

1.6. Отложения направленного взрыва

Впервые отложения направленного взрыва были детально описаны на вулкане Безымянный после катастрофического извержения 30 марта 1956 г. Тогда же, в результате изучения характера и продуктов этого извержения, Г.С.Горшков ввел понятие "извержение типа направленного взрыва"[36]. Впоследствии, по аналогии с этим вулканом, им было предположено развитие событий такого же рода на вулканах Шивелуч, Мон-Пеле, Катмаи, Бандайсан, Асама и др. [36-40].

Отложения направленного взрыва состоят из двух разновидностей: агломерата и песка направленного взрыва.

Отложения агломерата направленного взрыва [39] представляют собой несортированный грубообломочный материал с размерами глыб до 10-15 м, который образует хаотические нагромождения в виде островерхих холмов высотой до 20 м и их гряд в пределах узкого сектора (или площади эллипсообразной формы) склона и подножия вулкана. Основная масса отложений находится на некотором удалении от постройки вулкана, но отдельные "холмы" наблюдаются на всей площади сектора независимо от рельефа - и в долинах, и на их бортах, что позволяет предполагать механизм их образования в результате взрыва постройки [9, 36-40, 64, 65] (рис. 30).

На периферии площади распространения отложения "агломерата" могут иметь некоторые следы перемещения - ориентировка гряд холмов с радиальной по отношению к вулкану может изменяться почти на 90 градусов, на фронте отложений может наблюдаться крутой уступ высотой до 10-20 м, рядом с которым находится скопление поваленных деревьев [36, 64, 65](рис. 30 а). В этом отражается вполне обычное явление - при падении на землю рыхлых масс краевые их части продолжают движение по инерции. По мнению автора, в зависимости от объема выброшенной массы и содержания в ней тонкого материала, она может перемещаться на различные расстояния, двигаясь в отдельных своих частях почти как поток.

Облик отложений агломерата направленного взрыва похож на образования обвальной обломочной лавины извержения вулкана Сент-Хеленс в 1980 г.- беспорядочно холмистый рельеф с высотой холмов до 30 м (хотя гряды холмов, как на вулканах Безымянный и Шивелуч не наблюдались).

Следует отметить, что впервые в истории вулканологам удалось наблюдать и задокументировать на фото и кинолентку все этапы развития извержения вулкана Сент-Хеленс, поэтому нет сомнений в диагностике отложений обвальной обломочной лавины [142].

Хотя внешне отложения агломерата направленного взрыва и обвальной обломочной лавины похожи, автор считает, что на вулканах Безымянный и Шивелуч превалировал направленный взрыв при катастрофических извержениях 1956 и 1964 гг., и хотя обвальные массы, возможно, и существовали, они имели резко подчиненное взрывным значение.



а



б

Рис. 30. Отложения направленного взрыва вулк. Шивелуч в 1964 г.: фронт образований (а); отдельный конус отложений в долине р. Кабеку (б).

В работе [1] показаны барограммы воздушных волн вулканов Мон-Пеле, Безымянный, Шивелуч и Сент-Хеленс при их катастрофических извержениях (рис. 31). При явном сходстве барограмм воздушных волн вулканов Мон-Пеле и Безымянный и не столь явном, но сходстве с ними волн вулкана Шивелуч, барограмма воздушных волн вулкана Сент-Хеленс имеет совершенно иной облик. Это указывает на разные механизмы извержений вулкана Сент-Хеленс и вулканов Безымянный, Шивелуч и Мон-Пеле, и, вероятно, на различный генезис грубообломочных образований.

