

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД СРЕДНЕГО СОСТАВА И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА

В. Г. МОИСЕЕНКО, Г. С. НЕЧКИН (ДВГИ СО АН СССР)

Генетические связи золотой минерализации с магматизмом и элементы эндогенной геохимии золота относятся к числу важнейших вопросов минерогенеза. Золотое оруденение чаще всего пространственно связано с гранитоидами повышенной основности и телами альбититов [2, 4, 5, 6]. Авторами настоящей статьи изучались основные и средние породы массивов и малых интрузий Южно-Приморской и Селемджинской (Приамурье) золотоносных зон Тихоокеанского рудного пояса.

В одном из рудных полей Южно-Приморской зоны особое внимание было уделено роговообманковым диоритам и биотитовым гранодиоритам палеозойского интрузивного комплекса, относящегося к габбро-диорит-плагиогранитной формации. Габбро и диориты относятся к ранним фазам формирования данного интрузивного комплекса, а секущие их гранодиориты и плагиограниты к поздней фазе. Диориты слагают обособленные массивы площадью в несколько кв. км, расположенные как в непосредственной близости от разрабатываемых россыпей, так и на значительном удалении от них. В диоритах, вблизи контакта с гранодиоритами поздней фазы размещены рудные тела золото-кварцевой формации.

Для изучения распределения золота в интрузивных породах и их контактовых зонах использован спектрохимический метод определения кларковых содержаний, предложенный Н. Т. Воскресенской и Н. Ф. Зверевой (1965). Ряд полученных значений проверен радиоактивационным методом.

Диориты из массивов, не содержащих золотоносных кварцевых жил, состоят из андезина и олигоклаз-андезина, роговой обманки, биотита, кварца и имеют следующие числовые характеристики: $a = 8,5 - 12,9$; $c = 8,5 - 2,9$; $e = 23,8 - 14,1$; $S = 59,2 - 70,1$; $Q = -7,1 - (+11,5)$ и в той или иной степени пропилитизированы. Установлено, что относительно слабо пропилитизированные диориты содержат золото в количествах, близких к кларку — $2,7 \cdot 10^{-7} \%$ вес., а гранодиориты в количествах, несколько меньших — $0,4 \cdot 10^{-7} - 1,1 \cdot 10^{-7} \%$ вес. Попутно золото было определено в других породах и породообразующих минералах комплекса (табл. 1).

Автометасоматические процессы (пропилитизация хлорит-альбитовой ступени) в породах проявлены пространственно неравномерно. Наиболее характерное изменение — это альбитизация плагиоклаза, часто с выделением кальцита, и хлоритизация темноцветных минералов. Здесь же развиваются серицит, мусковит и микроклин, а также возникают метасоматические линзовидные кварц-кальцитовые жилки.

Таблица 1

Содержание золота в некоторых породах и минералах

№ пробы	Порода, слагающие ее минералы	К-во определений	Содержание золота п. 10% - 7 % вес	Na ₂ O % вес.	K ₂ O % вес.	$\frac{Na_2O}{Na_2O + K_2O} \cdot 100$
К-21	Роговообманковое габбро	2	3,6; 4,2	—	—	—
	Роговая обманка ($2VN_p = 84^\circ$ $CNg = 28^\circ$; $f = 10$)	1	25,0	1,23	1,23	79
К-211	Сосюритизированный плагиоклаз, краевые зоны состава $Ab_{73}A_{27}$ ($\perp(010) BNg = 8^\circ$; $BN_p = 86^\circ$; $BN_m = 84^\circ$)	2	580,0; 500,0	5,19	2,70	74
	Аплит	2	11,0; 12,0	—	—	—
	Плагиоклаз $Ab_{73}An_{27}$ ($\perp(001) BNg = 80^\circ$; $BN_p = 78^\circ$; $BN_m = 14^\circ$)	2	13,0; 18,0	5,74	5,60	61
	Ортоклаз $2VN_p = 64^\circ$ ($\perp(001) BNg = 89^\circ$; $BN_p = 89^\circ$; $BN_m = 2^\circ$)	1	4,4	2,76	13,9	23
	Кварц	2	7,0	—	—	—
К-210	Трондъемит	2	13,0; 15,0;	—	—	—
	Кварц	2	27,0; 68,0	—	—	—
К-216	Трондъемит	2	14,0; 14,0	—	—	—

Некоторые петрохимические особенности проявления пропилитизации низших ступеней в гранодиорите и диорите (табл. 2) указывают на увеличение содержания золота в породе при ее альбитизации, т. е. на возможность перераспределения и концентрации золота в существенно натровой среде. С заменой в породе натрия на калий количество золота может уменьшаться. Так, для характеристики метасоматических изменений калиевого ряда использованы полные химические анализы (табл. 3, пробы К—73^а, К—73^б), показавшие зависимость содержания золота от количества натрия в сумме щелочей. Однако корреляционной связи между золотом и трехвалентным железом, как было установлено другими исследователями [5], в данных условиях, очевидно, нет.

