УДК 553.3/.4:553.2

# ТИПИЗАЦИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ СЕРЕБРА В ГОРНОМ АЛТАЕ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

**Гусев А.И.**

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

Приведены данные по геологическим условиям залегания и вещественному составу руд эпитермальной серебряной минерализации в приграничных районах Горного Алтая и северо-западной Монголии. Серебряное оруденение формировалось в девоне и мезозое. Наиболее концентрированное оруденение сосредоточено в пределах Озёрно-Асхатинской рудной зоны. Генерация оруденения осуществлялась в результате мантийно-корового взаимодействия в процессе функционирования Сибирского суперплюма.

**Ключевые слова: эпитермальное оруденение, аргиллизиты, серебро, медь, сурьма, полиметаллы, запасы, прогнозные ресурсы, мантийно-коровое взаимодействие**

# TYPEZATION OF EPITHERMAL ORE MINERALIZATION OF SILVER IN MOUNTAIN ALTAI AND MONGOLIA

**Gusev A.I.**

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

Data of geologic conditions and material composition of ores epithermal silver ore mineralization in co-border area of Mountain Altai and northern-west Mongolia lead. The silver ore mineralization formed in Devonian and Mezozoic age. More concentration ore mineralization of silver localized in limit of Ozerno-Askhatinskaja ore zone. Generation of ore mineralization derived in result of mantle-crust interaction in process function Siberian superplum.

**Keywords: epithermal silver ore mineralization, advanced argillic, silver, copper, antimonium, polimetalls, assay value, possible evaluation, mantle-crust interaction**

## Введение

Эпитермальное оруденение серебра играет важную роль в общих запасах серебра планеты. В Алтае-Монгольском регионе наибольшими перспективами обладает *Озёрно-Асхатинская сереброрудная зона*, приуроченная к зоне Озёрного разлома северо-восточного простирания с многочисленными серебряными, свинцово-серебряными проявлениями и месторождениями, а также в зоне Коксаирского разлома [1, 2, 4].

## Типизация эпитермального оруденения серебра

Руды Озерно-Асхатинской рудной зоны характеризуются весьма сложным минеральным составом, в них установлено более 60 минералов. Главными рудными минералами являются тетраэдрит, халькостибит, бурнонит, халькопирит, пирит, арсенопирит, цинкенит, гудмундит. В пределах рудной зоны развиты руды сидерит-сульфосольного типа, которые подразделяются на пять минеральных сортов руд отличающихся по составу и содержанию рудных минералов и компонентов: тетраэдри- товый, халькостибит-тетраэдритовый, цинкенитовый, бурнонит-тетраэдритовый и галенит-бурнонитовый.

В различных участках руды заметно отличаются по минеральному составу при этом с юго-запада рудной зоны на северо-восток происходит закономерная смена преобладающих рудных минеральных ассоциаций: южный фланг Озерного месторождения – галенит-бурнонитовая; Озерное месторождение – бурнонит-тетраэдритовая; рудное тело 1 – джемсонит-цинкенитовая; участок Пограничный тетраэдрит-гудмундит-джемсонитовая; западная часть Асхатина халькостибит-тетраэдритовая; центральная часть Асхатина халькопирит-тетраэдритовая. В этом же направлении в халькостибите увеличивается содержание висмута с 1-2% до 12 %.

Среднее по запасам *Озёрное сурьмяно-серебряное месторождение* локализуется в толще терригенных осадочных пород на границе отложений богутинской и барбургазинской свит девона в северном крыле Кара–Оюкской синклинали. В плане имеет протяженность 3,8 км при изученной ширине от 200 до 500 м. Простирание рудной зоны по азимуту 45–60°, падение на юго–запад под углом 60–80°. Рудоконтролирующими структурами являются разрывные нарушения СВ и С–СВ простирания, крутого (до 85–90°) юго–восточного падения.

Рудные тела трассируются и располагаются кулисообразно в полосе интенсивного развития рудоконтролирущих нарушений. Ширина рудоконтролирующей полосы более 200 м.