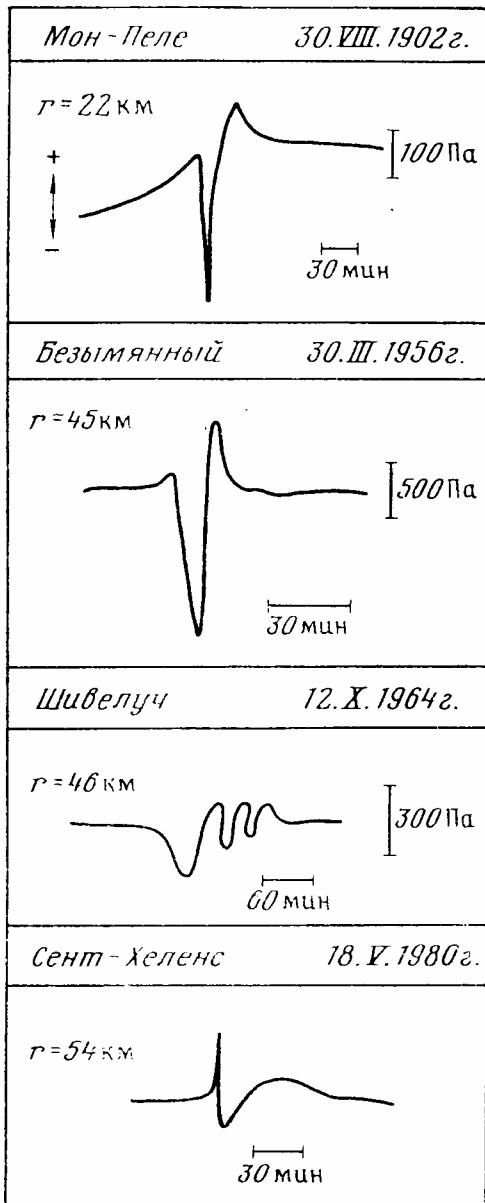


Рис. 31. Копии барограмм воздушных волн, зарегистрированных во время сильных эксплозивных извержений вулканов в ближней зоне (до 54 км), из работы [1].

Среди вулканологов устоялось мнение, что главным отличием событий катастрофических извержений Безымянного (1956) и Шивелуча (1964) было отсутствие на последнем вулкане песка направленного взрыва. Более детальные исследования пирокластики вулкана Шивелуч, вероятно, изменят это мнение. Вполне возможно, что "песок направленного взрыва" на Шивелуче есть, хотя пока достоверно и не обнаружен.

Отложения агломерата направленного взрыва двух вулканов внешне похожи и по морфологии, и по количеству глыб и крупных обломков. Отличаются они разным набором обломков и большей долей заполнителя в отложениях вулкана Шивелуч.

Отложения песка направленного взрыва.

После выброса взрывных или обрушения обвальных масс, открывающих магматическую камеру вулкана, появляется высокотемпературная эмульсия твердого материала в смеси водяного пара и газа, которая через несколько секунд после извержения занимает объем в несколько тысяч раз больший, чем вначале (По А.Лакруа, [124]). Энергия таких "эмульсий" не затрачивается на подъем в эруптивной колонне и обрушение из нее, а целиком состоит из "первичной" кинетической, и мощные пирокластические волны ураганом, стремительно, сметая все на своем пути, распространяются на 25-30 км от центра извержения. Г.С.Горшковым и Г.Е.Богоявленской специфические отложения таких "эмульсий" катастрофического извержения вулкана Безымянный 1956 г. были названы "песком направленного взрыва" [36, 37].

Такие же отложения, связанные с направленным взрывом, были выделены на вулканах Мон-Пеле, Сент-Хеленс, Ундзен и др.

Образования направленного взрыва вулкана Безымянный состояли из двух фаций - агломерата и песка направленного взрыва, на вулкане Шивелуч до недавнего времени признавалось существование только агломерата направленного взрыва.

Образования песка направленного взрыва хорошо изучены на вулкане Безымянный.

Химический и минеральный состав пород

По химическому составу образования направленного взрыва двух вулканов отвечают андезитам. Агломерат направленного взрыва состоит преимущественно из резургентного материала - пород постройки вулкана на Безымянном и куполов на Шивелуче. Доля ювенильного материала в агломерате вулкана Безымянный составляет примерно 10-15 %, на вулкане Шивелуч - около 2 % [9]. Содержание ювенильного вещества в песке направленного взрыва достигает 80% [8].

Минеральный состав обеих фаций отложений вулкана Безымянный показал большое сходство [9] и, по данным В.Ю.Кириянова, составляет: вулканическое стекло - 21, плагиоклаз - 33, магнетит - 5, обломки пород - 36, зеленая роговая обманка - 6, пироксен - 2 % [9]. Состав заполнителя агломерата направленного взрыва вулкана Шивелуч таковой: вулканическое стекло - 23, плагиоклаз - 44, магнетит - 5, обломки пород - 10, зеленая роговая обманка - 3, бурая роговая обманка - 15 % [9].



Рис. 32. Разрез пирокластических отложений вулк. Безымянный в р. Сухая Хапица: отложения пирокластического потока (ПП), направленного взрыва песка (ПНВ), почвенно-пирокластического чехла (ППЧ), амбонской свиты (Аб).

