

## ТИПОМОРФИЗМ И ТИПОХИМИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА СИНЮХИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

А.И. Гусев

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Типоморфизм и типохимизм самородного золота в эндогенных месторождениях отражает особенности среды минералообразования и играет важную роль в реставрации генезиса оруденения. Химический состав самородного золота и его типоморфные особенности в Синюхинском рудном поле изучали В.Н. Днепровский, С.М. Карлагин, В.Г. Ворошилов, А.Ф. Коробейников, Б.Н. Лузгин, Л.Л. Павлова [2], Н.В. Рослякова, Ю.Г. Щербаков [3], А.И. Гусев [1], А.Д. Эттлинджер, Л.Д. Мейнерт [4]. В настоящем сообщении использованы новые данные по типоморфизму золота, авторские анализы химического состава золота, а также результаты анализа вышеуказанных исследователей.

Самородное золото в рудах Синюхинского медно-золотого скарнового рудного поля относится к типичной наложенной на скарны минерализации. По времени формирования и общей последовательности оно отлагалось из гидротермальных растворов после гистерогенных постскарновых изменений и образует 3 генерации. Гистерогенные постскарновые изменения разнообразны и включают образование волластонита, магнетита, эпидота, тремолита, кварца, пирита, актинолита, ортоклаза, альбита. Наложённая золото-сульфидная минерализация образует несколько парагенезисов и включает пирит, золото и халькопирит нескольких генераций, борнит, халькозин. Самородное золото образует плёнки, пластинки, неправильные зёрна, редко кристаллики октаэдрического габитуса. Размеры выделений от 0,01 до 8 мм. Ранняя генерация выявлена в Первом рудном теле Файфановского месторождения, где оно ассоциирует с пирротинитом и халькопиритом 1. Пробность медистого золота 1-й генерации 585-650%. Вторая высокопробная генерация (863-999%) ассоциирует с тетрадимитом, алтаитом, мелонитом, геддеитом. Это доминирующая в рудном поле генерация и её кристаллизация происходила после главной медной стадии, когда были сформированы существенно медные ассоциации: халькопирита 2-й генерации, борнита, халькозина. Часто вторая генерация золота пространственно совпадает с участками существенно сульфидной минерализации, но местами она кристаллизовалась самостоятельно вдали от медных борнит-халькозиновых руд (Юбилейный участок). В заключительной полиметаллической ассоциации с халькопиритом 3, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом обнаружена третья генерация золота средней пробности (811-910%), получившая наибольшее распространение на восточном фланге Первого рудного тела Западно-Файфановского и Ыныргинского участков. Химические составы генераций самородного золота, определённые микрозондовым анализом, приведены в таблице.

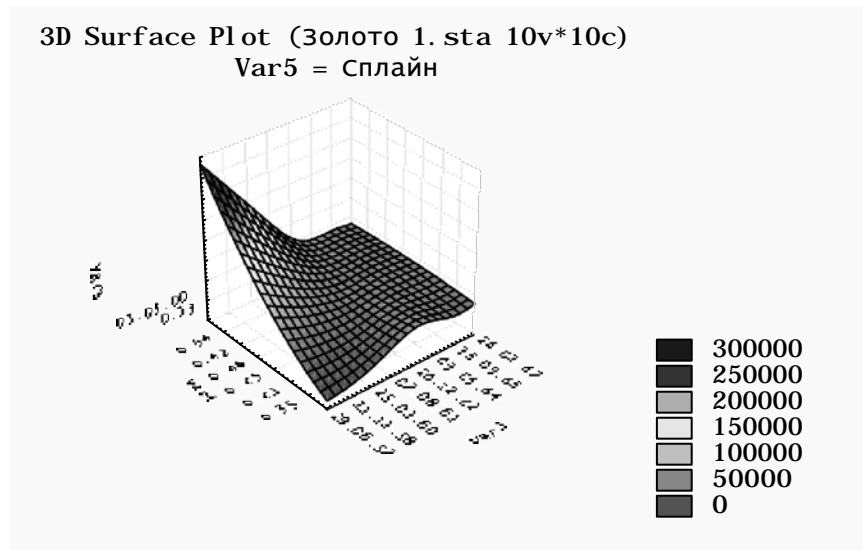
Химический состав самородного золота Синюхинского рудного поля (%)

