

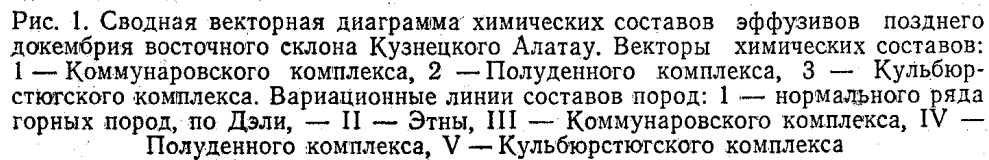
ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭФФУЗИВОВ ПОЗДНЕГО ДОКЕМБРИЯ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

В. Е. НОМОКОНОВ, Л. В. ПЕШЕХОНОВ

(Представлена научным семинаром кафедр общей геологии,
исторической геологии и горючих ископаемых)

В результате многолетних исследований, проведенных большим коллективом геологов [1, 2, 3, 4, 5, 8, 9] на восточном склоне Кузнецкого Алатау, выделяется несколько этапов вулканизма, продукты которых имеют определенную стратиграфическую приуроченность. В одной из последних работ В. Е. Номоконова и др. [7] выделено не менее семи вулканогенных комплексов, для каждого из которых охарактеризованы особенности вещественного состава и специфические условия формирования [6, 7]. Однако вопросам петрохимии эффузивов этих комплексов до последнего времени уделялось мало внимания. Приведенный в настоящей работе петрохимический анализ эффузивов докембрия в какой-то мере восполняет этот пробел. По имеющимся в нашем распоряжении данным химических анализов эффузивов был произведен пересчет весовых количеств на числовые характеристики и построена векторная диаграмма, показывающая петрохимические особенности вулканогенных пород докембрия восточного склона Кузнецкого Алатау (рис. 1).

Наиболее ранний вулканизм в пределах восточного склона Кузнецкого Алатау проявился в условиях троговой зоны геосинклинали, заложившейся в начале позднего протерозоя (нижнего рифея). Вулканогенные продукты этого этапа являются производными, главным образом вулканизма трещинного типа, осуществлявшегося в подводных фациях. К числу их принадлежат эффузивы коммунаровской серии. В составе ее преобладают в различной степени альбитизированные, амфиболизированные и хлоритизированные диабазы, диабазовые, пироксен-плагиоклазовые и плагиоклаз-пироксеновые порфириты, а также спилиты с реликтовой шаровой и подушечной отдельностью. В незначительном количестве в сложении серии принимают участие туфы и лавобрекчии основного состава, маломощные тела кварцевых порфиров, кварцевых альбитофиров, кварцевых кератофиров, битуминозные известняки и черные лидитоподобные кремнистые сланцы. Последние приурочены к верхней части коммунаровской серии (унгурская свита), что свидетельствует об относительном затухании вулканизма к концу коммунаровского времени. Не останавливаясь на петрографии этих вулканитов в связи с тем, что эти сведения уже освещены в литературе [4, 5, 6], отметим, что по структурным, текстурным особенностям и особенностям вещественного состава эффузивы этого типа вулканизма многими исследователями объединяются в спилит-диабазовую формацию [2, 4, 5]. Сос-



