

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.21

© 1990 г.

О. А. ГИРИНА

ПИРОКЛАСТИЧЕСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ИЗВЕРЖЕНИЯ  
ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ В ОКТЯБРЕ 1984 г.

Опыт детальных исследований пирокластических продуктов последних извержений в Безымянный позволил не только выделить типы пирокластики 1984 г., но и восстановить процесс этого извержения.

PYROCLASTIC DEPOSITS OF THE OCTOBER 1984 BEZYMYANNYI ERUPTION, by Girina O. A. Detailed analysis of pyroclastics of Bezmyannyi last eruptions resulted in identification of the types of 1984 pyroclastics and in reconstruction of the process of that eruption.

(Received April 18, 1989)

*Institute of Volcanology, Far East Division, USSR Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, USSR.*

Вулкан Безымянный в последние два десятилетия — второй по активности после Ключевского вулкан Камчатки. С 1955 г. он находился в стадии извержения, экструзивно-эксплозивные фазы которого с конца 70-х годов начали сопровождаться эффузивными.

Извержение в октябре 1984 г. предварялось, как и предыдущие извержения такого рода, выжиманием экструзивных блоков андезита на куполе Новый [10]. Кульминационная стадия извержения 13—14 октября выразилась в направленных и вертикальных взрывах, пеплы которых отложились в радиусе  $\sim 100$  км, в формировании двух пирокластических потоков и излиянии вязкого лавового потока на куполе [7, 9—11]. Образцы пирокластического материала были отобраны 17 октября 1984 г. и изучены <sup>летом</sup> 1985 г., ~~когда~~ произошло наиболее сильное после 1956 г. извержение вулкана Безымянный. Пирокластику 1985 г. нам удалось детально исследовать вслед за ее отложением и благодаря этому выделить в ней главные типы пирокластических отложений, характерных для андезитовых вулканов [1, 1—3, 12]. Появившийся опыт детального изучения продуктов извержения 1985 г. и небольшого извержения летом 1986 г. позволил заново проанализировать отложения 1984 г. В результате в них были выделены: тефра, пеплы облаков пирокластических потоков, отложения пеплово-глыбового пирокластического потока и пирокластических волн. Частично также был восстановлен сам процесс извержения 1984 г.

Исходя из существующих в настоящее время классификаций пирокластических пород, в пирокластике андезитовых вулканов, к которым относится и вулкан Безымянный, выделяются: 1) «пирокластические потоки, представляющие собой ламинарно движущуюся флюидизированную смесь, для которой характерна большая насыщенность твердыми частицами и высокое соотношение: твердая составляющая — газ; 2) пирокластические волны — слабонасыщенные обломочным материалом турбулентные потоки с низким соотношением компонентов: твердая составляющая — газ» [2, 12]. Установлено, что «во многих случаях пирокластические потоки и пирокластические волны возникают из первоначально единого потока движущегося материала, а впоследствии, в силу