Элементы	1 генерация, n=27		2 генерация, n=8		3 генерация, n=8	
	X	S	X	S	X	S
Золото	63,13	5,01	91,91	5,102	84,35	4,87
Серебро	3,17	1,21	7,09	1,54	1,36	1,13
Медь	33,15	2,45	0,409	0,09	2,89	0,87
Висмут	0,42	0,11	0,43	0,13	-	-
Теллур	-	-	0,039	0,002	-	-
Железо	0,11	0,05	-	-	-	-
Ртуть	-	-	-	-	3,42	1,06
Мышьяк	-	-	-	-	0,1	0,02
Сера	-	-	0,032	0,003	-	-

Примечание: n- количество проб, X- средние содержания, S- стандартное отклонение.

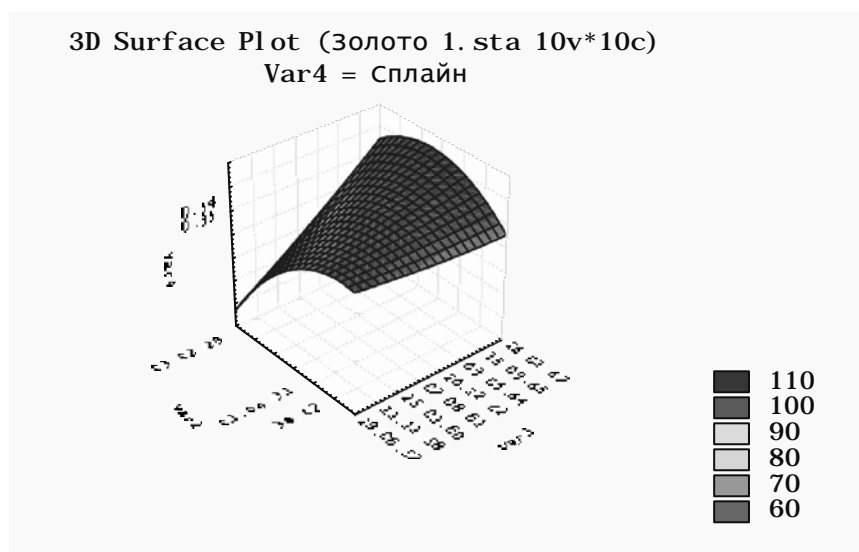
Анализ таблицы показывает, что средний химический состав золота разных генераций отличается и по набору элементов и по их концентрациям. Типохимическими элементами первой генерации являются медь и серебро. Только в первой генерации присутствует железо. В единичных пробах первой генерации отмечаются марганец и титан. В матрице множественной корреляции золото позитивно связано с железом (0,94), висмутом (0,74), медью (0,70). Распределение золота в первой генерации неравномерное, что подтверждается двухвершинной гистограммой распределения. 3-D моделирование для золота первой генерации с наиболее коррелируемыми элементами-примесями показывает дугообразную сплайн-поверхность в одном случае от минимумов Au и V к max Fe, а в другом случае от min Au и Cu к max V (рис. 1-2).

Вторая генерация характеризуется доминированным преобладанием из элементов-примесей серебра. Только в этой генерации присутствуют в ощутимых количествах теллур и сера. Следует отметить, что в единичных пробах второй генерации отмечаются следовые содержания железа, сурьмы, свинца. В матрице множественной корреляции золото позитивно связано с висмутом (0,94), серой (0,52) и теллуrom (0,41). Распределение золота во второй генерации также неравномерное, что подтверждается двухвершинной гистограммой распределения. 3-D моделирование подтверждает вышеуказанную неоднородность самородного золота второй генерации. В одном случае сплайн-поверхность показывает закономерное восхождение от золота к висмуту и max S (рис.3), а в другом случае вырисовывается обратная картина – повышение поверхности от теллура к висмуту (max) и резкое снижение в направлении к золоту.



**Рис. 1. 3-D моделирование сплайн поверхности для золота-висмута-железа первой генерации золота.**

Типохимизм третьей генерации золота определяют ртуть и мышьяк, хотя в значительных количествах присутствуют также медь и серебро. В отдельных пробах заключительной генерации самородного золота определены незначительные концентрации свинца, цинка, сурьмы, селена. В этой генерации золото позитивно коррелируется со ртутью (0,68) и серебром (0,43). Гистограмма распределения золота в этой генерации одновершинная, отвечающая нормальному закону распределения. 3-D моделирование выявляет синусоидальную сплайн-поверхность с минимумом серебра и повышением поверхности к ртути, а затем плавным перегибом ко второму минимуму ртути и возрастанием к золоту (max) (рис.4).



