

В. С. ШЕЙМОВИЧ

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЩЕЛОЧЕЙ В ВУЛКАНИТАХ В ХОДЕ ИГНИМБРИТООБРАЗУЮЩИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 27 VIII 1970)

В кайнозое Камчатки выделяется по крайней мере три мощных этапа кислого вулканизма, завершающих циклы базальтового и андезитово-базальтового вулканизма: среднемиоценовый, позднеплиоценовый и средне-верхнечетвертичный^(1, 2). Каждый из этих этапов характеризуется полями игнимбритов значительных объемов (от нескольких десятков кубических километров до нескольких сотен в отдельных районах), связанными с региональным формированием комплексов кальдер и вулканотектонических депрессий^(2, 3). Для примера можно указать Паужетскую вулканотектоническую депрессию, с возникновением которой связано в позднем плиоцене образование объема около 300 км³ игнимбритов, а также кальдеру вулкана Горелого и комплексы кальдер района Кроноцкого залива, с которыми связаны объемы игнимбритов в сотни кубических километров^(3, 4).

Рассмотрим содержание щелочей в разновозрастных игнимбритах на участке среднемиоценовой березовской свиты в истоках р. Паратунки (Юго-Восточная Камчатка), в позднеплиоценовом голыгинском горизонте на Южной Камчатке, в четвертичных игнимбритовых толщах районов вулкана Горелого и Кроноцкого залива.

В истоках р. Паратунки, в хр. Карымшинском, среднемиоценовые образования представлены толщей игнимбритов липаритового состава мощностью 400 м, сформировавшейся в ходе прерывистого накопления пирокластического материала и последующего внедрения экструзий и интрузий, которые близки по составу игнимбрикам. Петрографический анализ показывает, что в толще выделяется по крайней мере 4 или 5 остывших единиц*, единых по петрографическому типу. По данным 16 химических анализов, вверх по разрезу происходит заметное повышение содержания SiO₂ от 64% до 68 и 70%. Щелочи содержатся в приблизительно равных количествах (от 5 до 7%) при преобладании Na над K, однако экструзии липаритов значительно обеднены ими: в некоторых образцах сумма щелочей менее 4% (табл. 1).

В отличие от толщи игнимбритов березовской свиты в истоках р. Паратунки голыгинский горизонт на Южной Камчатке представляет собой единую сложную остывшую единицу⁽⁵⁾, сформировавшуюся в одну фазу мощного извержения вулкаников липарито-дацитового состава. Этим объясняется единство химических составов семи проанализированных образцов, взятых из различных участков разреза толщи мощностью до 200 м. Это породы известково-щелочной серии. Для них характерно постоянство содержания основных компонентов, но особенно четко на общем фоне выступает единообразие в содержании щелочей (от 5 до 6%) при преобладании Na над K, тогда как содержание SiO₂ варьирует от 65 до 71% (табл. 1).

Мощное извержение кислых вулкаников в районе вулкана Горелого, обусловившее возникновение крупной кальдеры на раннечетвертичном щитовом вулкане, происходило в несколько стадий. В начальную стадию извержения образуется покров игнимбритов андезитового состава мощностью на различных участках от 10 до 300 м общим объемом около 100 км³. На

* Терминология Р. Л. Смита⁽⁶⁾.

