

1.4. Отложения пирокластических волн

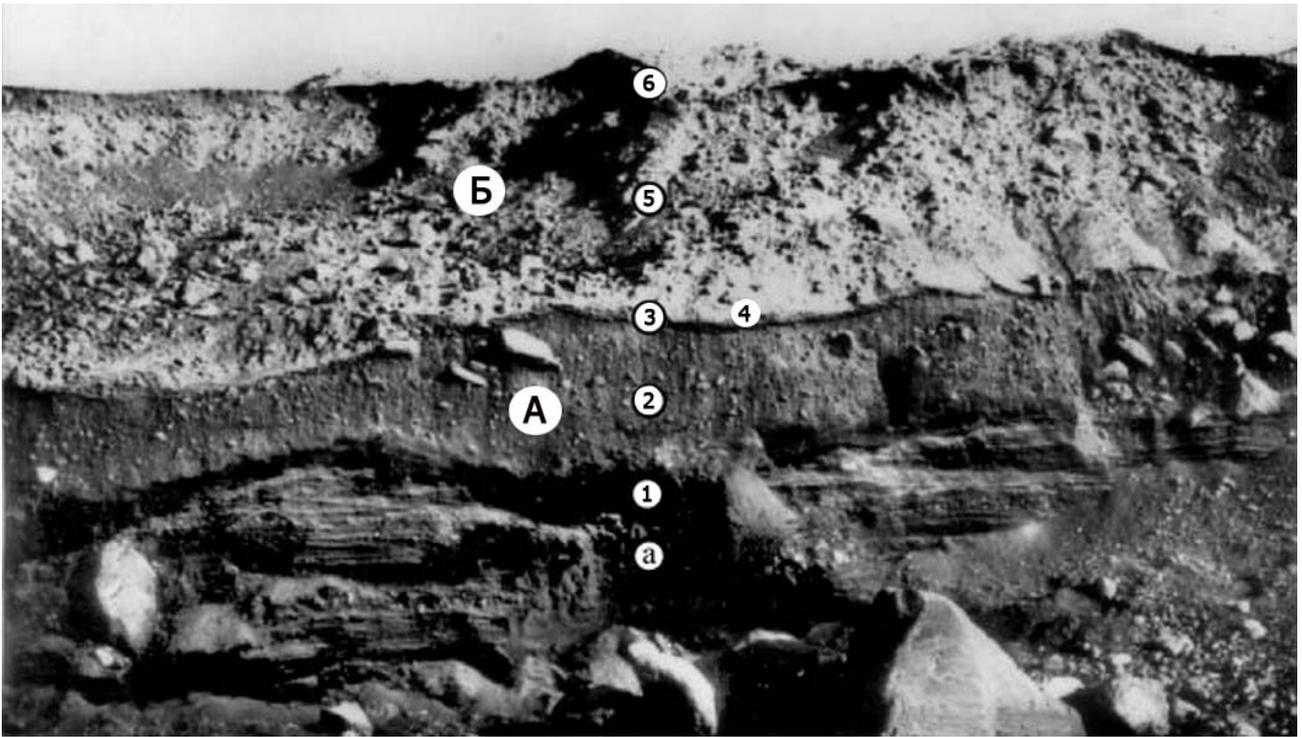
Пирокластические волны представляют собой слабонасыщенные обломочным материалом турбулентные потоки с низким соотношением компонентов: твердая составляющая - газ [118,137,139]. Движущей силой пирокластических волн, как и потоков, является количество движения магмы, автоэксплозивность, а также высокие газонасыщенность и температура материала. Скорость распространения таких волн достигает 100-150 км/ч [72,120], дальность зависит от мощности извержения, состава, газонасыщенности, температуры пирокластике, присутствия на их пути значительных по высоте препятствий и т.д. Волнам присуще стремительное, "ураганное" распространение от центра извержения; отмечались случаи преодоления ими препятствий высотой более 600 м [120]. В то же время волны не поднимаются высоко над землей (рис. 11 в).

В настоящее время выделяются две основные разновидности пирокластических волн: 1. приземная, 2. волна пеплового облака. Известна также "базисная волна", возникающая при фреатических и фреато-магматических извержениях вулканов, но здесь мы ее не обсуждаем.

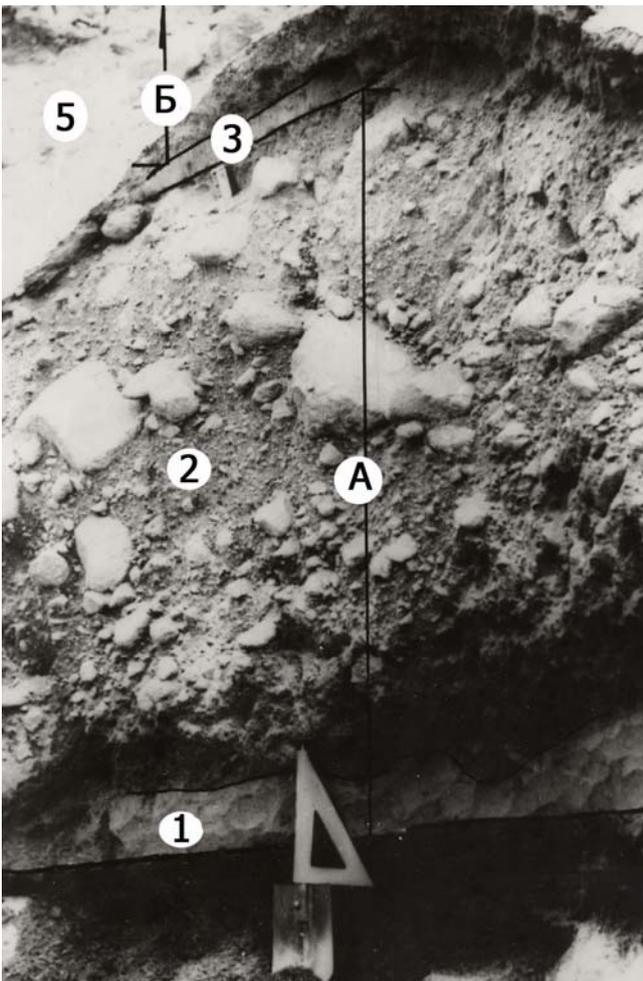
Приземная пирокластическая волна (ground surge), выделенная Р.Спарксом и Г.Уолкером [137], образуется при обрушении краевых частей эруптивной колонны и по времени опережает пирокластический поток, формирующийся при коллапсе центральной части этой колонны. Некоторые ученые считают также, что такие волны возникают и в процессе движения пирокластического потока: благодаря подсосу воздуха во фронтальных и боковых частях потока происходит сепарация частиц его заполнителя и отложение их в виде песчаного прослоя в основании пирокластического потока [147,148]. Эти механизмы образования отложений в какой-то мере объясняют то, что породы приземной пирокластической волны подстилают и обрамляют отложения пирокластических потоков (рис. 21).

