

©1998г. БЕЛОУСОВ А.Б., ФИРСТОВ П.П., ЖДАНОВА Е.Ю.

ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ В 1993-1995 гг.

На основании изучения пирокластических отложений, данных визуальных наблюдений и сейсмичности восстановлена последовательность событий извержения вулкана Безымянный в октябре-ноябре 1993 г. Показано, что извержение состояло из образования трех серий глыбово-пепловых пирокластических потоков, которые прошли расстояние 7, 8 и 5 км соответственно. Высота эруптивного облака извержения достигала 13 км. Формированию второй серии пирокластических потоков сопутствовал обвал части купола объемом 0,006 км³. В конце извержения произошла сильная вертикальная эксплозия, отложившая лапилли плотного андезита к юго-востоку от вулкана на площади >50 км² и излился лавовый поток. Общий объем продуктов извержения оценивается в 0,07 км³. Приводятся краткие сведения о последующей деятельности вулкана до сентября 1995 г., которая выражалась в эпизодических излияниях лавы, без существенной эксплозивной активности.

ERUPTIONS OF VOLCANO BEZYMIANNY IN 1993-1995, by B e l o u s o v A.B., F i r s t o v P.P. and Z h d a n o v a E.Yu. Sequence of events of the Bezymianny volcano eruption which occurred on October-November 1993 was reconstructed using the data of its pyroclastic deposits, visual observations and seismicity. It is shown that the eruption consisted of three sets of block-and-ash pyroclastic flows, which traveled 7, 8 and 5 km accordingly. The eruptive cloud was up to 13 km high. Failure of a part of the volcanic dome with a volume 0.006 km³ occurred simultaneously with formation of the second set of pyroclastic flows. At the end of the eruption the strong vertical explosion took place that deposited lapilli of dense andesite on the area 50 km² in the SE sector of volcano and then a lava flow was poured out. Total volume of the products of the eruption is approximately 0.07 km³. Brief information about activity of the volcano till the September 1995 is presented also.

(Received March 7, 1997)

Institute of Volcanic Geology and Geochemistry, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia

Формирование купола Новый началось после сильного эксплозивного извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. и продолжается до настоящего времени [5]. В первые годы на куполе происходило непрерывное выжимание жестких обелисков. В дальнейшем рост купола стал прерывистым и наряду с жесткими блоками с 1977 г. стали выжиматься вязкие лавовые потоки [4]. Формирование купола на протяжении всей его истории сопровождалось слабыми и умеренными эксплозивными извержениями с выбросом тонкого пепла и отложением небольших глыбово-пепловых пирокластических потоков и связанных с ними пирокластических волн лавового облака. Пирокластические потоки откладывались преимущественно между юго-восточными отрогами вулкана - так называемыми Северной и Южной Гривами. Частота извержений достигала 1-2 в год. Среди эксплозивных извержений, сопровождающих рост купола, можно условно выделить относительно сильные, сопровождающих рост купола, можно условно выделить относительно сильные, когда пирокластические потоки проходили более 7 км и продвигались дальше окончания Северной и Южной Грив. К относительно сильным можно отнести извержения 1977 г. (пройденное пирокластическим потоком расстояние от вулкана 7,5 км [7]), 1979 г. (расстояние-7,6 км [7]) и 1985 (расстояние - 12,5 км [6]). До 1984 г.

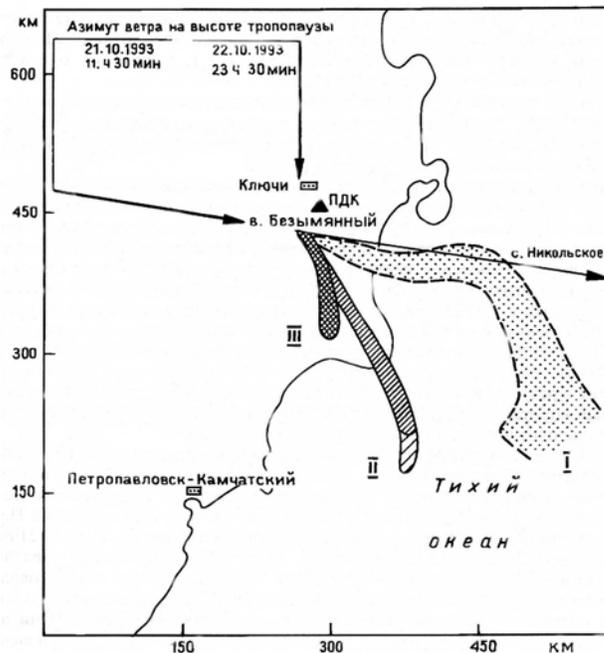


Рис. 1. Схема восточной части Камчатки и прилегающей акватории Тихого океана, показывающая распространение шлейфов эруптивных облаков извержения вулкана Безымянный в 1993 г. Составлена по данным изображения метеорологического спутника, полученного 22 октября в 15 ч 25 мин. I - III - шлейфы от вулкана Безымянный. ПДК - сейсмостанция Подкова

пирокластические потоки не оказывали заметного эродирующего воздействия на склоны вулкана. В ходе извержений 1984 и 1985 гг. пирокластические потоки прорезали желоб на склоне купола, и в течение нескольких лет он служил основным руслом движения потоков.

