

УДК 551.21+ 551.24

© 1990 г.

О. А. БРАЙЦЕВА, И. В. МЕЛЕКЕСЦЕВ, Г. Е. БОГОЯВЛЕНСКАЯ,
А. П. МАКСИМОВ

**ВУЛКАН БЕЗЫМЯННЫЙ: ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
И ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ**

Восстановлена история формирования вулкана. Динамика его активности реконструирована в соответствии с абсолютной хронологической шкалой. Показано, что вулканическая активность имела пульсационный характер. Каждый период активизации характеризуется закономерной сменой состава вулканитов. Возраст собственно стратовулкана Безымянный составил около 5500 лет. Датированы крупнейшие пирокластический извержения. Подсчитан объем продуктов и средняя интенсивность выноса вещества за время жизни вулкана. Отмечено резкое возрастание интенсивности выноса вещества на современном этапе. Анализ реконструированной истории вулкана позволяет полагать, что его активность сохранится в ближайшие 200—300 лет.

BEZYAMYANNYI VOLCANO: HISTORY OF FORMATION AND DYNAMICS OF ACTIVITY, by Braitseva O.A., Melekestsev I. V., Bogoyavlenskaya G.E., and Maksimov A.P. This paper reconstructs the history of Bezmyannyi formation and the dynamics of its activity in accordance with the absolute chronological scale. It has been shown that volcanic activity was of pulsating nature. Each period of Bezmyannyi stratovolcano proper is about 5500 yr. The largest pyroclastic eruption have been dated. The volume of products ejected and average rate of ejection have been calculated for the lifetime of the volcano. A sharp increase in productivity has been detected at the recent stage. One can believe that the activity of the volcano will be preserved in the nearest

200-300yr.

(Received april 18, 1989)

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

Катастрофическое извержение 1955—1956 гг. сделало вулкан Безымянный одним из самых известных вулканов мира. Интерес к нему еще более возрос после извержения вулкана Сент-Хеленс в 1980 г., которое обнаружило удивительные черты сходства с извержением вулкана Безымянный. Возникла насущная потребность изучения истории вулкана для определения места последнего катастрофического извержения в общей динамике его вулканической активности.

Первые подробные сведения о геологическом строении вулкана приведены Г. С. Горшковым и Г. Е. Богоявленской [8], а данные о прошлой его активности за последние 2500 лет получены О. А. Брайцевой и В. Ю. Кирьяновым [6]. Однако для реконструкции истории формирования вулкана их оказалось недостаточно, в связи с чем в последние годы на вулкане был проведен комплекс детальных тефрохронологических и геологических исследований.

Вулкан Безымянный (рис. 1) представляет собой массив, несколько вытянутый в широтном направлении и состоящий из двух частей. В его восточной половине располагается фрагмент более древнего вулкана, названный [8] «старым куполом». Большая часть этого вулкана, которому мы присвоили название Пра-Безымянный, была уничтожена взрывом 1956 г.; в настоящее время сохранился лишь небольшой его фрагмент в юго-восточной части постройки. Западная часть массива представляет «обой собственно стратовулкан Безымянный. Соотношение его лав с



фрагментом Пра-Безымянного с несомненностью указывает на более молодой возраст стратовулкана, что отмечалось и ранее [8]. Стратовулкан имеет хорошую сохранность, почти не расчленен эрозией и не несет следов ледниковой обработки. Лавовые потоки с сохранившимся первичным микрорельефом прекрасно выражены на северном, южном и юго-западном склонах вулкана. У западного подножия вулкана простирается обширное поле доисторического пирокластического потока. В пределах восточного подножия повсеместно доминируют отложения 1955—1956 гг., которые перекрыли все более древние образования.

Абсолютная высота вулкана до извержения 1956 г. составляла 3085 м, а в 1976 г. — около 2886 м по кромке кратера и 2869,1 м — для внутрикратерного купола Новый. Размер кратера 2,8 X 1,3 км. На западном склоне в привершинной части остались фрагменты рывины, которая была здесь хорошо морфологически выражена и до извержения 1955—1956 гг. (рис. 2). У подножия и на склонах вулкана располагаются экстрезивные купола разного возраста и состава.

Методика работ и основные результаты

Распределение тефры вулкана Безымянный в почвенно-пирокластическом чехле. Временная привязка периодов активизации. Для реконструкции эксплозивной активности необходимо прежде всего определить в разрезах пирокластику, которая связана с деятельностью именно этого вулкана. Критерием для отнесения определенной тефры к вулкану Безымянный являлось, с одной стороны, увеличение количества таких слоев, их мощности и крупности по мере приближения к вулкану и, с другой — особенности состава тефры. В почвенно-пирокластических чехлах подножия вулкана по мере приближения к нему увеличивается число прослоев серых грубых пеплов и серо-палевых и палевых тонких пеплов, которые обнаруживают большое сходство с пеплами его современных изверже-

Рис. 1. Геологическая карта вулкана Безымянный по состоянию на 1976 г. 1—6 — вулканы современных извержений вулкана Безымянный (период активизации БП): 1 — пирокластика на конусе вулкана, 2 — отложения пирокластических потоков купола Новый (двупироксеновые андезиты со спорадической роговой обманкой), 3 — экстрезивный купол Новый (от роговообманковых андезитов до двупироксеновых андезитов), 4 — лавовые потоки купола Новый (двупироксеновые андезиты), 5 — отложения пирокластических потоков 1956 г. (роговообманковые андезиты), 6 — отложения направленного взрыва 1956 г.; 7—10 — вулканы периода активизации БП (1000—1350 л. н.): 7 — лавовые потоки возрастной группы V (роговообманково-пироксеновые андезиты), 8 — отложения пирокластических потоков Западный (двупироксеновые андезиты с примесью роговой обманки) и Восточный (роговообманковые андезиты), 9 — лавовые потоки IV (двупироксеновые андезиты), 10 — экстрезивный купол Лохматый (роговообманковые андезиты); 11—13 — вулканы периода активизации БП (1700—2400 л. н.): 11 — лавовые потоки III (двупироксеновые андезиты), 12 — лавовые потоки II (дву) пироксеновые андезитобазальты), 13 — обвалы (?) — взрывные (?) отложения; 14 — лавовые потоки I (около 3500 л. н., двупироксеновые андезитобазальты); 15 — экстрезивные купола Экспедиции, Экстрезивный Гребень, Треугольный Зуб (~4000 л. н., роговообманковые андезиты); 16 — пирокластика и лавы вулкана Пра-Безымянный (7000¹⁴С—11 000 л. н., двупироксеновые андезитобазальты, андезиты); 17 — экстрезивные купола верхнеплейстоценового возраста (роговообманково-пироксеновые дацииты); 18 — купола типа тюйя верхнеплейстоценового возраста (от основных роговообманковых андезитов до двупироксеновых базальтов); 19 — а — шлаковые конусы хорошо сохранившиеся, б — разрушенные, в — эруптивные центры в пределах купола тюйя; 20 — голоценовые лавовые потоки шлаковых конусов (базальты, андезитобазальты); 21 — обвалы отложения вулкана Камень (1200—1300 лет назад); 22 — морены голоценовых ледников; 23 — морены II фазы верхнеплейстоценового оледенения; 24 — вулканогенно-пролювиальные и флювиогляциальные отложения голоценового и верхнеплейстоценового возраста; 25 — лавы и пирокластика вулканов Камень и Зимина (базальты — андезитобазальты); 26 — современные ледники. Экстрезивные купола (цифры в кружках): / — Новый, 2 — Лохматый, 3 — Треугольный Зуб, 4 — Экспедиции, 5 — Экстрезивный Гребень, 6 — Плотина, 7 — Ступенчатый, 8 — Разлтый, 9 — Дуглавый, 10 — Кулич, 11 — Правильный, 12 — Гладкий, 13 — Расчлененный