Всего на месторождении выявлено более двух десятков рудных тел с повышенными содержаниями серебра, свинца, сурьмы, меди и висмута. Рудные тела повсеместно сопровождаются околорудными аргиллизитами. По простиранию они прослеживаются сравнительно уверенно, контролируясь протяженными разрывными нарушениями. Наибольшая длина рудного тела составляет 540 м, наименьшая длина - 45м. Средняя длина рудных тел варьирует в пределах 200 м. Мощности рудных тел колеблются от 0,1 метра до 2,5 метров. Пространственно рудные тела представляют собой сильно уплощенные рудные столбы. Размах по вертикали составляет около 450 м, прослеженных от поверхности до нижнего сечения скважиной. В горизонтальных сечениях рудные тела имеют вид сильно уплощенных линзовидных, пластообразных залежей

По внутреннему строению подразделены на три типа: жилы и жильные зоны, штокверковые зоны, зоны милонитизации и дробления. Наиболее продуктивными являются жильные образования, в них отмечаются повышенные содержания полезных компонентов: серебро до 2 кг/т, свинца до 15%, сурьмы до16%, меди до7,5%, висмута до 0,6%. Рудные тела жильного типа содержат комплекс минералов серебряных, висмутовых и свинцовых сульфосолей и сопровождаются аргиллизитами. Руды характеризуются халькофильной геохимической специализацией. На месторождении основные рудообразующие элементы дают содержания: Ag (г/т) от 3 до 2250 (среднее 153,4), Sb (%) от 0,002 до 0,5 (среднее 0,23). Коэффициенты концентрации элементов 2191,4 и 1703,7, соответственно. В качестве сопутствующих элементов присутствуют (%): Pb от 0,05 до 1,5 (среднее 0,63) и Bi от 0,005 до 0,11 (среднее 0,027). Коэффициенты концентрации этих элементов достигают: Pb – 420, Bi – 750.

Основными рудными минералами являются сульфосоли ряда бурнонит – зелигманит, тетраэдрит, реже сульфиды: галенит, халькопирит, пирит, арсенопирит. Серебро сопровождает комплекс сопутствующих элементов, характеризующихся повышенными содержаниями свинца, меди, сурьмы и висмута. Текстуры руд пятнистые, удлиненные, коррозионные, катакластические, друзовые, каркасные.

Руды месторождения с поверхности практически нацело окислены и представляют собой лимонитовые массы, среди которых встречаются охристые вторичные минералы: церуссит, биндгеймит, сенармонтит и реликты первичных минералов руд: тетраэдрита, галенита, халькопирита. Зона массового окисления характеризуется широким распространением образований лимонита практически по всем стенкам трещин в породах. Нижняя граница лимонитизации распространена на 150-200 м. по нормали от поверхности.

По результатам поисковых работ 1971-74 гг. прогнозные ресурсы «Озерной рудной зоны» до глубины 500 м составили (тыс.т): серебра 14,1, сурьмы – 100, свинца – 374.

Оценка ресурсов категорий $P_1$ и $P_2$ руды, серебра и серебра условного по Озерному рудному полю (российская части Озерно-Асхатинского рудного поля) выполнена по рудным зонам I, V, VI, VIII, IX, X.

*Рудная зона I* совпадает с главной разрывной структурой рудного поля – Озерным разломом, прослежена от месторождения Озерного до месторождения Асхатин, где имеет номер III. Протяженность зоны на российской территории 8,3 км, на участках Озерном и Пограничном она вскрыта канавами, в промежутках между участками прослежена маршрутами и одиночными канавами. В северо-восточном направлении от месторождения Озерного несколько ветвей зоны на протяжении 1,9 км вскрыты единичными канавами и прослежены поисковыми маршрутами. По данным опробования здесь установлены повышенные содержания се ребра 30,2 – 240,9 г/т, 1259 и более 1000 г/т, меди 1%, сурьмы 1%, висмута 0,1%. При оценке ресурсов длина оруденелой части зоны (блок 1-I-$P_2$) принята равной 1800 м (граф.пр.15 л.1, табл. 4.4).

*Рудная зона V* прослежена маршрутами на протяжении 1500 м по северному склону выс.отм. 3464,8 в 500-800 м северо-западнее рудной зоны III, имеет несколько ветвей. В зоне по результатам опробования элювия и делювия выделен интервал длиной 900 м (блок 6-V-$P_2$) с промышленными или близкими к ним содержаниями серебра (34-3998 г/т) и попутных компонентов.

*Рудная зона VI* расположена в 1200 м северо-западнее участка Пограничный, в

виде двух ветвей прослежена маршрутами и единичными канавами на протяжении 700 м, длина оруденелой части в которой установлены содержания серебра 100 – 3538 г/т составляет 600 м (блок 5-VI-$P_2$).