тав эффузивов в основном соответствует лейко-и мезократовым базальтам (значение σ колеблется в пределах 21,7—27,1). В незначительном количестве присутствуют разности, соответствующие андезито-базальтам и дацитам. Породы этого ряда представлены единичными пробами, поэтому петрохимические особенности их не рассматриваются. Все начальные точки векторов химических составов пород формации располагаются на петрохимической диаграмме на значительном удалении от вариационной кривой пород нормального ряда. Это объясняется тем, что породы формации очень бедны щелочами и известью, в связи с чем параметры a , c и индекс щелочности a/c имеют небольшие значения. Параметр a изменяется в пределах от 2,9 до 7,7 и в среднем составляет 5,1, индекс a/c колеблется в пределах от 0,8 до 3,8 и в среднем равен 1,4, параметр c варьирует от 2,0 до 4,0 и в среднем равен 3,0. При общем малом содержании щелочей базальтоидные породы коммунаровской серии характеризуются заметным преобладанием натрия над калием, что наглядно показано на левой части диаграммы по крутым наклонам векторов. Базальтоиды коммунаровской серии нормально глиноземистые, пересыщены кремнеземом (числовая характеристика Q всегда положительная и не менее 19,7), малотитанистые. Причем устанавливается прямопропорциональная зависимость содержания титана от содержания валового железа и магния. Высокое содержание кремнезема (до 54,37%), малая величина отношения окиси магния к окиси кальция (0,52—среднее), малое содержание окиси магния (среднее—3,7), наличие нормативного кварца указывают на принадлежность базальтоидов коммунаровской серии к толентовому типу базальтов. Отклонения в содержании щелочей и полевошпатовой извести от содержания этих компонентов в нормальных базальтоидах объясняется глубоким зеленокаменным перерождением эффузивов спилито-диабазовой формации нередко до фации зеленых сланцев.

Следующий этап вулканизма в регионе проявился в середине позднего протерозоя (в среднем рифее) на значительно больших площадях, чем предыдущий, что свидетельствует о разрастании торговой зоны Кузнецко-Алатаусской геосинклинали. Вулканогенные продукты этого этапа являются производными эксплозионно-экструзивной деятельности, проявлявшейся существенно в подводных условиях. Наиболее детально нами изучены эффузивы, слагающие полуденную серию района среднего течения р. Белого Юса и объединяемые в спилит-кератофировую формацию [7]. Эффузивы формации образуют две обособленные группы пород дацитового и базальтового состава. Вулканиты основного состава представлены альбитизированными диабазовыми, базальтовыми, плагиобазальтовыми порфиритами, спилитами и диабазами. Породы дацитового состава представлены кварцевыми кератофирами, кератофирами, фельзитами и фельзит-порфирами. В целом полуденная серия характеризуется грубо ритмичным строением (выделяется около 5 ритмов). В каждом ритме эффузивные породы основного состава предшествуют породам кислого состава.

Базальтовый ряд пород спилит-кератофировой формации имеет большой разброс фигуративных точек в правом поле от вариационной кривой пород щелочно-земельного ряда. В отличие от базальтоидов коммунаровской серии фигуративные точки описываемых эффузивов отклонены вправо не только от линии щелочноземельного ряда, но и от вариационной кривой промежуточного типа, отделяющей известково-щелочные породы от щелочных, что характерно для щелочных базальтоидов. При σ , равном 27,3—29,0, относительное число атомов щелочных металлов a составляет 11,5—13,4. Другой отличительной особенностью основных эффузивов полуденной серии является повышенное содержание

