УДК 552.11: 552:551:550.42

ЗОЛОТО-МЕДНО-СКАРНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ УЛЬМЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru

Ульменское золото-медно-скарновое месторождение пространственно и парагенетически связано с шошонитовыми гранитоидами. Оно относится к интрузивно-связанному восстановленному типу. Руды сложены магнезиальными и известковыми скарнами. Золото тесно ассоциирует с тетрадимитом, мелонитом, алтаитом. Пробность его варьирует от 920 до 988‰. Рудный этап характеризовался высокой фугитивностью серы и низкой – кислорода. В рудном поле присутствуют жильные золото-сульфидно-кварцевые и медно-золото-порфировые проявления. Оруденение сопровождается зональной аномальной структурой геохимического поля.

Ключеые слова: магнезиальные и известковые скарны, гранат, пироксены, волластонит, золото, тетрадимит, мелонит, алтаит

GOLD-COPPER-SKARN ORE MINERALIZATION OF ULMENSKOE DEPOSIT OF MOUNTAIN ALTAY

Gusev A.I.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru

Ulmenskoe gold-copper-skarn deposit related narrow in space and paragenetic with shoshonitic granitoids. Deposit carry to intrusive-related reduced type. Ores composed magnesian and calcareous skarns. Native gold associated narrow with tetradymite, melonite, altaite. Fineness of gold vary from 920 to 98‰. Ore stage characterized by high fugacity of sulfur and low – oxygen. Gold-sulfide-quartz and cooper-gold-porphyre manifestations presented in ore district Ulmenskoe. Ore mineralization accompany by zone anomaly structure of geochemical field.

Keywords: magnesian and calcareous skarns, garnet, pyroxene, wollastonite, gold, tetradymite, melonite, altaite

Скарновое оруденение в Горном Алтае весьма разнообразно. Оно формирует многочисленные месторождения и перспективные проявления железа, меди, золота, вольфрама, молибдена, олова, бериллия [1-4]. Большая часть скарновых месторождений региона сформировалась в девонское время. Ульменское месторождение относится к редким для Горного Алтая объектам кембрийского возраста. Оно входит в состав комплексного Ульменского рудного поля. Цель исследования – осветить состав и перспективы Ульменского золото-медно-скарнового месторождения с учётом новых данных, полученных в последнее время.

Результаты исследования. Ульменское медно-золоторудно-россыпное рудное поле приурочено к полосе разломов СЗ ориентировки в контакте гранитоидов Турочакского массива. Структура рудного поля сложная, относится к комбинированному типу, где сочетаются: Ульменская синклиналь СВ ориентировки и сближенные разломы СЗ направления. Система широтных латентных дизъюнктивов наиболее древнего заложения залечена Ульменским интрузивным массивом, локализованным в северо-западном крыле одноименной синклинали. В его составе преобладают габброиды, монцониты, сиенодиориты, реже пироксениты и дайки сиенитов и гранодиоритов. Рудовмещающие металлотекты: терригенно-карбонатные и вулканогенно-терригенные разрезы сийской и усть-семинской свит. Монцониты, сиениты, и гранодиориты обнаруживают сходство с породами шошонитовой серии и характеризуются самыми высокими значениями восстановленности флюидов, фугитивности воды, парциальных давлений воды и углекислоты, что весьма благоприятно для формирования метасоматитов и оруденения [5].

Оруденение в рудном поле представлено золото-медно-скарновым типом, преимущественно приуроченным к контактам Ульменской интрузии. Наиболее изученным является Центральный участок, который расположен на правом склоне долины р. Ульмень в 200-300 м ниже устья р. Карагач. Участок приурочен к контакту габбрового массива и мраморов сийской свиты. Падение контактов габбрового массива и его апофиз варьирует от 50 до 70° на северо-запад. Массив пересечен жилообразными телами сиенитов. На контактах интрузивных тел с мраморами образовались скарны различного состава: по габбро и пироксенитам – гранатовые, пироксен-гранатовые, везувиановые, по сиенитам – гранат-плагиоклазовые, а по мраморам – пироксен-гранатовые и волластонитовые. Ульменское рудное поле локализует различные типы оруденения, однако, превалирует в нём золото-медно-скарновый. Различа-

ются магнезиальные и известковые скарны. Первые встречены на Западном и Центральном участках рудного поля.