Формирование **пирокластической волны пеплового облака** (ash cloud surge, понятие ввел Р.Фишер [118]) происходит в результате конвективной гравитационной дифференциации пирокластике при движении ее по склону вулкана [29,31,120]. При движении пирокластического потока над ним на несколько километров в высоту поднимаются пепловые облака пирокластического потока. Внутри этих облаков, непосредственно над потоком, формируется турбулентный низкоплотный высокогазонасыщенный и высокотемпературный "слой", который распространяется прямолинейно и с высокой скоростью, отрывается от тела потока и движется независимо от него. Этот "слой" и называется "пирокластической волной пеплового облака".

Отложения пирокластических волн вулкана Безымянный извержений 1984-89 гг. подстилали и обрамляли пирокластические потоки в виде хорошо отсортированных песчаных прослоев, в форме отдельных дюн и дюнного рельефа, небольших холмиков и т.д., лежали на поверхности пирокластических потоков или рядом с ними. Наиболее четко диагностированы типы



а



б

Рис. 21. Разрез пирокластических отложений вулк. Безымянный извержения 1985 г. в ручье Тундровый в 8 км от вулкана. Отложения: а- аллювия ручья, 1- приземной пирокластической волны, генетически связанной с потоком А; 2- пеплово-глыбового пирокластического потока А; 3- пирокластической волны пеплового облака, генетически связанной с первыми порциями пирокластического потока Б; 4, 6 - пеплового облака пирокластического потока; 5- пирокластического потока ювенильных пористых андезитов Б. Фото А.И. Малышева.

пирокластических волн при изучении продуктов извержений 1985, но также они выделены в отложениях извержений вулкана в 1986, 1984 и 1956 гг.[2, 8, 30, 73].

Химический и минеральный состав пород

Химический состав заполнителей пирокластических волн извержений разных лет показан в табл. 1. На рис. 22 ясно видно, что заполнители волн изученных извержений вулкана Безымянный хотя и не на много, но кислее, чем лавы и заполнители потоков. Такая же тенденция - большее содержание кремнекислоты в породах волн, чем в заполнителе потоков, - показана в работе [126] на примере извержения вулкана Сент-Хеленс в 1980 г.

Частицы заполнителей отложений пирокластических волн, как и заполнителей отложений пирокластических потоков, представляют собой обломки кристаллов минералов, их сростков, вулканического стекла и пород. Минеральный состав заполнителя отложений волн, по данным В.Ю. Кирьянова (1985 г.), следующий; вулканическое стекло - 16, плагиоклаз - 51, темноцветные минералы -10, обломки пород -13, пироксен - 10 (рис. 23).

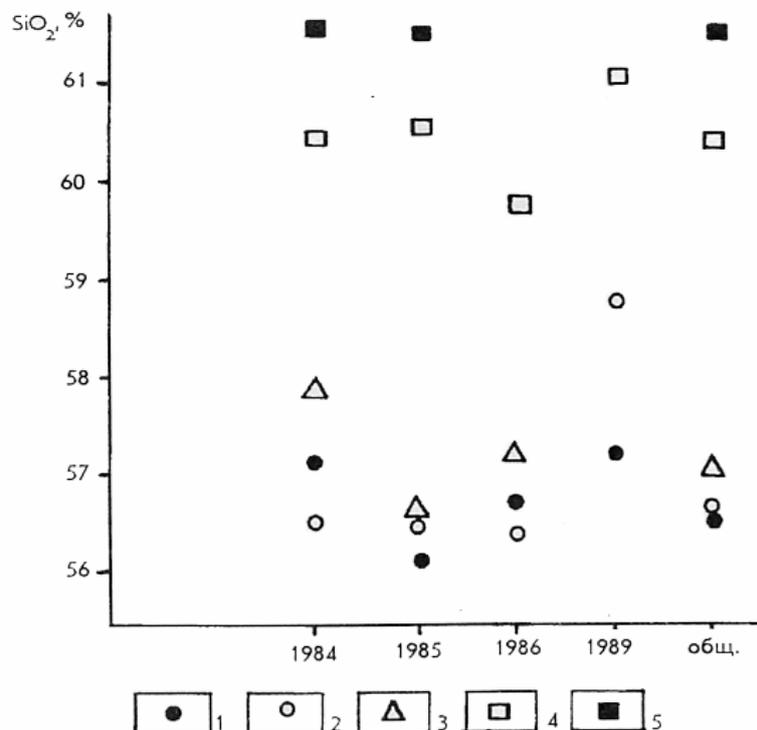


Рис. 22. Вариации содержания SiO₂ в продуктах вулк. Безымянный извержений 1984-1989 гг.: 1- андезиты лавовых и пирокластических потоков; 2,3- заполнители пирокластических потоков (2) и волн (3); 4- пеплы облаков потоков; 5- тефра.