Таблица I

№ п/п	№ ана- лиза	SiO ₂			TiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		FeO		MnO		CaO		MgO		Na ₂ O		K ₂ O		P ₂ O ₅		S		H ₂ O		мм		Σ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17													
1	8-46	54,14	0,67	14,85	0,31	13,00	0,17	4,83	2,39	3,90	0,30	0,076	—	—	—	—	5,16	99,80													
2	6-9	52,46	0,68	15,05	1,77	11,89	0,21	8,85	3,19	2,41	0,29	0,095	—	—	—	—	3,51	100,41													
3	407	54,37	1,35	17,54	0,50	4,50	0,10	11,01	3,50	3,96	1,77	0,37	—	—	—	—	1,66	100,63													
4	17	53,60	1,03	16,27	5,93	4,59	0,07	6,28	3,11	2,90	1,90	0,57	0,09	—	—	—	8,46	99,78													
5	14-12	52,61	1,70	15,03	10,77	7,43	0,11	7,36	5,58	3,23	1,95	0,54	0,03	—	—	—	1,75	99,95													
6	K-1638	52,88	1,19	15,65	12,01	7,29	0,13	4,27	4,37	3,47	0,68	0,22	0,02	—	—	—	5,07	99,23													
7	399(6-21)	73,48	0,34	11,10	0,98	4,23	0,08	2,64	1,41	1,04	2,40	0,078	—	—	—	—	2,46	100,24													
8	12-66	47,68	2,50	15,29	4,46	9,08	0,16	6,63	6,44	3,60	0,88	0,50	—	—	—	—	0,12	99,97													
9	56	46,04	2,22	15,53	3,97	9,98	0,20	7,01	5,75	4,85	0,37	—	—	—	—	—	—	—													
10	60	49,68	0,85	15,13	1,65	6,96	0,17	7,22	8,32	5,93	0,36	—	—	—	—	—	—	—													
11	6514	67,46	0,67	14,81	3,34	2,92	0,05	1,25	0,65	5,74	0,89	—	—	—	—	—	—	—													
12	5403	63,51	0,59	16,75	1,83	2,47	0,09	2,58	1,45	4,37	3,78	—	—	—	—	—	—	—													
13	2889	71,18	0,51	13,49	2,66	2,66	0,07	0,97	1,54	4,37	0,72	—	—	—	—	—	—	—													
14	623 ⁶	72,14	0,28	14,07	0,99	1,54	0,03	1,54	0,53	4,60	1,19	—	—	—	—	—	—	—													
15	527 ^a	64,12	0,58	16,77	2,49	3,14	0,09	4,17	1,12	3,70	3,14	—	—	—	—	—	—	—													
16	256	62,63	0,92	17,62	1,40	3,60	0,03	3,73	2,26	4,17	2,90	—	—	—	—	—	—	—													
17	523/1	45,50	2,06	15,40	7,62	5,93	0,30	8,50	5,20	3,27	0,84	—	—	—	—	—	5,60	100,22													
18	523/14	54,00	1,50	13,70	11,57	2,01	0,15	3,20	3,30	6,65	0,73	—	—	—	—	—	2,83	99,69													
19	519/13	55,00	1,18	15,70	2,15	6,00	0,19	9,90	2,75	3,65	0,63	—	—	—	—	—	2,80	99,85													
20	516/16	58,50	1,24	15,10	4,59	6,68	0,19	3,90	1,62	5,30	1,06	—	—	—	—	—	2,64	100,82													
21	516/29	59,00	0,72	16,30	3,71	3,23	0,07	1,70	2,40	7,05	1,60	—	—	—	—	—	3,44	99,22													
22	523/18	72,00	0,29	10,20	6,07	2,01	—	не обн.	0,40	3,40	4,65	—	—	—	—	—	1,14	100,16													
23	14/66	46,52	2,30	16,60	6,65	6,47	0,16	7,99	6,20	3,60	1,15	—	—	—	—	—	2,44	99,98													

24	523/5	54,90	1,50	13,70	8,26	4,45	0,19	5,70	3,60	5,00	0,30	—	—	2,97	100,13
25	523/16	71,00	0,34	12,30	5,29	1,86	0,01	0,20	не обл.	3,32	5,40	—	—	0,22	99,44
26	523/17	65,00	0,52	13,50	6,40	3,02	0,05	0,50	не обл.	9,25	1,25	—	—	не обл.	99,49
27	523/12	68,00	0,44	13,80	5,42	3,59	0,05	0,20	не обл.	5,25	2,50	—	—	0,34	99,59
28	518/9	73,00	0,22	13,70	1,55	0,50	0,03	0,35	0,25	5,02	3,10	—	—	1,34	99,06
29	22/66	57,89	0,98	16,49	4,43	2,83	0,14	3,12	3,11	5,30	2,75	—	—	2,61	99,62
30	523/11	71,00	0,42	12,40	5,17	1,29	0,01	0,11	не обл.	4,60	3,87	—	—	1,02	99,89
31	519/4	49,00	2,62	15,40	2,81	7,44	0,18	7,80	4,00	3,12	0,63	—	—	6,26	99,26