Таблица 2

Петрохимическая характеристика процесса пропилитизации

№ пробы	Интрузивная и образовавшаяся на ее месте метасоматическая порода	Содерж. золота п·10 ⁻⁷ % вес.	Na ₂ O % вес.	K ₂ O % вес.	$\frac{Na_2O}{Na_2O + K_2O} \cdot 100$
К—65	Гранодиорит (плагноклаз № 28)	0,44	3,17	2,54	65
К—66	Кварц-альбитовая порода (плагноклаз № 7)	3,9	5,54	1,79	82
К—69 ^а	Гранодиорит (плагноклаз № 25)	1,4	3,24	2,61	65
К—69 ^б	Кварц-кальцит-серицит-альбитовая порода (плагноклаз № 5)	6,2	4,86	2,13	78
К—76 ^а	Гранодиорит альбитизированный	4,7	4,99	1,06	87
К—76 ^б	Кварц-кальцитовая жила	2,3	—	—	—
К—80	Диорит (плагноклаз № 45)	2,7	3,78	1,93	75
К—80 ^а	Альбит с кварцем и серицитом (плагноклаз № 6)	12,0	5,17	0,23	98
К—74 ^а	Гранодиорит (плагноклаз № 26)	4,6	4,32	3,36	66
К—74 ^б	Кварц-микроклин-серицит-альбитовая порода	2,3	2,20	9,51	26

Диориты массивов, несущих оруденение, содержат золото $10 \cdot 10^{-7}$ — $40 \cdot 10^{-7}$ % вес. Метасоматически измененные диориты представляют собой очень неоднородные гнейсовидные породы, часто состоящие из отдельных чередующихся полос нормального и лейкократового состава. Полосы нормального состава сложены андезином (до 58%), роговой обманкой (до 20%), биотитом (3—5%), кварцем (до 2%). В лейкократовых слоях плагноклаз представлен олигоклазом, альбит-олигоклазом и почти чистым реакционным альбитом. Резко увеличивается количество кварца за счет роговой обманки, достигая 20% и более. Гнейсовидность в диоритах и явления натрового метасоматоза связаны с внедрением интрузий гранодиоритов поздней фазы.

Последовательность изменения химического состава диоритов, протекавшего под действием магматических растворов гранитоидов и в целом соответствовавшего процессу гранитизации, показана в табл. 3 (пробы К—13^а, К—13^{а/1}, К—12). Здесь вновь устанавливается зависимость содержания золота от характера распределения щелочей в породе, а также подтверждается наличие корреляционной связи $Au-Fe_2O_3$.

Изменение содержания в породах при метасоматозе

№ пробы	„Формула“ породы по Т. Барту, последовательная смена составов	Содержание золота п. 10 ⁻⁷ % вес.		
Южно-Приморская зона				
Пропилитизация гранодиоритов				
К—73 ^a	K ₃₃ Na ₈₄ Ca ₁₇ Mg ₁₅ Mn ₁ Fe ₂₅ ²⁺ Fe ₅ ³⁺ Al ₁₅₀ Ti ₅ Si ₆₁₃ (O ₁₅₉₀ OH ₁₀)	7,9	71	8,0
К—73 ^b	K ₅₅ Na ₇₁ Ca ₁₃ Mg ₇ Mn ₀ Fe ₁₁ ²⁺ Fe ₄ ³⁺ Al ₁₄₃ Ti ₁ Si ₆₄₅ (O ₁₅₉₃ OH ₇)	6,0	56	16,6
Гранитизация диоритов				
К—13 ^a	K ₁₉ Na ₅₄ Ca ₇₉ Mg ₉₈ Mn ₁ Fe ₇₄ ²⁺ Fe ₁₃ ³⁺ Al ₁₉₉ Ti ₁₂ Si ₄₅₂ (O ₁₅₇₈ OH ₂₂)	10,0	71	7,9
К—13 ^{a/1}	K ₁₈ Na ₈₉ Ca ₆₆ Mg ₄₈ Mn ₁ Fe ₄₅ ²⁺ Fe ₁₁ ³⁺ Al ₂₂₆ Ti ₁₁ Si ₅₀₁ (O ₁₅₈₀ OH ₂₀)	20,0	83	10,4
К—12	K ₁₇ Na ₁₀₃ Ca ₉₂ Mg ₁₀ Mn ₀ Fe ₉ ²⁺ Fe ₂ ³⁺ Al ₂₃₁ Ti ₂ Si ₅₃₄ (O ₁₅₈₈ OH ₁₂)	46,0	86	11,7
Селемджинская зона				
Пропилитизация диабазовых порфиритов				
И—484	K ₁₀ Na ₄₅ Ca ₇₈ Mg ₁₃₃ Mn ₂ Fe ₃₉ ²⁺ Fe ₂₁ ³⁺ Al ₁₅₉ Ti ₂ Si ₄₉₂ (O ₁₅₄₂ OH ₅₈)	21,0	81	20,4
И—495	K ₂₀ Na ₄₇ Ca ₇₇ Mg ₁₂₈ Mn ₂ Fe ₅₉ ²⁺ Fe ₂₇ ³⁺ Al ₁₄₇ Ti ₃ Si ₄₈₆ (O ₁₅₄₂ OH ₅₈)	7,8	70	18,8
И—120 ^b	K ₂₀ Na ₄₆ Ca ₉₁ Mg ₁₂₇ Mn ₁ Fe ₆₂ ²⁺ Fe ₁₀ ³⁺ Al ₁₅₂ Ti ₄ Si ₄₇₀ (O ₁₅₅₃ OH ₄₇)	5,5	70	7,7
И—242	K ₃₅ Na ₅₂ Ca ₁₁₁ Mg ₅₈ Mn ₁ Fe ₅₇ ²⁺ Fe ₇ ³⁺ Al ₁₇₉ Ti ₆ Si ₄₈₈ (O ₁₅₄₂ OH ₅₈)	2,7	60	5,4