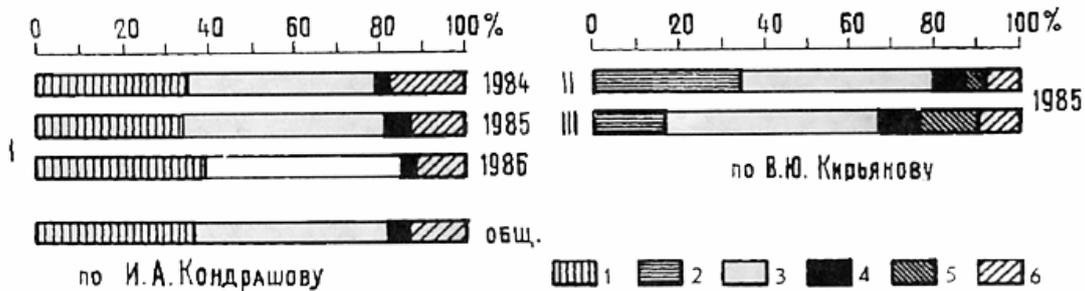


Рис. 23. Минеральный состав пород вулк. Безымянный извержений 1984-1989 гг.: I- андезиты пирокластических и лавового (1986) потоков; II, III - заполнители пирокластических потоков (II) и волн (III); фракции 0.1-0.063 мм: 1- основная масса, 2- вулканическое стекло, 3- плагиоклаз, 4- рудные минералы, 5- обломки пород, 6- пироксен.

Структурно-текстурные особенности отложений

Отложения приземной волны (ground surge) представляют собой хорошо отсортированные средне-крупнозернистые пески с небольшим количеством обломков размером от 2 до 20-30 мм. Они залегают преимущественно в основании пирокластических потоков, но иногда обрамляют их. Мощность их при извержении вулкана Безымянный в 1985 г. достигала 10 см, при извержении 1956 г. - 2-3 м [8].

Характерными особенностями этих образований является пологоволнистая слоистость и постепенный, без резкой границы, переход в отложения пирокластических потоков.

Отложения волн пеплового облака (ash cloud surge), грубослоистые или монолитного облика, залегают в виде пятен на отложениях пирокластических потоков и заплесков на бортах долины, по которой двигалась пирокластическая масса, встречаются в форме дюн и дюнного рельефа, небольших отдельных потоков и протяженных покровов (рис. 24).

Отложения волн пепловых облаков могут быть обнаружены также в основании пирокластических потоков. На рис. 21 б показан разрез пирокластических отложений вулкана Безымянный извержения 1985 г. Снизу вверх обнажаются: 1- на аллювии залегают средне-крупнозернистые пески зеленоватого оттенка мощностью до 10 см с содержанием 3-4 % частиц размером от 2 до 25 мм (ground surge), постепенно переходящий в 2- отложения пеплово-глыбового пирокластического потока (А) зеленоватого оттенка мощностью до 1,2 м; 3- мелкозернистые коричневатые пески мощностью 7-10 см с включениями частиц не превышающих размеров лапиллей до 20 % (ash cloud surge); 4- тонкозернистый коричневатый пепел мощностью 1 мм (ash cloud of flow); 5- отложения пирокластического потока ювенильных пористых андезитов (Б) коричневатого оттенка мощностью 3-5 м; 6- однородный тонкозернистый коричневатый пепел мощностью 2 см (ash cloud of flow).



а



б

Рис. 24. Отложения пирокластической волны пеплового облака на склоне вулк. Безымянный при извержении в 1985 г.: дюнный рельеф (а), отдельный небольшой поток (б).

При изучении пирокластических образований извержения вулкана Безымянный в 1985 г. предполагалось, что слой 3 разреза на рис. 21 б. представлен отложениями приземной пирокластической волны, связанными с пирокластическим потоком Б [2]. Детальные исследования состава пирокластике, слагающей вышеуказанный разрез, позволили автору прийти к выводу, что в слое 3 обнажаются отложения волн пеплового облака, парагенетически связанные с отложениями первых порций пирокластического потока Б. Процесс формирования вышеуказанных отложений представляется следующим: одновременно с формированием пирокластического потока А в 7 км от вулкана, с его купола начали низвергаться первые порции потока Б, остановившиеся в 3-5 км от вулкана. Материал отложений волн пепловых облаков, парагенетически связанный с этими порциями потока Б, в силу своей высокой мобильности, распространился дальше и отложился на пирокластическом потоке А. Отсутствие отложений пепловых облаков потока

на отложениях пирокластического потока А можно объяснить очень коротким перерывом между формированием отложений пирокластического потока А и отложениями волн пеплового облака. Перерыв между отложением первых и последних порций пирокластического потока Б, сформировавших верхнюю часть вышеуказанного разреза (рис. 21), был более продолжительным, поэтому на кровле отложений волн пеплового облака наблюдаются пеплы облаков потоков (слой 4). Заключительным аккордом извержения явилось отложение тонких пеплов (ash cloud of flow, слой 6, рис. 21 а), плащом перекрывших ранее сформированные пирокластические потоки.

В отложениях извержения 1985 г. в 5,5 км от вулкана Безымянный А. Малышевым, И. Кондрашовым и автором был обнаружен уникальный объект - дюнный рельеф, сформированный отложениями волн пеплового облака (рис. 24). На образование дюнного рельефа в процессе извержения вулкана указывал тот факт, что он сформирован свежим пирокластическим материалом, которого не было при извержении вулкана в 1984 г. и который спустя несколько недель после кульминационной фазы извержения 1985 г. оставался теплым. На правом борту небольшого вала, обращенного к вулкану, как бы "спадая" в ручей, лежит массив дюн высотой до 0.8 м, шириной до 10 м и длиной 38 м. Дюны вогнуты со стороны, противоположной движению материала. Простирание цепочки дюн в сторону от вулкана ограничено глыбой размером 2x1 м. За ней находится небольшой пеплово-песчаный поток, длиной 15 м того же материала, что и дюны, но слабо выраженный в рельефе, как бы растекшийся по склону (рис. 24). Такие же дюны, менее выраженные в рельефе, наблюдались на правом борту каньона в 3 км от вулкана после извержения 1986 г. [73].