Химические анализы эффузивов докембрия восточного склона Кузнецкого Алатау: 1—7—коммунаровская серия (по А. Ф. Коробейникову и Л. Г. Осипову, 1965); 8—46—спилит; 6—9, 407, 17, 14—12—диабазовые порфиры; к-1638—диабаз; 399 (6—21)—кварцевый порфир; 8—16 — полуденная серия; 12—66 — альбитизированный порфирит, речка Тюрим; 56 — альбитизированный диабаз, речка Тюрим (по В. Л. Хомичеву, 1968); 60 — альбитизированный порфирит, речка Тюрим (по В. Л. Хомичеву, 1968); 6514; 5403, 2889, 6236, 527а, 256 — кварцевые кератофиры, район окрестностей рудника Туим (по В. Л. Хомичеву, 1964); 17-31 — кульбюрстюгская свита (район среднего течения реки Белый Июс); 523/1, 523/14, 519/13, 516/16, 523/5, 519/4 — базальтовые порфиры (по А. Ф. Белоусову); 14—66 — миндалекаменный диабаз; 22—66—фельзит-порфир; 523/18, 523/16, 523/17, 523/12, 518/19, 523/11 — порфиры (по А. Ф. Белоусову); 516/29—порфир-латит (по А. Ф. Белоусову).

Таблица 2

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

№ пп	№ анал.	a	b	c	s	a ¹	c ¹	m ¹	f ¹	n	a/c	Q	$\frac{-}{c}$
1	8—46	5,1	22,2	3,1	69,6	—	15,9	20,3	63,8	95,5	1,6	25,9	—
2	6—9	3,1	27,1	4,0	65,8	—	28,9	21,7	49,4	92,9	0,8	21,4	—
3	407	6,2	22,8	3,3	67,7	—	49,6	28,5	21,9	77,1	1,9	19,7	—
4	17	5,4	17,3	3,8	73,5	—	30,8	36,2	33,0	70,2	1,4	32,5	—
5	14—12	5,3	25,9	2,8	66,0	—	26,5	39,4	34,1	72,3	1,4	25,9	—
6	K-1638	7,7	21,7	2,0	68,6	—	17,4	37,9	44,7	63,0	3,8	19,8	—
7	399(6—21)	2,9	8,1	2,4	86,6	—	11,8	30,5	57,7	40,5	1,2	65,0	—
8	12—66	9,3	29,0	5,6	56,1	—	19,3	37,5	43,2	85,2	1,6	—12,0	—
9	56	11,5	27,4	5,0	56,1	—	14,1	36,5	49,4	95,0	2,3	—15,8	—
10	60	13,4	27,3	3,2	56,1	—	19,5	50,5	30,0	96,0	4,2	—17,8	—
11	6514	13,7	9,3	1,5	75,5	28,8	—	11,5	59,7	90,4	9,2	22,1	—
12	5403	15,3	7,6	3,2	73,9	14,7	—	33,0	52,3	63,8	4,8	14,0	—
13	2889	10,9	11,0	1,1	77,0	36,2	—	22,0	41,5	91,0	9,9	31,1	—
14	6236	11,6	6,1	1,9	80,4	49,1	—	14,3	36,2	85,1	6,1	35,7	—
15	527a	13,5	9,7	4,9	72,3	12,1	—	39,7	48,2	68,5	3,0	+13,0	—
16	256	13,0	7,4	4,9	74,6	—	3,7	25,3	71,0	64,2	2,6	+18,4	—
17	523/1	8,9	27,2	6,7	57,2	—	16,7	34,5	48,8	86,8	1,3	—10,1	—
18	523/14	15,5	20,2	1,3	63,0	—	12,5	27,8	59,7	93,6	12,0	— 6,3	—
19	519/13	9,1	19,1	6,3	65,5	—	32,5	25,1	42,4	91,0	1,4	6,5	—
20	516/16	13,5	14,8	3,5	68,2	—	9,3	18,7	72,0	88,0	3,8	5,9	—
21	516/29	18,2	10,7	2,0	69,1	—	0,8	39,2	60,0	87,0	9,1	— 0,2	—
22	523/18	12,8	6,9	—	79,6	—	—	9,5	90,5	52,4	18,3	32,9	0,7
23	14—66	10,0	26,8	6,4	56,8	—	13,4	40,6	46,0	87,8	1,6	—12,8	—
24	523/5	11,5	21,7	2,8	64,0	—	19,1	27,9	53,0	96,4	4,1	2,2	—
25	523/16	14,6	6,6	0,3	78,5	7,1	—	—	92,9	48,1	48,8	27,5	—
26	523/17	17,8	4,8	—	73,4	—	12,5	—	87,5	92,0	4,5	7,2	4,0
27	523/12	15,3	9,1	0,2	75,4	13,8	—	—	86,2	74,0	76,5	20,0	—
28	518/9	15,1	4,0	0,4	80,5	45,9	—	9,8	44,3	71,0	37,8	30,4	—
29	22/66	16,0	12,7	3,4	67,9	—	4,4	42,4	53,2	74,8	4,7	0,4	—
30	523/11	15,2	5,9	0,2	78,7	5,6	—	—	94,4	64,3	76,0	28,4	—
31	519/4	8,4	21,3	7,1	63,2	—	15,4	34,8	49,8	89,2	1,2	2,5	—