Таблица 1

Химические анализы кислых вулканитов Юго-Восточной Камчатки

Компо- ненты	Среднеиоценовые образования р. Паратунки				Гольгинский горизонт		Район вулкана Горелого				
	игнимбриты		экструзии		игнимбриты		игнимбриты		пемза	экструзии	
	151	1407	13к/23		5	6	742	137	798	756	791
	1	2	3	4			7	8	9	10	11
SiO ₂	65,10	69,88	69,26	69,86	69,98	66,56	62,32	61,04	56,16	60,02	68,08
TiO ₂	0,51	0,43	0,29	0,46	0,44	0,36	0,46	0,43	0,50	0,39	0,44
Al ₂ O ₃	16,13	13,37	16,86	15,85	14,14	16,25	17,74	18,28	18,61	16,82	16,55
Fe ₂ O ₃	1,26	1,13	2,02	2,20	1,16	1,68	3,13	0,86	3,08	5,12	2,18
FeO	3,10	2,68	1,20	1,50	1,98	2,08	2,44	3,16	3,33	2,27	1,73
MnO	—	—	0,05	0,12	0,08	0,09	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04
MgO	1,42	0,84	1,07	0,99	1,48	1,30	3,98	4,76	5,74	6,25	3,57
CaO	1,68	3,30	2,62	2,74	2,99	4,13	1,18	2,81	1,97	2,39	1,09
Na ₂ O	4,19	4,05	2,24	2,20	3,81	4,29	5,82	4,04	4,02	3,50	3,47
K ₂ O	2,94	2,21	1,68	2,13	2,45	1,66	2,76	3,14	2,12	2,18	2,12
P ₂ O ₅	—	—	0,10	0,07	—	—	0,20	0,25	0,27	0,07	0,15
SO ₃	—	—	0,10	0,07	0,08	0,09	0,12	0,56	—	0,09	0,16
H ₂ O ⁻	0,67	0,49	—	—	0,11	1,10	0,27	1,10	3,38	0,33	0,09
H ₂ O ⁺	2,70	1,48	—	—	0,81	0,10	0,29	0,15	2,07	0,20	0,10
П. п. п.	—	—	—	1,26	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,70	99,86	100,13	99,45	99,51	99,67	100,49	100,48	99,22	99,48	99,67

Примечание. 1,2 — аналитик М. Н. Милованова; 3,4 — аналитик М. Д. Яроцкая; 5,6 — из коллекции Е. Ф. Малеева (аналитик В. Г. Сильниченко); 7, 8, 9, 10, 11 — аналитик Г. И. Гузиева.

более поздних стадиях извержения происходит отложение пемз. Кальдерсообразующее извержение завершается экструзиями по кольцевому разлому. Образцы игнимбритов, отобранные из различных участках покрова, удивительно сходны по химическому составу (11 анализов). Например, содержание SiO₂ варьирует в пределах 62—64%, а сумма щелочей колеблется от 7 до 8,6%. Примерно равны и содержания других компонентов. Пемзы, завершающие игнимбритообразующее извержение, основнее игнимбритов (SiO₂ 56%), содержат меньше щелочей, но тем не менее сумма щелочей в них значительна (6%). Таким образом, в процессе извержения происходит эволюция состава извергаемых продуктов от более щелочных и кислых к менее щелочным и кислым (табл. 1). Это явление вполне закономерно. Таков ход кальдерообразующих извержений на Хоккайдо (⁷) и при извержениях центрального типа, когда им предшествует длительный покой (извержение Фудзи в 1707 г., Ключевского вулкана в 1937—1939 гг.). Экструзии, внедрившиеся по кольцевому разлому, отличаются от игнимбритов значительно меньшей щелочностью. Содержание SiO₂ в экструзивных андезитах колеблется от 58 до 60%, в липаритах 68%; сумма-щелочей меняется в андезитах от 2 до 6% и составляет 5,5% в липаритах.

В береговом разрезе Кроноцкого залива нами (⁸) была изучена сложная игнимбритовая толща, сформировавшаяся в результате четвертичных кальдерообразующих и посткальдерных извержений в районе современного вулкана Бол. Семьячик. Эта толща образована четырьмя фазами извержений, и строение ее носит прерывисто-циклический характер. Фазы извержений, разделенные длительными перерывами, представлены двумя стадиями: начальной, игнимбритообразующей, и конечной — извержениями несспешших пемзовых пирокластических потоков. Отложения позднейших стадий проявлены не повсеместно. Мощность отдельных игнимбритовых покровов колеблется от 5 до 40 м. Все породы, составляющие игнимбритовую толщу, относятся к известково-щелочной серии (табл. 2). В целом

Таблица 2

Химические анализы кислых вулканитов различных фаз извержения.
Жупановский береговой разрез

