

А. И. БОГАЧЕВ

К ВОПРОСУ ПЕРЕСЧЕТА ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ РУДНЫХ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ОСНОВНОГО СОСТАВА ПО МЕТОДУ А. Н. ЗАВАРИЦКОГО

За последнее время в связи с исследованиями магматических титансодержащих пород основного состава как титановых руд особое значение приобретает изучение химизма этих пород. Наиболее распространенный в СССР метод пересчета химических анализов изверженных пород (метод А. Н. Заварицкого) не отражает в полной мере своеобразия химизма пород с повышенным содержанием титана.

Как известно, по методу пересчета Заварицкого TiO_2 присоединяется к SiO_2 , причем сам Заварицкий (2) считает, что «Объединение» SiO_2 и TiO_2 в одну группу должно считаться условным. Оно допустимо, поскольку отношение $Si:Ti$ является сравнительно очень большим и поэтому присоединение TiO_2 и SiO_2 не отражается существенно на характерной для горных пород величине содержания SiO_2 .

При пересчете рудных титансодержащих пород основного состава присоединение TiO_2 к SiO_2 вызывает существенное искажение в характеристике химизма этих пород.

При изучении Елетьозерского массива в северной Карелии, в габброидных породах которого содержание двуокиси титана колеблется от 2 до 18%, перед автором стал вопрос о методе пересчета химических анализов этих пород, который соответствовал бы их основным петрологическим особенностям.

Так как дальнейшее изложение основывается на примере Елетьозерского массива, вкратце упомянем основные его петрологические черты, необходимые для рассмотрения отмеченного выше вопроса.

Елетьозерский массив сформировался в несколько интрузивных фаз: I — габброидные породы; II — дайки спессартитов и диабазов; III — щелочные и нефелиновые сиениты и их пегматиты; IV — гранодиориты, плагио-микроклиновые граниты и их пегматиты; V — дайки диабазов, плагиоклазовых и энстатитовых порфиритов.

Для габброидных пород Елетьозерского массива устанавливается (в несколько упрощенном виде) следующая последовательность их образования: мелкозернистые безрудные габбро-диориты краевых частей массива, крупнозернистое габбро и габбро-пегматиты, плагиоклазиты, среднезернистое оливковое полосчатое габбро, рудные перидотиты и амфиболиты. Оруденение в габброидных и ультраосновных породах

Елетьозерского массива относится к фузивному типу, причем одной из основных петрологических особенностей габброидных пород Елетьозерского массива является то, что поздними дифференциатами среди последних являются рудные ультраосновные породы, главным образом, рудные перидотиты и амфиболиты. Сходные черты образования титаносодержащих габброидных пород с фузивным типом оруденения наблюдаются и в других аналогичных массивах. Так, для Цагинского массива габбро-лабрадоритов на Кольском п-ове (по собственным наблюдениям автора) устанавливается следующий порядок в формировании габброидных пород: лабрадориты, габбро, оливинное рудное габбро, рудные оливиниты, сплошные титаномagnetитовые руды.

Сходная последовательность дифференциации устанавливается для плутона Гремяха-Вырмес на Кольском п-ове (3), для Адирондакского массива в Канаде (4) и Бушевельского лополита в Южной Африке (1).

Исследования минералогического состава рудных пород Елетьозерского массива показали, что рудные минералы на 98% представлены ильменитом и магнетитом, причем двуокись титана (95—98% от ее общего содержания в породе) сосредоточена в ильмените. Соотношения между ильменитом и магнетитом не являются постоянными для всех пород 1 фазы массива. Отношение ильменита к магнетиту постепенно повышается от крупнозернистого габбро (0,7) через рудное габбро (1,0) к рудным перидотитам (1,6—2,0) и рудным амфиболитам (2,5—4,0).

Таким образом, в титаносодержащих габброидных породах с фузивным типом оруденения двуокись титана сосредоточена в рудных минералах, которые находятся в тесной генетической ассоциации с простыми силикатами (пироксеном, оливином и амфиболом). Фактический материал, изложенный выше, показывает, что для рудных габброидных пород TiO_2 необходимо включать в группу «В», т. е. объединять в этой группе не только простые силикаты, но и все окисные рудные минералы (главным образом ильменит и магнетит).

Следует рассмотреть и другую возможность. Это пересчет силикатной части рудных титаносодержащих пород, которая остается после вычета TiO_2 , FeO и Fe_2O_3 , связанных в рудных минералах (ильмените и магнетите). По этому дополнительному варианту в порядок пересчета вносятся следующие изменения:

1. Все молекулярное количество TiO_2 соединяется с равным молекулярным количеством FeO, т. е. с тем количеством FeO, которое входит в состав ильменита.

2. На основании имеющихся соотношений между содержанием ильменита и магнетита в конкретных породах соединяются одинаковые молекулярные количества FeO и Fe_2O_3 , связанные в магнетите.

