Доклады Академии наук
1982. Том 264, № 1

УДК 550.42 + 546.57 + 546.59 ГЕОХИМИЯ

Г.Н. АНОШИН, О.Н. ВОЛЫНЕЦ, Г.Б. ФЛЕРОВ

К ГЕОХИМИИ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В БАЗАЛЬТАХ БОЛЬШОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1975-1976 гг.

(Представлено академиком А.Л. Яншиным 25. VI. 1981)

В ряде крупных работ по геохимии золота значительное внимание уделяется вулканическим породам [1—6], поскольку в некоторых регионах отмечается приуроченность к ним эпитермальной золото-серебряной минерализации. В этих работах были установлены определенные закономерности в распределении золота в зависимости от особенностей химического состава пород и их тектонического положения. Однако в них практически полностью отсутствуют данные по современным лавам. Предлагаемая работа, являющаяся результатом детального изучения Au и Ag в твердых вулканических продуктах Большого трещинного Толбачинского извержения 1975—1976 гг. (БТТИ) на Камчатке, отчасти восполняет этот пробел.

Золото и серебро определялись в Институте геологии и геофизики СО АН СССР экстракционным атомно-абсорбционным методом [7]. Часть проб была проанализирована инструментальным нейтронно-активационным методом в ЦНИГРИ. Предел обнаружения Au обоими методами $1 \cdot 10^{-8}$ %, Ag $1 \cdot 10^{-7}$ % из навески 10 г; воспроизводимость результатов ± 20%. Правильность методик проверена при анализе стандартов горных пород СССР, США и ГДР.

Продукты извержения представлены базальтами, причем состав их в процессе извержения менялся. Всестороннее минералого-петрографические и геохимическое изучение [8—10] показало значимые различия и редкоэлементного состава между магнезиальными базальтами умеренной щелочности Северного прорыва, извергавшимися в течение первых 2 месяцев, и глиноземистыми субщелочными базальтами Южного прорыва, извергавшимися в течение следующих 15 месяцев, что позволило ряду исследователей высказать гипотезу о проявлении в ходе извержения двух независимых контрастных по составу базальтовых магм [8, 9]. Это был один из главных выводов, сделанных в результате детальных геолого-геофизических и петрологических исследований.

Смена одного типа базальтов другим произошла в течение короткого промежутка времени - в конце Северного и начале Южного прорывов, когда происходило излияние базальтов промежуточного состава. Объем последних сравнительно невелик — 5—10% от общего объема продуктов извержения. По петрохимическому составу преобладающие типы базальтов каждого прорыва хорошо укладываются в схему классификации четвертичных базальтов Камчатки [12], тогда как для лав промежуточного состава такого соответствия не наблюдается. По содержанию Mg и величине Al_2O_3/SiO_2 базальты Северного прорыва близки к толеитовым, а Южного — к оливиновым щелочным базальтам Гавайских островов. Однако по содержанию щелочей, титана, величине K/Na и ряду других признаков они значительно отличаются от гавайских лав. Базальты типа лав Северного и Южного прорывов характерны для Толбачинской ареальной зоны и в целом для вулканической зоны Центральной Камчатской депрессии [11, 12]. Базальты промежуточного состава рассматриваются рядом авторов [8, 9, 11] как продукт смешения независимых расплавов Северного и Южного прорывов.

Таблица 1

Статистические оценки распределения Au и Ag (мг/г) в базальтах БТТИ

Петрохимический тип базальтов	Au						
	n	$\bar{x}$	S	$S_{\bar{x}}$	V, %	$\tilde{x}$	$S_{\lg x}$
Северный прорыв							
магнезиальные умеренной щелочности (преобладающие)	49	4,6	3,63	0,52	79,4	3,7	0,259
промежуточные	15	3,7	0,85	0,22	23,1	3,6	0,1041
все базальты	64	4,3	3,15	0,39	32,6	3,7	0,2314
Южный прорыв							
глиноземистые субщелочные (преобладающие)	44	5,5	4,74	0,71	86,18	4,6	0,2194
промежуточные	16	11,6	15,2	3,8	131,0	36,6	0,425
все базальты	60	7,0	9,07	1,17	129,6	5,0	0,296

Примечание. n – число проб, $\bar{x}$ – среднее арифметическое, $S_{\bar{x}}$ – стандартная ошибка $\bar{x}$, S – стандартное отклонение, x – среднее геометрическое, $S_{\lg x}$ – стандартное отклонение логарифмов содержаний, V, % – коэффициент вариации.