магнезии, которой в 1,5—2 раза больше, чем в одноименных породах коммунаровской серии. Они недосыщены кремнеземом (числовая характеристика Q в них отрицательная), нормальнотитанистые, только мезократовые. Содержание титана в них находится в прямой зависимости от содержания валового железа. Подобно базальтоидам коммунаровской серии полуденные базальтоиды характеризуются значительным преобладанием натрия над калием (параметр n колеблется от 85,2 до 96), нормальной насыщенностью глиноземом.

Кислые эффузивы полуденной серии имеют свои петрохимические особенности. Они относятся к щелочноземельному ряду, но пересыщены кремнекислотой и глиноземом. Содержание щелочей в среднем не превышает нормы, и лишь единичные пробы показывают повышенное содержание щелочей ($a = 15,3$). Соотношение щелочей неустойчивое, меняющееся от 63,8 до 91,0, но в большинстве пород натрий значительно преобладает над калием. По показателям других параметров кислые породы полуденной серии бедны магнезией, полевошпатовой известью, закисью и окисью железа, титаном.

Завершающим в позднем докембрии (в верхнем рифее) был вулканизм кульбюрстюгского времени [7], проявившийся на еще больших площадях Кузнецко-Алатаусской геосинклинали, чем предыдущие, что свидетельствует о продолжавшемся ее разрастании. Эффузивы этого времени объединяются в кульбюрстюгскую свиту. Среди них преобладают спилиты, в различной степени альбитизированные диабазовые, базальтовые порфириды, диабазы подводных фаций, которые слагают нижнюю часть разреза свиты. Верхняя половина разреза свиты сложена преимущественно зеленокаменными андезито-базальтовыми, андезитовыми порфиридами и их туфами. Завершается разрез свиты маломощной пачкой (50—80 м) кварцевых порфиров, кварцевых альбитофиров, фельзит-порфиров и порфир-латитов. При большом разбросе на диаграмме фигуративных точек, отображающих химический состав эффузивов кульбюрстюгской свиты, намечающаяся вариационная кривая занимает среднее положение между вариационной кривой дифференциации базальтовой магмы нормального щелочного ряда по Дэли и вариационной кривой промежуточного типа, отделяющей известково-щелочные породы от щелочных. Поэтому кульбюрстюгские эффузивы мало чем отличаются от последовательно дифференцированного нормального базальт-риолитового ряда, характеризующегося широкой вариацией состава по кислотности. Это характерно для описываемых эффузивов, в которых количество окиси кремния в весовых процентах изменяется от 45,5 до 73,0%. Большие вариации наблюдаются в содержании глинозема, щелочей, полевошпатовой извести, химических компонентов. Породы основного и среднего состава свиты по содержанию глинозема относятся к нормальноглиноземистым. В группе эффузивов кислого состава преобладают пересыщенные глиноземом, но встречаются и нормальноглиноземистые. О широкой вариации в содержании химических компонентов свидетельствуют значения параметра b , колеблющиеся в пределах от 4,0 до 27,2. Соотношение щелочей относительно устойчивое и за редким исключением очень высокое (крутой наклон вектора на известковой плоскости), показывающее преобладание натрия над калием. Индекс щелочности a/c неустойчив и увеличивается от основных пород к кислым.