Мощность отложений волн пепловых облаков достигала 1-2 м при извержениях вулкана Безымянный в 1984-1986 гг. и 3-5 м при извержении в 1956 г. [2, 8, 28, 29].

На кровле отложений волн пепловых облаков обычно залегает тонкий материал пепловых облаков пирокластических потоков мощностью от первых миллиметров (если он формируется после остановки порций пирокластических потоков) до первых или десятков сантиметров (если фиксирует окончание кульминационной фазы извержения вулкана).

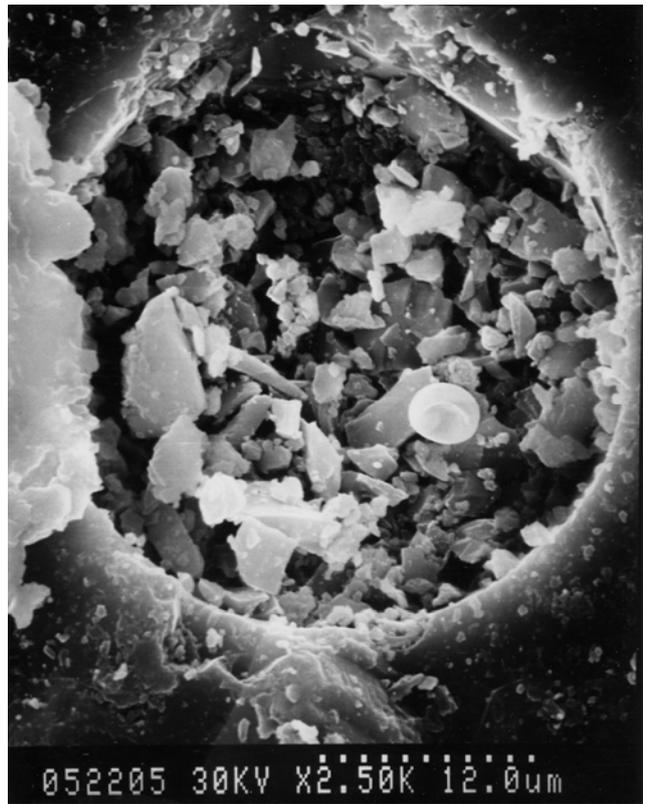
Микростроение пирокластики вулкана Безымянный изучалось на сканирующем электронном микроскопе Геологического факультета МГУ Кафедры Инженерной геологии и охраны геологической среды.

Заполнители отложений волн состоят из таких же частиц, что и заполнители потоков (рис. 25). Наряду с преобладанием угловатых встречаются "полуокатанные" частицы - сростки кристаллов минералов в своеобразных "рубашках" стекла, поверхность которых в разной степени эродирована (рис. 25 в). На поверхности частиц наблюдаются также выбоины, трещины, сколы, штриховка, ячейки с тонкими перегородками; "кратеры", заполненные мелкими частицами и т.д. Почти все частицы "загрязнены" тонкими фрагментами плагиоклаза и вулканического стекла.

Для изучения ненарушенного строения отложений пирокластических волн в поле были отобраны и запапарафинированы монолиты отложений двух



