

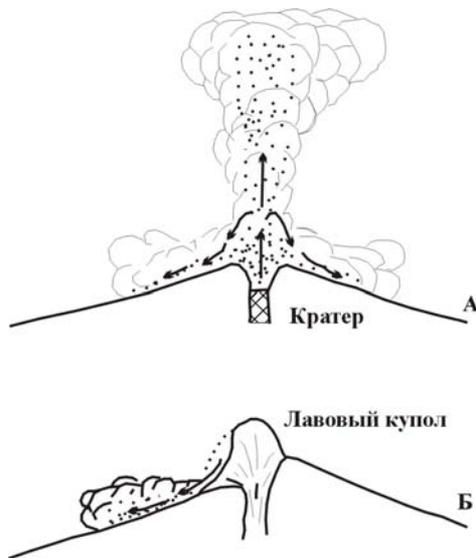
УДК 551.21

О КОНВЕКТИВНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПИРОКЛАСТИКИ АНДЕЗИТОВЫХ ВУЛКАНОВ

О.А. Гирина

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Извержения андезитовых вулканов, таких, как Безымянный, Шивелуч, Мерапи, Унзен, Суффриер и т.д. – высокоэсплозивны, формирование пирокластических отложений таких вулканов происходят, в общем, двумя способами (рис.1): по типу суффриер (А) и типу мерапи



(Б). При извержениях типа суффриер формирование пирокластических отложений происходит при обрушении высокогазонасыщенной эруптивной колонны, поставляющей на поверхность земли в основном ювенильный материал. Пирокластические потоки такого типа очень мобильны, при сильных извержениях их длина от кратера вулкана может достигать нескольких десятков километров. При извержениях типа мерапи происходит обрушение сектора лавового купола или фронта лавового потока на склоне купола. Материал таких пирокластических потоков крупноглыбовый, менее газонасыщен и мобилен, чем типа суффриер, длина их, как правило, не превышает 10 км от купола.

Рис.1. Типы формирования пирокластических отложений: суффриер (А) и мерапи (Б).

В результате эсплозивных извержений андезитовых вулканов на их склонах формируется несколько типов пирокластических отложений: пирокластические потоки (pyroclastic flows), пирокластические волны (pyroclastic surges), пеплы облаков потоков (ash falls of pyroclastic flows), тефра (tephra).

Формирование пирокластических отложений рассмотрим на примере вулкана Безымянный. В 1977 г. на лавовом куполе вулкана впервые было отмечено появление вязкого лавового потока. С этого и до сегодняшнего времени для развития купола вулкана стали характерны эсплозивные извержения с формированием пирокластических продуктов по типу Мерапи (рис.2). При обязательном присутствии ювенильной составляющей в обоих случаях наиболее сильными были извержения, связанные с разрушением секторов лавового купола (рис.2, А), при обрушении фронтальных частей лавовых потоков (рис. 2, Б) извержения были более слабыми.

