

УДК 553.3/4: 552.11: 552:551:550.42

ТИПИЗАЦИЯ МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Гусев А.И.

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

Проведена типизация геолого-промышленных типов оруденения молибденового оруденения Алтайского края. Выделены три возрастных уровня молибденового оруденения: среднедевонский, позднедевонский и позднепермско-раннетриасовый. Описаны геолого-промышленные типы оруденения молибдена: медно-полиметаллический с молибденом типа «манто», медно-молибден-золото-порфировый, жильный кварц-молибденитовый, кварцево-грейзеновый молибден-вольфрамовый, комплексный висмут-медно-молибден-вольфрамовый кварцево-грейзеновый, пегматитовый вольфрам-молибден-бериллиевый.

Ключевые слова: молибденовое оруденение, геолого-промышленные типы, метасоматитовое оруденение, кварцево-грейзеновое, жильное кварц-молибденитовое, пегматиты, молибденит

TYPIZATION OF MOLYBDENUM ORE MINERALIZATION OF ALTAI KRAI

Gusev A.I.

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

Typization of geology-minable types of molybdenum ore mineralization of Altai krai check. Three age level of molybdenum ore mineralization detached: Middle Devonian, Late Devonian and LatePermian-EarlyTriassic. Geology-minable types ore mineralization of molybdenum described: copper-polymetallic with molybdenum type «manto», copper- molybdenum-gold- porphyre, lode quartz-molybdenite, quartz-greisen molybdenum-tungsten, complex bismuth-copper-molybdenum-tungsten quartz-greisen, pegmatite tungsten-molybdenum-beryllium.

Keywords: molybdenum ore mineralization, geology-minable types, metasomatic ore mineralization, quartz-greisen, lode quartz-moltdbenum, pegmatites, molybdenite

Оруденение молибдена в Алтайском крае тяготеет пространственно к гранитоидам различного возраста: позднедевонских гранитоидов усть-беловского комплекса [2], позднедевонских анорогенных гранитоидов Казандинского массива [7], позднепермско-раннетриасовых шошонитовых гранитоидов белокурихинского комплекса (в пространственной связи с Синюшинским, Тигирекским, Белокурихинским и другими интрузивами) [3-5]. Повышенные концентрации молибдена выявлены в рудах Ширгайтинского медно-полиметаллического месторождения типа «манто» [6].

Цель исследования – провести типизацию молибденового оруденения Алтайского края и оценить его перспективы.

Результаты исследований

Молибденовое оруденение распространено в пределах Талицкого редкометалльно-золоторудного (грейзеновое и жильное). Молибденовое оруденение присутствует также в составе медно-молибден-золото-порфировых объектов (Верхне-Бащелакское, проявление Ключа Черёмухового).

Верхне-Щебетинское проявление локализуется на СВ склоне высоты 2421,0 среди гранитов боровлянского комплекса. Здесь были обнаружены свалы кварца с обильной вкрапленностью и гнездообразными скоплениями молибденита и кристаллами

висмутитина. Свалы кварца располагаются на одном из уступов в виде широкой (150 м) полосы СЗ направления протяженностью около 600 м. Обломки кварца достигают 1,5 м в поперечнике, около 65-70% из их количества содержат гнезда и вкрапленники молибденита и висмутитина. Бороздовые пробы из глыб кварца, ограниченных грейзенизированными оторочками, но без видимого оруденения, показали содержания: молибдена – 0,003-0,055%; висмута – 0,015-0,102%; оксида бериллия – сл. – 0,004%.

Другое проявление находится на водоразделе истоков рек Щепета – Прямая Талица. В поле развития гранитов боровлянского комплекса установлены обломки кварца с молибденитом и висмутитом, прослеженные в виде полосы длиной 2,5 км и шириной от 30 м на расстояние до 1,5 км. Содержание (по 4 бороздовым пробам): Мо – 0,035%, Вi – 0,02%, Ве – до 0,004%.

Талицкое проявление находится в верховьях р. Талицы. Среди грейзенизированных гранитов Верх-Талицкого массива на площади 2 км² развиты кварцевые и пегматитовые жилы, зоны грейзенизации с рудной минерализацией, иногда с редкими кристаллами берилла. Рудные минералы – гюбнерит, молибденит, халькопирит, висмутит, пирит. Гюбнерит образует гнезда с содержанием WO₃ от 0,5% до 8,45%. Молибде-

нит, преимущественно, развит в зальбандах кварцевых жил и их грейзенизированных оторочек. Одна из главных жил «Центральная» прослежена на 400 м при мощности 0,08-0,35 м. Запасы (C_1+C_2) WO_3 при среднем содержании 0,32% на глубину 50 м составляют 22,4 т, а прогнозные ресурсы (P_1) – 150 т. Запасы молибдена не подсчитывались, а прогнозные ресурсы молибдена (категории P_1) оценены в 90 т при средних содержаниях в 0,05%.