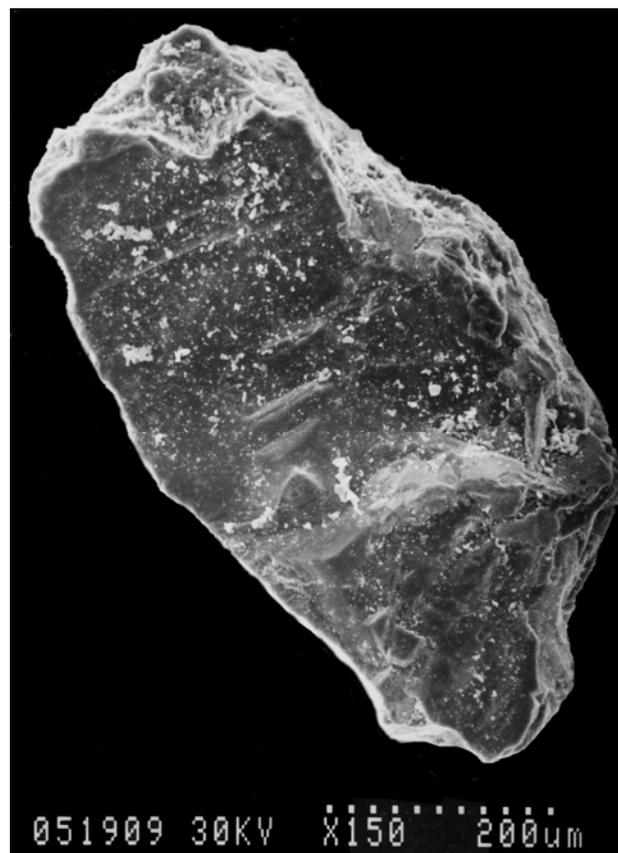
а



б



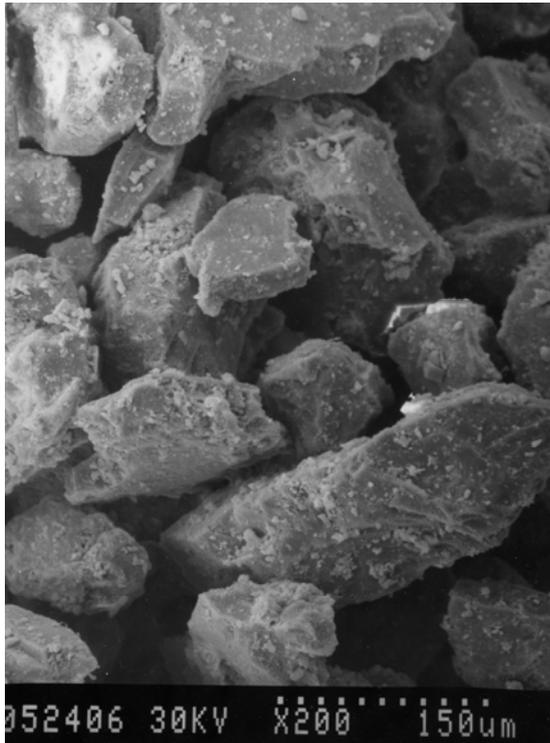
в



г

Рис. 25. Частицы заполнителя отложений пирокластических волн вулкана Безымянный: кристалл пироксена (а) и эрозионный кратер на нем (б) при увеличении 120 и 2500, соответственно; сростки плагиоклаза, пироксена, вулканического стекла при увеличениях 200 (в) и 150 (г).

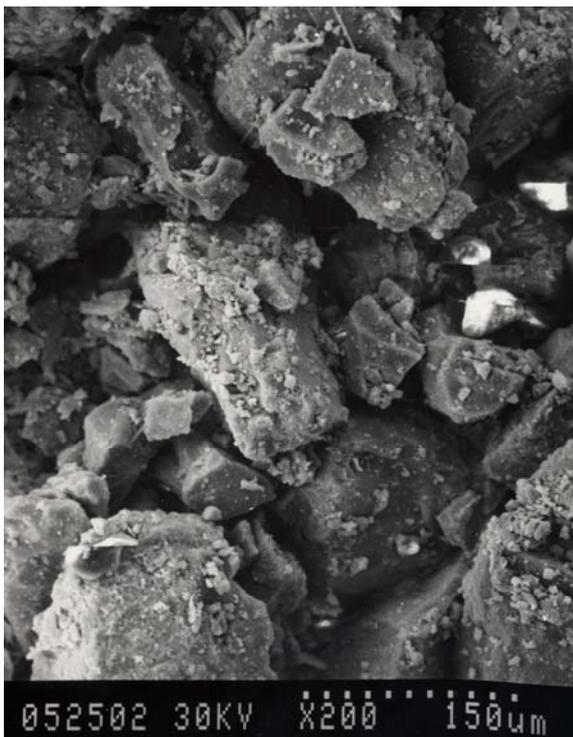
разновидностей волн из опорного разреза в руч. Тундровый в 8 км и из дюн в 5.5 км от вулкана (рис. 2, т.67). На электронном микроскопе были изучены свежие сколы этих образцов и получены с них фотографии (рис. 26). При малых увеличениях была исследована общая картина распределения структурных элементов, при больших - тонкие детали микростроения - размер и форма частиц и пор и т.д. Для вышеуказанных образцов пирокластики были определены также количественные характеристики порового пространства при увеличении 200 .



а



б



в

Рис. 26. Микроструктура образцов ненарушенного строения отложений вулкана Безымянный извержения 1985 г. при увеличении 200: а - приземных пирокластических волн (обр. 1); б, в - пирокластических волн пепловых облаков, соответственно (обр. 2, 3).

Образец 1 был взят из слоя 1 (ground surge) разреза пирокластических отложений вулкана Безымянный извержения 1985 г. (рис. 21)

Образец 2 - из слоя 3 (ash cloud surge) вышеуказанного разреза;

Образец 3 - среднемелькозернистые пески коричневатые мощностью 42 см с мелкими обломками андезита порядка 20-25 % (рис. 24 а, ash cloud surge).

Химический состав отложений почти одинаков, гранулометрический состав заполнителей отложений различен для образцов 1 и 2,3. Состав заполнителей образцов 2 и 3 очень похож (рис. 27 а).

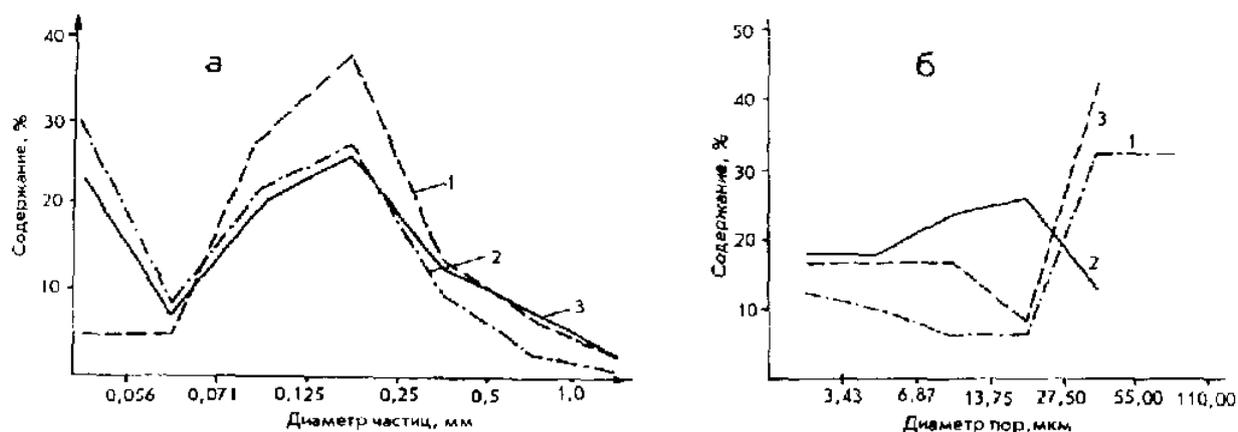


Рис. 27. Кривые распределения частиц (а) и пор (б) разного диаметра в отложениях пирокластических волн вулк. Безымянный: 1- приземных волн, 2,3 - волн пепловых облаков. Описание в тексте.