**Рис. 2. 3-D моделирование сплайн поверхности для золота-меди-висмута первой генерации золота.**

Парагенезисы самородного золота в рудах Синюхинского рудного поля, таким образом, различны. Проба золотин и набор элементов-примесей в нём зависит от условий среды минералообразования. Топоминералогическим картированием в отдельных рудных телах (Первое и Второе рудные тела Файфановского и Первое рудное тело Западно-Файфановского участка) показало, что типохимизм золота тонко реагирует на режим серы в растворах. Наиболее высокая проба золотин второй генерации отмечается в тех местах, где золото кристаллизовалось вдали от сульфидных ранних выделений. Особенно чётко это проявлено в некоторых участках Юбилейного месторождения, где наиболее высокая

пробность (985-994‰) зафиксирована в существенно гранатовых скарнах без сульфидов и с редкими выделениями теллуридов висмута. Гранат на этих участках представлен гроссуляром ( $Ad=15-28\%$ ).

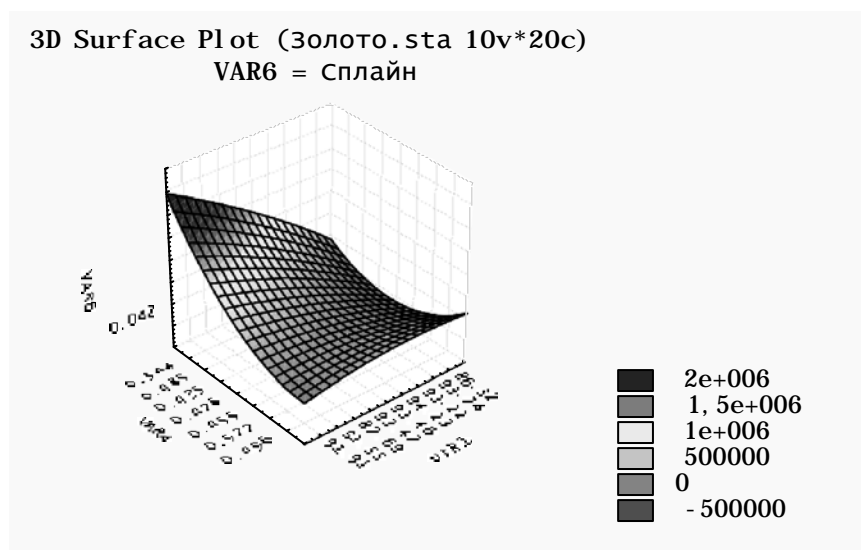


Рис. 3. 3-D моделирование сплайн поверхности золота-висмута-серы во второй генерации золота