Одновременно с усилением эродирующего воздействия пирокластических потоков во время извержений стали происходить крупные обрушения старых частей купола. Наиболее крупное обрушение купола произошло в ходе извержения 1985 г. [1, 6]. К 1989 г. в результате излияния многочисленных лавовых потоков, морфология купола сильно изменилась. Это вызвало смещение к югу основного направления движения пирокластических потоков, и параллельно восточному желобу стал образовываться новый желоб. Старый желоб стал постепенно заполняться обломочным материалом (отложениями пирокластических потоков и колюнием со склонов купола).

После относительно сильного извержения 1985 г. на вулкане Безымянный происходили только слабые эксплозивно-эффузивные извержения с образованием пирокластических потоков протяженностью не более 6 км. Последнее зарегистрированное до 1993 г. извержение произошло в марте 1992 г. [3]. Оно состояло из нескольких слабых эксплозий, после которых произошло непродолжительное излия-

ние вязкого лавового потока. Цель настоящей работы - восстановление характера и последовательности событий относительно сильного эксплозивно-эффузивного извержения вулкана Безымянный в октябре 1993 г. и краткое описание его последующей активности до сентября 1995 г.

Хронология эруптивных событий восстановлена по имеющимся данным визуальных наблюдений, по космическому снимку, любезно предоставленному американскими коллегами, и сейсмическим данным сейсмостанции Подкова, расположенной в 25 км к северо-востоку от кратера вулкана (рис. 1).

Первая эруптивная туча над районом вулкана Безымянный была замечена вечером 21 октября около 16 ч (здесь и далее время местное). В 23 ч в с. Никольское (Командорские острова, азимут от вулкана Безымянный 97° , расстояние 515 км) началось выпадение тонкого пепла, которое продолжалось в течение 6 ч. 22 октября погода не позволяла вести наблюдения за активностью вулкана, поэтому были использованы данные о распространении эруптивного облака, полученные со снимка метеорологического спутника в 15 ч 25 мин, где отчетливо прослеживаются три шлейфа (рис. 1). Два шлейфа (азимуты от кратера вулкана I - 100° и II - 150°) тянутся на расстояние более 300 км. Первый шлейф значительно размыт и, судя по его плотности, можно предположить его более раннее образование относительно двух других шлейфов, возникших в результате отдельных эруптивных событий вулкана Безымянный. Третий, самый короткий шлейф (азимут 170° , протяженность -100 км) имеет на снимке наибольшую плотность и, вероятно, образовался последним.

Распространение эруптивного облака в основном зависит от температурной и ветровой стратификации атмосферы. Состояние атмосферы в период извержения изучали по данным высотного зондирования, которое выполняется метеорологической станцией г. Ключи 2 раза в сутки (11 ч 30 мин и 23 ч 30 мин). На рис. 2 приведены стратификации температуры, направления и скорости ветра за 21 октября (11 ч 30 мин) и 22 октября (23 ч 30 мин). Утром 21 октября ветер имел близкое направление на всех высотах (азимут 280°). Это направление ветра совпадает с направлением вулкан Безымянный - с. Никольское. При предположении о горизонтальной однородности атмосферы скорость движения эруптивной тучи должна составлять 20 м/с, чтобы она через 7 ч достигла с. Никольское. На рис. 2,б видно, что такую скорость ветер имеет на высотах 5 и 13 км. Более предпочтительной следует считать высоту подъема эруптивной тучи в 13 км, так как по визуальным данным высота подъема эруптивных облаков этого извержения не менее 8 км. Изменение направления шлейфов с западного на южный совпадает с изменением азимута ветра на высоте тропопаузы. Если принять скорость ветра 20 м/с, то по протяженности шлейфов можно оценить время их развития: I > 5 ч (окончание шлейфа размыто); II -3,5 и III - 1,5 ч.

23-24 октября с гидрометеопоста, расположенного на р. Хапица (30 км к востоку от вулкана), наблюдались отдельные пепловые выбросы, которые пробивались через облачность, закрывающую вулкан, и поднимались на высоту 8-12 км. В последующие четыре дня погода не позволяла вести наблюдения за активностью вулкана, но извержение продолжалось, так как в г. Ключи 28 и 29 октября происходили слабые пеплопады. В дальнейшем вулкан проявлял слабую эксплозивную активность, которая прекратилась в середине ноября. Посещение вулкана 12 ноября показало, что ЮВ-часть купола частично разрушена, а на его вершине происходит выжимание лавового потока. Следующие данные о состоянии вулкана имеются только для августа - октября 1994 г. В конце августа и начале октября при наблюдениях из пос. Козыревск над вулканом наблюдались облака слабых пепловых выбросов. В начале сентября 1994 г. на вулкане происходило излияние нового лавового потока, который заполнил разрушенный СВ сектор купола и узким языком спустился на 700 м вниз по склону, впервые перекрыв часть обломочной мантии купола. В конце сентября 1995 г. лавовый поток 1994 г. был перекрыт новым широким лавовым потоком неизвестного возраста, который в момент наблюдения уже остыл и был покрыт снегом.

