогопит-истонитовому ряду. Содержание FeO не превышает 1.88, а TiO₂–0.83 мас. %. Содержание F варьирует от 0.5 до 0.9 мас. %. Часто пластины минерала деформированы и хлоритизированы.

Тремолит встречен в единичном образце совместно с апатитом, но в пределах прилегающих россыпей развит широко. Образует бесцветные расщепленные агрегаты с субиндивидами размером до 5 мм по наибольшему измерению. В составе тремолита отмечено содержание Al до 1.18, Fe до 1.25 и F до 1.01 мас. %. По трещинам наблюдается оталькование.

В качестве **акцессорного минерала** в Mg-метасоматитах встречается апатит. Развит по границам зерен карбонатов и имеет размер сечений до 0.02 мм. Содержание F составляет 3.17–3.69 мас. %, а Cl достигает 0.17 мас. % (табл. 2).

Полиметаллические руды месторождения на поверхности полностью выбраны, небольшие образцы руды можно найти в отвалах карьера. Также в бортах карьера можно встретить лишь их вкрапленность, небольшие гнезда и прожилки, имеющие удовлетворительную сохранность. Стоит отметить, что сфалерит в изученных образцах не был встречен, возможно, вследствие его неустойчивости в зоне окисления. **Рудные минералы** представлены галенитом, магнетитом, пиритом, пирротинном, арсенопиритом, халькопиритом, сульфосолями и самородным золотом. Наиболее распространен гале-

Таблица 2. Состав аксессуарных апатитов из Mg-метасоматитов

№ п.п.	Номер пробы	Fe	Mn	Ca	Na	F	Cl	O	P	S	Ba	Sr	Total
1	2013-м4-9	0.04	0.03	39.9	0.02	3.22	0.02	39.8	18.47	0.01	0	0.09	101.63
2	2013-м12-26	0.01	0	39.7	0	3.69	0.04	40.1	18.78	0.01	0.16	0.07	102.66
3	2013-м26-2	0	0	39.7	0.01	3.17	0.17	39.3	18.15	0.01	0.12	0.07	100.65

Таблица 3. Состав аксессуарных пиритов Андреевского месторождения

№ п.п.	Номер пробы	Fe	Cu	Au	Pb	Ni	S	As	Total
1	2013-м8-22	46.22	0	0.03	0.25	–	52.01	0.14	101.63
2	2013-м24-1	45.27	0	–	0.24	0.02	52.78	0.79	102.66
3	2013-м24-2	43.59	0	–	0	1.3	51.54	2.93	100.65

нит. В настоящий момент в мраморе довольно часто можно найти небольшие прожилки и гнезда галенита. По отношению к карбонатам галенит ксеноморфен. Отдельные зерна в сечении составляют 3–5 мм, редко 1 см. Из примесей в единичных пробах присутствует до 0.2 мас. % **Ag, Sb, Zn, Te**. Галенит обычно частично окислен. В качестве включений в галените и мраморе встречен магнетит. Зерна магнетита идиоморфны, имеют округлую форму сечений с размером до 0.3 мм. В составе магнетита отмечается **Сг** до 0.08, **Mg** – до 0.46 мас. %

В качестве **аксессуарных рудных минералов** встречены пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит, сульфосоли и самородное золото. Крупные кристаллы пирита отмечены в кварцевых жилах, где сечения их зерен имеют изометричную форму размером до 5 мм. В кварцевых жилах он образует сростания с сульфосолями свинца и меди. Содержание **Au** в пирите в единичном анализе достигает 0.09 мас. %. Примечателен пирит, встречающийся в виде тонкой вкрапленности (0.0n мм) в галените и карбонатах. Иногда он образует сростания с пирротинном. Такой пирит содержит **As** до 2.93, **Pb** и **Cu** – до 0.33, **Ag** – до 0.14 мас. % (табл. 3). Значительная примесь **As** указывает на потенциальную золотоносность пирита. Пирротин встречается в виде мелкой вкрапленности в мраморе совместно с мусковитом, размер его зерен составляет сотые доли миллиметра. Пирротин образует сростания с мелкими зернами пирита. По результатам расчета пирит-пирротинного геотермометра [1] температура образования пирротина для двух образцов 320 и 480° С. Из примесей в составе пирротина отмечен **Zn, Ni** и **Pb** до 0.3 мас. %. В кальците из рудной зоны обнаружены мелкие удлиненные зерна арсенопирита, ориентированные по спайности карбоната и достигающие 0.05 мм в удлинении. Сульфосоли встречены в кварцевых жилах, где они выполняют трещины и интерстиции между жильным кварцем и кристаллами пирита. На изображениях, полученных в отраженных электронах, фиксируется минимум две фазы. Полученные анализы не позволяют диагностировать конкретные минеральные виды.