Плесовчихинское проявление находится в междуречье рек Чарыш и Плесовчиха. Вмещающие породы – гранитоиды Загрихинского массива боровлянского комплекса ($D_3 - C_1$), включающими 2 фазы внедрения: 1) граниты, 2) лейкограниты. Рудными телами являются кварцевые жилы и грейзены с параметрами полей оруденения (650-150 м)×(50-150 м), располагающимися в экзоконтакте лейкогранитов. Минеральный состав руд: гюбнерит, вольфрамит, шеелит, повеллит, тетрадимит, пирит, ксенотим, церуссит, апатит, флюорит. По химическому анализу в грейзенах содержание WO_3 до 1,85%, в кварцевых жилах – 0,01-0,78%. Содержание Mo – до 0,088%, Bi – 0,005-0,09%, Sc до 100 г/т. В грейзенизированных гранитах выявлены: U – до 0,009%; Th – до 0,0066%, Y – до 0,01%, Sn – 0,006%. Прогнозные ресурсы до глубины 100 м (P_2) WO_3 – 6000 т, Mo – 420 т, Bi – 380 т.

Другое проявление находится на водоразделе рек Чечулиха и Талица. В обломках кварца присутствуют вольфрамит, молибденит, пирит, халькопирит. Содержание вольфрама достигает 0,5%, молибдена – 0,1%.

Проявление Верхне-Бащелакское, которое представляет собой новый не традиционный для этого региона тип оруденения золото-медно-молибден-порфировый [2]. Находка расположена в верховьях реки Бащелак вблизи озера. Среди лейкогранитов, лейкогранитов с флюоритом и нодулями турмалина Верхне-Бащелакского штока обнаружено порфировое оруденение, представленное вкрапленностью, гнездами, реже прожилками пирита, пирротина, арсенопирита, молибденита, халькопирита, борнита с кварцем. Размеры вкрапленности (1-3 мм), гнезд (0,5-1,5 см). Мощность прожилков варьирует от 1-2 мм до 0,5 см. Сами гранитоиды интенсивно окварцованы и фельдшпатизированы. Содержания компонентов по результатам анализа штучных проб варьируют: меди – от 0,05 до 0,3%, молибдена – от 0,05 до 0,4%, золота – от 0,2 до 1,8 г/т, серебра – от 5 до 25 г/т, висму-

та – от 0,05 до 0,2%, мышьяка от 5 до 50 г/т. В результате предварительного опробования этого района, проведенного в 2008 году, установлено, что размеры видимого проявления порфирового оруденения в гранитах усть-беловского комплекса составляют 70×120 м. Верхне-Бащелакский участок распространения порфирового оруденения попадает в контур комплексной геохимической аномалии меди, золота, молибдена, висмута, мышьяка. Для оконтуривания истинных параметров оруденения требуется проведение горных поверхностных выработок и колонкового бурения. Кинетическим методом анализа, выполненным в Отделе научно-производственных аналитических работ ИМГРЭ (г. Москва) в монофракции молибденита (проба Б-22) определено повышенное содержание рения в количестве 192 г/т. Такие высокие концентрации рения характерны именно для порфировых медно-молибденовых систем. Методом ICP-MS в той же лаборатории в монофракции молибденита определены (в г/т): Be-3,14, Ti – 699, V- 72,7, Cr – 60,2, Mn – 113, Fe – 6198, Co – 5,33, Ni – 294, Cu – 267, Zn – 120, Ga – 2,65, Rb – 20,5, Sr – 82,5, Y – 4,07, Zr – 13,0, Nb – 3,11, Cd – 11,3, Cs – 10,6, Ba – 186, La – 35,3, Ce – 77,9, Pr – 8,76, Nd – 31,2, Sm – 5,28, Eu – 0,082, Gd – 2,32, Tb – 0,319, Dy – 1,01, Ho – 0,174, Er – 0,533, Tm – 0,080, Yb – 0,675, Lu – 0,126, Hf – 0,558, Ta – 0,318, Pb – 529, Th – 6,73, U – 1,13.