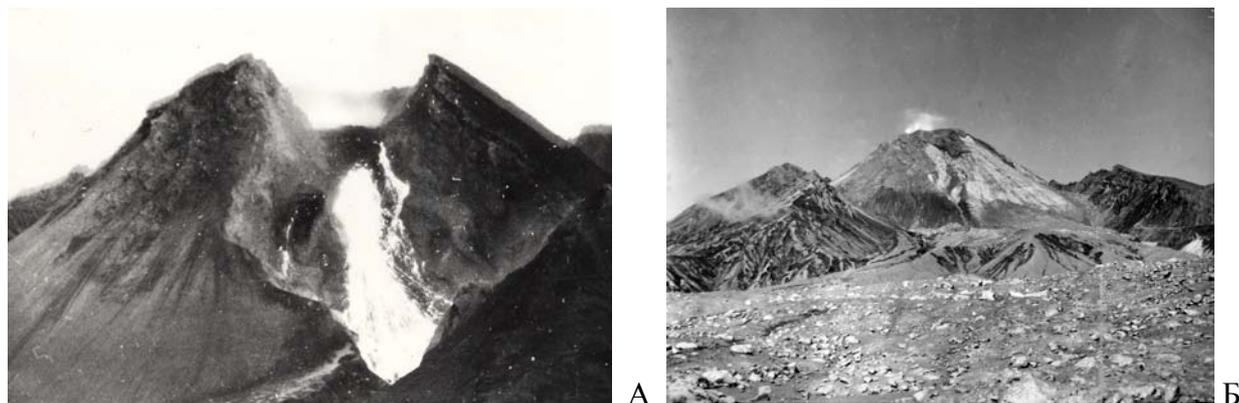
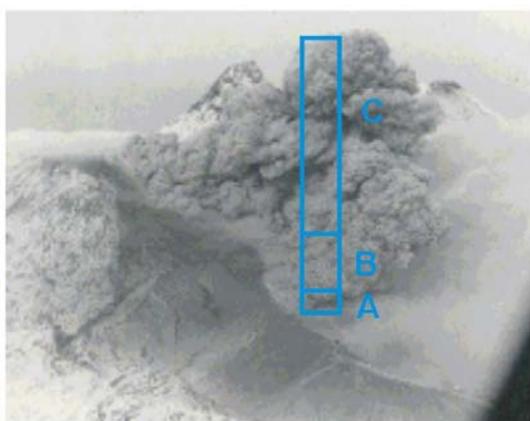


Рис.2. Вулкан Безымянный после сильного извержения в июне-июле 1985 г. (А, фото А.И. Малышева) и после извержения в августе 1989 г. (Б, фото автора).



A - pyroclastic flow
B - pyroclastic surge
C - ash cloud of flow

Рис.3. Движение пирокластической массы по склону купола вулкана Безымянного при извержении 13 октября 1984 г. Фото В.Н. Нечаева.

пирокластического потока, нагруженное глыбами и крупными обломками (слой А); над ним образуется слой пеплово-песчаной массы с мелкими обломками (лапиллями), из которого, вероятно, формируются породы волны пеплового облака (В), еще выше - пеплы облака потока (слой С).

В работе [3] Р. Фишер описал коллапс плинианской эруптивной колонны, в результате которого пирокластика разделяется на слои и формируется идеализированный разрез эруптивной единицы, понятие о которой было введено Р.Спарксом и Г.Уолкером [4]. Разделение пирокластики на «слои» при движении по склону вулкана Безымянный автор в работе [1] назвала «дифференциацией расслоения». Впоследствии термин был уточнен, и сегодня вышеуказанный процесс называется «конвективная гравитационная дифференциация пирокластики», т.к. разделение пирокластической массы на «слои» происходит благодаря преимущественно конвективным процессам, а затем уже под действием гравитации из этих «слоев» формируются пирокластические отложения различных типов.

При таких эксплозивных извержениях вулкана пирокластическая масса обычно не поднимается высоко над его куполом, а как бы «переливается» на его склон и уже на склоне вулкана происходит формирование эруптивной тучи (рис.3).

Если попытаться сделать схематический «разрез» движущейся пирокластической массы на некотором ее удалении от центра извержения, вероятно, по мнению автора, можно получить следующую картину (рис.3): по поверхности земли движется тяжелое «тело» пи-

Конвективная гравитационная дифференциация пирокластического материала, движущегося вниз по склону вулкана, представляет собой процесс разделения пирокластической массы на несколько неравных слоев, из которых впоследствии, по окончании извержения вулкана, формируются различные типы пирокластических отложений.

Наибольшая масса твердых частиц на единицу площади принадлежит потоку (слой А), в котором глыбы и мелкие обломки составляют, помимо заполнителя (частиц размером < 2 мм), 50-70%; наименьшая - пепловым облакам потока (слой С). Слой В занимает промежуточное место в разрезе (рис.3) - содержание лапиллей в нем может достигать 20-25%. По оценкам автора (по фотографиям кульминаций извержений вулкана Безымянный и по изучению мощностей отложений этого вулкана извержений 1984-1989 гг.), соотношение мощностей трех «слоев» движущейся пирокластической массы, близко следующему: А:В:С как 50:100:5000 (м). Мощности сформировавшихся отложений на поверхности земли соотносятся примерно так: А₀:В₀:С₀ как 5:1:0.01 (м). В обобщенном виде для андезитовых вулканов, сходных по характеру с вулканом Безымянный, эти соотношения можно представить так: А:В:С как 1:1-2:50-100 (в единицах) и А₀:В₀:С₀ как 500:100:1 (в единицах).