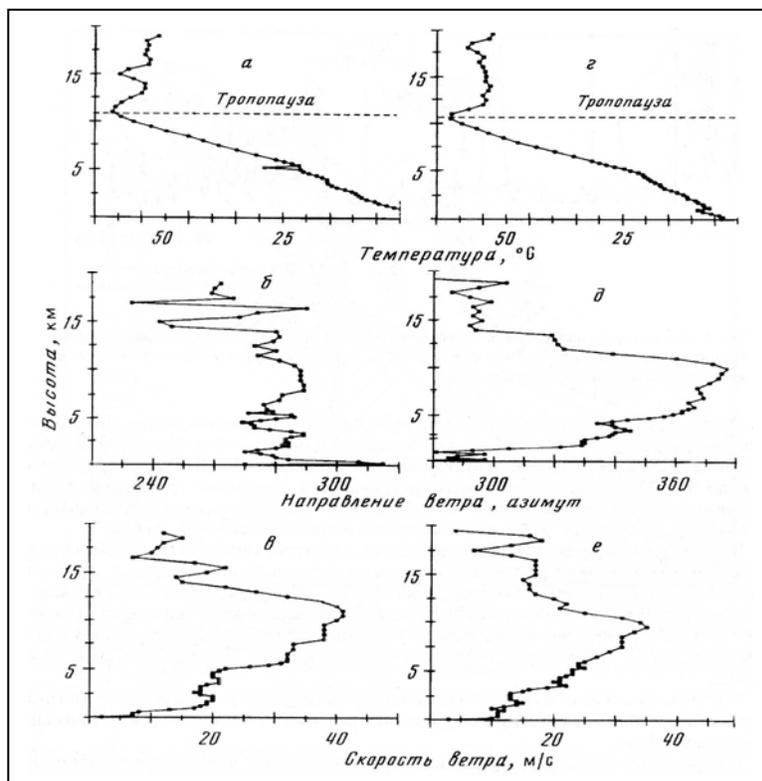


Рис. 2. Состояние атмосферы по данным высотного зондирования метеостанции Ключи 21 октября 1993 г. в 11 ч 30 мин (я-в) и 22 октября в 23,ч 30 мин (г-е)

21 сентября в верхней части купола наблюдались слабые обвалы, которые свидетельствовали о начале новой активизации вулкана, завершившейся в октябре 1995 г. эксплозивным извержением.

Сейсмические сигналы, сопровождающие извержения вулкана Безымянный, косвенно отражают динамику его извержений [9]. На рис. 3 приведена кривая изменения интенсивности среднеквадратического значения скорости смещения грунта на сейсмостанции Подкова с постоянной времени 900 с за 21-24 октября 1993 г. Методика построения кривой описана в работе [10]. Видно, что перед извержением фоновая интенсивность среднеквадратического значения скорости смещения грунта (интенсивность колебания грунта) колеблется в пределах 4-8 дБ. Резкое усиление интенсивности колебания грунта до 35 дБ в 16 ч 21 октября связано с появлением вулканического дрожания и совпадает с появлением первого эруптивного облака, замеченного из г. Ключи. Вероятно, это облако образовало шлейф I (рис. 1). С некоторыми вариациями высокая интенсивность вулканического дрожания сохранялась до 20 ч, после чего упала до уровня фона, на котором отдельные эруптивные события прописываются в виде отдельных пиков интенсивности колебания грунта с

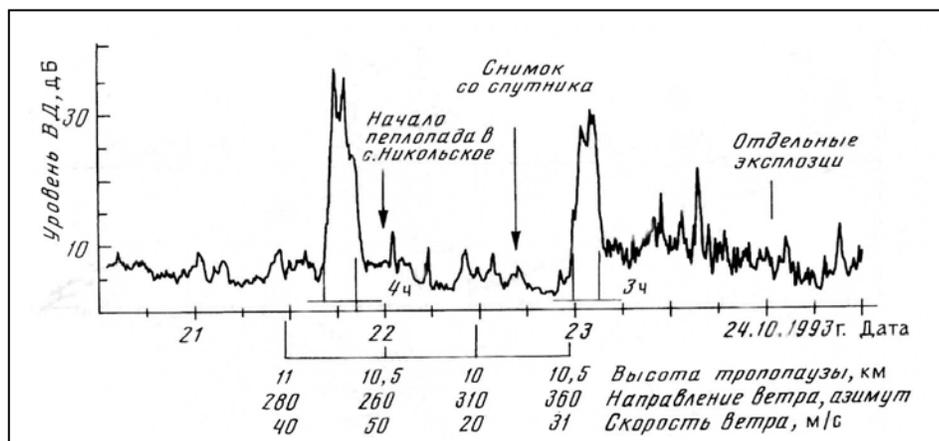


Рис. 3. Уровень среднеквадратического значения скорости смещения грунта на станции Подкова (вертикальная компонента) за 21-24 октября 1993 г., полученный путем осреднения с постоянной времени 900 с. ВД - вулканическое дрожание