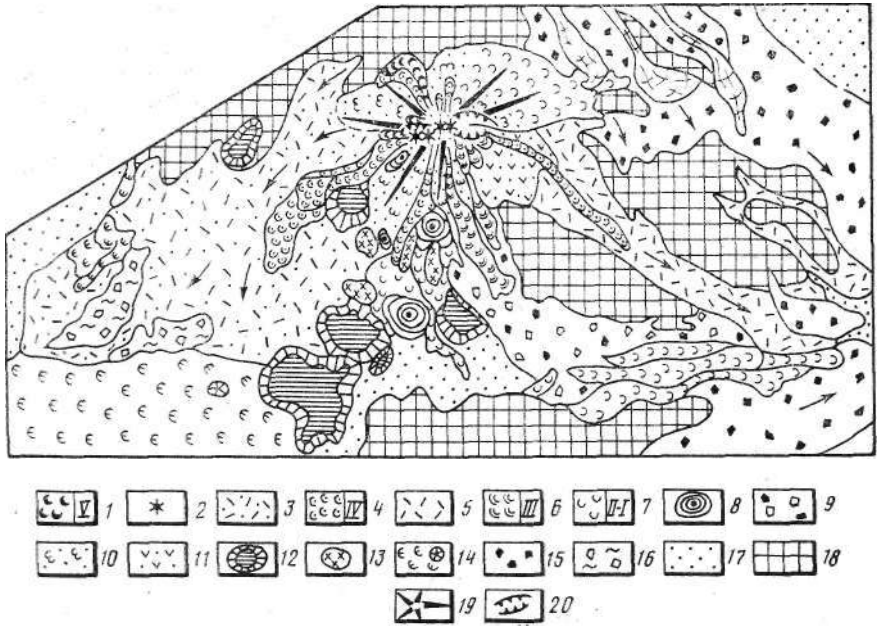


Рис. 2. Схема строения вулкана Безымянный до извержения 1955—1956 гг. 1—11 — голоценовые вулканические образования: 1 — лавовые потоки V возрастной группы, 2 — Привершинные эруптивные центры, 3 — пирокластический поток Западный, 4 — лавовые потоки IV, 5 — пирокластический поток Восточный, 6 — лавовые потоки III, 7 — лавовые потоки I и II, 8 — экструзивные купола, 9 — отложения обломочной лавины (обвала?) вулкана Безымянный, 10 — лавы и пирокластика конуса стратовулкана Безымянный; 11 — постройка вулкана Пра-Безымянный; 12 — верхнеплейстоценовые экструзивные купола типа тюя; 13 — верхнеплейстоценовые экструзивные купола; 14 — голоценовые базальтовые потоки и шлаковые конусы; 15 — обвальные отложения вулканов Камень и Зимина; 16 — морены II фазы позднеплейстоценового оледенения; 17 — аллювиальные и пролювиальные верхнеплейстоценовые и голоценовые отложения; 18 — породы вулканов Камень и Зимина; 19 — конус стратовулкана; 20 — эксплозивные рывины

ний. Вблизи вулкана возрастает и мощность таких пеплов—если у подножия вулкана Ключевской мощность пачек этих пеплов составляет всего 3—4 см, то у подножия вулкана Безымянный—20-30 см. В верхней части чехла легко выделяются светло-серые и палевые пеплы вулкана безымянный, имеющие андезитовый состав (содержание SiO_2 в них обычно более 56%), от черных и темно-серых базальтовых и андезитобазальтовых пеплов вулкана Ключевской и Толбачинской зоны. Разграничение близких по составу и облику кислых пеплов вулканов Безымянный и Шивелуч сложнее и проводится по ряду признаков: транзитные пеплы вулкана Шивелуч прослеживаются в районе вулкана Безымянный без заметного изменения мощностей, имеют более тонкий гранулометрический состав и отличаются, по данным В. Ю. Кирьянова, некоторыми особенностями минералогического (в частности, присутствием значительных количеств роговой обманки) и химического составов [6].

Присутствие в верхней части чехла преимущественно андезитовых Пеплов вулкана Безымянный не исключает в принципе возможности наличия у вулкана на ранних стадиях его развития и пеплов более основного состава, которые могли быть сходны с пеплами вулкана Ключевский. Детальное опробование пород вулкана, включая и Пра-Безымянный, показало (табл. 1—5) диапазон содержания SiO_2 : 54,5—61,5%. Естественно полагать, что тфера отвечает этому же составу пород — от андезитобазальтов до андезитов. Именно таковы серые и темно-серые пеплы нижней и средней части чехла с содержанием SiO_2 от 54 до 63%, которые и были

Химический состав пород стратовулкана Безымянный периода активизации — БШ

Компонент	1965—1986 гг.				1955—1956 гг.				Лавы V		
	Лавовые потоки			Пирокластические породы	Лава, купол	Пирокластические потоки	1956 г.	Тефра	1316	1599	1432
	Б-86	Б-79	Б-77								
SiO ₂	56,58	56,22	58,12	58,72	59,94	59,72	57,28	59,79	57,98	60,42	58,82
TiO ₂	0,82	0,83	0,84	0,76	0,88	0,63	0,56	0,89	0,49	0,50	0,77
Al ₂ O ₃	18,46	17,99	17,00	16,58	17,57	17,60	18,40	17,39	18,25	17,68	17,43
Fe ₂ O ₃	2,32	5,87	4,96	5,01	3,17	3,48	3,06	3,79	2,50	2,25	2,56
FeO	4,42	1,81	2,87	3,33	3,22	3,34	3,67	3,15	4,20	3,51	4,59
MnO	0,17	0,18	0,17	0,17	0,14	0,16	0,12	0,12	0,07	0,08	0,13
MgO	3,96	4,40	4,18	3,40	2,81	2,81	4,38	2,82	4,06	2,99	4,10
CaO	7,36	7,28	7,00	6,80	6,97	7,19	7,14	7,16	7,42	6,83	6,93
Na ₂ O	3,38	3,46	3,46	3,78	3,80	3,73	3,29	3,67	3,21	3,58	3,29
K ₂ O	1,34	1,29	1,43	1,32	1,32	1,29	1,27	1,27	1,34	1,84	1,39
H ₂ O ⁻	0,21	0,26	0,20	0,07	—	0,28	0,41	0,25	0,24	0,17	0,15
H ₂ O ⁺	0,37	—	—	0,16	—	0,07	0,46	0,29	Н/обн.	Н/обн.	0,13
P ₂ O ₅	0,20	0,23	0,22	—	—	0,23	—	—	0,18	0,17	0,21
Сумма	99,59	99,82	100,45	100,05	99,82	100,30	100,27	100,59	99,94	100,02	100,50

Таблица 2

Химический состав пород стратовулкана Безымянный периода активизации — БП

Компонент	Пирокластический поток Западный		Лавы IV		Лава экструзивного купола Лохматый	Пирокластический поток Восточный		Тефра		
	36 М *	134**	1422	1455		1464	46М/4*	1500**	13/2	13/5
SiO ₂	58,14	58,47	57,64	58,24	61,34	60,33	61,02	61,65	57,70	60,54
TiO ₂	0,41	1,02	0,62	0,63	0,55	0,70	0,58	0,67	0,69	0,57
Al ₂ O ₃	17,56	17,97	17,37	17,67	17,48	17,20	17,02	17,36	17,03	18,67
Fe ₂ O ₃	2,88	2,32	1,89	2,34	2,61	3,18	4,03	3,49	3,85	4,16
FeO	3,79	3,91	4,56	3,96	2,78	2,94	3,30	2,54	3,90	1,89
MnO	0,12	0,10	0,15	0,15	0,13	0,13	0,17	0,10	0,13	0,14
MgO	4,62	4,02	5,33	4,89	2,45	3,88	2,50	2,51	3,80	3,44
CaO	6,80	6,87	6,80	6,79	6,19	6,48	5,60	6,01	7,61	6,10
Na ₂ O	3,35	3,56	3,31	3,50	3,64	3,51	3,60	3,61	3,78	3,09
K ₂ O	1,54	1,40	1,49	1,63	1,68	1,65	1,70	1,85	1,43	1,21
H ₂ O ⁻	0,26	0,04	0,12	0,10	0,31	—	0,18	—	—	—
H ₂ O ⁺	0,20	0,22	0,06	0,21	0,27	—	0,54	—	—	—
P ₂ O ₅	0,26	—	0,23	0,29	0,20	—	0,19	0,19	—	0,18
Сумма	99,93	99,90	99,57	100,40	99,63	100,00	100,43	100,00	100,01	100,00

Примечание. * — заполнитель, ** — обломки.

отнесены нами к вулкану Безымянный (рис. 3). Они присутствуют в разрезах в виде отдельных прослоев и в качестве примеси к эоловым супесям, составляющим фон разреза.

Таким образом, тефра вулкана Безымянный — это серые вулканические пески разной крупности (от мелко- до грубозернистых) или тонкие светло-серые и кремовые пеллы. Только горизонт БЗ¹ на западном под-

¹ В работе [6] этому слою присвоен индекс БIV-3, для большего удобства мы его упростили и употребляем индекс БЗ.