Установлено, что формирование оруденения протекало в две стадии: раннюю кварц-пирит-пирротиновую с арсенопиритом и позднюю кварц-халькопирит-борнитовую с молибденитом и золотом. При этом гомогенизация газовой-жидких включений в кварце 1 генерации в ассоциации с гексагональным пирротинном и арсенопиритом происходит в интервале от 285 до 300 °С. Температура гомогенизации газовой-жидких включений кварца второй генерации в ассоциации с халькопиритом и борнитом гораздо ниже и составляет 240-260 °С. При такой смене термодинамических условий формирования оруденения от ранней к поздней стадии происходит заметное увеличение активности серы гидротермальных растворов ($\log a_{S_2}$ от -14,3 – -13 до -9,2 – -8,3).

Следует отметить, что гранитоиды усть-беловского комплекса, к которому относится и Верхне-Бащелакский массив, во многих районах Горного Алтая характеризуется развитием медно-золото-порфирового (Чикетаманское проявление в Яломанском ареале, проявление *Ключа Черёмухового*

в Усть-Беловском районе) и медно-молибден-золото-порфирового (Кольванское месторождение, проявления Кувашского ареала). Это позволяет надеяться на обнаружение промышленного оруденения медно-молибден-золото-порфирового типа и в гранитоидах Верхне-Башчелакского массива в ближайшем окружении выявленного перспективного проявления порфирового типа.

Проявление Ключа Черемухового относится к медно-порфировому типу и локализуется в пределах Усть-Беловского рудного узла. Приурочено к экзоконтакту небольшого тела гранодиорит-порфиров усть-беловского комплекса и представлено зоной прожилково-вкрапленной минерализации шириной 50-150 м и протяженностью до 800 м. Пропилитизированные и березитизированные порфировые породы и кварцевые прожилки содержат вкрапленность пирита, халькопирита, халькозина, молибденита, шеелита. По единичным пробам содержания меди варьируют от 0,1 до 1,5%, молибдена от 0,01 до 0,07%, вольфрама от 0,01 до 0,1%, золота от 0,1 до 0,5 г/т, серебра от 8 до 28,1 г/т. Аналогичная минерализация в сходной геологической обстановке отмечена в районе Головинско-Чарышских приисков № 1 и № 3. Содержания меди в зонах варьируют от 0,5 до 1%, молибдена от 0,005 до 0,1%.

Весьма перспективное Кольванское рудное поле совмещает в себе месторождения и проявления комплексных, гетерохронных объектов: раннего медно-молибден-золото-порфирового и более поздних кварцево-грейзеновых висмут-молибден-вольфрамовых и пегматитовых вольфрам-молибден-бериллиевых, а также тантал-ниобиевых [6].

Медно-молибден-порфировый тип оруденения по нашим данным локализуется в южной оконечности Кольванского массива и сосредоточен среди биотитовых гранит-порфиров заключительной фазы этого массива на площади 600×700 м по обе стороны от секущей дайки лейкогранитов синюшинского комплекса. Биотитовые граниты повсеместно претерпели пропилитизацию, а местами березитизацию. В гранит-порфирах медно-молибден-порфировое оруденение образует прожилково-вкрапленные выделения кварца с сульфидами. Вкрапленность пирита и халькопирита размерами от 0,5 мм до 2-5 мм также сопровождается оторочками кварца, редко биотита и гидробиотита. Местами помимо сульфидов присутствует вкрапленность магнетита не-

правильной формы размерами от 1 до 4 мм. Магнетит сопровождается каёмками кварца с серицитом и хлоритом. Отмечено, что вблизи контакта с поздней дайкой лейкогранитов магнетит и пирит приобретают кристаллическое строение в результате перекристаллизации. Пирит в таких участках даёт комбинированные формы октаэдра и куба, а магнетит кристаллизуется в виде правильных кубических кристаллов и сростков кристаллов. В таких приконтактных участках с поздней дайкой лейкогранитов синюшинского комплекса среди гнёзд хлорита наблюдаются зёрна граната размерами от 1 до 3 мм. На участках березитизации гранит-порфиров Кольванского массива проявлено прожилковое оруденение в виде гетерогранулового кварца 1 генерации мощностью от 3 до 15 мм и секущих их прожилков кварца 2 генерации мощностью от 2 до 5 мм, сопровождающихся мусковитом и аллотриоморфными выделениями молибденита и халькопирита, редко пирита, пирротина, сфалерита и шеелита размерами от 1 до 3 мм. При этом кварц 1 генерации характеризуется резко волнистым угасанием, указывающим на значительные деформации.