амплитудой 4-5 дБ и продолжительностью в несколько десятков минут. Возможно, что указанные эруптивные события сформировали шлейфы II и III (рис. 1). Второй мощный всплеск интенсивности вулканического дрожания (30 дБ) зарегистрирован с 0 ч до 3 ч 23 октября, после чего интенсивность колебания грунта приобрела пульсирующий характер, причем на "высокочастотные" пульсации накладывались более "низкочастотные" всплески интенсивности вулканического дрожания.

Второй всплеск вулканического дрожания, вероятно, также соответствовал резкому усилению эксплозивной деятельности, а последующий сигнал отражал переход к слабой эксплозивной деятельности, вызвавшей незначительные пеплопады в г. Ключи. Следует отметить, что подобные длительные и мощные всплески вулканического дрожания, свидетельствующие о резком усилении расхода пирокластического материала из жерла вулкана, ранее при извержениях вулкана Безымянный не наблюдались.

Пирокластические отложения извержения представлены тремя основными типами: потоками глыбово-пеплового типа, волнами пепловых облаков пирокластических потоков и тефрой.

В пирокластических отложениях ювенильный материал извержения представлен преимущественно зеленовато-серым хорошо раскристаллизованным пористым андезитом. Во внутренних частях крупных глыб цвет ювенильного материала от зелено-вато-темносерого до почти черного, что, вероятно, связано с более длительным режимом остывания. В заполнителе пирокластических потоков и волн ювенильный материал представлен частицами неправильно "комковатой" формы, где кристаллы, заключенные в тонкую рубашку прозрачного стекла, спаяны друг с другом только в отдельных точках. Стекло и темноцветные минералы имеют свежий, неоxygenный облик. Пространство между кристаллами образует многочисленные сообщающиеся поры неправильной формы. Часть ювенильного материала представлена слабопористой разновидью, образующей в заполнителе остроугольные частицы "блоковой" формы.

Резургентный материал, как правило, более плотный, преимущественно малинового оттенка, который ему придают многочисленные окисленные темноцветные минералы.

Пирокластические потоки и волны. Пирокластические потоки этого извержения сложены обломками андезитов различной пористости размером до 1-2 м (редко 5-7 м), погруженными в мелкий заполнитель, и относятся к глыбово-пепловому типу по классификации работы [11]. Мощность отдельных потоков 1-10 м, ширина 10-100 м. Коэффициент сортировки Инмана составляет 1,7-3,2 фи, а медианный диа-

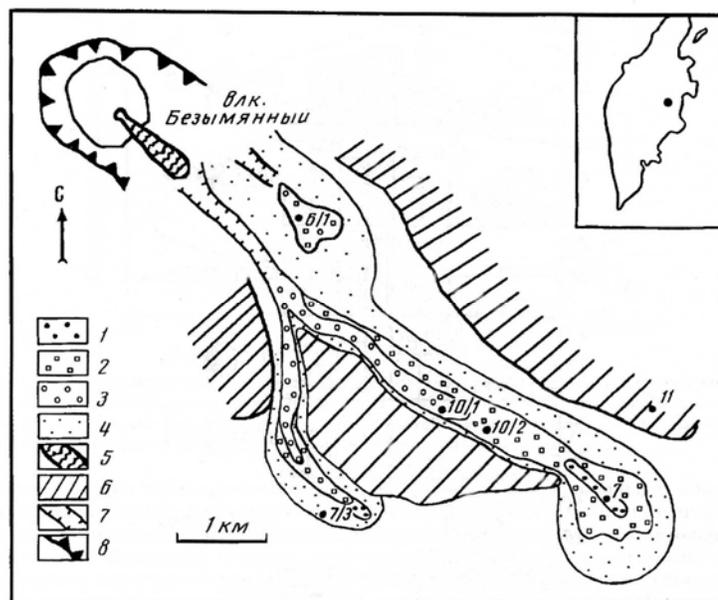


Рис. 4. Схема распространения продуктов извержения вулкана Безымянный в октябре 1993 г.; 1-3 – соответственно отложения первой, второй и третьей порций пирокластических потоков; 4 - нерасчлененные отложения пирокластических волн; 5 - лавовый поток 1994 г.; 6 — отроги вулкана ("гривы"); 7 -желоба на склоне купола, проработанные глыбово-пепловыми овально-пирокластическими потоками; 8 - гребень кратера 1956 г. Точки с номером - места отбора образцов

метр 1,1-2,1 фи. У подножия купола на расстоянии 2-3 км встречено также несколько небольших гравиино-песчаных потоков мощностью в первые десятки сантиметров с медианным диаметром 1,1 фи и коэффициентом сортировки 2,6 фи. Образование этих потоков, вероятно, связано с гравитационным разделением материала глыбово-пепловых потоков при движении их по желобам на склоне купола. Если объем пирокластического потока превышает объем желоба, то по желобу транспортируется только нижняя, наиболее плотная, грубообломочная составляющая пирокластического потока. Верхняя, относительно мелкозернистая часть, выплескиваясь из желоба, отделяется и перемещается самостоятельно, образуя отложения, по характеристикам переходные к отложениям пирокластических волн пеплового облака.

