

# СТАДИЙНОСТЬ ЗОЛОТООРУДЕНЕНИЯ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ НА СЕВЕРЕ ГОРНОГО АЛТАЯ

**Б. Г. Семенов**

ОАО Геологическое предприятие «Алтай-Гео», с. Майма

## Геологическое строение рудного поля

Рудное поле площадью около 50 км<sup>2</sup> расположено в зоне экзоконтакта двух пространственно разобщенных небольших массивов Топольнинской интрузии пестрого (от тоналитов до субщелочных гранитов) состава. Один из массивов — Караминский, размерами около 4 x 4 км — изометричен в плане, второй — Топольнинский размерами около 2 x 7 км — вытянут в северо-западном направлении. В латеральном и вертикальном строении массивов существует определенная закономерность, выраженная в приуроченности меланократовых разностей гранитоидов (тоналиты, диориты) к апикальным частям интрузии с последовательным раскислением — до кварцевых диоритов и гранодиоритов — магмы к центральным частям массивов. Наиболее поздние субщелочные граниты характеризуются рвущими контактами и положением в ядерной и — возможно — корневой частях гранитоидных массивов. Внедрение гранитоидов Топольнинской интрузии сопровождалось формированием пестрого (от андезитовых порфиритов до гранодиоритов) по составу дайкового комплекса с локализацией отдельных дайковых тел в зонах эндо-и-экзоконтактов Караминского и Топольнинского массивов. По вертикали также отмечается последовательное раскисление состава даек от андезитов до гранодиоритов по линии «сверху — вниз».

Породы «рамы» характеризуется переслаиванием туфогенно-осадочных и карбонатных пород продуктивной толщи, широким развитием разновозрастных дайковых комплексов пестрого состава, значительным ороговикованием образований продуктивной толщи, формированием контактовых и инфильтрационных скарнов, наличием проявлений и месторождений коренного и россыпного золота. Рудные тела...

## Характер распределения золота

Характер распределения золота в рудном теле 1 наиболее изученного участка Лог 26 носит полимодальный характер, сформированный серией локальных логнормальных кривых; каждая локальная логнормаль вписывается в классы содержаний золота: 0-1 г/т, 1-2 г/т, 2-4 г/т, 4-8 г/т, 8-16 г/т, 16-32 г/т, 32-64 г/т, а максимумы этих частных логнормалей приближены к регрессивным сериям распределения. На итоговой полимодальной гистограмме четко выделяются «моды» (максимумы) распределения золота: 0,5 г/т, 1,1 г/т, 3,5 г/т, 4,4 г/т, 13,5 г/т, 24 г/т — отражающие реалии рудного процесса и являющиеся геоматематическими обоснованиями условных кондиций к подсчету прогнозных ресурсов. В частности, бортовой лимит содержания золота 0,5 г/т совпадает с «модой» 0,5 г/т; минимально-промышленное содержание золота 1,0 г/т совпадает с «модой» 1,1 г/т, а среднее содержание золота — 3,54 г/т — совпадает с «модой» 3,5 г/т. «Моды» 4,4 г/т, 13,5 г/т и 24 г/т могут отражать определенные закономерности уровней концентрации золота на различных стадиях рудоотложения.

## Характер распределения элементов-спутников золота

Распределение средних содержаний 20-и наиболее типичных элементов-спутников золота в поперечном разрезе рудного тела подчиняется определенным закономерностям. В частности, выделяются следующие группы и ассоциации элементов внутри групп:

– золоторудная группа, включающая золото-серебрянную и олово-кобальтовую ассоциации элементов, концентрирующихся в рудном теле 1 (с падением их содержаний в обе стороны от оси рудного тела);

– околорудная группа, включающая рекометальную (W — Mo — Bi — Be — Li), полиметаллическую (Cu — Zn — Pb), чернометальную (Cr — Ni), мышьяковую и марганцевую ассоциации. При этом

элементы полиметаллической ассоциации (с барием и ванадием) концентрируются в (ближних) зальбандах рудного тела 1, а элементы прочих ассоциаций — на небольшом удалении от него в пределах литохимического первичного ореола золота 0,01 — 0,1 г/т.