Местами березиты содержат от 30 до 50% мусковита. Среди таких мусковитовых участков наблюдаются редкие гнёзда и прожилки сульфидов – халькопирита, пирита, редко молибденита, борнита и халькозина. В прожилково-вкрапленных порфировых рудах по результатам штучного опробования концентрации компонентов варьируют (%): меди от 0,3 до 1,5, молибдена от 0,05 до 0,2, висмута от 0,05 до 0,2, цинка от 0,1 до 0,5, золота от 0,5 до 2 г/т. Порфировое оруденение требует доизучения, так как масштабы его не ограничиваются той площадью, которая указана выше.

Кварцево-грейзеновый молибден-вольфрамовый тип оруденения Кольванского месторождения распространён на трёх участках – Северном, Центральном и Южном. Месторождение приурочено к дайкообразному телу, сложенному аплитовидными биотитовыми гранитами, гранит-порфирами и аплитами синюшинского комплекса. Представлено серией кварцевых жил субмеридионального простирания. Известно около 26 промышленных жил. На Северном и Центральном участках кварцевые жилы относительно выдержаны и сопровождаются грейзенизацией по зальбандам. На Южном участке кварц образует уже преимущественно линзы и гнезда внутри ши-

роко развитых грейзенизированных пород. Кварцевые жилы месторождения нередко кулисообразно заходят одна за другую как по простиранию, так и по падению.

Кварцевые жилы месторождения имеют небольшую мощность (0,15-1,0 м, средняя 0,35 м). Рудные жилы мощностью 0,2-0,7 м имеют протяженность 50-450 м. По своему строению они неоднородны. В некоторых центральная часть сложена кварцем, сменяющимся к периферии кварцево-слюдистой породой. Окварцевание, постепенно затухая, переходит через грейзенизированную породу в неизменный микроаплит.

По характеру минерализации месторождение может быть отнесено к медно-висмут-молибден-вольфрамовому при решительно преобладающей роли вольфрама. Минералогический состав руд (в порядке выделения минералов): кварц, магнетит, вольфрамит, пирит (I), арсенопирит, молибденит, шеелит, айкинит, виттехенит, висмут, пирит (II), халькопирит, куприт, азурит, малахит. Кроме того, в рудах встречались слюда, турмалин, флюорит, полевой шпат, гранат (данные Ю.А.Спейта, А.М.Новоселова). Вольфрамит, молибденит, висмутовые минералы и арсенопирит имеют мелкогнездовый характер распределения. Вольфрамит обычно встречается в виде мелких зерен от 1 до 10 мм, создавая агрегативные скопления размером до 15-20 см в диаметре. Размер отдельных кристаллов не превышает 5-7 см. По составу вольфрамит нормальный и марганцовистый (гюбнерит). При этом гюбнерит ассоциирует с флюоритом.

Грейзены на месторождении имеют, преимущественно, кварц-альбит-микроклин-мусковитовый состав с пиритом в виде вкрапленности и гнезд аллотриоморфных выделений и призматических кристаллов вольфрамита, вкрапленников арсенопирита размерами от 1 до 6 мм. Отмечаются также грейзены с турмалином, пиритом, вольфрамитом. В таких грейзенах наблюдаются системы разновозрастных прожилков. Ранние из них представлены кварцем 1 генерации «льдистого» серого цвета мощностью от 2 до 7 см. Поздние прожилки кварца 2 генерации белого, местами прозрачного с турмалином, пиритом, вольфрамитом, арсенопиритом, редко – пирротинном, халькопиритом, висмутином.

Кварцевые жилы мощностью от 5 до 15 см, залегающие среди грейзенов, как правило зональные. В центре таких жил локализуется серый, темно-серый «льдистый» кварц 1 генерации крупнокристаллический

с редкой вкрапленностью пирита и пирротина. В зальбандах отмечается кварц 2 генерации более мелкокристаллический с вкрапленностью и гнездами пирита, халькопирита, вольфрамита, арсенопирита, висмутина, самородного висмута, пирротина.

Пегматоидный тип оруденения отмечен нами на Южном участке, где наблюдаются пегматоиды кварц-полевошпатового состава с турмалином, редко – с турмалином, пиритом, вольфрамитом, халькопиритом. Мощности пегматоидов от 10 до 30 см. Иногда отмечаются блоковые разности пегматитов с отчетливым кварцевым ядром и крупноблоковой периферической частью. При этом различаются альбитовые блоки с турмалином, пиритом, вольфрамитом, молибденитом, бериллом, халькопиритом и микроклин-пертитовые с гранатом и танталит-колумбитом.

Содержания полезных компонентов в пегматоидном типе руд составляют (%): вольфрама от 0,05 до 0,2, молибдена от 0,03 до 0,1, бериллия от 0,05 до 0,2, меди от 0,06 до 0,2.