Пирокластические потоки и волны образовали у восточного подножия вулкана сложнопостроенное поле, состоящее из трех ветвей: северной (пройденное расстояние 2 км; площадь 0,25 км²; объем 0,002 км³), центральной (пройденное расстояние 8 км; площадь 3,5 км²; объем 0,01 км³) и южной (пройденное расстояние 4 км; площадь 0,75 км²; объем 0,008 км³) (рис. 4). Общий объем пирокластических потоков оценивается в 0,02 км³. Образование трех ветвей связано с разделением изверженного пирокластического материала в процессе течения по склону вулкана. Северная ветвь сложена пирокластическим материалом, перемещавшимся по старому желобу. Материал центральной и южной ветвей пирокластического потока двигался сначала совместно по новому желобу, а затем происходило его разделение в результате столкновения с Южной гривой. Каждая ветвь в свою очередь состоит из наложения не-

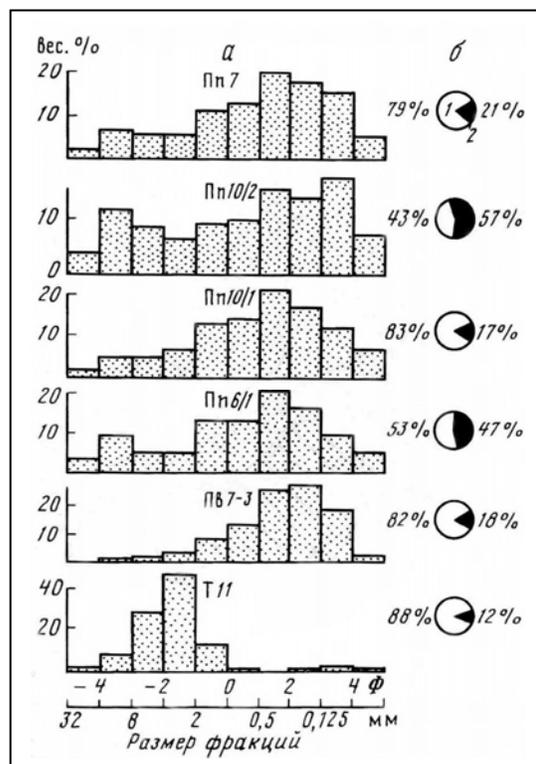


Рис. 5. Гистограммы гранулометрического состава (а) и круговые диаграммы (б) процентного содержания ювенильного (1) и резургентного (2) материала в пирокластических отложениях извержения 1993 г. вулкана Безымянный. Положение точек отбора см. на рис. 4. Пп 7, Пп 10/2, Пп 10/1 - соответственно отложения первой, второй и третьей порций пирокластических потоков; Пп 6/1 - нерасчлененные отложения второй и третьей порций пирокластических потоков, распространявшихся по старому желобу; Пп 7/3 - отложения пирокластических волн, связанных с пиропластическими потоками первой порции; Т 11 - грубая тефра, выброшенная взрывом на заключительном этапе извержения

скольких порций пирокластических потоков, отложенных последовательно и имеющих свои литологические особенности.

Отложение каждой порции соответствует определенному этапу эксплозивной стадии извержения. Прослой тонкого пепла, разделяющие материал порций, показывают, что их отложение, вероятно, разделял интервал от нескольких часов до нескольких суток. В целом выделяются три порции пирокластического материала, которые наиболее отчетливо проявлены в строении центральной ветви и будут описаны на ее примере.

Первая порция пирокластических потоков сложена преимущественно ювенильным материалом и имеет общий серый цвет. Подсчет под бинокляром показал, что фракция 1-0,63 мм представлена на 79% ювенильным материалом (рис. 5). Гистограмма гранулометрического состава одномодална с максимумом 1-2 фи (0,5-0,25 мм). Коэффициент сортировки Инмана - 2,4 фи (рис. 6). Размер крупных обломков на поверхности потока не превышает 1 м, и они также представлены в основном ювенильным андезитом. Пирокластические потоки первой серии характеризовались крутыми фронтальной и боковыми границами, а также большой мощностью (до 10 м). В составе центральной ветви материал первой порции образовал узкий язык, который распространился на расстояние 7 км.