Химический состав пород стратовулкана Безьямный периода активизации — Б1

Компонент	Тефра			Лава III		Лавы II						
	30/13	16/7	14/11	1459	1419	1592	1447	81017	1478	8-84Б	1476	1589
SiO ₂	56,05	59,83	61,37	59,20	59,02	56,48	55,28	56,06	55,34	54,26	54,70	57,00
TiO ₂	0,81	0,61	0,61	0,72	0,76	0,52	0,98	0,83	0,78	0,60	0,93	0,55
Al ₂ O ₃	15,71	17,23	16,83	17,21	17,14	18,27	17,44	17,22	17,11	18,69	17,13	17,95
Fe ₂ O ₃	3,72	3,24	3,34	2,00	2,52	3,14	2,10	2,43	2,28	2,18	1,96	2,37
FeO	5,03	3,53	2,78	4,36	3,54	4,04	5,87	4,74	5,86	6,03	5,97	4,81
MnO	0,17	0,17	0,14	0,15	0,17	0,09	0,08	0,10	0,21	0,17	0,17	0,10
MgO	5,65	2,63	3,71	4,42	3,86	4,82	5,17	4,88	4,95	5,16	5,44	4,07
CaO	8,53	7,44	5,93	6,88	7,10	7,74	8,32	8,81	8,20	8,21	8,84	8,11
Na ₂ O	3,03	3,81	3,50	3,40	3,50	3,02	3,07	3,15	2,99	3,04	2,95	3,09
K ₂ O	1,14	1,45	1,61	1,54	1,58	1,25	1,25	1,63	1,25	1,20	1,14	1,25
H ₂ O ⁻	—	—	—	0,06	0,19	0,22	0,30	0,11	0,23	0,22	0,28	0,21
H ₂ O ⁺	—	—	—	0,27	Н/обн.	0,33	0,18	0,20	0,12	0,37	Н/обн.	0,16
P ₂ O ₅	0,16	0,06	0,18	0,22	0,32	0,19	0,36	0,21	0,26	0,26	0,22	0,19
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,43	99,60	100,11	100,40	100,37	99,58	100,39	99,73	100,19

Таблица 4

Химический состав пород вулкана Пра-Безьямный

Компонент	Пра-Безьямный												
	Начальный период активизации — Б						Агломератовый туф						
	Лавы I	Лавы экструзивных куполов			Тефра			Лава	Дайки		Обломки		
		Экспедиции	Треугольный	Экструзивный гребень									
1556	1469	120	1518	31/12	30/6	27/2	1564	1484	1487	9М	1486	1563	
SiO ₂	54,36	59,98	60,88	59,26	57,15	54,35	56,35	55,50	55,70	54,36	61,82	54,52	57,18
TiO ₂	0,77	0,51	0,96	0,57	0,90	0,96	0,53	0,55	0,85	0,57	0,27	0,72	0,52
Al ₂ O ₃	17,45	17,96	17,42	18,43	15,85	17,43	20,66	17,66	17,18	17,61	17,49	17,39	17,78
Fe ₂ O ₃	2,69	2,11	3,18	1,98	3,44	4,50	3,09	2,22	2,81	2,56	2,25	2,00	4,88
FeO	5,69	4,08	2,96	4,02	5,04	4,02	2,48	5,49	5,03	5,57	3,04	5,06	2,50
MnO	0,15	0,18	0,13	0,11	0,20	0,16	0,13	0,11	0,19	0,19	0,10	0,15	0,09
MgO	5,60	3,26	2,81	2,14	4,60	4,59	4,02	5,51	4,73	5,82	2,38	7,68	4,43
CaO	8,83	6,65	6,27	8,09	8,29	9,25	7,36	8,51	8,09	8,32	6,05	8,01	8,01
Na ₂ O	3,01	3,64	4,65	3,50	3,25	3,58	4,44	3,02	2,99	2,97	3,40	3,01	2,89
K ₂ O	1,20	1,46	1,20	1,34	1,28	1,16	0,85	1,25	1,20	1,24	2,04	1,25	1,14
H ₂ O ⁻	0,08	0,17	0,02	0,18	—	—	—	0,19	0,33	0,20	0,52	0,15	0,24
H ₂ O ⁺	0,18	Н/обн.	—	Н/обн.	—	—	—	Н/обн.	0,10	0,08	0,04	0,19	0,24
P ₂ O ₅	0,18	0,18	—	0,21	—	—	0,08	0,18	0,34	0,23	0,17	0,23	0,18
Сумма	100,01	100,18	99,48	99,83	100,00	100,00	99,99	100,19	99,54	99,72	99,57	100,39	100,08

ножи вулкана в верховьях р. Студеной представлен пемзовыми лапилли и гравием.

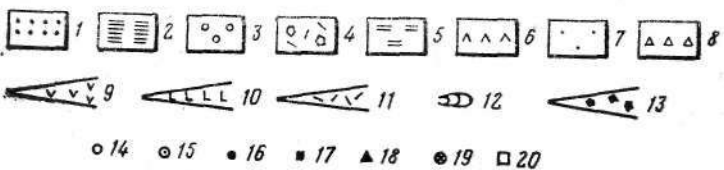
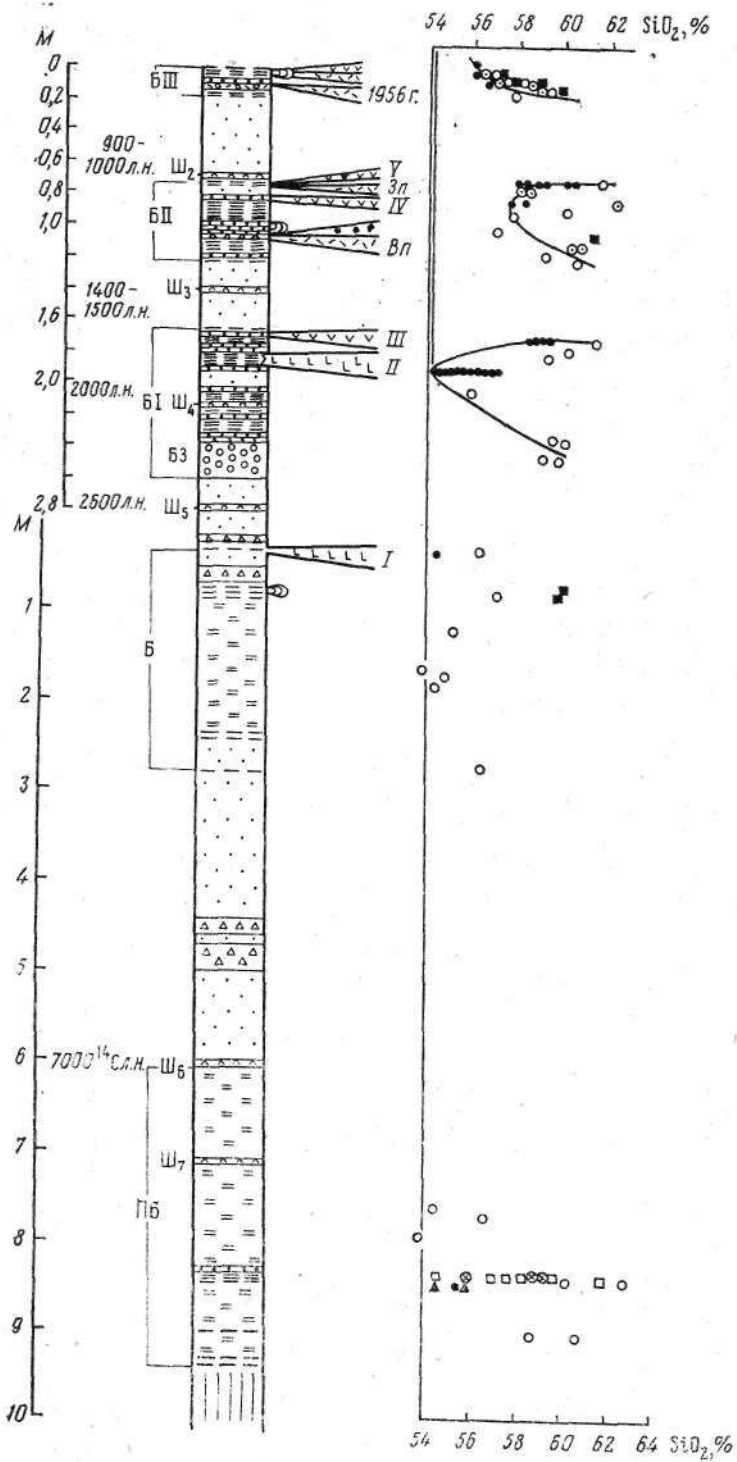
Анализ распределения пеплов вулкана Безьямный по разрезу позволяет получить представление о характере его активности и ее временной приуроченности. Все временные привязки даются, исходя из возраста маркирующих пеплов вулкана Шивелуч [7]² и некоторых других вулка-

² Ранее [7] радиоуглеродный возраст пепла Ш₆ принимался равным 7500 годам; новые данные, полученные авторами, позволяют считать его более молодым — около 7000¹⁴C лет. Сам пепел Ш₆, считавшийся пеплом вулкана Шивелуч, является, как установлено В. В. Пономаревой, пеплом вулкана Хангар.