На Центральном участке магнезиальные скарны образуют линзу в контакте габброидов и доломитов мощностью до 1,3 м и протяжённостью до 12 м, вскрытые штольней, и сложенные форстеритом, магнетитом в ассоциации с людвигитом, серпентином, флогопитом, везувианом. Несколько меньшими параметрами характеризуются магнезиальные скарны на Западном участке (линза размером 0,5×3,5 м). По составу и температурам кристаллизации магнезиальные скарны относятся к форстерит-шпинелевой фации. В мезоабиссальной фации магнезиальные скарны образуются при давлениях 1-3 кбар и температурах 800-900°С [Жариков, Аксюк, Зарайский, 1986).

Форстерит отмечается в виде изометричных выделений размерами 0,5-1 мм тесно ассоциирует с магнетитом и шпинелью. Изредка форстерит замещается серпентином и магнезиальным хлоритом, близким по оптическим характеристикам к амезиту. Химический состав форстерита Центрального участка (мас.%): SiO_2 – 42,26, FeO* – 4,68, MnO – 0,12, MgO – 52,35. Расплавные включения в форстерите содержат такие летучие, как хлор и углекислоту, при явном преобладании первого. По данным А.Ф. Коробейникова минералы магнезиальных скарнов, в отличие от минералов известковых скарнов Алтае-Саянской складчатой области, несут повышенные содержания Mg и Cl в растворах включений с отношениями Na:K=1,2:1-2:1, Cl:F=33:1-50:1, Cl- : HCO3- : SO42-= 1:1,4:0 – 7:10:1 (Коробейников, 1983). В катионной части резко преобладает магний над кальцием и калием. Кристаллизация форстерита при высоких температурах происходит только при очень малых активностях кальция, или при низком парциальном давлении углекислоты [Жариков, Аксюк, Зарайский, 1986). Судя по концентрациям анионов в составе газово-жидких включений, давление углекислоты было высоким. Следовательно, кристаллизация форстерита определялась более высокой активностью магния, чем кальция в растворах. Гомогенизация газово-жидких включений в форстерите Ульменского месторождения варьирует от 840 до 860 °С. По эксперимeтальным данным поле устойчивости форстерита в магнезиальных скарнах отвечает давлению не ниже 5 кбар.

Магнетит кристаллизовался позже форстерита в виде идиоморфных кристаллов размерами 0,3-0,8 мм, нередко имеющих зональное строение. В краевой зоне крупных кристаллов при больших увеличениях (300-500) наблюдаются структуры распада твёрдых растворов с ламеллями ильменита и шпинели. Температуры декрепитации магнетита без включений ильменита и шпинели составляют 825-840 °С. Эти данные указывают на формирование магнетита ранней генерации в магматический этап. Химический состав магнетита 1 генерации Центрального участка (мас.%): SiO_2 – 0,20, TiO_2 – 0,27, Al_2O_3 – 0,36, FeO* – 90,47, MnO – 0,65, MgO – 1,65, B_2O_3 – 0,35. Людвигит встречен в форстерит-магнетитовых скарнах в виде тонких прожилков мощностью 1-2 мм, а также в виде гнёзд размером 0,5×0,8 см. Местами отмечается редкая тонкая вкрапленность людвигита в контакте доломитов и флогопит-магнетитовых скарнов, а также в самих доломитах. Флогопит наблюдается в виде гнёзд и линзочек среди форстерита и магнетита. Он образует идиоиморфные выделения и коррозионные границы с форстеритом. Вероятно, его образование связано с гистерогенным процессом преобразования первичных магнетит-форстеритовых скарнов раннего этапа. Химический состав флогопита (мас.%): SiO_2 – 36,72, TiO_2 – 0,40, Al_2O_3 – 15,53, FeO* – 9,07, MgO – 24,10, K_2O – 9,14, H_2O+ – 3,98, F – 0,86, B_2O_3 – 0,54. Везувиан отмечен в ассоциации с хлоритом. Он образует хорошо огранённые пирамидальные кристаллы размером от 0,5 до 1,5 см на контакте флогопит-магнетитовых скарнов и доломитов.