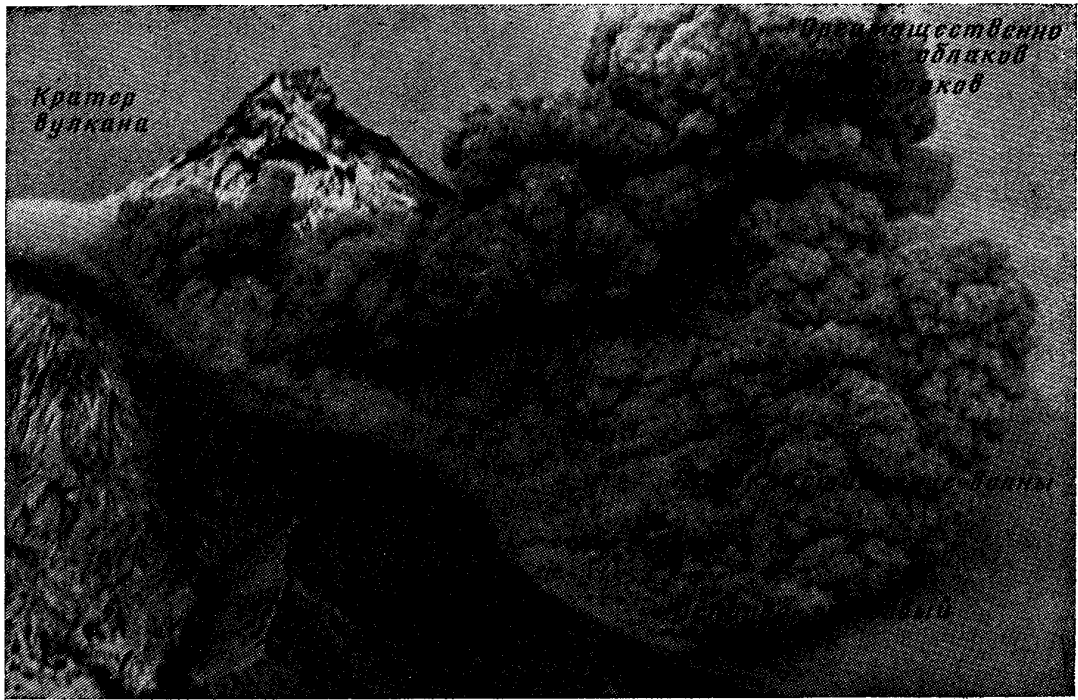


Рис. 1. Общая схема разделения первичной пирокластики при движении по склону вулкана (для вулканов андезитового типа). Фото В. Н. Нечаева

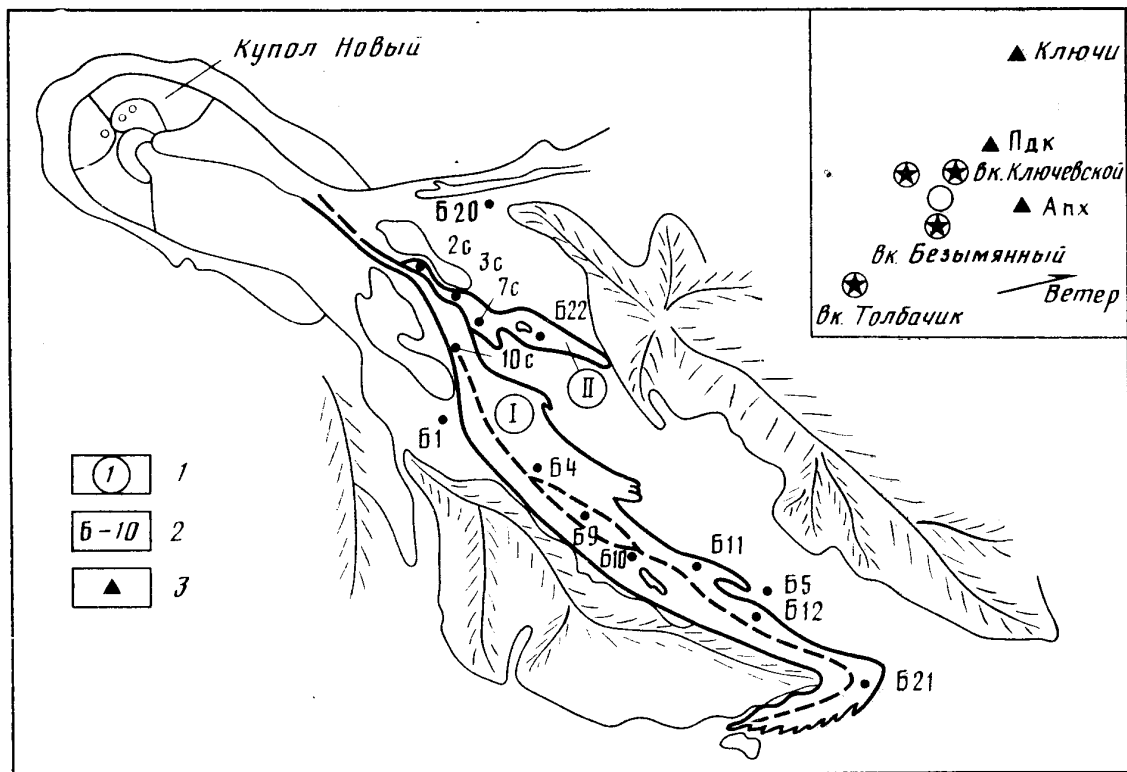


Рис. 2. Карта-схема отложений вулкана Безымянный извержения в октябре 1984 г. 1 — пирокластические потоки I, II; 2 — точки отбора проб; 3 — сейсмостанции. На врезке вулканы Ключевской группы



Рис. 3. Отложения пирокластического потока I извержения в октябре 1984 г. Фото А. Ю. Озерова

процессов расслоения, разделяются по удельному весу» [12]. В целом при движении по склону вулкана первичная пирокластика разделяется примерно на три неравных слоя: нижний — тело пирокластического потока, насыщенное крупными обломками и глыбами; средний — пылеватопесчаная масса с мелкими обломками — пирокластические волны; верхний — пепловые облака пирокластических потоков [1, 2, 6, 12] (рис. 1).