Микростроение образцов ненарушенного сложения отложений приземной волны и волны пеплового облака различается. Хотя всем образцам присуща скелетная микроструктура, у отложений приземных волн она более выражена (рис. 26).

Частицы материала пирокластических волн изометричны, реже удлинены, монолитного облика и, в целом, сравнимы по размерам. В образце 2 наблюдается обилие тонких частиц, которые местами почти полностью покрывают крупные зерна. Размер частиц от долей мкм до 25x45, 85x95, 125x206, 130x380 мкм и т.д.

Между частицами отложений пирокластических волн действуют структурные связи физической и физико-химической природы - электростатические, ионно-электростатические, молекулярные, магнитные, капиллярные, а в образце 2, вероятно, также и силы механической природы - зацепления. Контакты между структурными элементами, вероятно, переходного типа. Они сохраняются в сухом состоянии пеплов (о чем также говорит возможность изучения микростроения их образцов в ненарушенном состоянии), но разрушаются при увлажнении отложений.

Результаты количественного изучения порового пространства при увеличении 200 вышеуказанных образцов ненарушенного строения вулкана Безымянный представлены на рис. 27 б и табл. 7.

Таблица 7

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ОБРАЗЦОВ
НЕНАРУШЕННОГО СТРОЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ВОЛН
ВУЛК. БЕЗЫМЯННЫЙ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ 200**

Названия характеристик	N 1	N 2	N 3
	приземная волна	волна пеплового облака	волна пеплового облака
Пористость, % общая, внутриагрегатная, межагрегатная	40,8	33,4	37,1 16,8 20,3
Общая площадь пор, мкм ²	4828926,60	3953654,05	4387339,07
Общий периметр пор, мкм	62994,66	36068,47	87089,20
Количество пор, единица Из них связанных, %	60 25	226 21,6	104 19,2
Средний диаметр пор, мкм внутриагрегатных межагрегатных	24,06	14,03	9,10 70,71
Средняя площадь пор, мкм внутриагрегатных межагрегатных	454,74	154,62	65,17 3927,39
Средний периметр поры, мкм внутриагрегатных межагрегатных	96,85	56,43	37,02 287,38

Изучение микростроения образцов ненарушенного строения отложений приземных волн и волн пепловых облаков показало, что отложения приземных волн обладают большей общей пористостью, чем волн пепловых облаков (40.8 и 33.4-37.1 %, соответственно), но меньшим количеством пор (60 и 104-226, соответственно). Это обусловлено тем, что, с одной стороны, породы волн

пепловых облаков более тонкозернисты (содержание тонких фракций в их составе может достигать 35 %), с другой - при формировании этих отложений материал агрегируется и наряду с общей, появляется также внутриагрегатная и межагрегатная пористости. Хотя отложения приземных волн обладают значительно меньшим количеством пор, средние диаметр, площадь и периметр их пор имеют большие значения по сравнению с образованиями волн пепловых облаков.

Таким образом выяснено, что материал пирокластических волн пепловых облаков агрегирован, в отличие от приземных волн, что связано, вероятно, с различиями в механизме их отложения.

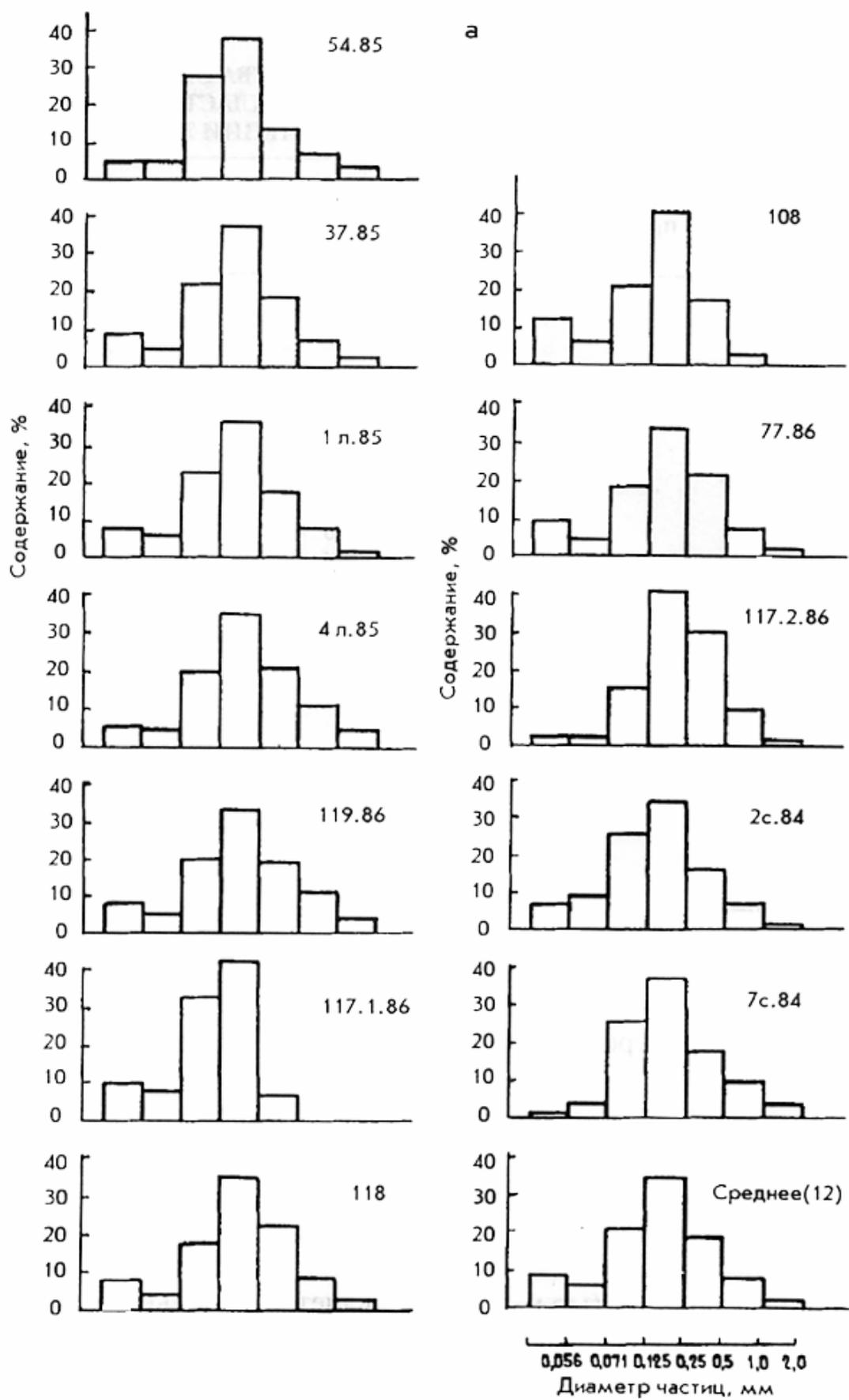
Сопоставление результатов количественного анализа порового пространства образцов пирокластики и их гранулометрического состава показывает, что более дисперсные отложения обладают большим числом пор, грубодисперсные - меньшим. С увеличением размеров пор отложений количество их уменьшается, а общая пористость увеличивается. Известный тезис о том, что агрегированность материала увеличивает его общую пористость, количественно подтвердился на микроуровне.