Известковые скарны весьма разнообразны по составу: пироксеновые, гранатовые, гранат-пироксеновые, везувиановые, волластонитовые. Мощности скарнов колеблются от нескольких метров до нескольких десятков метров, протяжённости – от 200 до 960 м. На скарны наложены в виде жил, прожилков и линз разнообразные сочетания ассоциаций актинолита, тремолита, эпидота, альбита, магнетита, кварца 1 генерации, связанные с гистерогенными скарновыми изменениями. На Центральном, Южном, Восточном и других участках отмечено сопутствующее оруденение бора в ассоциации датолита, аксинита, редко данбурита. Золотое и медное оруденение формировалось в гидротермальный этап, в котором различимы продукты 2 стадий минерализации, образующих прожилки мощностью от 1 до 5 см. Наиболее богатое оруденение проявлено в местах внедрения даек сиенитов и интенсивных метасоматических постскарновых изменений. В таких участках содержание золота достигает 59,6 г/т, серебра 103 г/т, меди 10,4 %, висмута 0,08 %. Средние содержания золота в рудных телах 6,6 г/т, серебра 31 г/т, меди 4,2 %, висмута

0,018%. Золото также содержится и в сульфидах. Концентрации элементов-примесей в халькопиритах разных генераций приведены в табл. 1. Халькопирит ранней генерации содержит более высокие концентрации цинка, кобальта, висмута, теллура и несколько повышенные концентрации золота. Халькопирит второй генерации имеет большие концентрации свинца, серебра, марганца, стронция, бора. Более высокие концентрации бора во второй генерации указывают на то, что флюиды завершающего этапа сульфидного и золотого отложения содержали в значительных количествах комплексы бора. Содержания золота в халькопирите 1 генерации несколько выше, чем во второй.

Таблица 1

Сравнение содержаний элементов-примесей в халькопиритах Центрального участка Ульменского рудного поля

Элементы	Халькопирит 1, n=16		Халькопирит 2, n=14	
	X	s	X	s
Свинец	7,0	10.1	12,06	20,72
Цинк	133,3	70,8	45,07	10,23
Серебро	3,04	3,68	9,68	16,61
Олово	0,15	0,07	0,14	0,021
Кобальт	18,4	32,18	5,38	1,39
Никель	1,54	1,45	1,04	0,39
Ванадий	1,03	0,92	1,34	0,57
Марганец	32,3	19,82	78,84	58,74
Стронций	3,93	1,48	7,31	3,75
Галлий	0,37	0,12	0,41	0,12
Иттрий	2,27	0,44	1,65	0,23
Иттербий	0,23	0,04	0,17	0,023
Молибден	0,09	0,09	0,10	0,023
Вольфрам	1,14	0,53	0,84	0,16
Висмут	23,63	35,63	2,23	1,55
Германий	0,12	0,03	0,14	0,021
Бор	1,49	0,54	42,77	36,95
Кадмий	0,57	0,17	0,18	0,042
Золото	4,07	7,96	3,54	6,28
Теллур	5,81	3,43	0,18	0,042

Примечания: n – количество проб; X – средние содержания; s – стандартные отклонения; золото – в г/т остальные элементы – в $n \cdot 10^{-3}$%.

Более ранние и наиболее продуктивные прожилки сложены кварцем 2 генерации, халькопиритом 1 (смесь тетрагональной – 80% и кубической – 20% модификаций), борнитом, халькозином, редко пирротином, арсенопиритом, золотом 1. Последнее тесно ассоциирует с висмутином, тетрадимитом, мелонитом, алтаитом. Золото образует плёночки, комковатые, губчатые, крючковатые формы, изредка – правильные октаэдрические кристаллики. Размеры выделений свободного золота от 0,2 до 5 мм. Пробность золота по 3 пробам составляет 920, 970, 988‰. Поздние прожилки сложены кварцем 3, халькопиритом 2 (полностью упорядоченная тетрагональная модификация), сфалеритом, редко – галенитом, золотом 2. Формы выделений второй генерации золота плёночные и дендритовые. Пробы золотин дают более низкие значения (880-915‰).

Величины соотношений изотопов серы сульфидов показывают незначительные отклонения от метеоритного стандарта (от +3,2 до +1,2‰) в сторону более тяжёлого изотопа. В направлении от скарнового этапа к гидротермальному на фоне снижения температур кристаллизации заметно менялись параметры флюидного режима. Уменьшение фугитивности кислорода и повышение летучести серы в этом направлении сопровождалось изменением солёности флюидных включений в минералах. Она менялась от весьма высокой, свойственной рассолам (более 45 мас.% в эквиваленте NaCl), в минералах скарнов, до низкой в минералах

метасоматических скарновых изменениий (4,1-5,2 %) и весьма низкой в продуктивной минерализации (0,3-3,3 %). Такой тренд изменения солёности указывает на участие ювенильных флюидов магматогенного генезиса на первом этапе и смешение ювенильного высококонцентрированного рассола и холодного разбавленного раствора на заключительных этапах. В составе летучих во флюидных включениях помимо CO_2, SO_2, HF, HCl существенную роль играл бор.