Таблица 5

Химический состав пород верхнелейстоновых экструзивных куполов

Компоненты	Верхнелейстоновые экструзивные купола												
	Заполнитель		Тефра		Цапонина		Ступенчатый	Двуглавый	Кулич	Расчлененный	Правильный	Гладкий	
	9 М ₂	9 М ₁	81031	79003/3	81021/2	1337	00584Б	1472	1456	1561	128	126	1524
SiO ₂	60,33	56,58	60,25	62,66	54,27	52,40	55,70	54,80	59,72	57,86	65,32	63,36	62,04
TiO ₂	0,70	0,71	0,65	0,74	1,00	0,62	0,44	0,49	0,63	0,54	0,30	0,40	0,40
Al ₂ O ₃	18,47	17,93	18,98	17,76	19,53	20,36	19,56	19,21	18,30	19,71	18,16	18,34	19,55
Fe ₂ O ₃	2,24	4,50	2,70	2,73	2,14	3,72	2,94	4,26	2,94	3,52	4,69	2,41	4,80
FeO	3,32	2,79	2,39	2,12	5,33	5,89	4,25	3,87	3,59	3,66	1,53	3,01	2,50
MnO	0,12	0,15	0,08	0,09	0,12	0,13	0,13	0,17	0,19	0,11	0,15	0,11	0,11
MgO	2,85	4,73	2,76	1,98	4,54	3,73	3,34	3,45	1,52	2,25	1,20	0,72	0,91
CaO	6,91	8,05	6,67	6,12	8,08	8,34	7,93	7,93	6,80	7,10	4,51	6,30	5,81
Na ₂ O	3,59	3,21	3,80	4,01	3,46	2,96	3,85	3,66	3,93	3,66	4,21	3,46	4,37
K ₂ O	1,47	1,36	1,73	1,79	1,27	0,84	1,66	1,29	1,39	1,20	1,97	1,23	1,49
H ₂ O ⁻	—	—	—	—	—	0,30	0,40	0,37	0,19	0,21	0,28	0,36	0,23
H ₂ O ⁺	—	—	—	—	—	0,40	0,11	0,03	0,38	Н/обн.	0,06	0,66	0,16
P ₂ O ₅	—	—	—	—	0,24	0,23	0,26	0,27	0,37	0,29	—	—	0,25
Сумма	100,00	100,01	100,01	100,00	100,00	99,62	100,17	99,50	100,40	100,11	99,38	100,60	99,62



нов и скорости накопления отложений чехла, рассчитанной по этим данным.

В нижней части чехла (ниже пепла Ш₅) выделяется два интервала, в которых серые пеплы вулкана Безымянный составляют основной фон разреза. Один из них приурочен к началу голоцена от 11—10,5 тыс. лет до 7000¹⁴ С лет назад (пачка отложений от основания чехла до пепла Ш₆), а второй — к середине голоцена (пачка отложений ниже пепла Ш₅) (см. рис. 3). С первым интервалом (начало голоцена) нами связывается период активности вулкана Пра-Безымянный — на рис. 3 хорошо видно, что состав тefры в чехле согласуется с составом лав и пирокластиче-ской постройки вулкана Пра-Безымянный. Второй период активности (середина голоцена) сопоставляется с началом деятельности собственно стратовулкана Безымянный. Используя данные о скорости формирования чехла между пеплами Ш₅ и Ш₆, возраст которых известен, можно ориентировочно оценить время возникновения стратовулкана Безымянный в 5500 лет назад.

В верхней части чехла (выше горизонта Ш₅) пеплы вулкана Безымянный группируются в пачки, каждая из которых содержит до 12—15 прослоев. Эти пачки фиксируют периоды активизации вулкана, отвечающие крупным эруптивным циклам, разделенным интервалами покоя. В работе [6] выделено четыре таких периода активизации. Однако, учитывая, что интервал между двумя ранними периодами (IV и III в [6]) непродолжителен, мы считаем более правильным объединить их в один период и выделять, таким образом, три периода активизации вулкана за последние 2500 лет его жизни (см. рис. 3): БI — 2400—1700 лет назад, БII — 1350—1000 лет назад. БIII — 1955 г. — настоящее время.

Возрастное расчленение лавовых потоков и экструзивных куполов, Определение возраста лавовых потоков проводилось по соотношению е маркирующими пеплами вулкана Шивелуч, а при дальнейшей детализации — по положению внутри пачек пеплов вулкана Безымянный. Выделено шесть возрастных групп лавовых потоков. К I группе отнесены самые древние из установленных потоков вулкана. Их лавы, залегают существенно ниже пепла Ш₄ и пачки пеплов с тefрой слоя БЗ, и хотя пепел Ш₅ на них не установлен (он вообще крайне редко присутствует в чехлах южного подножия вулкана и района Плотины), мы тем не менее относим эти потоки к начальному периоду деятельности вулкана и даем стратиграфическую привязку, показанную на рис. 3.

Потоки II и III возрастных групп залегают под слоем пепла Ш₃, что надежно установлено на южных склонах вулкана. Потоки группы II пе-

Рис. 3. Сводный разрез лавопирокластических отложений подножия вулкана Безымянный. 1 — прослои грубых и тонких пеплов вулкана Безымянный, выраженные в масштабе; 2 — прослои тех же пеплов, в масштабе не выраженные; 3 — лапилли и грубый пепел вулкана Безымянный; 4 — отложения направленного взрыва вулкана Безымянный; 5 — супеси и неясно стратифицированные пеплы вулканов Ключевской группы с преобладанием серых пеплов вулкана Безымянный; 6 — маркирующие прослои транзитных пеплов; 7 — супеси и базальтовая тefра вулкана Ключевской и других вулканов Ключевской группы; 8 — маркирующие горизонты шлаков вулкана Ключевской; 9 — андезитовые лавовые потоки; 10 — андезитобазальтовые лавовые потоки; 11 — пирокластические потоки; 12 — экструзивные купола, 13 — обвальные отложения вулкана Камень («амбонская толща»); 14—20 — фигуративные точки состава вулканитов: 14 — тefра в пересчете на безводный остаток, 15 — отложения пирокластических потоков (заполнитель и обломки), 16 — лавы потоков, 17 — лавы экструзивных куполов, 18 — дайки, 19 — заполнитель агломератовых туфов постройки „Пра-Безымянный, 20 — обломки из тех же туфов. I—V — возрастные группы лавовых потоков: Зп, Вп — пирокластические потоки Западный и Восточный, Ш₂—Ш₇ — индексы маркирующих пеплов вулкана Шивелуч, Ш₅ — пепел вулкана Хангар, БЗ — тefра вулкана Безымянный извержения около 2400 лет назад, ПБ — отложения, отвечающие периоду деятельности вулкана Пра-Безымянный, Б — отложения, отвечающие начальному периоду деятельности стратовулкана Безымянный, БI, БII, БIII — периоды активизации стратовулкана Безымянный

рекрываются также частью пеплов из пачки Б1, тогда как потоки III группы пеплами вулкана Безымянный не кроются — изливание их приурочено к концу периода активизации. На северном склоне вулкана тефра на лавовых потоках не сохранилась в связи с очень плохими условиями захоронения. Однако большое морфологическое сходство этих потоков с потоками II возрастной группы южного склона и аналогичный андезит-базальтовый состав позволяют отнести их к тому же комплексу.

Потоки IV и V групп залегают под пеплом Ш₂. Потоки IV группы древнее пирокластического потока Западный и частично перекрыты его отложениями, а потоки V группы излились после его образования и затекают в привершинную западную рытвину, формирование которой мы связываем со временем извержения пирокластического потока. К VI Возрастной группе отнесены лавовые потоки современного эруптивного цикла.

Датирование тефрохронологическими методами экструзивных куполов очень затруднено, поскольку пирокластический чехол на них почти не сохранился. Достаточно определенно можно судить о возрасте купола Лохматый — он насажен на лавы потоков группы II и сам обтекается лавовыми потоками IV группы. Связанные с ним пирокластические лавины залегают в средней части пачки пеплов БП, что дает возможность более точно определить его стратиграфическое положение (см. рис. 3).