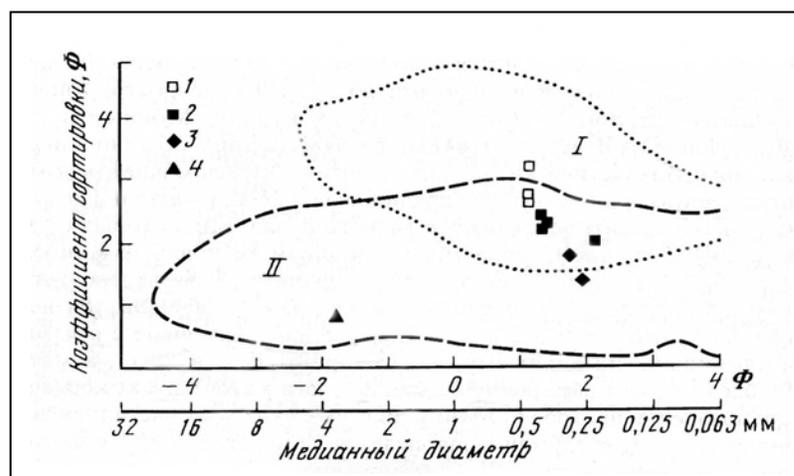


Рис. 6. Соотношение между коэффициентом сортировки и медианным диаметром (по Инману) для отложений извержения 1993 г. вулкана Безымянный: 1 - глыбово-пепловые тгарокластические потоки второй серии, 2 - глыбово-пепловые пирокластические потоки первой и третьей серий, 3 - пирокластические волны, 4 - грубая тефра. I - область пирокластических потоков, II - область тефры [12]

Вторая порция пирокластических потоков содержала меньший процент ювенильного материала (43%) во фракции 1-0,63 мм. Значительная примесь резургентного окисленного материала (57%) придала характерный малиновый оттенок заполнителю этих потоков. Возможно, большая доля резургентного материала объясняет полимодальность гистограмм гранулометрического состава второй порции пирокластических потоков и их плохую сортировку - коэффициент сортировки Инмана 3,2 фи (рис. 6). На поверхности отложений потоков второй порции много крупных глыб относительно плотного, часто окисленного резургентного андезита размером до 5-7 м. Среди них встречено несколько глыб, сложенных слабо сцементированными отложениями обломочной мантии купола. Этот материал был выпахан и захвачен потоками в процессе движения по склону вулкана. Несмотря на высокое содержание резургентного материала, подвижность потоков второй порции была выше, чем первой - они прошли наибольшее расстояние (8 км), заполняя понижения в рельефе. Мощность потоков второй серии не превышает 1-2 м при ширине до 300 м. Фронтальная и боковые границы потоков пологие. Разница в подвижности пирокластических потоков привела к тому, что в центральной ветви часть отложений первой порции выступает в виде хребта над поверхностью отложений второй порции.

Характер материала третьей порции пирокластических потоков близок материалу первой порции. Ювенильный материал составляет >80% во фракции 1-0,63 мм. Коэффициент сортировки Инмана 2,2 фи. Максимальная протяженность потоков второй порции ~5 км. Сложное строение и изменчивость мощности потоков позволяют оценить объем отложений каждой порции только очень приблизительно. Объем первой, второй и третьей порций оценивается соответственно в 0,007; 0,01 и 0,003 км³. С учетом процентного содержания резургентного материала общий объем ювенильного материала в пирокластических потоках 1993 г. составляет ~0,013 км³.

Отложения пирокластических волн этого извержения имели ограниченное распространение. Они встречены в виде маломощных (<10 см) покровов относительно хорошо сортированного (коэффициент сортировки Инмана 2,1 фи; медианный диаметр 1,8 фи) гравийно-песчаного материала только в непосредственной близости (<100 м) от пирокластических потоков. Особенности распространения, залегания и гранулометрии отложений позволяют классифицировать их как отложения волн пепловых облаков пирокластических потоков.

Тефра извержения 1993 г. представлена двумя разновидностями: тонкими пеплами и лапилли. Тонкие пеплы обычны для извержений, сопровождающих рост купола

"Новый". Они, как правило, отлагаются совместно как из пепловых облаков, поднимающихся над пирокластическими потоками во время их распространения, так и из пепловых облаков взрывов, происходящих на куполе. Мощность пепловых прослоев, образующихся в результате одного извержения, обычно максимальна вокруг отложений пирокластических потоков и рядом с куполом и не превышает 5-10 см. В этих пеплах часто присутствуют аккреционные лапилли - шарики диаметром до 1 см, состоящие из концентрических слоев тонкого пепла. В некоторых случаях, как при извержении 1985 г., слой пепла может целиком состоять из аккреционных лапилли. Аккреционные лапилли часто рассматриваются, как свидетельство фреа-томагматического характера извержения, так как для их образования необходим избыток влаги в эруптивном облаке [11]. Извержения, связанные с ростом купола вулкана Безымянный, по-видимому, носят преимущественно магматический характер. Необходимая для образования лапилли влага в этом случае конденсируется из воздуха при появлении центров конденсации в виде пепловых частиц (данный район известен обильными осадками) или выпаривается из подстилающих отложений при контакте с горячими пирокластическими потоками.