С поверхности пирокластического потока частицы поднимаются в турбулентном режиме и некоторый отрезок времени – до начала падения на землю – находятся во взвешенном состоянии. Картина образования типов пирокластики похожа в какой-то мере на сегрегацию песка в волноприбойной части водоема [2]. Песчаные частицы также сначала «подбрасываются» вверх, а затем выпадают на дно, разделяясь при этом по удельному весу минералов. Процесс отложения пирокластики более сложен, но, по сути, сегрегация материала является определяющим фактором образования трех типов пирокластических отложений – потоков, волн пеплового облака и пеплов облаков потоков.

Подтверждением существования процесса *конвективной гравитационной дифференциации пирокластики* могут служить данные детальных исследований трех типов пирокластических отложений, сформированных при извержениях 1984-1989 гг. вулкана Безымянный. Типы пирокластических отложений хорошо различаются между собой по *структурно-текстурным характеристикам на макро- и микро-уровнях; химическому и минеральному составу их заполнителей; гранулометрическому составу заполнителей; физическим свойствам.*

На рис.4 показаны вариации средних значений содержания кремнезема для каждого из типов пирокластики вышеуказанных извержений вулкана. Наибольшее количество образцов было изучено по извержению 1985 г. (лава – 19, поток – 7, волны – 5) и распределение кислотности типов пирокластики здесь наиболее достоверно. Так же это распределение вы-

глядит и в обобщенной колонке. В целом, соотношение содержания SiO₂ типов пироклаستي- ки следующее: Ao:Bo:Co как 56.7 (33 образца): 57.2 (10) : 60.6 (8) (вес.%).

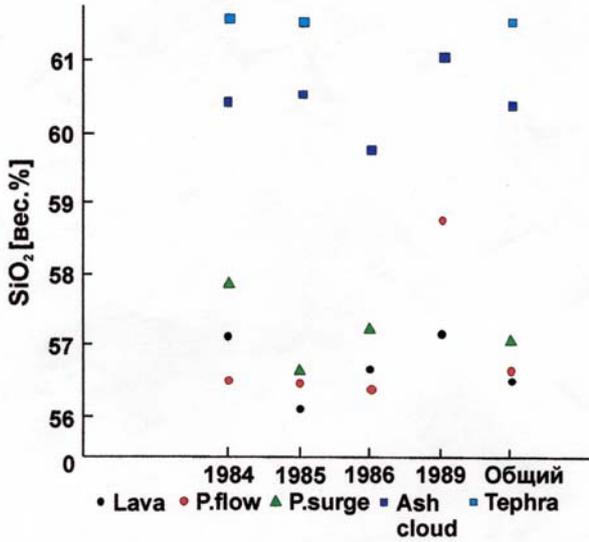


Рис.4. Вариации содержания SiO₂ в продуктах вулкана Безымянный извержений 1984-1989 гг.

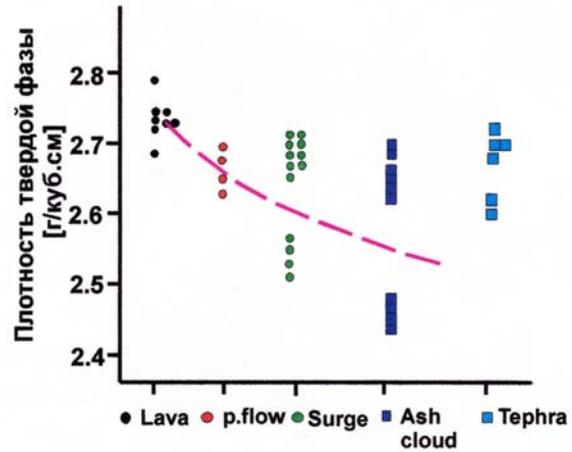


Рис.5 Вариации плотности твердой фазы пород вулкана Безымянный извержений 1979 и 1984-1989 гг.