*Рудная зона VIII* прослежена маршрутами в 300 – 1200 м южнее рудной зоны I на протяжении 5,4 км, длина оруденелой части составляет в левобережье р.Кара-Оюк 1400 м (блок 2-VIII-$P_2$), в правобережье на протяжении 1800 м (блок 7-VIII-$P_2$) установлены содержания серебра от 38 до более 1000 г/т.

*Рудная зона IX* прослежена маршрутами в южной части рудного поля на протяжении 6,6 км. По данным точечного опробования выделяются интервалы рудной зоны с кондиционными и близкими к кондиционным содержаниями серебра и попутных компонентов протяженностью в левобережье р.Кара-Оюк – 2500 м (блок 4-IX-$P_2$), в правобережье – 1600 м (блок 8-IX-$P_2$). Зона характеризуется аномальными содержаниями серебра от 30 г/т до более 100 г/т и 711,9 г/т установленными в 11 пунктах.

*Рудная зона X* прослежена маршрутами в южной части рудного поля на протяжении 2,7 км, длина оруденелой части учитываемой при оценке ресурсов части составляет в левобережье р. Кара-Оюк 2400 м (блок 3-X-$P_2$). Зона характеризуется аномальными содержаниями серебра 100 – 490 г/т установленными по результатам точечного опробования.

Суммарные запасы и ресурсы категории $C_2$+ $P_1$+ $P_2$ по рудному полю оцениваются в 31,5 млн. т руды, 5255 т серебра, 8980 т серебра условного при содержании 167 г/т и 285 г/т соответственно.

Прирост ресурсов относительно оценки 1987 г составляет руды – 21,7 млн. т, серебра – 3479 т, серебра условного – 6108 т, в том числе по категориям:

- категории $P_1$ руды – 1877 тыс. т, серебра – 188 т, серебра условного – 247 т;
- категории $P_2$ руды – 19828 тыс. т, серебра – 3291 т, серебра условного – 5861 т.

Прогнозные ресурсы Озерного месторождения категории $P_1$ составляют: 1122,7 т серебра, 37167 т свинца, 15442 т сурьмы, 18205 т меди, 2359 т висмута. Запасы серебра категории $C_2$ составляют 253,4 т.

В составе Озерного рудного поля: месторождение Озерное, северо-восточный фланг месторождения Озерного, Пограничное месторождение, участок Озерный Северный, участок Усть-Пограничный, участок Кара-Оюк.

По состоянию на 2.11.1987 г. для Озёрного рудного поля запасы серебра категории $C_2$ –130 т, прогнозные ресурсы категории $P_1$ – 1277 т, категории $P_2$ – 1590 т. По состоянию на 1.06. 2003 г для Озёрного рудного поля прирост прогнозных ресурсов категории $P_1$- 247 т, категории $P_2$ – 5861 т.

На территории Монголии расположено крупное месторождение *Асхатин*, локализованное на северо-восточном фланге Озёрно-Асхатинской рудной зоны. В пределах месторождения выявлено 8 жильных зон, протяжённостью до 11 км, образующих структуру «конского хвоста», веерообразно расходящуюся в северо-восточном направлении. Вмещающими юнитами месторождения являются темноцветные терригенные толщи барбургазинской и богутинской свит среднего-верхнего девона, а также граниты Тургенигольского массива, относящиеся к юстыдскому комплексу [3] позднедевонского возраста (375,4±5,5 млн. лет; SHRIMP II U-Pb методом по циркону).

Рудны тела месторождения сложены сидеритовыми жилами выполнения, в меньшей мере – брекчиями и линейными штокверками, содержащими массивное и вкрапленное сульфидно-сульфосольное оруденение. Протяжённость рудных тел достигает 800 м., мощность – до 16 м., по падению до 500 м. Главным полезным компонентом является Ag (среднее содержание 350 г/т; в рудных столбах до 1000-3800 г/т). Попутные компоненты (%): Bi – 0,055, Cu -0,91, Sb – 0,48. Комплексный состав руд обусловлен преобладанием в рудах минералов медно-сурьмяных, серебряных и висмутовых сульфосолей, халькопирита, самородного серебра и висмута; всего на месторождении установлено более 50 минералов. Запасы и ресурсы категории $P_1$ серебра по месторождению Асхатин превышают 7100 т, висмута – 13,6 тыс. т, сурьмы – 92 тыс. т, меди – 163 тыс. т. Прогнозные ресурсы серебра категории $P_2$ для Асхатинского рудного поля оцениваются в 25 тыс. т.