Самородное золото было встречено в нескольких позициях: в линзах Mg-кальцитового мрамора среди мрамора доломитового, в кварцевых жилах, в продуктах окисления полиметаллических руд и непосредственно в галените. Полученные составы самородного золота показали, что по пробности его можно разделить на две группы:

– самородное золото с относительно низкой пробой (740–800‰) обнаружено в галените, имеет дендритовидную форму и размер 0.2 мм по удлинению;

– самородное золото с пробой 880–960, встречается в линзах Mg-кальцитового мрамора (вместе с окисленными сульфидами) и продуктах окисления полиметаллических руд. Наиболее крупные выделения золота размером до 4 мм выполняют интерстиции в линзах **Mg-кальцитового мрамора**. Золото имеет ксеноморфную форму, ярко-желтый цвет, высокую пробность (880–960), ровную и мелкобугорчатую поверхность [10]. Зональность зерен не выявлена. В продуктах окисления галенита (агрегат сульфатов и карбонатов свинца и цинка) установлены округлые кристаллы золота размером до 1 мм. Кристаллы золота иногда имеют октаэдрические грани. Состав и строение самородного золота, встреченного в одной из кварцевых жил с мусковитом и сульфидами, пока не изучались.

Из **гипергенных минералов** встречаются лимонит, азурит, церуссит, англезит, йодистое серебро, лейкоксен, ангидрид, барит. Вызывают интерес гипергенные корочки на поверхности самородного золота из протолок. В их составе имеется **Te** до 8.3 мас. %, а некоторые анализы демонстрируют прямую зависимость между содержанием **Te** и **As, Zn** и **Pb**, на основании чего можно предположить вхождение в их состав теллуридов.

Таким образом, показано, что минералогия Андреевского месторождения разнообразна. В [7] уже обсуждалась проблема золотоносности мраморов сланцевого обрамления Кочкарского и Мурзинско-Адуйского метаморфических комплексов. Предполагается, что золото отгонялось при гранитизации, что создало его повышенные фоновые содержания в метаморфическом обрамлении гранито-гней-

совых массивов. При последующих гидротермальных процессах произошло перераспределение золота и формирование его промышленных концентраций. Исследователями было установлено, что рассеянная золотая минерализация аномальной высокой пробы (970 и выше) приурочена к этапу прогрессивного регионального метаморфизма, а золото меньшей пробы, соответственно, – к регрессивному этапу.

К данной группе относится и описанное золото Андреевского месторождения. Начало золоторудного процесса автором связывается с парагенезисом мышьяковистого пирита и пирротина (320–480 °С). Наличие минералов Те и As указывает на некоторое минералогическое сходство Андреевского месторождения со Светлинским и Кочкарским месторождениями золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воган Д., Крейг Дж.* Химия сульфидных минералов. М.: Мир, 1981. 575 с.
2. *Кисин А.Ю.* Деформационные макроструктуры в карбонатных породах гранито-гнейсовых комплексов Урала // Литосфера. 2007. № 1. С. 90–108.
3. *Кисин А.Ю.* Закономерности размещения и прогноз месторождений полезных ископаемых на основе модели блоковой складчатости: Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Пермь, 2009. 454 с. (Рукопись).
4. *Кисин А.Ю., Милицина В.С.* О возрасте мраморов и времени метаморфизма в Кочкарском комплексе // Ежегодник-1989. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 47–49.
5. *Кисин А.Ю., Храмов А.А.* Доломит-кальцитовые породы Андреевского месторождения золота (Кочкарский антиклинорий): проблемы происхождения // Приоритетные и инновационные направления литологических исследований: мат-лы XI литолог. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 53–54.
6. *Кисин А.Ю., Храмов А.А.* К вопросу о структурной позиции Андреевского месторождения полиметаллических руд и золота в Кочкарском антиклинории // Ежегодник-2013, Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 161. 2014. С. 306–310.
7. *Мурзин В.В., Кисин А.Ю., Сазонов В.Н.* Самородное золото рубиноносных мраморов зональных метаморфических комплексов Урала и его роль в формировании россыпей // Докл. АН СССР. 1991. Т. 320, № 5. С. 1226–1229.
8. *Смирнов С.С.* Андреевский свинцово-цинковый рудник в Кочкарском золотоносном районе // Изв. Геол. комитета. 1926. Т. 45, № 8. С. 923–944.
9. *Смолин А.П.* Структурная документация золоторудных месторождений. М.: Недра, 1975. 240 с.
10. *Храмов А.А.* Минералы зоны окисления Андреевского месторождения золота (Южный Урал) // Уральская минералогическая школа-2013. Екатеринбург, 2013. С. 174–178.