Обращает на себя внимание устойчивое и низкое содержание полевошпатовой извести, особенно в породах кислого состава, что наглядно по положению фигуративных точек на левой части диаграммы.

В целом эффузивы основного состава кульбюрстюгской свиты бедны щелочами, нормальноглиноземистые, соответствующие лейко- и мезократовым базальтам. Индекс щелочности a/c в них выражается цифрами

1,2—4,8, в среднем равен 1,9. Они не насыщены кремнеземом, нормальножелезистые, нормальнотитанистые и в этом отношении мало чем отличаются от базальтоидов полуденной серии. Эффузивы среднего состава (андезиты) обычно умеренно богатые щелочами, реже богатые щелочами (проба 516/29), ненасыщенные кремнеземом. Индекс щелочности a/c в них колеблется от 4,7 до 9,1, параметр Q не превышает значения 5,9 и часто отрицательный. Породы кислого состава обычно пересыщены глиноземом, богаты или пересыщены щелочами. Обращает внимание низкое содержание магнезии: от 0 до 0,4%, полевошпатовой извести: от 0 до 0,5%.

Как можно видеть из приведенных данных петрохимического анализа, эффузивы позднего докембрия восточного склона Кузнецкого Алатау являются производными базальтовой магмы толеитового типа, дифференциация которой независимо от времени вулканизма шла в сторону риолитов при постоянном стремлении к кварц-полевошпатовой эвтектике. Вместе с тем наблюдается изменение во времени химического состава производных магм в сторону увеличения щелочности и уменьшения известковости.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Белоусов. Крупноплощадная зональность состава вулканических серий докембрия и нижнего палеозоя в западной части Алтае-Саянской области. Докл. АН СССР, т. 174, № 5, 1967.
2. Г. Н. Бровков, Д. К. Бадицкий, Г. С. Бучарская, В. М. Ярошевич. Литология и синтетическая металлогения вулканогенно-осадочного комплекса верхнего докембрия и нижнего палеозоя Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау. Тр. СНИИГИМСа, вып. 101, Красноярск, 1970.
3. Г. А. Иванкин, И. И. Коптев, В. Е. Номоконов, В. А. Шипицын. К стратиграфии древних толщ восточного склона Кузнецкого Алатау. Материалы по минералогии, петрографии и полезным ископаемым Западной Сибири и Красноярского края. Изд. ТГУ, вып. 3, 1965.
4. С. С. Ильенок. Древнейший габбро-диоритовый комплекс восточной части Кузнецкого Алатау. В сб.: «Магматические формации Алтае-Саянской складчатой области». «Наука», 1965.
5. А. Ф. Коробейников, Л. Г. Осипов. Древние диоритоидные интрузивные породы Коммунарского рудного поля (Коммунар, Хакассия). Изв. ТПИ, т. 135, Томск, 1965.
6. В. Е. Номоконов, Л. Г. Осипов. Докембрийские вулканогенные формации района рудника Коммунар (восточный склон Кузнецкого Алатау). Изв. ТПИ, т. 217, Томск, 1970.
7. В. Е. Номоконов, Б. Д. Васильев, Г. А. Иванкин, И. И. Коптев, Д. И. Царев, В. А. Шипицын. О докембрийских и кембрийских вулканогенных толщах Кузнецкого Алатау. В сб.: «Проблемы палеовулканизма средней Сибири». Красноярск, 1970.
8. В. Л. Хомичев. Тюримский спилит-габбро-диабазовый вулканоплутонический комплекс Кузнецкого Алатау. Тр. СНИИГИМСа, вып. 70. Новосибирск, 1970.
9. В. М. Ярошевич. Стратиграфия синийских и кембрийских отложений Батеневского кряжа, хребта Азыртал и бассейна реки Белый Июс. Изд. СО АН СССР, вып. 17, Новосибирск, 1970.