Сгложения пирокластических волн в отличие от пирокластических потоков характеризуются малой мощностью, большей мелкозернистостью и лучшей отсортированностью. Движение материала пирокластических волн по склону вулкана не подчиняется рельефу, происходит с большей скоростью, чем пирокластических потоков. Это обуславливает его способность отрываться от тела потока и распространяться самостоятельно. Отражением такой особенности пирокластических волн является то, что их отложения встречаются в обнажениях как в основании пирокластических потоков, так и на их поверхности [2, 12]. Главной особенностью пирокластических волн является их активное воздействие на окружающую поверхность. Так, например, при извержении 1985 г. пирокластические волны направленного взрыва (так называемый «песок направленного взрыва») разрушили домики вулканологов в 3,5 км от кратера вулкана [1].

При извержении вулкана на поверхность поступает магматический материал однородного химического и минералогического состава. В дальнейшем благодаря особенностям процессов отложения типов пирокластики в их составе появляются вариации. Пирокластические потоки, составляющие большую часть объема материала извержения, состоят из продуктов, поступивших на поверхность из канала вулкана и образовавшихся в результате дробления верхней части купола при эксплозивной активности вулкана. Материал потоков в процессе движения по склону вулкана хорошо перемешивается, и химический состав их заполнителей всегда аналогичен среднему составу обломков лав потоков. Таким образом, химический состав заполнителя пирокластического потока отражает средний состав продуктов извержения.

Таблица 1

## Химический состав продуктов извержения вулкана Безымянный в октябре 1984 г.

Компонент	Обломки лав андезита, поток I		Заполнитель потока I			Песок, поток I	Заполнитель потока II			Пепел облаков потоков		Тефра	
	Б97	Б99	Б10	Б12	Б21	Б4	Б22	2С	7С	Б5	Б20	Б24	Б19
SiO <sub>2</sub>	56,62	57,54	56,20	56,48	57,0	56,68	57,32	58,60	57,86	59,84	62,20	60,62	60,46
TiO <sub>2</sub>	0,62	0,75	0,72	0,63	0,65	0,65	0,77	0,76	0,78	0,65	0,48	0,57	0,57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,61	18,27	18,45	18,74	18,39	19,10	18,54	18,18	18,42	17,28	18,02	17,77	16,77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,36	3,38	2,54	3,24	2,98	3,26	3,94	3,95	4,10	4,01	2,97	3,45	3,30
FeO	4,42	3,96	4,22	3,73	3,82	3,88	3,85	3,10	3,01	2,59	2,24	2,61	2,87
MnO	0,15	0,17	0,17	0,15	0,19	0,19	0,19	0,13	0,12	0,08	0,12	0,13	0,15
MgO	4,57	4,06	4,95	4,29	4,07	4,25	4,35	4,26	4,26	2,87	2,24	2,51	3,25
CaO	7,41	7,18	7,63	7,63	7,76	7,67	6,59	6,14	6,27	7,00	6,16	6,83	6,05
Na <sub>2</sub> O	3,21	3,25	3,15	3,21	3,02	3,15	3,15	3,11	2,90	3,62	3,46	3,46	3,66
K <sub>2</sub> O	1,29	1,38	1,24	1,24	1,19	1,19	1,29	1,33	1,25	1,52	1,73	1,58	1,76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	0,23	0,06	0,08	0,10	0,12	0,07	0,24	0,26	0,16	0,33	0,47	0,20
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,07	0,06	0,25	Н/обн.	0,11	Н/обн.	0,05	0,05	0,23	Н/обн.	Н/обн.	Н/обн.	0,27
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,07	0,06	0,27	0,26	0,19	0,20	0,19	0,16	0,15	0,20	0,19	0,21	0,25
Σ	99,65	100,29	99,85	99,68	99,57	100,34	100,30	100,01	99,61	99,82	100,14	100,21	99,56

Примечание. Б97—Б19 — номера образцов. Анализы пород выполнены в ЦХЛ ИВ ДВО АН СССР. Аналитики: 1—7, 13 — Н. Р. Гусакова; 8, 9 — Т. Г. Осетрова; 10 — Л. А. Карташева; 11, 12 — Т. Г. Алексеева.

Таблица 2

## Гранулометрический состав пирокластических отложений вулкана Безымянный извержения в октябре 1984 г., вес. %

№ п. п.	Номер образца	Фракция, мм						
		0,056	0,056—0,071	0,071—0,125	0,125—0,25	0,25—0,5	0,5—0,1	1,0—2,0
1	Б9	6	3	12	25	22	20	12
2	Б10	10	5	13	24	20	18	10
3	Б11	5	3	11	29	27	18	7
4	Б12	7	3	11	26	23	19	11
5	8с	8	3	16	30	18	16	9
6	10с	3	3	12	28	21	20	13
7	Б21	9	4	12	27	20	17	11
	Среднее	8	3	12	27	22	18	10
8	2с	7	9	26	34	16	7	1
9	3с	3	4	20	31	25	14	3
10	7с	1	4	26	37	18	10	4
11	Б22	13	5	19	37	19	6	1
	Среднее	6	6	23	35	19	9	2
12	Б4	2	2	7	29	33	22	5
13	Б1	43	11	23	16	3	2	2
14	Б24	52	8	13	17	9	1	—
15	Б19	57	15	25	3	—	—	—
16	Б17	56	33	10	1	—	—	—
17	Б5	55	11	16	13	4	1	—
18	Б20	73	4	7	9	4	2	1