Наблюдение в течение ряда лет за отложениями 1985 г. показало, что многократное промерзание и оттаивание пеплового слоя как правило полностью разрушает аккреционные лапилли, однако воздух, заключенный между лапилли, остается в пепловых отложениях в виде многочисленных пор неправильной формы. Пористая текстура пеплов сохраняется в течение многих лет и может служить индикатором первоначального присутствия в них аккреционных лапилли.

Тонкие пеплы извержения 1993 г. были аналогичны пеплам прошлых лет. Мощность пепла в районе шлакового конуса Заварицкого (12 км от вулкана) 2,5 см, в районе камня Амбон (9 км от вулкана) 3 см. Наличие мелких пор в этом пепле позволяет предположить, что в момент отложения он содержал аккреционные лапилли. Максимальная мощность пепла у подножия купола 10 см. Здесь он содержит редкие аккреционные лапилли диаметром до 5 мм.

Особенностью извержения 1993 г. было отложение лапилли грубой тefры, которые покрыли все остальные отложения этого извержения. В момент изучения этот слой был уже заметно переотложен, и его первичная мощность осталась неизвестной. Северо-восточная граница его распространения проходила в районе камня Амбон, где он сохранился в виде отдельных высыпок крупнозернистого серого песка на поверхности тонкого пепла. В районе Нижнего лагеря (точка 11 на рис. 4; в 7 км от вулкана) это был уже слой материала гравийной размерности толщиной до 1-2 см (рис. 5 и 6). В районе пункта триангуляции на Северной гриве (4 км от вулкана) лежали отдельные обломки серого относительно плотного ювенильного андезита поперечником до 4 см. Площадь восточного подножия вулкана, покрытая лапилли, составляет -50 км^2 . Изучение под бинокляром образца грубой тefры из района т. 11 показало, что она на 88% состоит из ювенильного андезита, сходного с материалом пирокластических потоков (рис. 5). Отличительная черта ювенильного материала тefры - большая раскристаллизованность и плотность ее частиц. Большинство обломков (70%) имеет угловатую "блоковую" форму. Вероятно, взрывному разрушению подверглась магма, находившаяся уже в практически затвердевшем состоянии.

Последовательность эруптивных событий. Выше показано, что в ходе извержения 1993 г. выделяются два периода, когда уровень вулканического дрожания резко возрастает до 30 дБ, что указывает на значительный расход пирокластического материала из кратера вулкана. Можно полагать, что наиболее протяженные (первая и вторая) серии пирокластических потоков были извергнуты в эти периоды (21 октября 16-20 ч и 23 октября 0-3 ч). Вероятная высота подъема эруптивного облака для первого периода извержения 13 км. По номограмме С.А. Федотова [8], расход пепла для подъема эруптивной колонны на высоту 10 км должен составлять $5 \times 10^3 \text{ т/с}$. Оценку длительности этой стадии можно сделать по сейсмическим данным (-3,5 ч). В

этом случае количество выброшенного пепла $0,04 \text{ км}^3$. Несколько меньше было выброшено пепла во второй период. По заниженным оценкам суммарное количество пепла $>0,05 \text{ км}^3$. Отложения второй порции пирокластических потоков сильно обогащены окисленным резургентным материалом, что совместно с данными об изменении морфологии купола позволяет сделать вывод об обвале части старой постройки купола на этом этапе извержения. Так как резургентный материал составил 57% от объема отложений второй порции ($0,01 \text{ км}^3$), то объем обвалившейся части купола $0,006 \text{ км}^3$. Отложения пирокластических потоков последней, третьей серии имеют малый объем и, вероятно, были сформированы во время слабых взрывов после 3 ч 23 октября. Последним эпизодом взрывной активности извержения 1993 г. был достаточно мощный взрыв, по-видимому, вулканского типа, с выбросом грубой тефры. С учетом объема пирокластических потоков ($0,02 \text{ км}^3$) общий объем пирокластических продуктов извержения $0,07 \text{ км}^3$. На заключительной стадии извержения произошло излияние лавового потока.

В последующие два года на куполе не менее двух раз происходило выжимание вязких лавовых потоков без заметной взрывной активности. Необычно большая длина потоков свидетельствует о продолжении общей тенденции к постепенному снижению вязкости извергаемой лавы, что наблюдается на протяжении всей истории развития купола. К сентябрю 1995 г. лавовые потоки полностью заполнили впадину на ЮВ-склоне купола, образовавшуюся в результате обрушения 1993 г. В интервале между ноябрем 1993 г. и октябрем 1995 г. вулкан, по-видимому, не проявлял заметной взрывной деятельности, так как во время полевых работ не найдено свежих пирокластических потоков. Облава слабых пепловых выбросов, наблюдавшиеся из пос. Козыревск, возможно, были связаны с обвалами на лавовых потоках вулкана, что является обычным явлением во время эффузивной деятельности.