Компо- ненты	I фаза			II фаза		III фаза			IV фаза	
	игнимбриты		пемзы	игнимбриты		игнимбриты		пемзы	игнимбриты	
	86к/9	93к/1	86к/8	89к/3	146/1	73к/2	46к/4	91к/3	79к/2	78к/2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	75,20	72,54	66,36	66,42	64,60	67,17	69,86	62,70	67,16	69,02
TiO ₂	0,35	0,45	0,55	0,93	1,18	0,54	0,35	1,00	0,74	0,55
Al ₂ O ₃	12,26	13,92	15,31	16,31	14,73	15,72	13,24	14,44	15,45	14,21
Fe ₂ O ₃	1,06	1,18	2,28	2,03	0,84	2,44	0,78	2,55	1,89	1,40
FeO	0,72	0,54	1,89	1,35	4,74	1,52	1,23	3,42	2,04	2,01
MnO	0,16	—	0,05	0,18	—	0,17	0,11	0,15	0,20	0,25
MgO	0,25	0,74	1,61	0,62	1,43	1,99	0,67	2,79	0,84	0,27
CaO	1,84	1,92	4,65	4,08	4,20	3,72	1,64	6,14	2,28	2,06
Na ₂ O	3,91	4,21	4,00	5,21	5,00	4,52	4,19	3,26	4,75	4,74
K ₂ O	3,40	2,93	1,86	1,86	2,08	1,97	3,25	1,38	1,72	3,13
H ₂ O ⁻	0,16	0,00	0,40	0,32	0,16	0,10	0,64	0,26	—	—
H ₂ O ⁺	0,19	1,76	0,51	0,68	0,84	0,34	3,62	1,84	—	—
P ₂ O ₅	0,08	0,01	0,06	0,08	—	—	0,04	0,06	0,06	0,06
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,58	100,19	99,53	100,07	99,80	100,20	99,62	99,09	99,00	100,29

Примечание. 1, 3, 4, 5, 8, 10 — аналитик М. И. Милованова; 2, 6, 7, 9 — аналитик Т. В. Долгова

они образуют непрерывный ряд пород от липаритов до андезитов (тридцать анализов). Эволюция химизма вулканитов каждой фазы происходит тем же образом, что и при кальдерообразующих извержениях вулкана Горелого и на кальдерах Хоккайдо, а именно: во время фазы извержения происходит смена более кислых и щелочных вулканитов (рис. 1) все менее кислыми и щелочными (пемзами, тефрой), т. е. эволюция химизма всей толщи носит пульсационно-циклический характер. Во всех игнимбритовых покровах при довольно значительных вариациях составов (рис. 2) содержание суммы щелочей почти не меняется (табл. 2).

Таким образом, химизм разновозрастных игнимбритовых полей Камчатки характеризуется постоянством содержания щелочей в игнимбритах одной толщи. Щелочность всех других вулканических продуктов, связанных с тем же, что и игнимбритами, центром извержения и фазой извержения, значительно ниже. Игнимбритами, как правило, — первые продукты фазы извержения кислых вулканитов, причем образующиеся после игнимбритов продукты могут быть иногда гораздо кислее игнимбритов (экструзии липаритов в районе вулкана Горелого). При последующем возобновлении игнимбритообразования щелочность поднимается до прежнего уровня (толща игнимбритов Кроноцкого залива). По-видимому, это объясняется близостью условий для извержений, порождающих игнимбритами. При изменении этих условий извержение игнимбритов прекращается и возобновляется лишь после возникновения прежней обстановки.

Кеннеди⁽⁹⁾ указывает, что щелочи, так же как и вода, кремнезем и летучие компоненты, распределяются в магматическом очаге в областях пониженных давлений и температур, т. е. в верху очага. Возможно, это объясняет повышенную щелочность игнимбритов, которые представляют собой верхние порции магмы. Естественно, что более глубокие уровни очага, представленные на поверхности образованиями поздних фаз извержения — пемзовыми отложениями, экструзиями, сравнительно обеднены щелочами и