Золотоносные кварцевые жилы отмечены в поле развития наиболее интенсивно гранитизированных диоритов. В окружающих жилы лейкократовых породах с плагиоклазом $Ab_{90}An_{10} - Ab_{70}An_{30}$ хлоритизированным биотитом и преобладанием натрия в составе щелочей $\frac{Na_2O}{Na_2O + K_2O} \times 100 = 81 - 83$ содержание золота резко падает, доходя до $4,0 \cdot 10^{-7} - 5,0 \cdot 10^{-7} \%$ вес. Это, очевидно, связано с выщелачиванием золота из диоритов под действием гидротермальных натровых растворов.

Наметившиеся закономерности распределения и перераспределения (концентрации и рассеяния) золота в массивах средних пород с наложенными метасоматическими изменениями подтвердились при изучении массивов и малых интрузий Селемджинской зоны. Золоторудные тела располагаются в метаморфических породах, прорванных кварцевыми диоритами существенно натрового состава ($Na_2O = 2,23\%$, $K_2O = 1,17\%$ $\frac{Na_2O}{Na_2O + K_2O} \cdot 100 = 74$). Диориты содержат золото в количествах, превышающих кларк ($12 \cdot 10^{-7} - 13 \cdot 10^{-7} \%$ вес.), и не подверглись существенным постмагматическим изменениям.

Интересно отметить, что в той же металлогенической зоне оловянно-вольфрамовое оруденение связано с существенно калиевыми гранитоидами Эзопского комплекса ($Na_2O = 3,38\%$; $K_2O = 4,37\%$; $\frac{Na_2O}{Na_2O + K_2O} \cdot 100 = 54$), содержащими $1,6 \cdot 10^{-7} \%$ золота.

В дайках диабазовых порфиритов, подвергшихся зеленокаменным изменениям, наблюдается иной тип метасоматического метаморфизма, чем в Южно-Приморской зоне. Порфириты подверглись хлоритизации и карбонатизации с одновременным выносом золота (табл. 3, пробы И — 484, И — 495, И — 120^б, И — 242). Этим объясняется повышение содержания золота не только в контактово-метаморфизованных породах, но и в кварцевых жилах при пересечении их малыми интрузиями. Снижение концентрации золота в породах сопровождается уменьшением доли натрия в сумме щелочей.

На основании изложенного можно полагать, что разрушение первичных минералов-концентратов при том или ином типе постмагматического процесса приводит к перераспределению золота. В общем случае благоприятными геохимическими условиями для его концентрации является повышение содержания натрия в поровых растворах, что согласуется с существующими представлениями о формах миграции золота в гидротермах [7]. То же влияние оказывает и повышение железистости среды. Высокая активность углекислоты не благоприятна для концентрации золота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскресенская Н. Г., Зверева Н. Ф., Ривкина Л. Л. Спектрохимическое определение золота в силикатных породах и минералах. Ж. «Аналитическая химия», том XX, вып. 12, 1965.
2. Ициксон М. И. Петрохимические особенности и металлогеническая специализация интрузивных комплексов (на примере Дальнего Востока). Бюллетень ВСЕГЕИ, № 2, 1960.
3. Радкевич Е. А., Усенко С. Ф., Чеботарев М. В. Об отношении оловянной и золотой минерализации к главнейшим структурным элементам юга Дальнего Востока. Геология и геофизика, № 3, 1965.
4. Шило Н. А., Загружина И. А. Магматические комплексы и металлогения Восточной Чукотки. Тр. Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ОС АН СССР, вып. 12, 1965.
5. Щербаков Ю. Г., Пережогин Г. А. К геохимии золота. Геохимия, № 6, 1964.
6. Gallagher D. Albite and gold. Econ. geol., vol. 35, № 7, 1940.
7. Smith F. G. The alkali sulphide theory of gold deposition. Econ. geol. v. 38, № 7, 1943.