Примечание. 1—7 — заполнитель потока I; 8—11 — заполнитель потока II; 12 — образование потока I, сходные с потоком II; 13—16 — тефра; 13 — в 2,5 км от кратера вулкана, 14 — с/ст. Апахончич, 15 — с/ст. Подкова, 16 — г. Ключи; 17, 18 — пеплы облаков потоков: 17 — в 7 км от кратера вулкана, 18 — северный борт долины потоков. Образцы предоставлены Ю. П. Слезиным (5, 6, 8—10), И. Т. Кирсановым (7), А. И. Малышевым (11, 14, 18), В. П. Ханзутиным (15).

**Физические свойства пирокластических отложений вулкана Безымянный,  
извержение в октябре 1984 г.**

Образец	Плотность твердой фазы породы ( $\rho_s$ ), г/см <sup>3</sup>	Плотность сложения породы ( $\rho_d$ ), г/см <sup>3</sup>		Коэффициент пористости, $\varepsilon$		Пористость ( $n$ ), %		Коэффициент уплотняемости ( $F$ )
		сложение						
		рыхлое	плотное	рыхлое	плотное	рыхлое	плотное	
Б9	2,64 (2)	1,33 (10)	1,49 (9)	0,98 (10)	0,77 (9)	50 (10)	43 (9)	0,54
		1,30—1,37	1,47—1,58	0,93—1,03	0,67—0,79	48—51	40—44	
Б11	2,64 (2)	1,24 (10)	1,51 (8)	1,13 (10)	0,75 (8)	53 (10)	43 (8)	0,69
		1,20—1,28	1,45—1,54	1,06—1,20	0,71—0,82	51—54	42—45	
Б21	2,69 (2)	1,32 (10)	1,59 (9)	1,04 (10)	0,69 (9)	51 (10)	41 (9)	0,60
		1,30—1,34	1,57—1,61	1,01—1,07	0,67—0,71	50—52	40—42	
Б22	2,56 (2)	1,20 (10)	1,52 (10)	1,13 (10)	0,68 (10)	53 (10)	41 (10)	0,83
		1,16—1,25	1,49—1,54	1,05—1,21	0,66—0,72	51—55	40—42	
Б4	2,52 (2)	1,20 (10)	1,40 (7)	1,10 (10)	0,80 (7)	52 (10)	44 (10)	0,47
		1,19—1,23	1,36—1,43	1,05—1,12	0,76—0,85	51—53	43—46	
Б1	2,70 (2)	1,06 (10)	1,47 (10)	1,55 (10)	0,84 (10)	61 (10)	45 (10)	1,05
		1,03—1,10	1,43—1,51	1,45—1,62	0,79—0,89	59—62	44—47	
Б24	2,72 (2)	0,90 (10)	1,32 (10)	2,02 (10)	1,06 (10)	67 (10)	51 (10)	1,17
		0,87—0,95	1,24—1,37	1,86—2,13	0,98—1,19	65—68	50—54	
Б19	2,62 (2)	—	—	—	—	—	—	
Б5	2,47 (2)	—	—	—	—	—	—	
Б20	2,46 (2)	0,86 (10)	1,31 (10)	1,86 (10)	0,88 (10)	65 (10)	47 (10)	1,32
		0,84—0,88	1,27—1,34	1,79—1,93	0,83—0,94	64—66	45—48	

*Примечание.* В числителе — среднее значение, в знаменателе — максимальное и минимальное, в скобках — количество образцов.

Итак, в результате извержения 1984 г. на склоне вулкана Безымянный отложились два пирокластических потока, а его окрестности были покрыты пеплом (рис. 2, 3).

Все продукты извержения относятся к двупироксеновым андезитам с редкими включениями роговой обманки. Средний химический состав заполнителей и обломков лав этих потоков извержения одинаковый и содержание SiO<sub>2</sub> в них составляет 57,16 мас.% (девять определений) (табл. 1). Химический состав пеплов (тефры и пеплов облаков пирокластических потоков) значительно отличается от заполнителей потоков: содержание SiO<sub>2</sub> в них в среднем равно 60,78 мас.% (четыре определения) (см. табл. 1). Более кислый состав пеплов и пониженную их магнетиальность можно объяснить дифференциацией материала: золовой — в случае тефры, «дифференциацией расслоения» — в случае пеплов облаков потоков.