3. Молекулярные количества FeO, Fe_2O_3 и TiO_2 , связанные в ильмените и магнетите, исключаются из подсчета, и остальные молекулярные количества пересчитываются обычным способом.

Для иллюстрации приводим пересчеты анализа рудного амфиболита по трем вариантам (табл. 1). Как видно из этой таблицы, при дополнительных пересчетах выпадает дополнительный коэффициент „t“ ($t = \frac{TiO_2}{S} \cdot 100$), вместо которого при пересчете с переводом TiO_2 в группу «В» вводится дополнительный коэффициент $t' = \frac{TiO_2}{B} \cdot 100$. При пересчете с учетом перевода TiO_2 в «В» величина «Q» получается

Вычисление числовых характеристик титановой руды

Окислы	Весовые %	Обычным способом		С переводом TiO_2 в „В“		С вычетом рудных минералов		
		Молекулярные количества		Молекулярные количества		Молекулярные количества		
SiO_2	14,20	236	} 415 S'	236	} S'	236	} S'	
TiO_2	14,35	179		179		179 $2/179 \cdot 2,6 = 68$		—
Al_2O_3	10,28	$101 - (72 + 4) = 25$		$25 \times 2 = 50$		$101 - (72 + 4) = 25$		$25 \times 2 = 50$
Fe_2O_3	27,54	$172 \times 2 = 344$	} 638	$172 \times 2 = 344$	} 638	$172 \cdot 4/172 - 68 = 104$	} 264	
FeO	20,86	290		290		$290 \cdot 1/290 - 179 = 111$		43
MnO	0,31	004		004		$3/111 - 68 = 43$		004
MgO	6,48	161	} 849 B	161	} 1028 B	161	} 475 B	
CaO	4,07	72		72		72		72
Na_2O	не общ.	—		—		—		—
K_2O	0,40	004	} $4 \times 2 = 8$ A	004	} $4 \times 2 = 8$ A	004	} $4 \times 2 = 8$ A	
V_2O_5	0,30	—		—		—		—
H_2O	0,21	011		—		—		—
П.П.П.	0,85	—	—	—	—	—	—	
Сумма: 99,85								
		A = 8	a = 0,6	A = 8	a = 0,6	A = 8	a = 1,1	
		C = 72	c = 5,4	C = 72	c = 5,4	C = 72	c = 9,1	
		B = 849	b = 63,2	B = 1028	b = 76,5	B = 475	b = 60,0	
		S' = 415	s = 31,8	S' = 236	s = 17,5	S' = 236	s = 29,8	
		N = 1344	100,0	N = 1344	100,0	N = 791	100,0	
		F' = 75,2	m' = 19,0	f' = 62,1	m' = 15,66	f' = 55,6	m' = 33,9	
		t = 43,1	n = 0	n = 0	$\varphi = 33,5$	n = 0	$\varphi = 43,8$	
		Q = -43,1	$\alpha' = 6,0$	Q = -71,4	$t' = 17,4$	Q = -51,4		

Примечание. Соотношение ильменита к магнетиту равно 2,6.