Генетические особенности скарнового и гидротермального этапов месторождения прослеживаются на диаграмме, где отчётливо наблюдается высокая фугитивность серы и низкая – кислорода для Ульменского месторождения по сравнению с другими скарновыми объектами Алтая и Горной Шории (рис. 1).

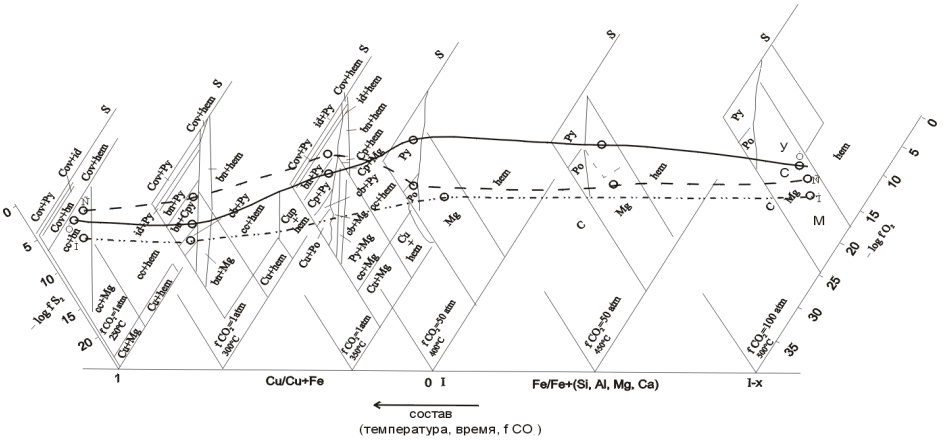

Рис. 1. Диаграмма fS_2–fO_2 систем Fe-S-O и Cu-Fe-S по [6, 7] для золото-медно-скарновых и скарново-железорудных месторождений Горного Алтая и Горной Шории (составлена автором с использованием данных вышеперечисленных исследователей)

Тренды эволюции фугитивностей серы и кислорода на месторождениях: У –Ульменском, М – Майском, С – Синюхиснком. Диаграмма составлена с использованием данных по парагенетическим ассоциациям минералов, температурам гомогенизации газово-жидких включений в минералах скарновых месторождений региона. Сечения равновесных парагенезисов минералов при определённых температурах приняты по вышеуказанным авторам.

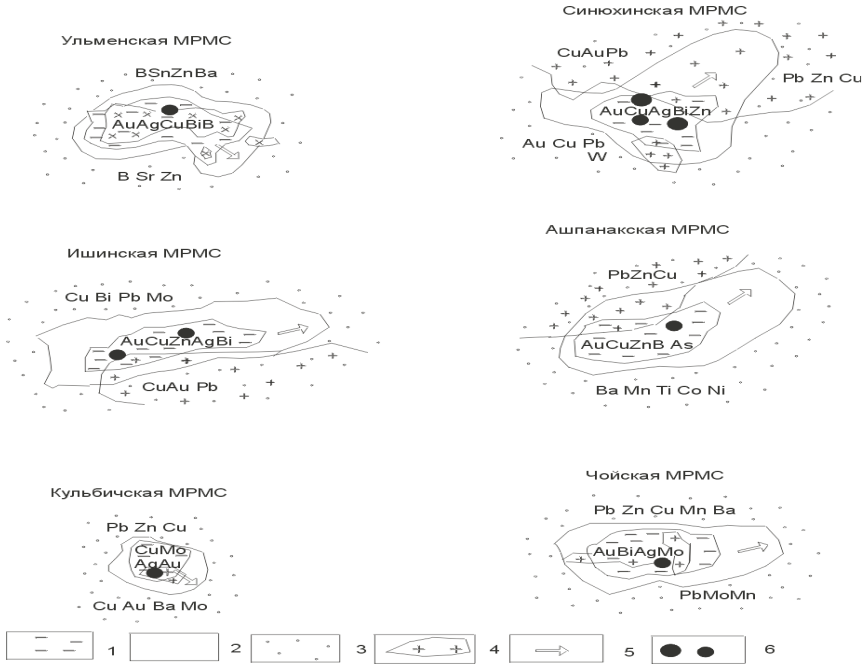

Рис. 2. Аномальные структуры геохимических полей некоторых золотоносных МРМС: 1 –зона ядерного концентрирования химических элементов ранга рудного поля; 2 – зона транзита (выноса элементов); 3- зона фронтального концентрирования элементов; 4 – рудогенерирующий интрузивный массив; 5 – склонение АСГП; 6 – месторождения и проявления золота

Рудные тела сопровождаются околорудными фельдшпатолитами, эйситами, березитами, пропилитами. По первичным ореолам выявлена зональная аномальная структура геохимического поля с юго-восточным склонением. В ядерной зоне концентрирования максимальные содержания фиксируются для Au, Ag, Cu, Bi, B, а во фронтальной зоне – B, Sr, Zn (рис. 2).