Так как тефра поступает на поверхность непосредственно из кратера вулкана, первоначальный ее химический и минералогический состав соответствует среднему составу продуктов извержения. По мере удаления от центра извержения под влиянием золовой дифференциации материала происходит изменение гранулометрического, минералогического и химического составов тефры, что убедительно показано многими авторами — И. И. Гущенко [5], Ю. М. Дубиком и И. А. Меняйловым [6], В. Ю. Кирьяновым [8] и др.

«Дифференциация расслоения» первичной пирокластики при движении по склону вулкана выражается в разделении ее по удельному весу и формировании вследствие этого различающихся по составу типов пиро-

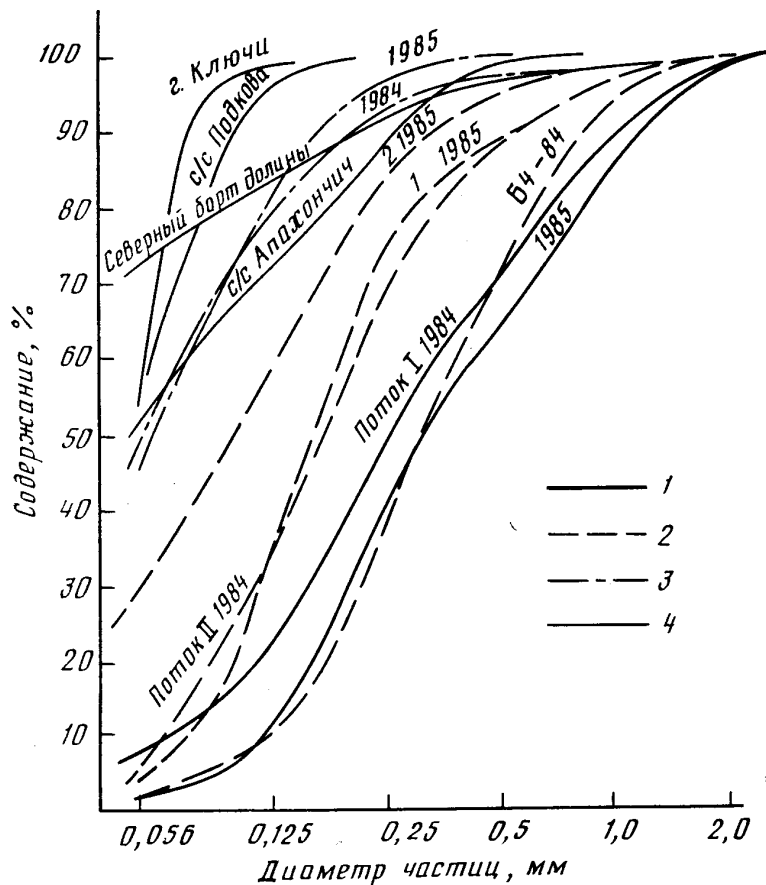


Рис. 4. Кумулятивные кривые гранулометрического состава пирокластических отложений вулкана Безымянный извержений 1984 и 1985 гг. 1 — отложения пеплово-глыбовых потоков; 2 — отложения пирокластических волн; 3 — пеплы облаков пирокластических потоков; 4 — тефра 1984 г.

кластических отложений (см. рис. 1, табл. 1—3). Довольно хорошо эти различия показывают данные плотности твердой фазы пород ( $\text{г/см}^3$ ): заполнитель пирокластического потока — 2,69, заполнитель пирокластических волн — 2,56, пеплы облаков потоков — 2,47. Как известно, плотность твердой фазы пород зависит только от их минералогического состава и с возрастанием количества тяжелых минералов также увеличивается [4]. В случае пеплов облаков потоков «дифференциация расслоения» проявляется наиболее ярко. Состав и свойства пеплов облаков потоков, как правило, аналогичны лишь тефре, да и то не первичной, а претерпевшей некоторую эоловую дифференциацию (см. табл. 1—3).

Вследствие устойчивого направления ветра во время извержения на восток — северо-восток в сторону с/ст. Апяхончич большая часть пеплов отложилась в этом направлении. По оси пеплопада в направлении на северный борт долины вулкана Безымянный (образец Б20), с/ст. Апяхончич (образец Б24), пеплы наиболее отличаются от остальных по гранулометрическому составу (рис. 4). Хотя тефра и пеплы облаков потоков по гранулометрическому составу относятся к пескам пылеватым (по классификации СНиП 11—15—74, [4]), важно отметить, что пеплы с с/ст. Апяхончич (16 км от кратера вулкана) несколько грубее, чем с северного борта долины вулкана Безымянный (3,5 км от кратера вулкана) (см. рис. 4). Плотность твердой фазы этих отложений равна 2,72 и 2,46  $\text{г/см}^3$  соответственно (см. табл. 3). Пеплы в 2,5 км от кратера вулкана в направлении на юго-восток (образец Б1) имеют значения плотности 2,70, а в 7 км от него на юго-восток (образец Б5) — 2,47  $\text{г/см}^3$ . Как будет показано ниже, плотность твердой фазы заполнителя потока I, отражающего состав пород извержения, составляет 2,64—2,69  $\text{г/см}^3$  (см. табл. 3). Анализируя эти данные и учитывая высокую взрывную активность вул-