В табл. 1 приведены статистические оценки параметров распределения золота и серебра в базальтах БТТИ. Статистическая проверка показала, что в преобладающих типах лав Северного и Южного прорывов и их промежуточных разностях распределение Au и Ag противоречит нормальному закону и в ряде выборок аппроксимируется логнормальным законом. Поэтому в табл. 1 приведены также статистические оценки распределения логарифмов концентраций Au и Ag. В ряде проб Южного и отчасти Северного прорывов встречаются аномальные концентрации Au, намного превосходящие его среднее содержание. Вполне вероятно, что отдельные высокие значения содержаний Au в толбачинских базальтах связаны с их обогащением рудными минералами, как известно, концентрирующими золото и серебро в повышенных количествах [3, 13]. Геохимическое поведение серебра в процессе кристаллизации базальтовой магмы во многом сходно с поведением золота. Так, для траппов Сибирской платформы было установлено [14], что повышенные концентрации золота и серебра связаны главным образом с увеличением содержаний в породах рудных минералов (титаномагнетита, ильменита и др.). В базальтах БТТИ установлены разнообразные рудные минералы [10]: шпинелиды (титаномагнетит, хромпикотит и др.), сульфиды (пирротин, пирит, пентландит), самородное железо и интерметаллические соединения.

Попарное сравнение данных по распределению Au и Ag в преобладающих и промежуточных типах лав отдельно для Северного и Южного прорывов, проведенное с помощью непараметрического критерия Вилкоксона, показало, что для каждого прорыва с вероятностью > 95% выборки могут рассматриваться как однородные совокупности. В то же время гипотеза об однородности отвергается при сравнении выборок, характеризующих базальты разных прорывов. Проведенное статистическое сопоставление и данные табл. 1 позволяют говорить о более высоком среднем содержании золота и особенно серебра в базальтах Южного прорыва. Отличаются также и величины Ag/Au-отношений, более высокие в целом для Южного прорыва*. Учитывая инертность поведения Au и Ag в процессе магматической дифференции

* Исключение составляют промежуточные базальты Южного прорыва, резко обогащенные Au за счет проб с аномальным его содержанием.

Ag							$\tilde{x}_{Ag}/\tilde{x}_{Au}$
n	$\bar{x}$	S	$S_{\bar{x}}$	V, %	$\tilde{x}$	$S_{\lg x}$	
34	21,0	9,46	1,62	45,05	19,3	0,176	5,22
7	22,0	4,04	1,53	18,36	21,7	0,0817	6,03
41	21,2	8,74	1,37	41,3	19,7	0,164	5,32
29	44,1	33,3	6,19	75,5	35,9	0,2724	7,80
9	33,2	10,9	3,6	32,8	31,4	0,1654	4,76
38	41,5	29,8	4,8	71,8	34,8	0,2504	6,96

13, 13], трудно предположить, что оба главных типа базальтов: магнезиальные и глиноземистые были получены из единой гипотетической родоначальной магмы. Скорее всего, базальтовые расплавы для Северного и Южного прорывов изначально характеризовались разными концентрациями золота и серебра. Если даже и допустить, что Ag может в известных пределах накапливаться в процессе кристаллизации базальтовой магмы [15] (хотя литературные данные по этому поводу противоречивы) , то все равно с этих позиций трудно объяснить значительное различие его концентраций в лавах Северного и Южного прорывов.

Таким образом, данные по геохимии Au и Ag подтвержают гипотезу о самостоятельном существовании независимых базальтовых расплавов для Северного и Южного прорывов.

В заключение можно отметить, что среднее содержание Au в базальтах Толбачинского извержения выше его среднего содержания в кайнозойских базальтах Курило-Камчатской провинции (1,73 мг/т) [3]. В то же время оно несколько ниже, чем для континентальных толеитовых базальтов Сибирской платформы [3]. Среднее содержание золота в глиноземистых субщелочных базальтах Южного прорыва, наиболее обогащенных Au, ближе всего к таковому для базальтов Каскадных гор Тихоокеанского побережья США [4]. Оно также выше среднего содержания Au в базальтах земной коры (3,6 мг/т, n = 696), приводимого Дж. Кроккетом [5] в его известной сводке.

Отношение Ag/Au во всех типах базальтов БТТИ (4,5—8,0) весьма близко к среднему Ag/Au отношению в базальтах (6,1), вычисленному на основании большинства приведенных в литературе данных по геохимии золота и серебра [6].

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР,
Новосибирск

Институт вулканологии
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР, Петропавловск-Камчатский

Поступило
1 VII 1981