Структурно-текстурные особенности отложений

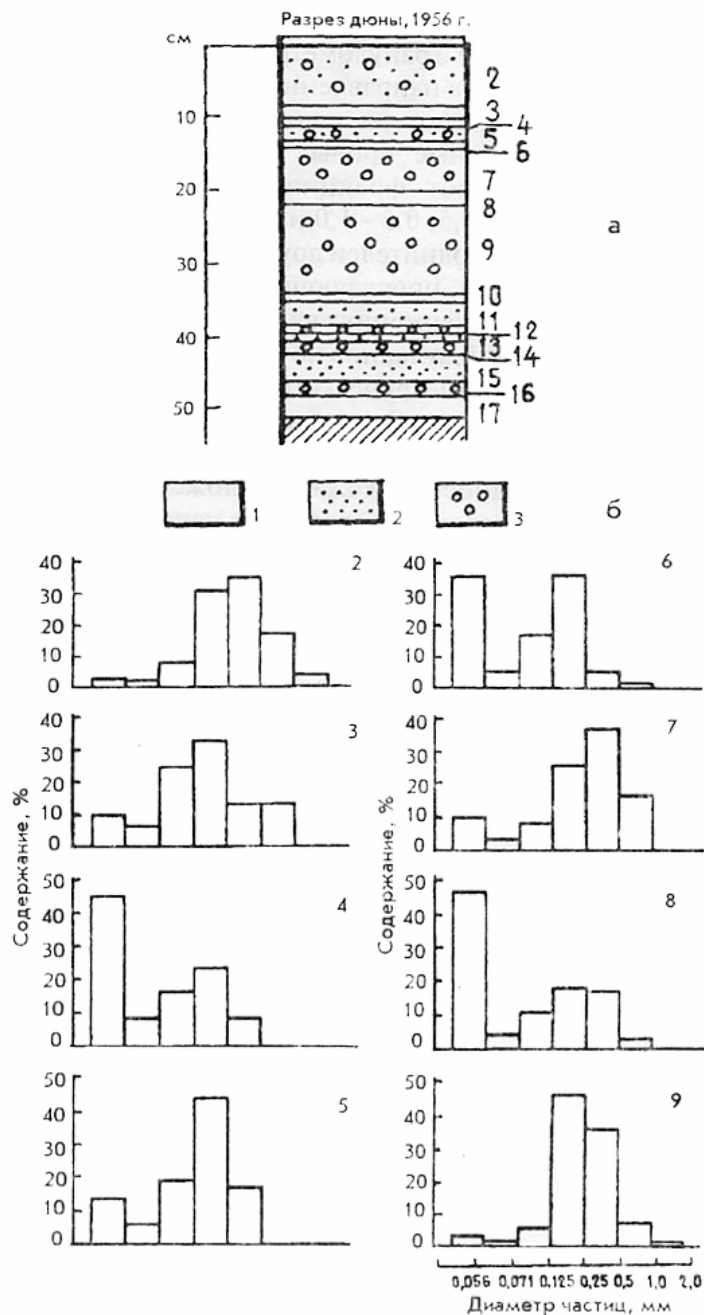
Образования агломерата направленного взрыва слагают обширные площади преимущественно у подножия вулканов (на расстоянии 5-10 км от центра извержения). На их поверхности отмечаются одиночные островерхние холмы и их гряды высотой до 20 м. Подошва отложений неровная, перепады ее высот на вулкане Безымянный достигают 100-150 м. На периферийных частях агломерата наблюдаются фронтальные валы высотой до 10-20 м. Ближе к границам распространения отложений на их поверхности могут наблюдаться следы течения материала - огибание препятствий, переориентировка гряд холмов и т.д., что отражает закономерный процесс - после падения взрывных масс вулкана на землю они некоторое время продолжали движение по инерции - то есть как бы "текли" по

поверхности земли.