В Ульменском рудном поле выявлено также жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение по ручью Медвежонок. В 500 м от слияния правого и левого истоков ручья в правом борту обнаружены развалы кварца размерами от 5 до 10 см. Различимы 2 генерации кварца. Кварц 1 генерации гетерогранобластовый, среднезернистый, образует основной остов жильного образования и содержит вкрапленность пирита размером 0,5-1,5 мм. Ассоциирует с хлоритом и альбитом в контакте с вмещающими породами. Характерно, что кварц 1 генерации содержит многочисленные флюидные включения, измеряемые несколькими десятками микронов. Кварц 2 генерации более мелкокристаллический, со стебельчатыми формами выделений содержит мелкую вкрапленность сульфидов размером от 0,1 до 0,3 мм с крупными газово-жидкими включениями, содержащими не идентифицируемые твёрдые фазы сульфидов, что свидетельствует о его рудной природе. Содержания золота в кварце с сульфидами варьируют от 1,5 до 10,5 г/т.

Следует указать, что кроме жильного оруденения золота в рудном поле известно медно-золото-порфировое оруденение. Так, в правом борту р. Ульмень в 1100 м выше устья р. Макарьевки локализовано проявление, приуроченное к небольшому телу габброидов, пересечённому девонскими дайками гранит-порфиров. Габброиды раздроблены, окварцованы, эпидотизированы. Содержат мелкую интенсивную вкрапленность халькопирита, ассоциирующего с кварцем и кальцитом. Масштабы проявления минерализации не выяснены. Содержания меди – от следов до 1 %, концентрации золота до 3 г/т.

Обсуждение результатов. Золото-медно-скарновое оруденение Ульменского месторождения связано с гранитоидами шошонитовой серии, и в отличие от Синюхинского месторождения, включает и магнезиальные, и известковые скарны, что благоприятно для формирования масштабного оруденения. Месторождение относится к интрузивно-связанному восстановленному типу. Кроме скарнового оруденения в рудном поле распространено жильное золото-сульфидно-кварцевое и медно-золото-порфировое оруденение, что также повышает его перспективы. Физико-химические параметры рудного этапа характеризовались высокой фугитивностью серы и низкой – кислорода, указывающие на восстановительную обстановку рудообразования. Последняя более благоприятна для формирования крупных месторождений золота [4].

Заключение. Золото-медно-скарновое оруденение Ульменского месторождения распространено на значительной площади и сопровождается другими геолого-промышленными типами – жильным золото-сульфидно-кварцевым и медно-золото-порфировым. Рудное поле по первичным ореолам оконтуривается аномальной структурой геохимического поля, а по его склонению, наименее эродированными будут восточные участки рудного поля. Месторождение требует доизучения. За счёт эндогенного оруденения сформированы значительные россыпи по р. Ульмень и её притокам, часть из которых в настоящее время разрабатывается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и Горной Шории. – Gamburgh: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 370 с.

2. Гусев А.И. Типы зональности оруденения Синюхинского золоторудного поля (Горный Алтай) // Успехи современного естествознания, 2012. – № 3. – С. 35-39.

3. Гусев А.И. Типизация вольфрамового оруденения Республики Алтай // Современные наукоёмкие технологии, 2012. – № 3. – С. 12-16.

4. Гусев А.И. Восстановленная интрузивно-связанная Чойская магмо-рудно-метасоматическая W-Au-Te система Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2012. – № 3. С. 23-27.

5. Гусев А.И. Постколлизионные гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим и оруденение. – Gamburgh: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 217 с.

6. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – New York. – 1979. – P.278-403.

7. Holland H.D. Some applications of thermochemical data to problems of ore deposits. I. Stability relations between the oxides, sulfides, and carbonates of ore and gangue minerals // Economic Geology. – 1959. – V. 54. – P. 184-233.