На породах купола Экспедиция у его южного подножия удалось получить разрез, который позволяет поместить его под пеплами БЗ, Ш₅ и нижележащим горизонтом шлака (см. рис. 3). По-видимому, близок к Нему по возрасту купол Треугольный Зуб, породы которого перекрываются лавами потоков группы II. На остальных куполах почвенно-пирокластический чехол отсутствует или очень сокращен; лишь на породах купола Ступенчатый вскрыт почти полный голоценовый чехол, основание которого не было пройдено из-за мерзлоты.

Датирование пирокластических потоков. С вулканом Безымянный Помимо пирокластического потока 1956 г. связано два более старых потока, которые распространились к западу и востоку от вулкана (см. рис. 2) и были названы нами соответственно Западным и Восточным. Более древний Восточный пирокластический поток в настоящее время почти повсеместно перекрыт молодыми отложениями и вскрывается только в долине правого притока р. Сухая Хапица, впадающего в нее в 3 км от источника. Здесь стратиграфическое положение пирокластических отложений очень четкое — они залегают непосредственно под обвальными отложениями вулкана Камень (так называемой «амбонской толщей») и помещаются в разрезе между пеплами Ш₂ и Ш₃. Пирокластический поток состоит из двух единиц, разделенных прослоем шлака вулкана Ключевской (рис. 4). Этот же шлак фиксируется под обвальными отложениями в почвенно-пирокластических чехлах восточного подножия вулкана, что дает возможность сделать однозначной стратиграфическую привязку отложений пирокластического потока (см. рис. 3).

Отложения пирокластического потока Западный перекрываются только слоем пепла Ш₂ и, таким образом, залегают в самой верхней части Пачки пеплов БП (см. рис. 3).

Состав вулканитов. Детальное рассмотрение вещественного состава Пород вулкана Безымянный не входит в задачу настоящей работы; этим вопросам предполагается посвятить отдельную публикацию. Однако для Представления об общей эволюции состава пород в течение формирования вулкана на рис. 3 справа показано изменение содержания SiO₂ в вулканитах всех выделенных стратиграфических комплексов³. Образцы тефры отбирались послойно в разрезах почвенно-пирокластических чехлов, образцы лав — из лавовых потоков всех выделенных возрастных

³ Анализы тефры пересчитаны на безводный остаток.

групп. В пирокластических потоках изучался как состав ювенильных обломков, так и заполнителя, которые оказались близки.

В постройке вулкана Пра-Безымянный были изучены дайки, лавовые потоки и агломератовые туфы, слагающие тело вулкана. На рис. 3 анализы для вулкана Пра-Безымянный в отличие от собственно стратовулкана Безымянный нанесены без разделения по возрасту; они сконцентрированы произвольно в этой части разреза, где отмечаются лучше всего выраженные прослои его тефры. Состав пород постройки укладывается в диапазон содержания SiO_2 , 54,5—62%, в тех же границах (54—63% SiO_2) находится и состав его тефры. Об эволюции вещества в процессе формирования этого вулкана судить не представляется возможным в связи с отсутствием данных о возрастной последовательности пород.

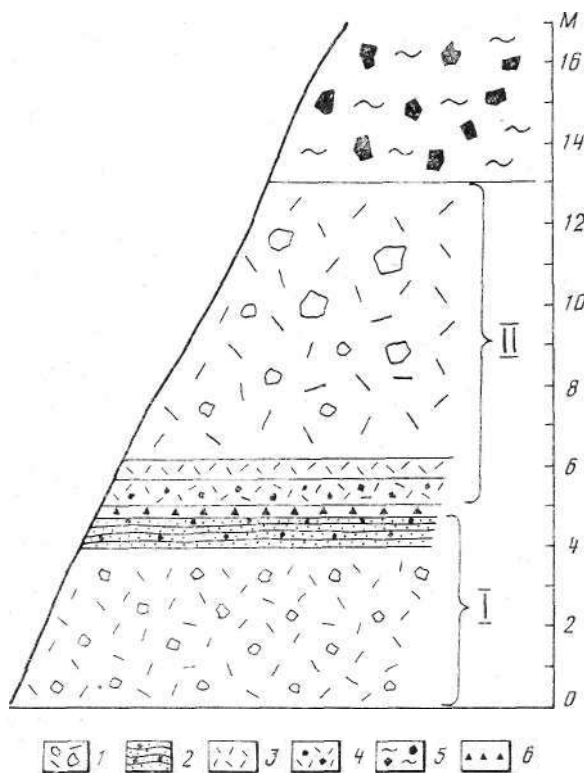


Рис. 4. Разрез отложений пирокластического потока Восточный. 1 — отложения глыбово-пеплового пирокластического потока; 2—4 — отложения пирокластических волн: 2 — слоистые грубые пеплы разной крупности, 3 — грубый и тонкий пепел, 4 — тот же пепел с мелкими обломками андезитов; 5 — обвальные отложения вулкана Камень; 6 — прослой шлака вулкана Ключевской. I, II — единицы пирокластического потока

Породы собственно стратовулкана Безымянный на первом этапе его деятельности (Б на рис. 3) отвечают по составу андезитобазальтам (54—57% SiO_2). Более кислый состав (60—61% SiO_2) имеют лишь породы экструзивных куполов. Для периодов активизации Б1, БII, БIII надежная возрастная последовательность вулканитов дает возможность судить не только об их составе, но и о закономерностях его эволюции во времени. Породы периода Б1 охватывают широкий диапазон от андезитобазальтов до андезитов (содержание SiO_2 от 54,3 до 61,4%, см. табл. 1). Вулканиты периода БII по составу отвечают андезитам с содержанием SiO_2 от 57 до 62%. Пирокластика и лавы последнего, современного этапа БIII изменяют состав от андезитов в 1956 г. (59—60% SiO_2) до андезито-

Вынос вещества стратовулканом Безымянный на разных этапах его деятельности

Период активизации	Длительность, лет	Пирокластика		Лавы		Общее количество материала		Интенсивность выноса ×10 ⁶ , т/год	Продуктивность (с предшествующим периодом покая) ×10 ⁶ , т/год
		V, км ³	M, 10 ⁹ т	V, км ³	M, 10 ⁹ т	V, км ³	M, 10 ⁹ т		
БIII	32	1,87—1,89	2,8—2,83	0,45	1,04	2,32—2,34	3,84—3,87	120	3,7
ВII	350	0,61—0,74	1,05—1,31	0,2	0,48	0,81—0,94	1,53—1,79	4,4—5,1	2,4
BI	700	0,58—0,63	0,63—0,68	0,95	2,19	1,53—1,58	2,82—2,87	4,0—4,4	1,8
Б	~2200	—	—	—	—	5,5	11,0	5,0	2,5
∑	5500	—	—	—	—	~10	~19—19,5	~3,5	

базальтов в 80-х годах (до 56% SiO₂). На протяжении периодов активизации BI и BII отмечается закономерная смена вещественного состава от более кислых разновидностей пород к более основным и затем опять к более кислым, что отражается в виде «петель» вариационных кривых на рис. 3. Постепенная закономерная смена вещественного состава вулканитов на современном этапе BIII позволяет полагать, что мы здесь видим нижнюю часть такой «петли», характерную для первой половины периода активизации.

Состав пород экструзивных куполов, предшествовавших образованию вулкана Безымянный, достаточно разнообразен. Группа верхнеплейстоценовых куполов (Гладкий, Правильный, Расчлененный) сложена наиболее кислыми разновидностями андезитов и дацитами (62—66% SiO₂). Купола типа туюя включают широкий спектр пород от базальтов и андезитобазальтов (52—56% SiO₂) для Плотины и Ступенчатого до андезитов; куполов Двуглавый и Кулич (58—60% SiO₂).

Подсчет объемов. Объем пород вулкана Пра-Безымянный определялся на основании объема его реконструированной постройки и оценен примерно в 2—2,5 км³ (5 - 6*10⁹ т).

Объем продуктов собственно стратовулкана Безымянный подсчитывался для отдельных периодов его активизации (табл. 6). Объем вулканитов современного этапа (период BIII) складывался из объемов ювенильной пирокластики извержения 1955—1956 гг., купола Новый, его лавовых и пирокластических потоков и тефры современных извержений; все эти данные содержатся в работах [1, 3, 4, 8, 11, 14].