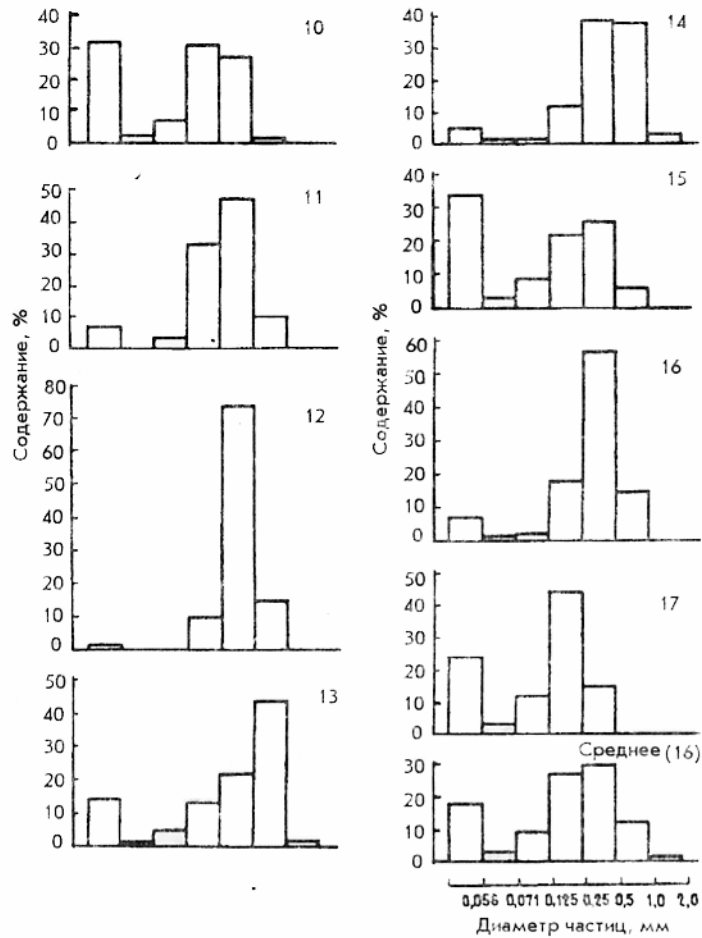
Отложения песка направленного взрыва не согласуются с топографией подстилающего рельефа - их мощность (до 2 м у кратера вулкана и до 1-2 см на расстоянии 30 км) примерно одинакова и в долинах и на водоразделах.

Залегают они чаще на почвенно-пирокластическом чехле, но также встречаются и в разрезах - под породами агломерата взрыва и пирокластического потока [9] (рис. 32).

Отложения песка направленного взрыва слоисты - например, в 6,5 км от кратера Безымянного на отроге вулкана Камень находится дюна, состоящая из 17 слоев разнозернистого песка и алевропелита (рис. 33). Вдали от вулкана "песок" постепенно приобретает двучленное строение - нижний слой обогащается обломками.



а



б

Рис. 33. Отложения песка направленного взрыва вулк. Безымянный извержения 1956 г.: а: разрез отложений: 1- алевропелит, 2,3- пески мелкозернистые (2), среднекрупнозернистые (3); б: 2-17 - гистограммы распределения частиц разного диаметра в каждом из слоев разреза отложений.

Гранулометрический состав отложений

Характерной особенностью агломерата взрыва является неравномерное, гнездовое расположение остроугольных обломков, размер которых достигает 10-15 м, а содержание меняется от 30 до 70-80 % [64, 65].

Отложения песка направленного взрыва представляют собой вулканический песок с примесью обломков пород до 10-20 %. Преобладают обломки диаметром 1-2 см, но встречаются и размером до 10-20 см.

Кумулятивные кривые гранулометрического состава заполнителей отложений агломерата направленного взрыва вулканов Безымянный и Шивелуч очень похожи по наклону и тем, что резко пересекают все кумулятивные кривые других типов отложений (рис. 17, 18, 20). Преобладающими фракциями заполнителей агломерата взрыва являются 0.125 - 0.25, 0.25 - 0.5, 0.5 - 1.0 и менее 0.056 мм, то есть все те фракции, которые преобладают у заполнителей других генетических типов пирокластических отложений, проявляющихся при некатастрофических и катастрофических извержениях

вулкана. Гранулометрические характеристики отложений вулканов почти одинаковы (табл. 4, 5).

Исследования гранулометрического состава заполнителей песка направленного взрыва вулкана Безымянный (1956 г.) позволили выделить в них две разновидности, различающиеся распределением фракций. Одна разновидность похожа на отложения приземных пирокластических волн, вторая - на агломерат направленного взрыва, хотя доля тонких частиц (менее 0.056 мм диаметром) в ней значительно меньшая (Приложение, стр. 92).

Обращает на себя внимание тот факт, что превалирующая фракция в составах агломерата и песка взрыва вулкана Безымянный одна и та же - 0.5 - 1.0 мм (Приложение, стр. 92).

Гранулометрические характеристики разновидностей песка направленного взрыва имеют наибольшие численные значения для пирокластики (табл. 4).

В отложениях вулкана Шивелуч выделено два образца, гранулометрический состав которых похож на материал приземных пирокластических волн. Однако, значения медиан, средних размеров частиц, коэффициентов сортировки отложений достаточно высоки, преобладающая фракция - (0.5-1.0 мм) - такая же, как у агломерата направленного взрыва вулкана Шивелуч и у песка направленного взрыва вулкана Безымянный (1956 г.) (Приложение, стр. 92, 94).