В процессе формирования месторождения Асхатин выделяются два этапа рудообразования: ранний и поздний, отделённые во времени внедрением двух дайковых комплексов (терехтинского – $P_2$ – $T_1$; и чуйского ($J_1$). В ранний этап, связанный со становлением Тургенигольского массива анороген-

ных гранитоидов типа «рапакиви», образованы кварц-турмалиновые метасоматиты с кварц-сульфидно-касситеритовым оруденением. В поздний этап сформированы околорудные метасоматиты аргиллизитового типа и собственно руды месторождения Асхатина и всей Озёрно-Асхатинской рудной зоны.

Другим возрастным типом оруденения серебра являются комплексные месторождения ртутно-серебряного состава девонского возраста, расположенные севернее Озёрно-асхатинской рудной зоны. Месторождение Коксаир расположено на западном фланге одноименного разлома, где занимает площадь 0,75 х 0,50 км. Зона Коксаирского разлома и сопровождающая его полоса гидротермально измененных пород прослеживается с запада на восток от Чуйской котловины до правобережья реки Кокоря. Рудные тела локализованы среди баритизированных, окварцованных и аргиллитизированных туфов андезитовых порфиритов талдыдюргунской свиты, сложены в различной степени. Ртутные рудные тела содержат киноварную, реже халькопиритовую, галенитовую минерализацию. Киноварь ярко-красного цвета мелкокристаллическая, в туфах отлагается в пористом цементе вокруг обломков в виде оторочек, а также в самих обломках. Реже формирует микропрожилки, выполняя микротрещинки. В туфопесчаниках встречается в виде более или менее равномерной вкрапленности по всей массе. В более плотных разностях образует киноварно-карбонатные прожилки мощностью до 1-2 см. Сереброрудные тела выделяются предположительно путем вскрытия единичных сечений канавами и прослеживания по простиранию типичной халькозин-малахитовой минерализации. Протяженность подобных минерализованных интервалов составляет 100-250 м, при мощности 1-5 м. Они представлены баритизированными, аргиллитизированными литокристаллокластическими туфами с пленками малахита, азурита, часто ярко-желтого лимонита и иногда устанавливаемой реликтовой вкрапленностью блеклых руд, халькопирита, галенита, халькозина, ковеллина. В пределах Коксаирского месторождения выделено 10 гнездообразных ртутных тел и 5 предполагаемых сереброрудных тел типа минерализованных зон. Ориентировка тел субширотная и СЗ, падение крутое под углами 50-80° в СВ и СЗ направлении. Протяженность ртутных рудных тел составляет 30-50 м, мощность 3-12 м. Содержание ртути составляет 0,07-0,273 %, серебра до 10 г/т. Содержание серебра в минерализованных зонах по результатам точечного опробования достигает 262,4 г/т, меди более 1 %, ртути до 0,16 %, сурьмы до 0,2 %, мышьяка до 0,7 %, бария более 3 %. В расчистке II рудное пересечение имеет мощность 2,2 м, при содержании серебра 5-129,1 г/т (среднем - 70 г/т), меди – 0,03-0,8 %, свинца – 0,02-1,46 %, ртути – 0,07-0,7 %.

Прогнозные ресурсы серебра (категория $P_2$) составляют 459 т. при среднем содержании 110,4 г/т.

Характерной особенностью таких месторождений (Коксаир, Отсалар) является ассоциация с эпитермальным медно-золото-порфировым типом оруденения. По нашим данным в урезе Безымянной балки в южной части участка Коксаир вскрыт разрез лав тразидацитов-трахиандезитов с туфами, туффитами, а также лапиллиевыми и бомбовыми горизонтами околожерловой фации (D). Северо-восточнее указанный разрез интрудирован субвулканическим телом трахиандезитовых порфиритов, которые в северном направлении сменяются флюидо-эксплозивными брекчиями по трахиандезитовым порфиритам с жилами, прожилками кварца и барита с редкой вкрапленностью пирита и халькопирита. В северной части брекчии развальцованы, лимонитизированы, аргиллизированы и превращены в легко рассыпающуюся дресву. Видимые размеры брекчии более 50×60 м. Западнее находится ещё одно субвулканическое тело, представленное гранит-порфирами, в теле которых выявлено также тело флюидо-эксплозивных бекчий по гранит-порфирам размерами более 200×150 м. Площадь распространения прожилково-вкрапленного медно-сульфидного оруденения в субвулканических телах и флюидо-эксплозивных брекчиях визуально оценивается в 250×350 м. Более богатое прожилково-вкрапленное медное оруденение локализуется во флюидо-эксплозивных брекчиях, сформировавшихся по гранит-порфирам. В них выделяются минерализованные зоны двух систем, ориентированных субширотно (270-280°) и в северо-восточном направлении (20-25°). Узел сочленения указанных систем под задерновкой. Отмечаются также участки штокверкового строения. Видимые размеры флюидо-эксплозивных брекчий с более