Гранулометрический состав пирокластики

Заполнитель отложений приземных волн извержений вулкана Безымянный 1984-1989 гг. относится к пескам мелким. Обломков крупнее 2 мм в образованиях этого типа волн содержится не более 10 % [31]. Яркой особенностью их состава является модальное распределение фракций - резкое преобладание частиц диаметром 0.125 - 0.25 мм (до 30-42 %) (рис. 28 а, Приложение, стр. 89). Характерно, что эта же фракция является преобладающей у заполнителей пирокластических потоков (Приложение, стр. 88). Медианные диаметры варьируют в пределах 0.12 - 0.21 мм, составляя в среднем 0.17 мм (26 определений), средний размер частиц, соответственно - 0.13 - 0.27 мм и 0.22 мм (26) и т.д. (рис. 16, табл. 3).

Заполнители отложений волн пепловых облаков относятся к пескам пылеватым. Содержание лапиллей в таких образованиях составляет до 25-30 % [31]. Для этих образований характерно бимодальное распределение фракций - наблюдается преобладание частиц диаметром менее 0.056 мм и 0.071-0.25 мм (рис. 28 б, Приложение, стр. 89), то есть таких же фракций, как и в заполнителях потоков, а также наиболее тонких, преобладающих в отложениях пепловых облаков пирокластических потоков (рис. 15,18,19). Медианные диаметры изменяются от 0.09 до 0.15 мм, составляя в среднем 0.12 мм (9). Средний размер, соответственно, 0.12 - 0.23 мм, в среднем - 0.16 мм (рис. 16, табл. 3).

В отложениях извержения 1956 г. по гранулометрическому составу также выделяются отложения приземных волн и волн пепловых облаков. Преобладающая фракция заполнителей приземных волн совпадает с таковой фракцией заполнителей пирокластических потоков этого извержения вулкана (рис. 17-19, 28), (Приложение, стр. 90, 91). Медианный диаметр заполнителя