кана во время извержения ( $25 \cdot 10^8$ — $5 \cdot 10^9$  кВт [11]), автор пришел к следующему выводу: сильными эксплозиями вулкана при устойчивом направлении ветра на восток—северо-восток основная масса тефры была как бы переброшена через северный борт долины вулкана Безымянный и распространилась далее. Это подтверждается тем, что на с/ст. Апахончич отложилась почти недифференцированная тефра (плотность пепла —  $2,72$  г/см<sup>3</sup>), а в 30 км от кратера вулкана (с/ст. Подкова) проявилась ее эоловая дифференциация, выразившаяся в потере тяжелых минералов и уменьшении вследствие этого плотности твердой фазы породы до  $2,62$  г/см<sup>3</sup>. Небольшое количество тефры, выпавшей вблизи купола, связано в основном с баллистическим характером выбросов вулкана. На северном борту долины вулкана Безымянный и в 7 км от кратера вулкана отложились, по всей вероятности, пеплы облаков пирокластических потоков, имеющие своеобразный минералогический состав и плотность —  $2,46$ — $2,47$  г/см<sup>3</sup>. Отложению пеплов на северном борту долины вулкана Безымянный способствовали устойчивое направление ветра в эту сторону и интенсивное отделение пеплов облаков потоков уже в начале движения пирокластики по желобу купола Новый.

Пирокластика вулкана Безымянный сразу после извержения имеет очень рыхлое сложение. В дальнейшем, в результате активного воздействия экзогенных процессов и естественной дегазации отложений потоков, пирокластика постепенно литифицируется. Для оценки способности пирокластических образований к уплотнению используют коэффициент уплотняемости пород, связанный с показателями плотности и пористости этих пород в рыхлом и плотном состояниях [4]. Широкий разброс значений коэффициента уплотняемости пирокластических отложений (от 0,47 до 1,32) связан в основном с их гранулометрическим составом. Например, наиболее сильно уплотняются пеплы с северного борта долины потоков, обладающие наибольшим количеством тонких частиц, а тефра с с/ст. Апахончич, имеющая с этими пеплами примерно одинаковое распределение фракций, но меньшее количество тонких частиц, уплотняется меньше. Увеличение количества крупных фракций приводит к уменьшению уплотняемости материала (см. табл. 2, 3). Таким образом, гранулометрический состав отложений обуславливает их плотность сложения и пористость, а отсюда и способность материала к уплотнению. Чем больше в отложениях содержится тонких частиц, тем сильнее они уплотняются в процессе литификации.

Большой пирокластический поток (I) протяженностью 7—8 км от кратера вулкана, шириной до 500 м и мощностью в среднем 2,5 м обладал хорошо выраженными многочисленными руслами с бортовыми валами, фиксирующими порционность поступления материала на поверхность, и высокой (5—6 м) крутой фронтальной частью на повороте потока за южный борт долины (см. рис. 2, 3). Площадь распространения потока —  $2,7$  км<sup>2</sup>, объем отложений —  $0,012$  км<sup>3</sup> [7]. В соответствии со строением долины наибольшая мощность потока отмечалась у ее южного борта (5—6 м), мощность северной части потока не превышала 0,2—0,3 м. Отложения потока были представлены песчано-пылеватым заполнителем (песком средней крупности с плотностью твердой фазы  $2,64$ — $2,69$  г/см<sup>3</sup>) и многочисленными обломками серых плотных и пористых лав андезита купола Новый размерами от первых сантиметров до глыб 2—3 м в диаметре. Следует отметить, что материал северного борта потока на 60—70% состоял из пепла, и такие же участки иногда встречались в центральной части потока (см. табл. 2, обр. Б4). Близость значений плотности твердой фазы заполнителя потока и тефры вблизи купола, отражающих, по-видимому, плотность первичной пирокластики, а также сходство гранулометрического состава и основных гранулометрических характеристик заполнителя этого потока и заполнителя пеплово-глыбового потока 1985 г. привели автора к выводу, что поток I представлял