Объемы вулканитов периодов BI и BII подсчитывались обычным способом: площади лавовых потоков определялись по карте масштаба 1 : 25000, мощности их—по карте и данным полевых наблюдений, объем тефры подсчитывался по схемам изопакит суммарно для периодов активизации в целом. Только для горизонта B3 объем тефры был подсчитан отдельно. На рис. 5 справа от временной шкалы стрелки разной длины соответствуют объемам продуктов пирокластических потоков и комплексов лавовых потоков; слева от временной шкалы дана масса продуктов, наиболее крупных извержений. Следует однако отметить, что если потоки возрастных групп V, IV, III отвечают, по-видимому, одному извержению или серии сближенных во времени извержений, то для многочисленных потоков группы II такой уверенности нет — излияние могло охватывать более продолжительный отрезок времени.

Объем продуктов начального периода деятельности стратовулкана Безымянный (период Б на рис. 3, 4) определен как разность между общим объемом постройки до извержения 1955—1956 гг. и объемом входящих в ее состав продуктов периодов активизации BI и BII. Общее коли-

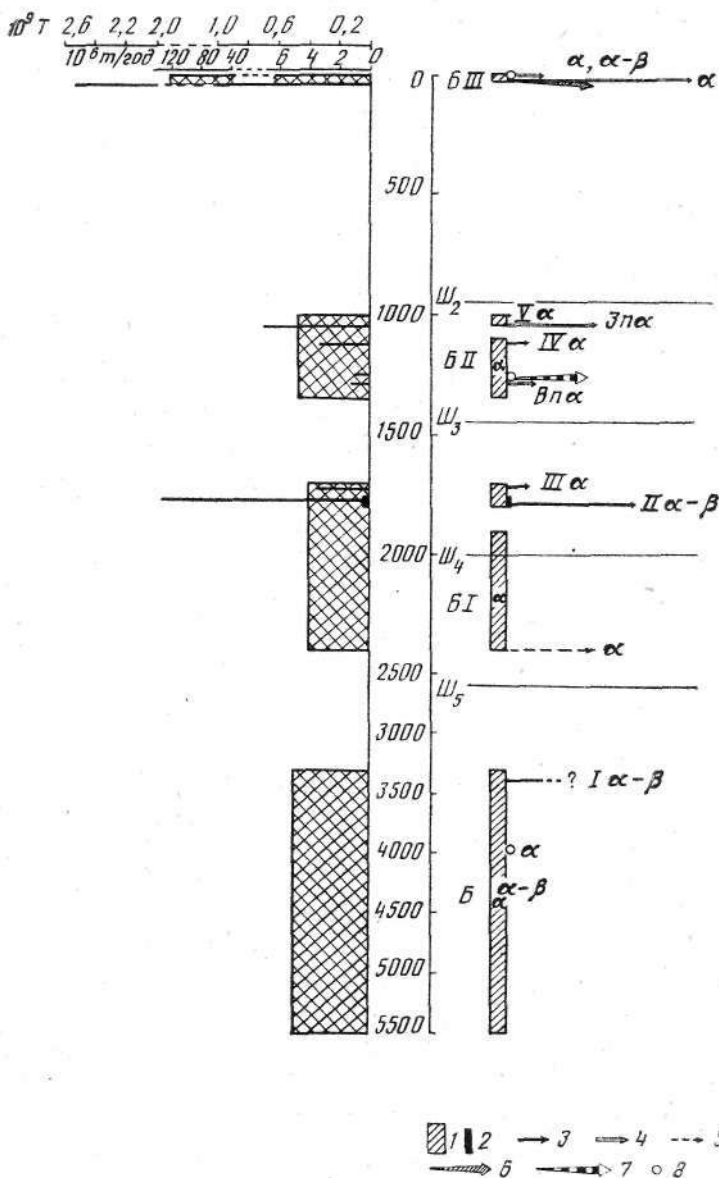


Рис. 5. Динамика активности стратовулкана Безымянный. 1 — периоды напряженной эксплозивной активности; 2 — периоды массового излияния лав; 3 — лавовые потоки; 4 — пирокластические потоки; 5 — эксплозивное извержение с выбросом грубой пемзовой тefры (длина стрелки 3 отвечает $0,2 \text{ км}^3$ лав, длина стрелок 4, 5 отвечает $0,1 \text{ км}^3$ пирокластики); 6 — направленный взрыв; 7 — обвал постройки вулкана Камень; 8 — экструзивные купола. I—V — возрастные группы лавовых потоков; Зп, Вп — пирокластические потоки Западный и Восточный, Ш₁—Ш₅ — маркирующие пеплы вулкана Шивелуч; Б, Б1-Б3 — периоды активизации вулкана Безымянный; а — андезиты, а-б — андезитобазальты. Слева от временной шкалы штриховкой показана интенсивность выноса вещества в периоды активизации ($\times 10^9 \text{ т/год}$), черными толстыми линиями — суммарная масса продуктов крупнейших извержений ($\times 10^9 \text{ т}$)

чество материала этого начального периода жизни вулкана, когда в основном строился его конус, составило около $5,5 \text{ км}^3$. Суммарный объем продуктов стратовулкана за все время его деятельности (около 5500 лет) $\sim 10 \text{ км}^3$.

Была подсчитана интенсивность выноса вещества в отдельные периоды активизации вулкана и средняя величина для всего времени его жизни (см. табл. 6, рис. 5).

История формирования вулкана

Во второй половине позднего плейстоцена на месте современного вулкана Безымянный сформировалась группа экструзивных куполов. Наиболее древними из них являются купола, сложенные роговообманково-пироксеновыми дацитами — Гладкий, Правильный, Расчлененный. Плейстоценовый возраст куполов достоверно устанавливается присутствием обломков их пород во флювиогляциальных отложениях II фазы позднеплейстоценового оледенения. Несколько позднее, во время II фазы оледенения, сформировались купола типа тьюя — Плотина, Ступенчатый, Двуглавый, Разлатый, Кулич, морфология которых с определенностью указывает на образование при подледных излияниях. Состав пород варьирует от базальтов в южной части Плотины и андезитобазальтов (Плотина, Ступенчатый) до основных роговообманковых андезитов (Двуглавый, северная часть Плотины).

Вулкан Безымянный возник в самом конце позднего плейстоцена — начале голоцена (10,5—11 тыс. лет назад, табл. 7). Сперва на отрогах вулкана Камень начал формироваться вулкан Пра-Безымянный. Сохранившийся останец постройки вулкана сложен преимущественно пирокластикой — грубыми агломератовыми туфами, прорванными дайками и включающими единичные лавовые потоки. Туфы имеют зеленоватый или коричневатобурый цвет, содержат многочисленные обломки от 5—10 см до 1 м в поперечнике. Пирокластика сцементирована слабо и на аэрофотоснимках эта часть вулкана хорошо выделяется рисунком расчленения типа бедленд. Дайки и лавовые потоки по составу отвечают андезитобазальтам (55,5% SiO_2), заполнитель и обломки в агломератовых туфах охватывают более широкий диапазон пород от андезитобазальтов до андезитов (54,5—62% SiO_2). Извержения носили главным образом эксплозивный характер, что привело к формированию существенно пирокластического стратовулкана. Тефра вулкана Пра-Безымянный присутствует в нижней части почвенно-пирокластического чехла в интервале от его основания (10,5—11 тыс. лет) до пепла Ш₈ (7000¹⁴ С лет назад). Это позволяет полагать, что деятельность вулкана продолжалась около 3000—4000 лет. Затем последовал перерыв в активности, составивший примерно 2—2,5 тыс. лет (в отложениях почвенно-пирокластического чехла этого временного интервала пеплы вулкана Безымянный отсутствуют).

Собственно стратовулкан Безымянный начал формироваться около 5500 лет назад. Эруптивный канал вулкана при этом сместился по сравнению с Пра-Безымянным примерно на 0,5 км к западу. Эксплозивная активность продолжалась в течение примерно 2000 лет и временно прекратилась незадолго до отложения горизонта Ш₃. Лавы начального этапа формирования вулкана почти повсеместно перекрыты более молодыми отложениями. Окончания их обнаружены только на периферии южного подножия вулкана в руч. Тундровом (потоки возрастной группы I). По составу потоки отвечают андезитобазальтам (54,5% SiO_2). На этом же начальном этапе жизни стратовулкана происходило формирование экструзивных куполов — Экспедиция, Экструзивный Гребень, Треугольный Зуб, сложенных роговообманковыми андезитами.