Выводы. 1. В конце октября-начале ноября 1993 г. на вулкане Безымянный произошло относительно сильное взрывно-эффузивное извержение. В дальнейшем, до сентября 1995 г., на куполе не менее 2 раз происходило выжимание вязких лавовых потоков без заметной взрывной деятельности.

2. В ходе взрывных извержений вулкана Безымянный стали обычными крупные обрушения старых частей купола. Обвалившийся материал, смешиваясь с ювенильной пирокластикой, образует специфические глыбово-пепловые пирокластические потоки, которые в процессе движения оказывают сильное эродирующее воздействие на склоны купола.

3. Появление мощных продолжительных всплесков вулканического дрожания в ходе взрывной стадии извержения 1993 г. и большая протяженность последующих лавовых потоков, по-видимому, являются проявлением общей тенденции к постепенному снижению вязкости извергаемой лавы, что наблюдается на протяжении всей истории развития купола вулкана Безымянный.

События 1993 г. подтвердили тенденцию к обрушению старых частей купола вулкана Безымянный во время взрывных извержений, которая наметилась в 1984 г. Разнородный материал обвалов, смешиваясь с пирокластическими потоками, в некоторых случаях составляет $>50\%$ их объема, что существенно меняет их внешний облик и гранулометрические характеристики. Поверхность таких потоков характеризуется большим количеством разнообразных по цвету, пористости и текстуре обломков андезитов, слагавших ранее купол вулкана и отражающих длительную историю ее формирования. Размер обломков может достигать 10 м. Многие из этих обломков имеют относительно низкую пористость и малиновый цвет, что характерно для материала куполов. Заполнитель потоков приобретает красноватый оттенок из-за примеси окисленных резургентных обломков, а гистограммы гранулометрического состава становятся полимодальными и по форме приближаются к гистограммам обломочных лавин, имеющих чисто обвальный генезис [2]. Эти потоки в процессе движения оказывают сильное эродирующее воздействие на склон вулкана. Вероятно, это вызвано тем, что крупные глыбы плотного материала обвалов транспортируются

в основании потоков, усиливая их эродирующую способность. Прохождение серии потоков по одному и тому же месту вырабатывает желоб в подстилающих отложениях. Эрозия подстилающей поверхности еще более увеличивает примесь резургентного материала в отложениях этого типа. Пример вулкана Безымянный показывает, что отложения глыбово-пепловых потоков с высокой долей резургентного материала характерны для длительно развивающихся сложнопостроенных куполов, сложенных вязкими лавами кислого состава.

Авторы выражают благодарность А.П. Максимова за активную помощь в проведении полевых работ и полезные дискуссии, М.Г. Белоусовой за помощь в лабораторной обработке собранного материала и подготовке рукописи к печати.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 96-05-64179.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алидибиров М.А., Богоявленская Г.Е., Кирсанов Н.Т. и др.* Извержение вулкана Безымянный в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 6. С. 3-18.
2. *Белоусов А.Б., Белоусова М.Г.* Отложения и последовательность событий извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г.: отложения обломочной лавины // Вулканология и сейсмология. 1998. № 1. С. 25-30.
3. *Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Жданова Е.Ю.* Активность Северной группы вулканов Камчатки в 1990-1992 гг. // Вулканология и сейсмология. 1996. № 2. С. 25-33.
4. *Богоявленская Г.Е., Кирсанов И.Т.* Двадцать пять лет вулканической активности вулкана Безымянный // Вулканология и сейсмология. 1981. № 2. С. 3-13.
5. *Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е.* Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955-1963 гг.). М.: Наука, 1965. 170 с.
6. *Жаринов Н.А., Жданова Е.Ю., Белоусов А.Б. и др.* Активность Северной группы вулканов Камчатки в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 3-12.
7. *Селезнев Б.В., Двигало В.Н., Гусев Н.А.* Развитие вулкана Безымянный по данным стереофотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемок 1950, 1967, 1976-1981 гг. // Вулканология и сейсмология, 1983, № 1. С. 52-64.
8. *Федотов С.А.* Оценка выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3-28.
9. *Фирстов П.П.* Особенности акустических и сейсмических волн, сопровождавших извержение вулкана Безымянный в 1983-1985 гг. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 2. С. 81-92.
10. *Фирстов П.П., Гаврилов В.А., Кирьянов В.Ю.* Начало нового экструзивного извержения вулкана Шивелуч в апреле 1993 г. // Вулканология и сейсмология. 1994. № 4-5. С. 33-47.
11. *Fisher R.V., Shmincke H.U.* Pyroclastic rocks. N.Y.: Springer-Verlag, 1984. 472 p.
12. *Walker G.P.L.* Grain-size characteristics of pyroclastic deposits // J. Geol. 1971. V. 79. P. 696-714.

Институт вулканической геологии
и геохимии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский

Поступила в редакцию
07.04.1997