

## Г лава 4

### Конвективная гравитационная дифференциация пироклаستيки андезитовых вулканов

Известно, что при движении пирокластического потока по склону вулкана над ним поднимаются пепловые облака (рис. 29 а). В работе [118] Р. Фишер описывает коллапс плинианской эруптивной колонны, в результате которого формируется идеализированный разрез эруптивной единицы, понятие о которой было введено Р. Спарксом и Г. Уолкером [140].

Если попытаться сделать схематический "разрез" движущейся пирокластической массы на некотором удалении ее от центра извержения, вероятно, по мнению автора, можно получить следующую картину (рис. 34).



Рис. 34. Низвержение пирокластической массы на склон вулкана Безымянный при извержении 13 октября 1984 г. Фото В.Н. Нечаева. Описание в тексте.

По поверхности земли движется тяжелое "тело" пирокластического потока, нагруженное глыбами и крупными обломками (слой I). Над ним образуется слой пеплово-песчаной массы с мелкими обломками (лапиллями), из которого, вероятно, формируются породы волны пеплового облака (II), еще выше - пеплы облака потока (слой III).

Такое разделение пирокластики на "слои" при движении по склону вулкана автор в работе [30] назвал "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. Конвективная гравитационная дифференциация пирокластики является неотъемлемой частью общего процесса дифференциации пирокластической массы в процессе кульминационных фаз извержений вулканов. Если эоловая гравитационная дифференциация характеризует "горизонтальную" составляющую этого общего процесса (отражает изменение состава тефры по мере удаления ее от центра извержения), то конвективная - "вертикальную" (отражает процесс разделения пирокластической массы на "слои", из которых затем формируются несколько типов пирокластики).

Наибольшая масса твердых частиц на единицу площади принадлежит потоку (слой I), в котором глыбы и мелкие обломки составляют помимо заполнителя (частиц размером  $< 2$  мм) 50-70 %; наименьшая - пепловым облакам потока (слой III). Слой II занимает промежуточное место в разрезе (рис. 34)- 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 1956 г., 1984-1989 гг.), соотношение мощностей трех "слоев" движущейся пирокластической массы, возможно, будет близко следующему: I:II:III как 1 : 1-2 : 50-100 (в единицах). Мощности сформировавшихся отложений на поверхности земли соотносятся примерно так: I:II:III как 500 : 100 : 1 (в единицах).

Возникновение пепловых облаков над пирокластическим потоком обусловлено, вероятно, теми же явлениями, что и подъем эруптивной пепловой тучи над кратером вулкана. Но если высота подъема тефры обусловлена в первую очередь силой эксплозии магмы, а затем уже - характеристиками атмосферы в данный час; то для пепловых облаков потоков главную роль играет атмосфера - ее температура, влажность, стратификация и т.д. С поверхности потока частицы поднимаются в турбулентном режиме и некоторый промежуток времени - до начала отложения на землю - находятся во взвешенном состоянии. Картина образования типов пирокластики чем-то похожа на сегрегацию песка в волноприбойной части водоема [56]. Также песчаные частицы 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.

Существование конвективной гравитационной дифференциации пирокластики можно подтвердить количественно некоторыми данными изучения отложений вулкана Безымянный извержений 1984-1989 гг.

На рис. 22 показаны вариации средних значений содержания кремнезема для каждого из типов пирокластики изученных извержений вулкана. Наибольшее количество образцов было изучено по извержению 1985 г. (лава - 19, поток -7, волны -5) и распределение кислотности типов пирокластики здесь более достоверно. Таким же образом это распределение выглядит и в обобщенной колонке. В ряду пирокластики наиболее основными являются обломки из пирокластических потоков, к ним близки составы заполнителей пирокластических потоков (56.72 вес. % SiO<sub>2</sub> - 33 образца и 56,68 вес. % (16), соответственно), далее - заполнители пирокластических волн - 57.18 вес. % (10). Наиболее кислыми являются пеплы облаков потоков (60.61 вес.% (8) и тефра (61.72 вес. % (7), что отмечалось и ранее [2, 8, 9 и т.д.]. Характерно, что в продуктах всех изученных извержений вулкана заполнители отложений пирокластических волн хотя и не на много, но более кислые, чем лавы и заполнители потоков (рис. 22). Такая же тенденция в отношении заполнителей потоков и волн - большее содержание кремнекислоты в породах волн, чем в заполнителе потоков извержения 1980 г. вулкана Сент-Хеленс показана, например, в работе П. Липмана, Д. Нортон и др. [126].

Наибольшая кислотность присуща тефре, так как ее тучи поднимаются над кратером вулкана на большую высоту, чем пепловые облака потоков, а затем тефра подвергается также эоловой дифференциации. В связи с небольшими масштабами извержений вулкана Безымянный 1984-1989 гг. эоловая дифференциация тефры происходила быстро и в 20-50 км от вулкана она выступала уже как тефра дальнего разноса.

Заполнители пирокластических потоков и волн, пеплы облаков потоков, тефра состоят из обломков кристаллов минералов, их сростков, вулканического стекла и обломков андезита. В целом, состав свежих лав извержений 1984-1986 гг. достаточно одинаков (рис. 23). Обобщенный минеральный состав лав сопоставим с составом заполнителей пирокластических потоков, состав отложений пирокластических волн отличается от них большей долей плагиоклаза и обломков пород.