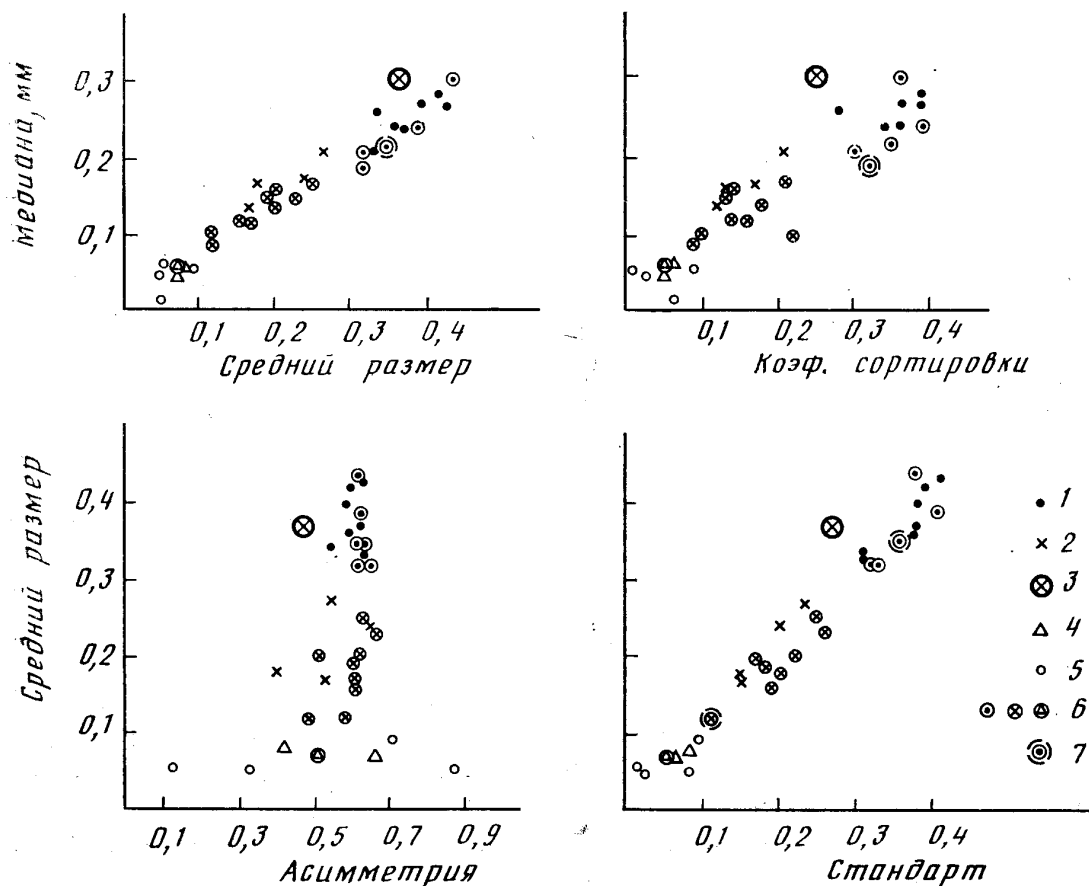


Рис. 5. Графики соотношения гранулометрических характеристик отложений вулкана Безымянный извержений 1984 и 1985 гг. Отложения извержения 1984 г.: 1 — заполнитель пеплово-глыбового пирокластического потока; 2 — заполнитель отложений пирокластических волн; 3 — образования на потоке I; 4 — пеплы облаков потоков; 5 — тефра. Отложения извержения 1985 г.: 6 — то же, что и 1, 2, 4; 7 — совпадающие значения для образований 1984 и 1985 гг.

собой типичный пеплово-глыбовый поток. Об этом свидетельствуют приуроченность его к понижениям рельефа, наличие русел, бортовых валов, обилие крупнообломочного материала (см. табл. 2, 3; рис. 4, 5) [2, 3, 12].

Малый пирокластический поток (II) длиной 4 км, шириной до 50 м и мощностью в среднем 1,0—1,5 м значительно отличался от потока I. По сообщению Ю. Б. Слезина, сразу после извержения поверхность потока была сложена «чистым мелким песком без обломков». Обломки размером не более нескольких десятков сантиметров встречались на глубине около 1 м в центральной части потока и на глубине 10—15 см в его краевых зонах. Площадь потока — 0,075 км<sup>2</sup>, объем материала — 0,0002 км<sup>3</sup> [7]. Отложения его более мелкозернисты, значительно лучше отсортированы, чем у потока I, и представлены мелкими песками с плотностью твердой фазы 2,56 г/см<sup>3</sup>. Кумулятивные кривые гранулометрического состава материала близки кривым отложений пирокластических волн 1985 г. (см. рис. 4). На графиках соотношения гранулометрических характеристик их точки образуют одну группу, обособленную от заполнителей пеплово-глыбовых потоков (см. рис. 5). Учитывая известные особенности пирокластических волн вообще и потока II 1984 г. в частности, можно с уверенностью говорить, что отложения этого потока являются образованиями пирокластических волн.