Среднее содержание полезных компонентов в рудах по месторождению составляет: триоксида вольфрама – 0,66%; висмута – 0,13% и меди – 1,54%. В вольфрамовом концентрате содержится: меди – 4,25%, свинца – 0,27%, цинка – 0,33%, молибдена – 0,038%, вольфрама – 18,0%, селена – 0,0077%. В сульфидном концентрате: меди – 14-16%, железа – 29-30%, цинка – 1-3%, висмута – 0,8-1%, молибдена – 0,002-0,2%, триоксида вольфрама – 0,2-0,3%, свинца – 0,2%, селена – 150-160 г/т, индия – 30-100 г/т, серы до 4,3%. Состояние запасов: триоксида вольфрама категории В – 494 т и $C_1 + C_2$ – 1404,0 т; висмута категории В – 79 т и $C_1 + C_2$ – 229 т; меди категории В – 863 т и $C_1 + C_2$ – 2363 т. Перспективные запасы, прирост которых возможен за счет Южного участка и глубоких горизонтов Северного и Центрального участков, выражаются цифрой 2,0-2,5 тыс.т. триоксида вольфрама. Определенный интерес представляют также медь, висмут, молибден, индий, теллур, селен, т.е. по минеральному и химическому составу руды являются комплексными. Прирост запасов по меди и молибдену может быть осуществлён за счёт изучения южной периферии Кольванского гранитного массива и оценки медно-молибден-порфирового оруденения.

Интерпретация результатов и выводы

Распространение молибденового оруденения в регионе по возрасту формирования

относится к трём уровням: среднедевонскому, позднедевонскому и позднепермско-раннетриасовому. Ранний этап генерации молибденового оруденения связан со становлением порфировых гранитоидов кувашского ареала (D_2 ?), где обнаруживаются медно-молибден-порфировые проявления и гидротермально-метасоматические месторождения типа «манто». Субвулканические мелкие интрузии и дайки кувашского порфирового комплекса по рекам Дрезговитной, Быстрой, верховьям Песчаной (Шебалинский ареал) близки по составу породам Кувашского ареала. В области распространения субвулканических порфировых интрузий распространены медно-порфировые и медно-золото-порфировые проявления, а также месторождения медно-полиметаллические с повышенным молибденом (Ширгайтинское месторождение [6]). Второй возрастной уровень молибденового оруденения связан пространственно и парагенетически с интрузиями усть-беловского комплекса (D_3), генерировавшими молибден-медно-золото-порфировые проявления (Верхне-Башцелакское проявление, проявление Кольванского рудного поля и другие). Медно-молибден-золото-порфировое оруденение близкого возраста имеет и Кульбичское месторождение в Республике Алтай [1].

Этот же уровень имеют вольфрам-молибденовые кварцево-грейзеновые месторождения позднедевонских анорогенных гранитоидов Казандинского массива [7]. Характерной особенностью молибденитов медно-молибден-порфировых проявлений являются весьма высокие содержа-

ния рения в молибденитах: в молибдените порифрового типа Кольванского рудного поля – 487 г/т, в молибдените Верхне-Башцелакского проявления – 192 г/т. Во всех остальных типах оруденения содержания рения в молибденитах не превышают первых десятков г/т [1, 4].

Самыми поздними месторождениями молибденового оруденения являются позднепермско-ранне триасовые, связанные с шшонитовыми гранитоидами белокурихинского комплекса в кварцево-грейзеновых объектах вольфрам-молибденового и медно-висмут-молибден-вольфрамо-типов, а также пегматитового вольфрам-молибден-бериллиевого (Кольванского рудного поля).

Список литературы

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск, Изд-во СТТ, 2003. – 308 с.
2. Гусев А.И., Попов С.В., Дзагоева Е.А., Белозерцев Н.В. Петрология и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Талицко-Башцелакского района Алтая. – Бийск: Изд-во БПГУ, 2010. – 205 с.
3. Гусев А.И., Гусев А.А. Шшонитовые гранитиды: петрология, геохимия, флюидный режим и оруденение. – М.: Изд-во РАН, 2011. – 128 с.
4. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
5. Гусев А.И. Магматизм и геолого-промышленные типы оруденения Кольванского рудного поля // Известия Бийского отделения русского географического общества. – Вып. – 2012. – С. 8-14.
6. Гусев А.И. Перспективы Горного Алтая на свинцово-цинковое оруденение типа «манто» // Международный журнал экспериментального образования, 2012, № 5. – С. 18-22.
7. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табаева Е.М., Дзагоева Е.М., Кукоева М.А. Петрология и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Солонешенского рудного района Алтая. – Бийск: АГАО, 2013. – 204 с.