Обращает на себя внимание «инертность» значительного числа элементов (Ag, Pb, W, Mo, Bi, Be, Co, Sn, Li, Cr, Sb, Ba, Mn) в ходе отложения золота: коэффициенты концентрации этих элементов изменяются в пределах 1,5 — 2,0. Несколько большими, до 2,5 — 3, коэффициентами концентрации характеризуются медь, цинк, мышьяк, ванадий; наибольшие коэффициенты концентрации — 150-200 — имеет золото. Объяснение вышесказанному, по мнению автора, логично искать в предлагаемой модели рудообразования: от предрудной стадии скарнообразования — через ранние рудные стадии малосульфидно-полиметаллической ассоциации — к основной рудной малосульфидной галенит-халькопиритовой стадии — к поздней мономинеральной стадии выделения самородного золота и далее — к стадии перераспределения золота при гипергенезе. При этом для предрудной скарновой стадии полагаются низкие уровни (с коэффициентами концентрации 1,5—2) концентрации широкого круга элементов редкометальной и чернометальной ассоциаций и сопутствующих им скарновых минералов. Для основной (главной) рудной стадии полагается минимальный круг минералов-участников (галенит, халькопирит, гематит, апатит) и элементов (кобальт, олово) с резким увеличением, до 50—100, коэффициента концентрации золота. Весьма вероятно, что поздняя рудная стадия была проявлена в минимальном геометрическом пространстве, поскольку не проявлена в значениях распределения средних содержаний элементов-спутников, была мономинеральной — золотой.

#### Характер распределения аксессуарных и рудных минералов

В результате анализа распределения средних содержаний минералов в поперечном сечении рудного тела выделяются 4 крупных группы (ассоциации) минералов:

- минералы рудной (золоторудной) группы, ассоциирующие с золотом и концентрирующиеся в рудном теле: халькопирит, апатит, гематит, барит, галенит, малахит,

- минералы околорудной группы, концентрирующиеся в зальбандах рудного тела в пределах литохимического первичного ореола золота 0,01-0,9 г/т: арсенопирит-лимонитовая ассоциация (арсенопирит, лимонит),

- минералы периферической группы, концентрирующиеся как в зальбандах, так и на периферии рудного тела: пирит-везувиановая ассоциация и флюорит.

- минералы смешанной околорудной и периферической групп, концентрирующиеся как в зальбандах, так и на периферии рудного тела: эпидот-гранатовая ассоциация и халькозин.

Среди минералов рудной группы обособляются: гипогенные халькопирит, галенит и барит, прямая связь которых с отложением золота не вызывает сомнений; гипогенные апатит и гематит, геологическое истолкование связи которых с золотоотложением неоднозначно (оксидная или предрудная стадии, гипергенный, гематит и др). Околорудные арсенопирит и лимонит характеризуют два этапа (стадии) золотооруднения: предрудной сульфидизации (арсенопирит) и гипергенеза в зоне железной шляпы (лимонит). В этом случае необходимо объяснить отсутствие гипергенного окисления лимонитом пирита периферической группы. Вероятно, последнее связано с большей проницаемостью рудного тела и его зальбандов по сравнению с менее трещиноватыми боковыми скарнами. Периферическая позиция везувиана и пирита, скорее всего, отражает предрудное скарнирование, проявившееся на более широком участке, выходящем за границы анализа. Среди минералов смешанной околорудно-периферической группы скарновая природа граната и эпидота несомненна. «Сквозная» позиция халькозина, вероятно, свидетельствует о широком плащеобразном развитии зоны вторичного сульфидного обогащения.

Дополнительные соображения по стадийности золотообразования. Во-первых, весьма вероятно существование золото-серебряной ассоциации при содержании золота 10—40,2 г/т, поскольку этот интервал содержаний золота характеризуется повышенными содержаниями серебра 0,01—0,03 г/т (100% встречаемости). Во-вторых, отсутствует прямая корреляция высоких содержаний золота с различными минералами и химическими элементами. В-третьих, весьма вероятно объяснение ряда высоких содержаний золота обогащением при гипергенезе железной шляпы, на что указывают высокие концентрации в этих пробах минералов подзоны окисления (лимонит, малахит) и подзоны вторичного сульфидного обогащения (халькозин, малахит). Последнее предположение хорошо согласуется с имеющимися данными о наличии высоких, до 84-120 г/т, концентраций золота в лимонитах и пиритах района Топольнинского рудного поля.

### Стадийность золотооруденения

Основным теоретическим результатом исследования особенностей распределения золота и попутных компонентов в рудном теле является авторская схема стадийности золотооруденения Топольнинского рудного поля, выделяются стадии:

- предрудная скарновая эпидот-гранатовая минеральная ассоциация высокотемпературных проградных скарнов и следующая за ней пирит-везувиановая минеральная ассоциация низкотемпературных ретроградных скарнов, отражаемые редкометальной (W-Mo-Bi-Be) и чернометальной никель-хромовой геохимическими ассоциациями;
- ранняя рудная золото-арсенипиритовая минеральная ассоциация, отражаемая полиметаллической (Cu-Zn-Pb) и сурьмяно-золото-мышьяковой геохимическими ассоциациями;