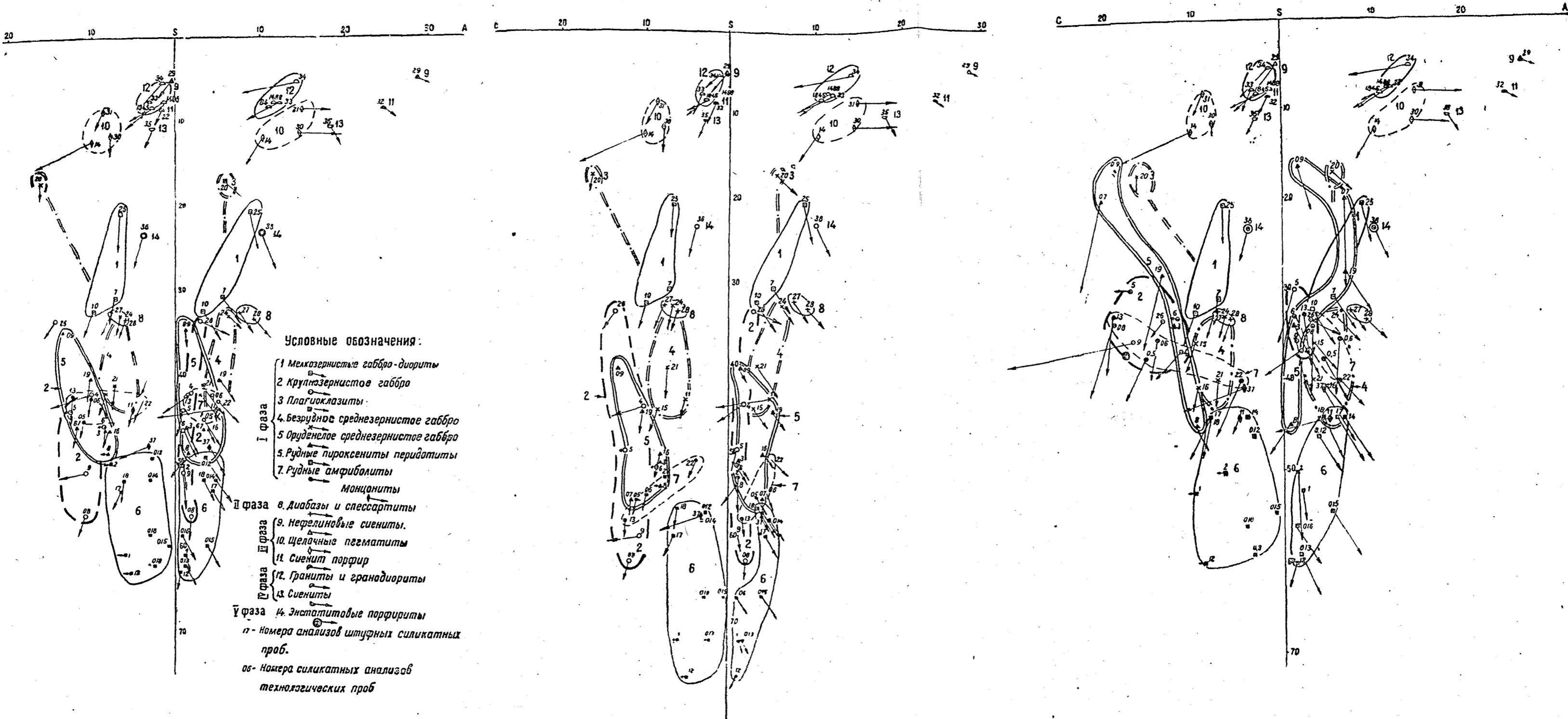


Рис. 1. Диаграммы химических составов пород Ельтьозерского массива, вычисленных обычным способом (слева), с учетом включения двуокиси титана в „В“ (средний рисунок) и после удаления окислов, входящих в рудные минералы. Условные обозначения одни для всех рисунков.

всегда заниженной, ибо в этом случае в группу «В» входят рудные минералы, которые не содержат SiO_2 .

На рис. нанесены числовые характеристики 45 химических анализов Елетьозерского массива, вычисленные по трем вариантам.

На диаграмме, составленной по обычному способу пересчета для пород I интрузивной фазы массива (в значительной части оруденелых), не видно четкой закономерности в смене одной группы пород другой.

На диаграмме, построенной с учетом перевода TiO_2 в «В», видна довольно четкая последовательность в смене пород, совпадающая с геологически и петрографически установленным направлением дифференциации для I интрузивной фазы. Наиболее ранними породами являются мелкозернистые габбро-диориты, которые сменяются крупнозернистыми габбро. Четко видна последовательность в смене пород от плагиоклазитов к безрудному габбро, оруденелому габбро и затем рудным амфиболитам и перидотитам.

На диаграмме, составленной с учетом удаленных окислов из рудных минералов, в целом также видна последовательность дифференциации от плагиоклазитов к рудным перидотитам и амфиболитам через породы габброидного состава. Кроме того, интересной закономерностью, вытекающей из этой диаграммы, является то, что силикатные части оруденелого габбро почти полностью соответствуют составу безрудных разновидностей. Силикатная часть оруденелого крупнозернистого габбро и безрудное крупнозернистое габбро образуют на диаграмме компактную группу. Таким образом, как будто можно говорить об известной независимости изменения состава силикатной и рудной составляющих для габброидной части пород I фазы массива.

Частные же особенности химизма рудных пород можно получить из анализа основных и дополнительных характеристик и сравнения их величин, сосчитанных для одних и тех же пород по различным вариантам.

В заключение необходимо подчеркнуть следующее. Предлагаемые частичные изменения в методе пересчета химических анализов Заварицкого не отрицают принципов самого метода. Из двух предлагаемых дополнительных вариантов пересчета каждый отражает только отдельные особенности химизма рудных титансодержащих пород. Одновременный пересчет по этим двум дополнительным вариантам поможет полнее осветить особенности химизма, чем пересчет по одному из трех вариантов.

*Отдел петрографии и минералогии
Карельского филиала АН СССР*

*Поступила в редакцию
22/II 1958*

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагнер П. А. Месторождения платины и рудники Южной Америки. Цветметиздат, 1932.
2. Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. Изд. АН СССР, М.—Л., 1950.
3. Полканов А. А., Елисеев Н. А. Петрология плутона Гремяха-Вырмес. (Кольский п-ов). Изд. Лен. гос. ун-та, 1941.
4. Stephenson R. S. Titaniferous magnetite deposits of the Lake Sanford area. *New-Jork Mining Technology*, V. 9, № 1, 1945.