История формирования вулкана Безьямный

Возрастные рубежи, лет назад	Периоды активизации		Основные события в истории вулкана	Состав продуктов	
30	БШ	Формирование стратовулкана Безьямный	Рост купола Новый в кратере вулкана, связанные с ним пирокластические и лавовые потоки Катастрофическое извержение: направленный взрыв, разрушение вершины вулкана, извержение пирокластического потока	Андезит	
1000			Период покоя		
1350	БН		Излияния лавовых потоков V Крупное эксплозивное извержение с образованием пирокластического потока Западный Излияние серии лавовых потоков IV Крупное эксплозивное извержение с образованием пирокластического потока Восточный, обвал склона вулкана Камень, формирование экструзивного купола Лохматый	То же	
1700			Период покоя		
2400	БИ		Эксплозивная активность, излияние серий лавовых потоков II и III Эксплозивная активность, крупное извержение с выбросом пемз в начале периода активизации	Андезит, андезитобазальт	
3300			Период покоя		
5500	Б		Начало формирования стратовулкана Безьямный — эффузивно-эксплозивная активность, излияние лавовых потоков I, формирование экструзивных куполов Экспедиции, Экструзивный гребень, Треугольный Зуб	То же	
7800			Период покоя		
10 000— 11 000			Формирование вулкана Пра-Безьямный		»
				Формирование лавовых куполов типа топя — Плотина, Ступенчатый, Двуглавый, Кулич Формирование экструзивных куполов Гладкий, Правильный, Расчлененный	Базальт, андезит, дацит

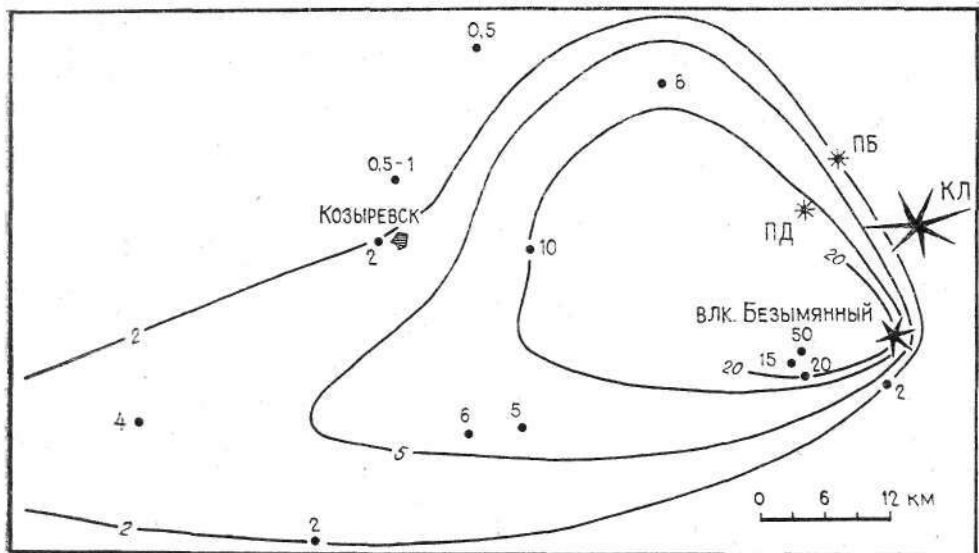


Рис. 6. Изопахиты (см) тефры Б3, возраст 2300 ^{14}C лет назад. Вулканы: КЛ — Ключевской, ПБ — Плоская Ближняя; ПД — Плоская Дальняя сопки

Наиболее полно деятельность стратовулкана Безымянный восстановлена для последнего, 2500-летнего, отрезка времени (см. рис. 5). Она имела четко выраженный пульсационный характер с чередованием периодов активизации и периодов покоя. Выделяется три таких периода активизации — Б1, Б2, Б3, представляющих собой эруптивные циклы длительностью 400—700 лет. Они приходятся на интервалы времени соответственно 2400—1700 лет назад, 1350—1000 лет назад и с 1955 г. по настоящее время. Активизация вулкана Безымянный происходила на фоне постоянной интенсивной деятельности Ключевского вулкана: в отложениях, отвечающих эруптивным циклам Безымянного, его пеплы переслаиваются с базальтовой тефрой Ключевской сопки.

Период активизации Б1, после примерно 900-летнего перерыва начался мощным эксплозивным извержением около 2400—2300 ^{14}C лет назад. Мощность тефры этого извержения (слой Б3) изменяется от 20—50 см вблизи вулкана, где она представлена пемзовыми лапилли и гравием, до 2 см в пос. Козыревск, где отложился грубый пепел. Ось пеплопада имела западное направление (рис. 6). Объем материала составил около 0,3—0,4 км^3 . Последующая эксплозивная активность вулкана была достаточно напряженной, с коротким перерывом во второй половине периода. Излияния лавовых потоков были приурочены к концу периода активизации. Большинство лавовых потоков на склонах вулкана относятся ко II возрастной группе — они перекрывают весь северный склон, хорошо выражены и на южном склоне там, где не перекрыты более молодыми отложениями. По составу это андезитобазальты с содержанием SiO_2 от 54,5 до 57%. Общий объем лав группы II составил 0,8 км^3 (1,84—10⁹ т). В самом конце периода активизации на южный склон вулкана излились лавовые потоки III возрастной группы. Они очень однородны по составу и отвечают андезитам (59% SiO_2). Общий объем этих лав составил 0,15 км^3 . На рис. 3 хорошо видно, что на протяжении периода Б1 отмечается закономерная смена состава вулканитов от более кислых разностей через более основные опять к более кислым в конце периода.

С одним из извержений рассматриваемого периода связано образование отложений обломочной лавины, залегающих в долине восточнее ку-

пола Лохматый. Отложения кроются пеплом Ш₃ и представлены брекчиями, содержащими крупные глыбы темных андезитобазальтов размером 0,5—0,7 (иногда до 10) м в поперечнике. Возможно, обломочная лавина была связана с обвалом склона вулкана. Никаких форм, с которыми можно было бы связать обвал, на склоне вулкана нет; не исключено, что они были позднее «залечены» излиянием лав III группы, заключавшими период активизации.

Существенные изменения в характере вулканической деятельности отмечаются для следующего периода активизации БП. Помимо обычной эффузивно-эксплозивной активности с выбросами тефры и излияниями лав, именно в это время начались извержения вулкана, с которыми связано образование пирокластических потоков. Первое такое извержение произошло около 1300 лет назад. Образовался пирокластический поток (площадь 6 км², объем материала 0,1 км³), который распространился в восточном направлении. На вершине вулкана возникла рытвина типа неглубокого кратера, открытого на восток. Пирокластический поток Восточный прекрасно картируется по аэрофотоснимкам 1950 г. и показан на рис. 2. В настоящее время он почти повсеместно перекрыт отложениями пирокластического потока 1956 г., который использовал те же понижения рельефа, что и поток Восточный. Отложения пирокластического потока Восточный вскрываются в долине одного из притоков р. Сухая Хапица (см. рис. 4). Они представлены светло-серым пеплом с большим количеством обломков плотных роговообманковых андезитов. Размер обломков достигает 40—50 см, есть многочисленные блоки андезитов до 1—3 м в поперечнике; пористые разности в составе обломочного материала отсутствуют. По мере приближения к вулкану растет количество крупных блоков, и их размер: они достигают 4—5 м в поперечнике. Такой характер отложений позволяет отнести пирокластический поток к типичным пеплово-глыбовым [2], обычно формирующимся в процессе разрушения растущего экструзивного купола. Можно предполагать, что такой купол (названный нами Разрушенный) формировался на восточном склоне в привершинной части вулкана (сейчас полностью уничтожен извержением 1956 г.). Заполнитель и обломки в пирокластическом потоке очень близки по составу и отвечают андезитам (60—61% SiO₂). При изучении разрезов удалось установить, что поток местами состоит из двух: единиц, близких по характеру отложений и составу материала (см. рис. 4). В кровле нижней единицы отмечены слоистые пирокластические отложения, которые представлены чередованием прослоев пирокластники разной крупности; в основании верхней единицы отмечено два слоя мелкообломочных отложений, один из которых сложен алевритом, а другой — алевритом с мелкими обломками. По-видимому, это отложения пирокластических волн, генетически связанных с пирокластическими потоками [2].

Сильным извержением вулкана Безымянный, во время которого образовался пирокластический поток Восточный, был спровоцирован, видимо, и гигантский (объем материала 5—6 км³) обвал на соседнем вулкане Камень [12]. Отложения обвала непосредственно перекрывают отложения потока. Одновременно с куполом Разрушенный или чуть позднее происходило формирование и другого молодого купола — Лохматого, сложенного роговообманковыми андезитами (61% SiO₂). У подножия купола отмечены связанные с его формированием небольшие пемзовые пирокластические лавины. После извержения пирокластического потока активность вулкана продолжалась серией эксплозивных извержений и завершилась излиянием лавовых потоков IV группы. Лавы несколько позднее по составу (57,7—58% SiO₂), чем пирокластический поток и экструзивные купола начала периода активизации.