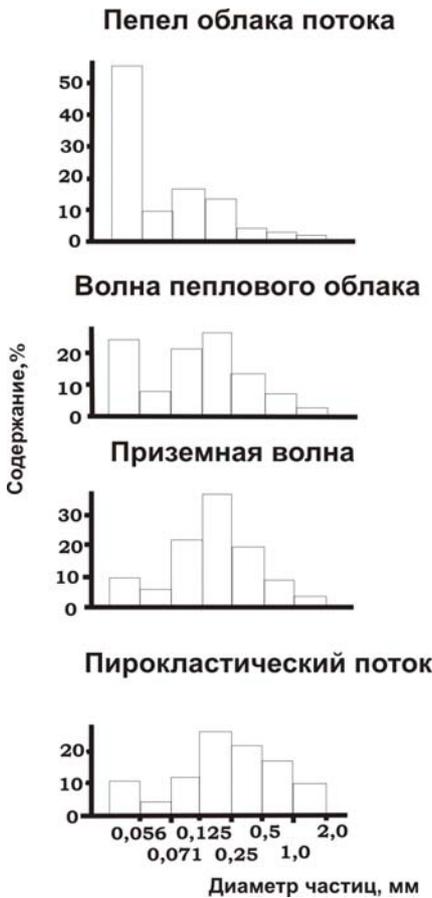


Рис.6. Диаграммы гранулометрического состава заполнителей пирокластических отложений вулкана Безымянный, извержений 1984-1989 гг.

Плотность твердой фазы пород, как известно, зависит только от их минерального состава и с возрастанием количества тяжелых минералов также увеличивается. Соотношение плотности твердой компоненты заполнителей типов отложений пироклаستي- ки следующее: A:B:C как 2.69 : 2.56 : 2.47 [г/куб. см] (по 4 образца) (рис.5).

На диаграмме гранулометрического состава пирокластических отложений вулкана Безымянный ясно наблюдается одна и та же преобладающая фракция у заполнителей пирокластических потоков и приземных волн (рис.6). У волн пепловых облаков - две фракции - такая же, как и у потока и наименьшая, являющаяся преобладающей у отложений пепловых облаков потока. Четко прослеживается постепенный переход (снизу вверх – от заполнителей потоков к пеплам облаков потоков) к преобладанию наиболее тонкой фракции в отложениях. Такую же тенденцию отражают гранулометрические статистические коэффициенты заполнителей трех типов пироклаستي- ки,

например, их медианные диаметры: Ао:Во:Со как 0.26 (28 определений): 0.15 (9): 0.05 (9) мм. и средний размер частиц: Ао:Во:Со как 0.38 (28) : 0.16 (9) : 0.07 (9) мм.

Знание особенностей процесса конвективной гравитационной дифференциации пирокластики андезитовых вулканов может помочь решить обратную задачу: на основании детальных исследований генетических типов пирокластических отложений можно восстанавливать механизм и масштабы извержения вулкана, в результате которого были сформированы эти отложения.

Список литературы

1. Гирина О.А. (1990) Пирокластические отложения извержения вулкана Безымянный в октябре 1984 г. // Вулканология и сейсмология. № 3. С.82-91.
2. Кашкаров И.Ф., Полканов Ю.А. О распределении минералов прибрежных титаноносных россыпей по скорости падения в воде и крупности зерен // Литология и полезные ископаемые. 1976. № 2. С.84-89.
3. Ficher R.V. Models for pyroclastic surges and pyroclastic flows // J.Volcanol. Geotherm. Res. 1979. V.6. P.305-31
4. Sparks R.S.I., Walker G.P.L. The ground surge deposit - a hird type of pyroclastic rock // Nature. Physical Science. 1973. V.241. P.62-64.