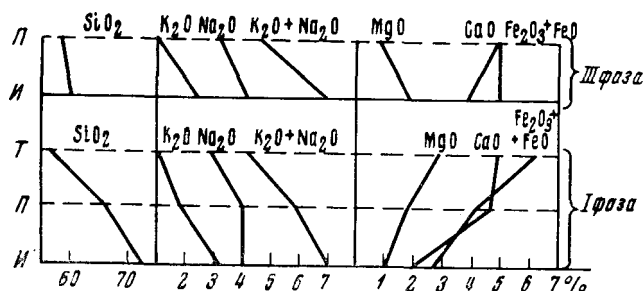


Рис. 1. Направленность изменений содержания щелочей и кремнезема в вулканитах I и III фаз игнимбритовых извержений в районе Кроноцкого залива. II — игнимбрит, III — неспекшиеся пемзы пирокластических потоков, I — тефра

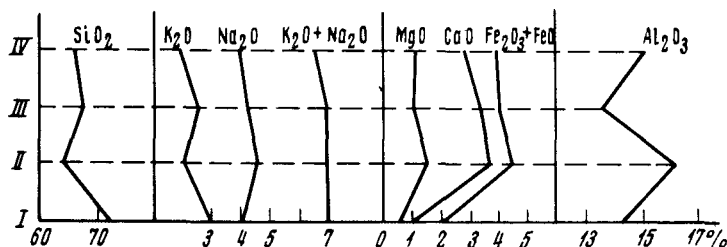


Рис. 2. Эволюция химического состава в игнимбритах четырех оставшихся единиц в районе Кроноцкого залива. I—IV — покровы игнимбритов

водой. Таким образом, возможна зависимость между содержанием в магме щелочей и воды. Бойд (¹⁶) указывает, что повышенные концентрации воды в пемзово-пепловом материале значительно снижают температуру спекания всей массы. Как следствие высокого содержания воды и летучих в извергающемся материале можно предположить неполную его дегазацию во время переноса и обусловленное этим удержание достаточного количества тепла для его спекания. Подтверждением является интенсивная автопневматолитическая перекристаллизация в игнимбритовых покровах (⁶).

Итак, повышенное содержание щелочей в игнимбритах, по сравнению с другими вулканитами той же фазы извержения, является индикатором высоких содержаний воды и летучих в магматическом расплаве, что в итоге и обуславливает возможность спекания пемзово-пеплового материала.

Необходимо указать, что в игнимбритах толщ различного возраста содержания щелочей далеко не постоянны. В исследованных камчатских игнимбритах они колеблются от 5,0 до 8,6%, в игнимбритах Курильских островов <5% (¹¹, ¹²). Щелочность в игнимбритах, вероятно, зависит от особенностей материнской магмы, производной которой они являются.

Камчатское территориальное
геологическое управление

Поступило
22 VII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Геология СССР, 31, Камчатка, Курильские и Командорские острова, 1964.
- ² В. С. Шеймович, Геология и геофизика, № 12 (1968).
- ³ И. В. Мелекесцев, В сборн. Вулканизм и геохимия его продуктов, «Наука», 1966.
- ⁴ Б. И. Пийп, Тр. Лаб. вулканол., в. 20 (1961).
- ⁵ С. Е. Априлов, Тр. Лаб. вулканол., в. 20 (1961).
- ⁶ Р. Л. Смит, В кн. Проблемы палеовулканизма, М., 1963.
- ⁷ I. Katsui, Geol. and Mineral., Ser. IV, № 4, Hokkaido Univ., 1963.
- ⁸ В. С. Шеймович, О. А. Брайтца, Т. С. Краевая, В сборн. Вулканизм, гидротермы и глубины земли, Петропавловск-Камчатский, 1969.
- ⁹ G. S. Kennedy, Some Aspect of the Role of Water in Rock Melts, Geol. Soc. Am., Spec. Paper, 62, 486 (1958).
- ¹⁰ Ф. Р. Бойд, В кн. Проблемы палеовулканизма, М., 1963.
- ¹¹ Г. С. Горшков, Тр. Лаб. вулканол., в. 20 (1961).
- ¹² V. F. Ostapenko et al., Bull. Volcanol., 30, (1967).