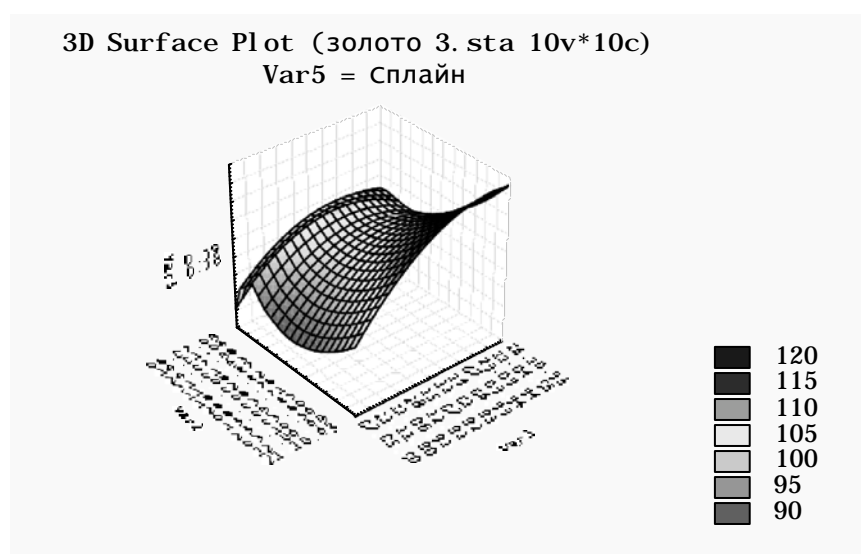


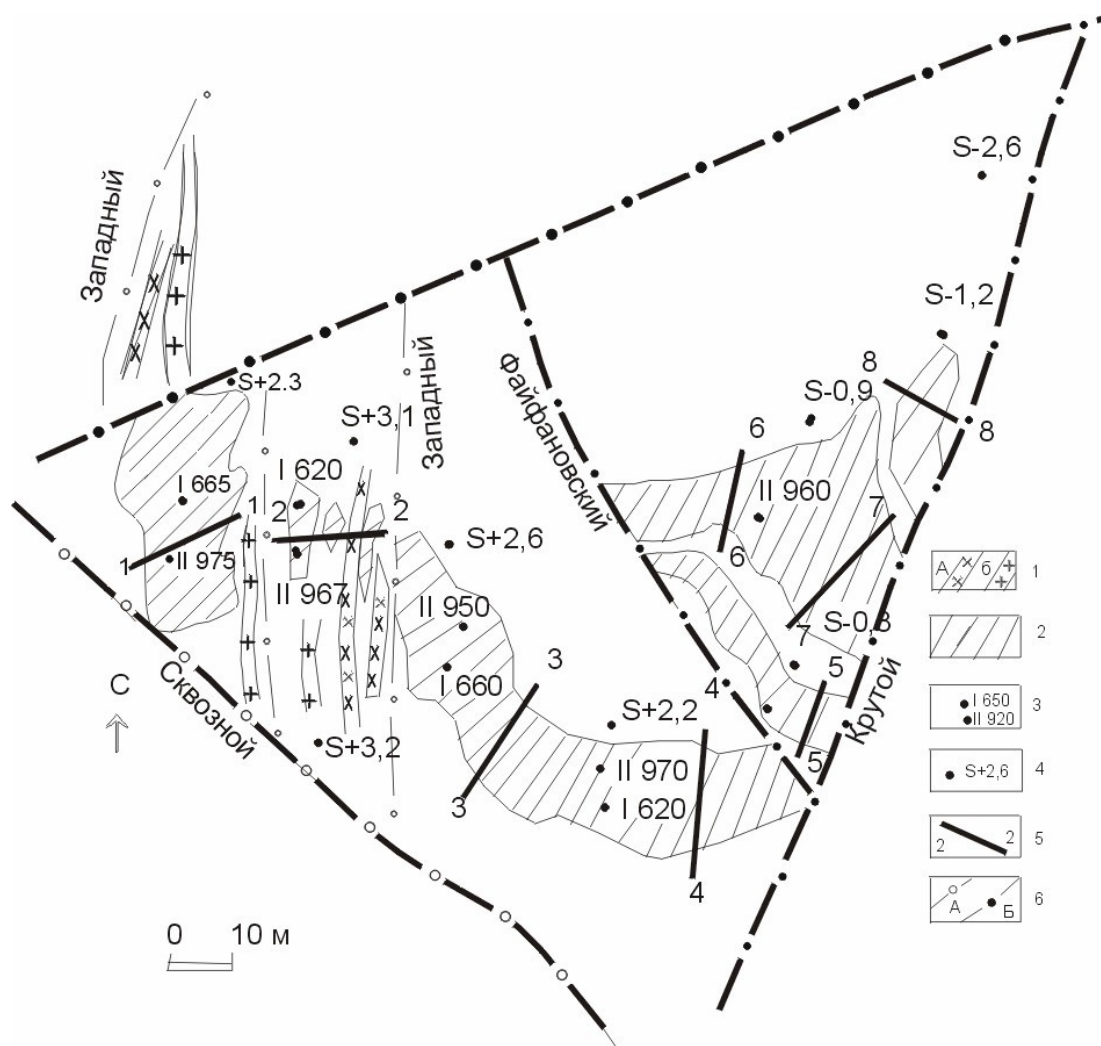
Рис. 4. 3-D моделирование сплайн поверхности золота-ртути-серебра для третьей генерации золота.