Плотность твердой фазы пород, как известно, зависит только от их минерального состава и с возрастанием количества тяжелых минералов также увеличивается [42]. Плотности твердой компоненты заполнителей отложений пирокластических потоков, волн и пеплов облаков потоков, например, извержения вулкана Безымянный в 1984 г., имеют значения 2.69 (4), 2.56 (4) и 2.47 (4) г/см<sup>3</sup>, соответственно (рис. 35). В целом же, график показывает тенденцию уменьшения значений плотности твердой компоненты пород от заполнителей пирокластических потоков к тефре дальнего разноса.

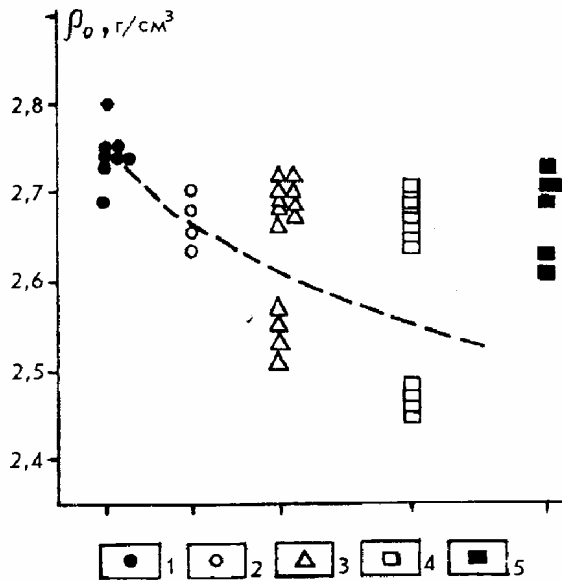


Рис. 35. Вариации плотности твердой фазы пород вулк. Безымянный извержений 1979 г. (1), 1984-1989 гг. (2-5): 1 - обломки пород ювенильные (по В.М. Ладыгину, МГУ); 2,3 - заполнители пирокластических потоков (2), волн (3); 4 - пеплы облаков потоков; 5 - тефра в 20-50 км от вулкана.

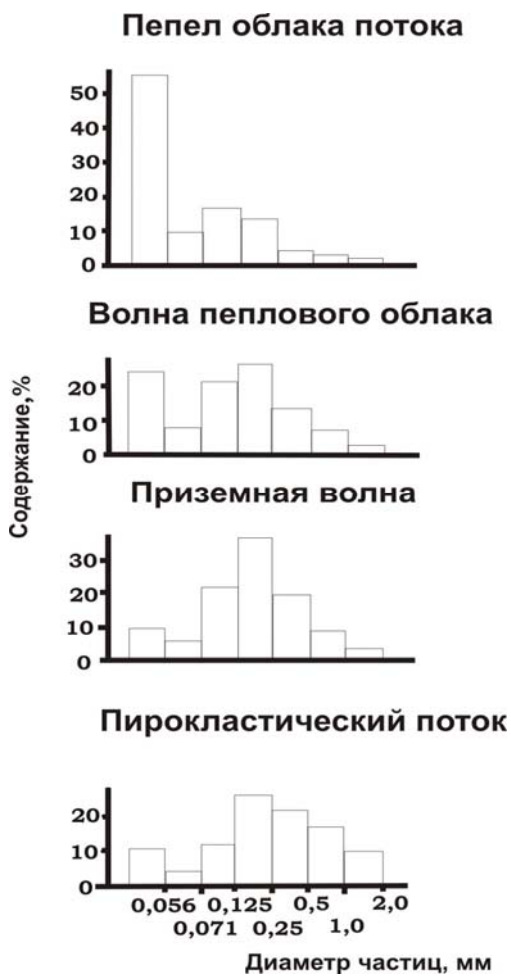


Рис. 36. Диаграммы гранулометрического состава заполнителей пирокластических отложений вулкана Безымянный извержений 1984-1989 гг.

На рис. 36 показаны диаграммы гранулометрического состава пирокластических отложений вулкана Безымянный. Ясно наблюдается одна и та же преобладающая фракция у заполнителей пирокластических потоков и приземных волн. У волн пепловых облаков - две фракции - такая же как и у потока и наименьшая, являющаяся преобладающей у отложений пепловых облаков потоков. Четко прослеживается постепенный переход (снизу вверх - от заполнителей потоков к пеплам облаков потоков) к преобладанию наиболее тонкой фракции в отложениях.

В целом, распределение фракций заполнителей трех типов пирокластике, расположение их кумулятивных кривых на графиках, а также их гранулометрические статистические коэффициенты неодинаковы. Например, Медианные диаметры заполнителей пирокластических потоков, волн и пеплов облаков потоков вулкана Безымянный извержений 1984-1989 гг. имеют значения 0.26 (28), 0.12 (9) и 0.05 (9) мм, Средний размер - 0.38 (28), 0.16 (9) и 0.07 (9) мм, соответственно (см. табл. 3, 11).

Конвективная гравитационная дифференциация пирокластического материала находится в прямой связи с масштабом извержения вулкана. Чем больше масштаб извержения, тем лучше она проявляется, и диагностика генетических типов пирокластики в полевых условиях проводится без затруднений, а значения характеристик их составов и физических свойств достаточно хорошо различаются.

При небольших извержениях вулканов конвективная дифференциация пирокластической массы происходит слабо - химический, минеральный, гранулометрический составы типов пирокластики очень похожи, плотности твердой фазы их почти одинаковы.

Примером хорошей дифференциации пирокластики могут служить данные по извержениям вулкана Безымянный в 1984 и 1985 гг., плохой - данные по извержению 1986 г.

Таким образом, различия в составах, плотностях твердой фазы отложений разных генетических типов подтверждают существование процесса конвективной гравитационной дифференциации пирокластики андезитовых вулканов.