После короткого перерыва последовало новое мощное эксплозивное извержение с образованием крупного пирокластического потока (пло-

щадь 20—25 км², объем около 0,3—0,4 км³), который распространился к западу от вулкана. На вершине образовалась эксплозивная рытвина, открытая к западу. Этот пирокластический поток также относится к типу глыбово-пепловых и содержит большое количество глыб плотных роговообманково-пироксеновых андезитов до 1—3 м в поперечнике. Заполнитель темно-серый, коричневатый или розоватый. По составу обломки и заполнитель сходны между собой (58—58,5% SiO₂).

Период активизации БII завершился излиянием коротких лавовых потоков V в привершинной части вулкана. Некоторые из них связаны с эруптивными центрами, расположенными вдоль западной рытвины. Состав лав отвечает андезитам с содержанием SiO₂ от 58 до 60,5%.

В период активизации БII при общем андезитовом составе продуктов так же, как в период БI, отмечается закономерная смена состава пород от более кислых разностей через более основные опять к более кислым (см. рис. 3).

После завершения периода активизации БII начался длительный интервал периода покоя вулкана, который продолжался около 1000 лет. Однако свежесть форм и хорошая сохранность кратера позволили Б. И. Пийпу [13] считать сопку Безымянную недавно потухшим или может быть не совсем потухшим вулканом.

Это представление полностью подтвердилось в 1955 г., когда начался новый период мощной активизации вулкана (БIII). Произошло катастрофическое извержение, характер и особенности которого детально описаны в работах [4, 8]. Вслед за ним в возникшем крупном кратере начался рост купола Новый. С ростом этого купола связаны все извержения вулкана, которые происходят на протяжении более 30 лет [1, 3, 5, 8, 11]. Продукты извержений периода активизации БIII обнаруживают постепенную смену состава продуктов с содержанием SiO₂ от 60 до 56%.

Была подсчитана интенсивность выноса вещества, для отдельных периодов активизации вулкана (см. рис. 5, табл. 6). Она в общем близка для первых трех этапов его жизни (периоды Б, БI, БII) и составляет 4—5·10⁶ т/год. Интенсивность выноса увеличилась более чем на порядок в современный период активизации БIII, что, вероятно, связано с незавершенностью этого периода, однако следует подчеркнуть, что такой интенсивности выноса не было ни на одном из отрезков предшествующих периодов. Была подсчитана также продуктивность вулкана с учетом предшествующих периодов покоя⁴, которые можно рассматривать как время накопления энергии, реализуемой затем в процессе извержения. Эти оценки (см. табл. 6) показывают, что, несмотря на то что величины продуктивности для всех отдельных этапов оказывается в целом сопоставимыми, отмечается все же увеличение продуктивности на последнем этапе.

Наиболее сильные эксплозивные извержения вулкана происходили в 1956 г., а также во время формирования пирокластических потоков Западный (1000—1100 лет назад), Восточный (около 1300 лет назад) и в начале периода БI (тефра Б3) около 2400 лет назад. Наиболее сильные эксплозивно-эффузивные извержения за последние 2500 лет были приурочены к концу периода активизации БI — 1700—1800 лет назад (излияния лавовых потоков II, III), в периоде активизации БI около 1100—1200 лет назад (лавы IV).

Высокая эруптивная активность, начавшаяся более 30 лет назад, резкое повышение интенсивности выноса вещества показывают, что вулкан находится в новом периоде активизации. Анализ изменения веществен-

⁴ Понятие интенсивности выноса вещества употребляется авторами для оценки скорости выноса периода активизации, а продуктивность — с учетом предшествующего периода покоя.

ного состава с постепенным переходом от более кислых разностей к основным позволяет полагать, что по аналогии с предшествующими периодами активизации вулкан приближается к его середине. Исходя из длительности прошлых периодов активизации (350—700 лет), можно предположить, что высокая активность продлится не менее 200—300 лет.

Основные выводы

1. Вулкан Пра-Безымянный возник в самом конце позднего плейстоцена и действовал в начале голоцена. Стратовулкан Безымянный начал формироваться около 5500 лет назад. Общий объем его продуктов составил $\sim 10 \text{ км}^3$, средняя интенсивность выноса вещества за время жизни — $3,5\text{--}10^6 \text{ т/год}$.

2. На протяжении последних 2500 лет деятельность вулкана Безымянный имела четко выраженный пульсационный характер с чередованием периодов активизации и периодов покоя. Выделяются три периода активизации — 2400—1700 лет назад, 1350—1000 лет назад и 1955 г.—настоящее время. Начало каждого периода характеризуется эксплозивной активностью, эффузивные извержения приурочены к их заключительным этапам. Отмечается закономерная смена состава вулканитов на протяжении каждого периода от кислых разностей через более основные снова к более кислым. Эти изменения происходят в диапазоне SiO_2 от 61,5 до 54,5% в периоде БI, от 62,5 до 56% в периоде БII и от 60 до 56% на современном незаконченном этапе (период БIII).

3. Помимо ритмичности в работе вулкана отмечаются и направленные изменения его деятельности. Качественные изменения в характере активности произошли около 1400 лет назад — для вулкана на последующем отрезке жизни становятся характерными катастрофические извержения с образованием крупных пирокластических потоков. Такие извержения, имели место, примерно, 1300, 1000—1100 лет назад и в 1956 г.

4. Интенсивность выноса вещества, сопоставимая для всех прошлых этапов жизни вулкана, резко возросла на современном этапе. Продуктивность, подсчитанная с учетом периодов предшествующего покоя, также несколько выше на современном этапе, оставаясь в целом сопоставимой с предшествующими периодами.

5. Анализ реконструированной истории вулкана позволяет полагать, что его высокая активность сохранится в ближайшие 200—300 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алидибиров М. А., Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. и др. Извержение вулкана Безымянный в 1985 г.//Вулканология и сейсмология. 1988. № 6. С. 3—17.
2. Богоявленская Г. Е., Брайцева О. А. О генетической классификации пирокластических отложений и типах отложений извержения вулкана Безымянный//Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 39—55.
3. Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. 25 лет вулканической активности вулкана Безымянного//Вулканология и сейсмология. 1981. № 2. С. 3—13.
4. Богоявленская Г. Е., Брайцева О. А., Мелекесцев И. В. и др. Катастрофические извержения типа направленных взрывов на вулканах Сент-Хеленс, Безымянный, Шивелуч//Вулканология и сейсмология. 1985. № 2. С. 3—26.
5. Богоявленская Г. Е., Иванов Б. В., Будиков В. А. и др. Извержение вулкана Безымянного в 1977 г.//Бюл. вулканол. станций. 1979. № 57. С. 16—25.
6. Брайцева О. А., Кирьянов В. Ю. О прошлой активности вулкана Безымянный по данным тефрохронологических исследований//Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 44—45.
7. Брайцева О. А., Судержицкий Л. Д., Литасова С. Н. и др. Радиоуглеродные даты отложений голоценовых почвенно-пирокластических чехлов Ключевской группы вулканов//Вулканология и сейсмология. 1984. № 2. С. 110—115.
8. Горшков Г. С., Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения. М: Наука, 1965. 170 с.
9. Дубик Ю. М., Меняйлов И. А. Новый этап эруптивной деятельности вулкана Безымянного//Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 3—37.

10. *Кирсанов И. Т.* Экструзивные извержения на вулкане Безымянном в 1965—1977 гг. и их геологический эффект//Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979 С. 50—68.
11. *Кирсанов И. Т., Студеникин Б. Ф., Рожков А. М. и др.* Новый этап извержения вулкана Безымянного//Бюл. вулканол. станций. 1971. № 47. С. 15—22.
12. *Мелекесцев И. В., Брайцева О. А.* Гигантские обвалы на вулканах//Вулканология и сейсмология. 1984. № 4. С. 14—23.
13. *Пийп Б. И.* Деятельность Камчатской вулканологической станции Академии наук-СССР в 1944 г.//Бюл. вулканол. станций. 1946. № 13. С. 6—9.
14. *Селезнев Б. В., Двигало В. Н., Гусев Н. А.* Развитие вулкана Безымянный по данным стереофотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемок 1950, 1967 и 1976—1981 гг.//Вулканология и сейсмология. 1983. № 1. С. 52—64.

Институт вулканологии
ДВО АН СССР

Поступила в редакции
18.04.1989