Наименьшая пробность этой же генерации (820-910‰) отмечается на участках наложения парагенезиса золота на ранее образовавшиеся сульфидные руды (халькопирит, борнит, халькозин).

*Обсуждение результатов и выводы.* Типоморфные особенности, состав самородного золота, набор элементов-примесей в нём и их количества меняются на протяжении всей истории формирования золотого оруденения Синюхинского рудного поля. Многие исследователи отметили в рудах объекта только одну генерацию золота (наиболее распространённую) [2-4]. Нашими работами выявлены 3 генерации, формирование которых происходило в различных физико-химических условиях с трендом от ранних парагенезисов к поздним: от более высокотемпературных к относительно низкотемпературным и от более концентрированных растворов к разбавленным (снижение общей солёности растворов происходило от 6,5 до 3,5 %, а падение температуры от 230 до 175°C). Типосорфизм и типохимизм золота тонко реагировал на эти изменения. Однако режим серы в растворах также менялся. Если первая генерация золота отлагалась из растворов, из которых кристаллизовались сульфиды с недостатком серы (пирротин, халькопирит), то вторая генерация кристаллизовалась при довольно высокой активности теллура и низких фугитивностях серы, о чём говорят тесные парагенезисы самородного золота с

теллуридами висмута, никеля, кобальта, серебра. Заключительная генерация золота кристаллизовалась при более высоком потенциале и активности серы в парагенезисе с галенитом, сфалеритом, арсенопиритом. Варьирование типохимизма золота отражается и на резких изменениях сплайн поверхностей, показывающих в трёхмерном пространстве на основе 3-D моделирования, взаимоотношения золота с позитивно коррелируемыми элементами-примесями в каждой генерации золота. Весьма примечателен факт появления в заключительной стадии формирования золотого оруденения Синохинского рудного поля самородного золота с высокими концентрациями ртути, указывающими на некоторое сходство его с золотом, встречающимся в золото-ртутных объектах типа Карлин. В Горном Алтае такие золото-ртутные проявления имеются и относятся они по времени формирования к верхнему палеозою-мезозою (Новое, Сухонькое в пределах Сарасинской золото-ртутной зоны, проявление Горе в пределах Сиинско-Коуринской золото-ртутной зоны и другие).

Топоминералогическое картирование в пределах некоторых участков Синохинского рудного поля показало, что вышеуказанные генерации золота распространены зонально относительно рудоподводящих разломов (рис.5). Для Файфановского участка установлено фракционирование изотопов серы при движении растворов в стороны относительно Сквозного разлома. В области влияния последнего локализуется ранняя генерация золота, а по мере удаления от флюидоподводящего разлома происходит снижение пробности золота второй генерации (рис.5).



**Рис. 5. Распределение пробности золота и изотопов серы в сульфидах рудных тел №№ 1 и 2 Файфановского месторождения**

1-дайки: а- диоритов, б- гранитоидов синохинского комплекса; 2- рудные тела золото-медно-скарновой формации; 3- проба золота; 4- значения тяжёлого изотопа серы; 5- линии геохимических разрезов; 6- разломы: а- флюидоподводящие, б- прочие.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что типохимизм золота несёт в себе не только информацию о генетических особенностях оруденения, но и поисковую информативность, подчёркивая зональное строение отдельных рудных тел и участков. При этом

заключительная третья генерация золота проявлена в латеральных выклинках рудных тел и на самых верхних участках общей гидротермальной колонны. Первая же генерация золота локализуется в районе основных флюидоподводящих структур.

#### **Литература**

1. Гусев А.И. Золотогенерирующие магмо-рудно-метасоматические системы северо-восточной части Горного Алтая. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск, 2000, 20 с.
2. Павлова Л.Л. Геолого-геохимические особенности золото-скарновых месторождений Кузнецкого Алатау и Горного Алтая. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук в форме научного доклада. Новосибирск, 1993, 48 с.
3. Рослякова Н.В., Щербаков Ю.Г. Состав золота в скарнах Синюхинского рудного поля, Алтай // Геохимия, 1999, №1, с.25-33.
4. Eftlinger A.D., Meinert L.D. Copper-Gold Skarn Mineralization at the Veselyi Mine, Siniukhinskoe District, Siberia, U.S.S.R. // Econ. Geol., 1991, v.86, №1, p. 185-194.