Минералы	Предрудная скарновая стадия	
	Эпидот-пироксен-гранатовая минеральная ассоциация (подстадия проградных скарнов)	Пирит-везувиановая минеральная ассоциация (подстадия ретроградных скарнов)
Самородное золото	██████████	██████████
Гранат	██████████	██████████
Пироксен	██████████	██████████
Эпидот	██████████	██████████
Скаполит	-----	██████████
Кальцит	-----	██████████
Пирит	-----	██████████
Везувиан	-----	██████████
Ромбопироксен	-----	-----

- незначительное развитие минерала
- ██████████ заметное развитие минерала
- ██████████ преобладающее развитие минерала

**Рис. 1. Последовательность выделения минералов при формировании скарнов предрудной стадии участка Лог 26 Топольнинского рудного поля**

Аннотация к рисунку:

1. Начало скарнообразования фиксируется идиоморфизмом граната-1 (с включениями самородного золота), пироксена-1 и эпидота-1, образующих эпидот-пироксен-гранатовую минеральную ассоциацию. Развитие скарнов данной минеральной ассоциации продолжилось формированием более позднего пироксена-2 и кальцита-1, нарастающего на более ранние минералы, а также последовательным формированием еще более поздних прожилков гранатового (гранат-2 с включениями самородного золота), гранат(гранат-3)-пироксен(пироксен-3)-скаполитового(скаполит-1) и пироксенового (ромбопироксен-4) составов.

2. Завершение предрудного скарнообразования выразилось развитием пирит-везувиановых и эпидот-везувиан-пиритовых идиоморфных минеральных агрегатов с наложенными кальцитом-2 и скаполитом-2. Включения самородного золота фиксируются в пирите и, предположительно, в везувиане.

3. Наиболее поздние минеральные образования представлены секущими прожилками пренита и эпидота-3, а также развитием тонких пленок самородного золота по трещинам различных минералов. Скорее всего, прожилками пренита завершаются процессы изменения собственно скарнов (завершается предрудное скарнообразование), а формирование прожилков цеолитов и самородного золота относится к более поздним, рудным и послерудным (?) стадиям.

– основные рудные гематит-апатитовая и золото-галенит-халькопиритовая минеральные ассоциации, сопровождающиеся свинцово-медно-висмутовой геохимической ассоциацией;

– поздняя рудная минеральная ассоциация самородного золота, отражающаяся золото-серебряной геохимической ассоциацией;

– стадия гипергенеза: золото-лимонитовая, золото-малахитовая и золото-халькозиновая минеральные ассоциации.

### **Краткие выводы**

1. Топольнинское рудное поле в настоящее время является наиболее изученным примером золотооруденения «сиалического» типа в Горном Алтае и установленные автором закономерности в некотором смысле могут являться эталонными для руд подобного типа. Предварительное изучение показывает, что крупный золоторудный объект «сиалического» типа в Горном Алтае еще не найден.

2. Представленное золотооруденение относится к золото-силикатной (скарновой) формации типа минерализованных зон с убогосульфидным типом руд, микроскопическими и субмикроскопическими (менее 0,008мм) размерами самородного золота и наличием весьма значительной части тонкодисперсного золота в лимоните и пирите. В ходе формирования месторождения выделяются стадии (от ранних — к поздним):

- предрудная (золото)-скарновая, состоящая из последовательно сменявших друг друга (золото)-эпидот-пироксен-гранатовой минеральной ассоциации (подстадии) высокотемпературных проградных скарнов и (золото)-пирит-скаполит-везувиановой минеральной ассоциации (подстадии) низкотемпературных ретроградных скарнов,
- собственно золоторудные стадии: ранняя, включающая одну золото-арсенопиритовую минеральную ассоциацию; основная (главная), состоящая из золото-апатит-гематитовой, золото-(пирит)-галенит-халькопиритовой минеральных ассоциаций и минеральной ассоциации самородного золота; поздняя, состоящая из минеральной ассоциации самородного золота,
- стадия гипергенеза, включающая зону окисления (железную шляпу), состоящую из золото-лимонитовой и золото-лимонит-малахитовой минеральных ассоциаций, а также убого проявленную зону вторичного сульфидного обогащения с золото-халькозиновой минеральной ассоциацией.

3. Характер концентрации золота отражает последовательные этапы золотоотложения от низких концентраций, отвечающих бортовому и минимально-промышленному содержаниям, на ранних стадиях через средние уровни концентраций 3,6-4,8 г/т на основной стадии к высоким концентрациям, отвечающим «бонанцам» для поздних стадий и гипергенеза.

---