Таким образом, дифференциация пирокластики извержения 1984 г. началась уже в начале движения ее по абразивному желобу купола Но-



вый. В результате высокой эксплозивной деятельности и сильного ветра основная часть тефры переместилась далеко от вулкана; вблизи купола происходило отложение преимущественно пеплов облаков пирокластических потоков. Пеплово-глыбовый пирокластический поток двигался в соответствии с характером рельефа и повторил все повороты русел желоба на куполе и каньона на склоне вулкана. Основная часть более подвижного газонасыщенного пылевато-песчаного материала пирокластических волн, возникшего в результате расслоения пирокластики над потоком, в месте резкого поворота желоба на юг продолжила прямолинейное движение и образовала отложения потока II. Фрагментарно материал пирокластических волн встречался на потоке I. Так, образец Б-4 по гранулометрическому составу и плотности твердой фазы породы похож на отложения пирокластических волн (см. рис. 4, 5, табл. 2, 3). Поток и волны выделились из одной пирокластической смеси, это косвенно подтверждается близкими значениями их плотности сложения и пористости в рыхлом и плотном состояниях (см. табл. 3).

### Выводы

1. В результате изучения пирокластических продуктов извержения 1984 г. выделены следующие их типы: тефра, пеплы облаков пирокластических потоков, отложения пеплово-глыбового пирокластического потока и пирокластических волн.

2. Процессы дифференциации — эоловой и «расслоения» — пирокластики обусловили более кислый состав и уменьшение магнезиальности пеплов. Химический состав заполнителя пеплово-глыбового пирокластического потока соответствует среднему составу его обломков лав андезита.

3. «Дифференциация расслоения» пирокластики в процессе движения ее по склону вулкана выразилась в постепенном изменении минералогического состава типов отложений снизу вверх: заполнитель пирокластического потока, заполнитель пирокластических волн, пеплы облаков потоков. Плотность твердой фазы этих отложений, отражающая их минералогический состав, имеет значения 2,69, 2,56, 2,47 г/см<sup>3</sup> соответственно.

4. Опыт детальных исследований пирокластических продуктов последних извержений вулкана Безымянный позволил частично восстановить процесс извержения 1984 г.

Автор выражает глубокую благодарность И. Т. Кирсанову, Г. Е. Богоявленской, О. А. Брайцевой за обсуждение работы на этапах ее подготовки, за замечания, учтенные автором в окончательном варианте рукописи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдибиров М. А., Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. и др. Извержение вулкана Безымянный в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 6. С. 3—18.
2. Богоявленская Г. Е., Брайцева О. А. О генетической классификации пирокластических отложений и типах отложений извержения вулкана Безымянный 1955—1956 гг. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 39—55.
3. Гирин О. А. Типы пирокластических отложений вулкана Безымянного и критерии их выделения // Вулканологические исследования на Камчатке. Петропавловск-Камчатский, 1988. С. 9—14.
4. Грунтоведение // Под ред. Е. М. Сергеева. М.: Изд-во МГУ, 1983. 392 с.
5. Гущенко И. И. Пеплы Северной Камчатки и условия их образования. М.: Наука, 1965. 144 с.
6. Дубик Ю. М., Меняйлов И. А. Новый этап эруптивной деятельности вулкана Безымянного // Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 38—77.
7. Кирсанов И. Т., Двигало В. Н., Гирин О. А. и др. Извержение вулкана Безымянного в 1984 г., его продукты, геологический и энергетический эффекты // Тез. докл. VI Всесоюз. вулканол. совещ. Вып. 1. Петропавловск-Камчатский, 1985. С. 34—35.

8. *Кирьянов В. Ю., Рожков Г. Ф.* Гранулометрический состав тефры крупнейших эксплозивных извержений вулканов Камчатки в голоцене//Вулканология и сейсмология. 1989. № 3. С. 16—29.
9. *Малышев А. И.* Извержение вулкана Безымянный в 1981—1984 гг.//Вулканология и сейсмология. 1987. № 2. С. 89—93.
10. *Федотов С. А., Иванов Б. В., Гуценко И. И. и др.* Вулканическая деятельность в Курило-Камчатской зоне в 1980—1984 гг.//Вулканология и сейсмология. 1986. № 2. С. 3—20.
11. *Федотов С. А., Иванов Б. В., Двигало В. Н. и др.* Деятельность вулканов Камчатки и Курильских островов в 1984 г.//Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 3—23.
12. *Fisher R. V., Schmincke H. U.* Pyroclastic rocks. Springer-Verlag. Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo, 1984. 472 p.

Институт вулканологии  
ДВО АН СССР

Поступила в редакцию  
18.04.1989