Автор полагает, что эти образцы, возможно, являются отложениями "песка направленного взрыва" вулкана Шивелуч. Однако, существование "песка" могут подтвердить лишь масштабные полевые исследования.

Физические свойства отложений

Влажность отложений агломерата выше, чем песка взрыва, так как через сравнительно однородные пески вода легко фильтруется, а обилие тонкого пепла и хаотическое распределение обломков в агломерате лучше сохраняет влагу (табл. 10).

Плотность твердой фазы отложений агломерата вулкана Шивелуч изменяется от 2.72 до 2.80 г/см³, составляя в среднем 2.76 (4) г/см³. Плотность твердой фазы песка направленного взрыва вулкана Безымянный (1956) - от 2.72-2.74 г/см³, в среднем - 2.73 (4) г/см³, то есть плотность двух разновидностей отложений направленного взрыва этих вулканов достаточно похожа (табл. 10).

Плотность песка направленного взрыва в естественном залегании немного выше, чем агломерата (в среднем 1.60 (4) г/см³ и 1.47 (10) г/см³, соответственно), что объясняется значительной однородностью песка по сравнению с агломератом взрыва. Плотность отложений древнего агломерата направленного взрыва вулкана Шивелуч высокая, так как они в какой-то мере подверглись литификации.

Таблица 10

**ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛОЖЕНИЙ
НАПРАВЛЕННОГО ВЗРЫВА ВУЛК. БЕЗЫМЯННЫЙ И ШИВЕЛУЧ**

Характеристика	Заполнители отложений		
	песка направленного взрыва вулк. Безымянный 1956 г.	агломерата направленного взрыва вулкана Шивелуч 1964 г.	агломерата направленного взрыва вулк. Шивелуч древнего
Плотность, г/см ³	1,60(4) 1,50-1,77	1,47(10) 1,09-1,75	1,90
Плотность твердой фазы, г/см ³	2,73(4) 2,72-2,74	2,76(4) 2,72-2,76	2,71(2)
Влажность, %	5(4) 3-7	11(3) 7-15	16
Коэффициент пористости, единица	0,71(4) 0,54-0,81	0,91(10) 0,60-1,50	0,43
Пористость, %	41(4) 35-45	47(10) 38-60	30
Сцепление, МПа	0(4)	0,01(4) 0-0,02	0
Угол внутреннего трения, град	47(3) 33-55	35(4) 29-50	36
Модуль общей деформации, МПа	5,9(3) 2,9-9,0	2,7	6,5

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

Пористость отложений агломерата взрыва, в связи с его неоднородностью строения, - выше, чем песка - в среднем 47 % (10) и 41 % (4), соответственно (табл. 10).

Физико-механические свойства отложений

Модуль общей деформации заполнителей обеих разновидностей отложений направленного взрыва невысокий, в среднем сравним с деформационными характеристиками заполнителей других генетических типов

пирокластики изучаемых вулканов - 2.7 МПа - агломерата и 5.9 МПа - песка направленного взрыва.

Сцепление обеих разновидностей отложений направленного взрыва достигает 0.02 МПа, угол внутреннего трения песка взрыва выше - в среднем 47 град., чем агломерата взрыва - в среднем 35 град. Это можно объяснить наличием большего количества тонких фракций в отложениях агломерата по сравнению с песком взрыва (табл. 10).

ВЫВОДЫ

1. Кумулятивные кривые гранулометрического состава заполнителей агломерата направленного взрыва резко пересекают на графике кривые состава других генетических типов пирокластики (рис. 18, 20). Преобладающими фракциями заполнителей агломерата взрыва являются 0.125 - 0.25, 0.25 - 0.5, 0.5 - 1.0 и менее 0.056 мм, то есть все те фракции, которые преобладают у заполнителей других генетических типов пирокластических отложений, проявляющихся при некатастрофических и катастрофических извержениях вулкана.

2. Распределение фракций заполнителя образований песка направленного взрыва очень похоже на таковое приземных пирокластических волн, но преобладающей является крупнозернистая фракция 0.5-1.0 мм. Гранулометрические характеристики (медиана, средний размер, коэффициент сортировки и др.) отложений имеют самые высокие по сравнению с другими типами пирокластики численные значения (табл. 4, 5).

3. Плотность твердой фазы отложений агломерата и песка направленного взрыва вулканов Безымянный и Шивелуч достаточно похожа. Деформационные и прочностные характеристики сравнимы с таковыми отложений других типов пирокластики.