богатым медно-сульфидным оруденением: видимая ширина выходов более 10 м, протяжённость более 30 м. Визуальная оценка содержаний халькопирита в минерализованных зонах и штокверках – от 3 до 10%. В минерализованных зонах и штокверках (12×20 м) жильно-прожилковая минерализация представлена кварцем, анкеритом, баритом, сульфидная – пиритом, халькопиритом, борнитом, киноварью, оксидная – гематитом, спекуляритом. В южной части проявления Коксаир (в правом борту сухой балки) в старой канаве развалы лиловых алевролитов, а также обломки кварц-карбонатных жильных образований, в которых отмечаются ящичные текстуры, а также сухари с лимонитом. Местами в кварце наблюдается спорадическая тонкая вкрапленность сульфидов (пирита) размером до 0,5 мм. В кварц-карбонатной материале геохимической пробы определено содержание золота 4 г/т. Данное проявление можно отнести к эпитермальному золото-серебряному типу высокосульфидизированному, требующему прослеживание и вскрытие зоны по простиранию.

## Интерпретация результатов

Таким образом, конкретные месторождения всей Озёрно-Асхатинской рудной зоны отличаются друг от друга своим вещественным составом. При этом с юго-запада на северо-восток вдоль всей рудной зоны происходит смена состава сульфосолей от свинцово-сурьмяных (цинкенит, буланжерит) к свинцово-медно-сурьмяным (бурнонит) и до сурьмяно-медных (тетраэдрит, халькостибит на месторождении Асхатин).

Источники рудного вещества для серебро-медно-сурьмяных руд Озёрно-Асхатинской зоны, вероятно, были комплексными и включали как мантийные, так и коровые, как это было показано нами для комплексного месторождения Каракуль [5, 6]. Пространственно и парагенетически оруденение ближе всего связано с дайковыми образованиями нижнеюрского чуйского комплекса, явно несущего в себе черты мантийной составляющей. Глубинный магматический очаг, формировавший дайки чуйского комплекса и серебряное оруденение, связан с функционированим Сибирского суперплюма.

## Заключение

Эпитермальное оруденение серебра в Алтае-Монгольском регионе в основном сосредоточено в пределах Озёрно-Асхатинской рудной зоны и представлено жильными и штокверково-жильными зонами, сопровождающимися аргиллизитами. Генерация эпитермального оруденения серебра проходила в результате мантийно-корового взаимодействия в процессе функционирования Сибирского суперплюма.

Ртутно-серебряное эпитермальное руденение Коксаирского рудного поля ассоциирует с золото-порфировым оруденением высокосульфидизированного типа, по вертикали занимающим более глубокие уровни.

Озёрно-Асхатинская рудная зона имеет значительные запасы и прогнозные ресурсы серебра, а также меди, висмута, сурьмы и требует доизучения и доразведки наиболее перспективных площадей и проявлений.

## Список литературы

1. Борисенко А.С., Оболенский А.А., Бедарев Н.П. Серебро-сурьмяная рудная формация. Часть 1: Геология, минералогия, эндогенная зональность оруденения. – Новосибирск: Наука, 1992. – 235 с.

2. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Республики Алтай. - Бийск: Изд-во АГАО, 2010. - 385 с.

3. Гусев А.И., Гусев Н.И., Говердовский В.А. Анорогенные гранитоиды Юстыдского массива: петрология, геохимия, флюидный режим // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2011. - № 5. – С. 13-18.

4. Гусев А.И. Серебряное оруденение Горного Алтая // Успехи современного естествознания, 2012, № 9. – С.53-57.

5. Гусев, А.И., Гусев Н.И. Полихронное комплексное Cu-Bi-Co-Ni-W месторождение Каракуль Горного Алтая // Руды и металлы, 2012. - № 1. – С. 33-41.

6. Гусев А.И., Гусев Н.И. Новые данные по минеральному составу кобальтового оруденения Горного Алтая // Геология и минеральные ресурсы Сибири, 2012. - № 4. – С. 74-78.