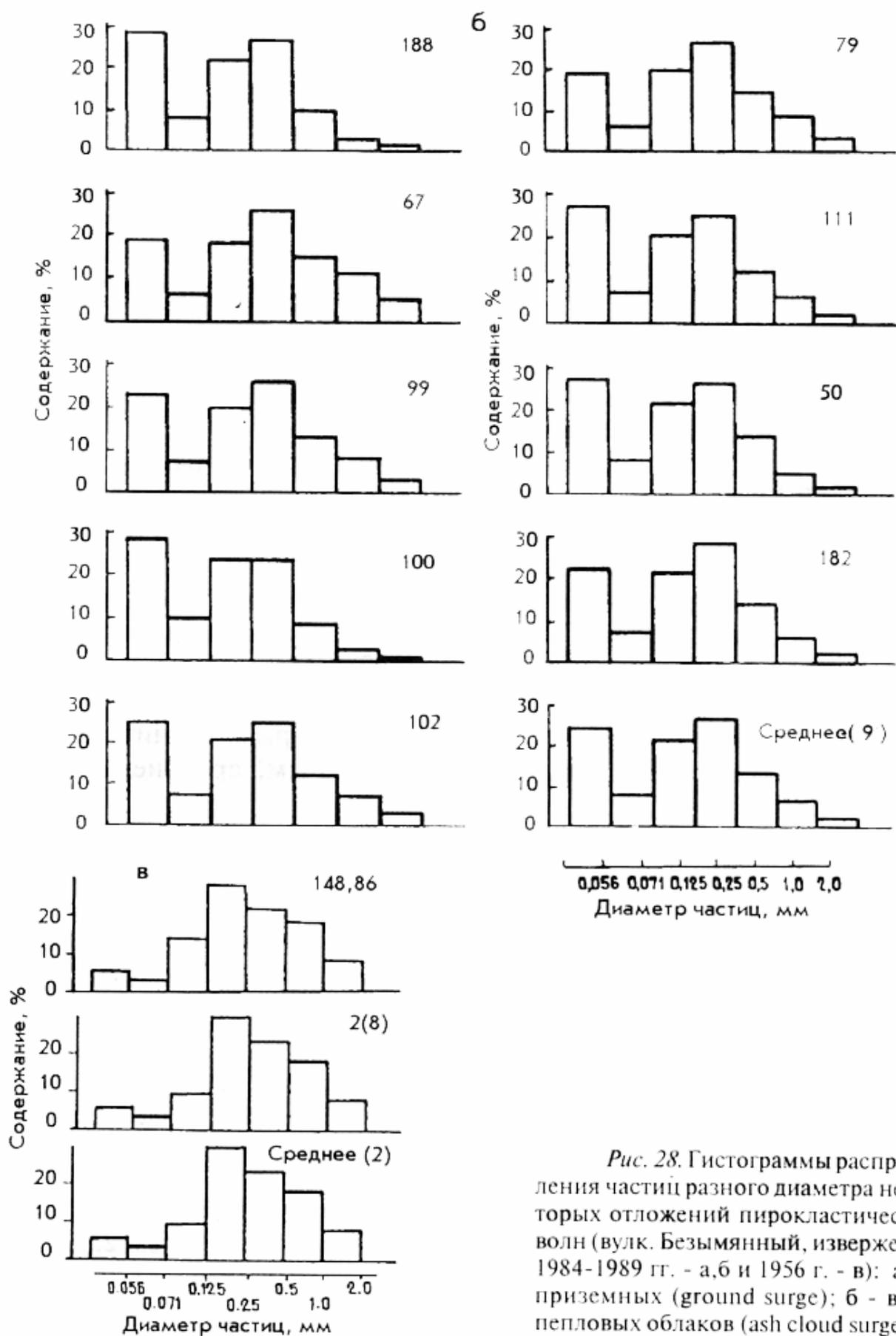


Рис. 28. Гистограммы распределения частиц разного диаметра некоторых отложений пирокластических волн (вулк. Безымянный, извержения 1984-1989 гг. - а, б и 1956 г. - в): а, в - приземных (ground surge); б - волн пепловых облаков (ash cloud surge)

приземной волны равняется 0.24 мм, средний размер - 0.35. Медианные диаметры заполнителей волн пепловых облаков варьируют от 0.12 мм до 0.22 мм, средние размеры - от 0.13 до 0.32 мм (табл. 4).

В образованиях вулкана Шивелуч по гранулометрическому составу выделяются отложения приземных волн, преобладающая фракция которых также одинакова с таковой заполнителей пирокластических потоков (Приложение, стр. 93, 94). Медианный диаметр заполнителей отложений равен 0.36 мм, средний размер - 0.41 мм и т.д. (рис. 20, табл. 5).

Физические свойства отложений

Естественная ***влажность*** заполнителей отложений волн небольшая - достигает 15 %, составляя в среднем - 6 % (48).

Плотность твердой фазы заполнителей пирокластических волн вулкана Безымянный извержений 1984-1986 гг. варьирует от 2.56 до 2.75 г/см³; для приземных волн она составляет в среднем 2.69 г/см³ (16), для волн пепловых облаков - 2.70 г/см³ (6), (табл. 8). Для отложений вулкана Шивелуч эти значения не определялись.

Плотность образований пирокластических волн в их естественном залегании изменялась от 1.30 до 1.67 г/см³; для приземных волн средние ее значения составляли 1.53 г/см³ (55), для волн пепловых облаков - 1.41 г/см³ (10), (табл. 8).

Пористость отложений волн варьирует от 36 до 52 %; для приземных волн она составляет в среднем 43 % (55), для волн пепловых облаков - 49 % (10), (табл. 8).

Физико-механические свойства заполнителей образований волн

Модуль общей деформации заполнителей отложений пирокластических волн изменяется от 2.5 до 15.6 МПа; для приземных волн его значения в среднем равны 6.0 МПа (8), для волн пепловых облаков - 5.3 МПа (3), (табл. 8).

Прочностные характеристики заполнителя волн пепловых облаков извержения 1984 г. вулкана Безымянный, определенные на норвежском стабилометре, равняются: Сцепление - 0.004 МПа и угол внутреннего трения - 30 град. В целом же, сцепление заполнителей отложений приземных волн вулкана Безымянный в среднем равно нулю (7), волн пепловых облаков - 0.04 МПа (2), (табл. 8). Угол внутреннего трения изменяется от 24 до 58 град.; составляя в среднем для приземных волн - 42 (7), для волн пепловых облаков - 41 (2) град.

**ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛОЖЕНИЙ
ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ВОЛН В БЕЗЫМЯННЫЙ ИЗВЕРЖЕНИЙ 1984-1986 гг.**

Названия характеристик	Отложения		Общее по двум типам
	приземной волны (ground surge)	волны пеплового облака (ash cloud surge)	
Плотность, г/см ³	1,53(55) 1,30-1,64	1,41(10) 1,30-1,67	1,48(90) 1,30-1,67
Плотность твердой фазы, г/см ³	2,69(16) 2,56-2,75	2,70(6) 2,69-2,71	2,70(22) 2,56-2,75
Влажность, %	6(48) 0-15	----	6(48) 0-15
Коэффициент пористости, единица	0,76(55) 0,56-0,92	0,92(10) 0,62-1,08	0,83(90) 0,56-1,08
Пористость, %	43(55) 36-52	49(10) 38-52	45(90) 36-52
Сцепление, МПа	0(7)	0,04(2) 0-0,08	0,01(9) 0-0,08
Угол внутреннего трения, градус	42(7) 24-58	41(2) 30-50	42(9) 24-58
Модуль общей деформации, МПа	6,0(8) 2,5-15,6	5,3(3) 3,8-8,1	5,6(11) 2,5-15,6

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

ВЫВОДЫ

1. Яркой особенностью заполнителей отложений приземных пирокластических волн является одномодальное распределение фракций - резкое преобладание частиц диаметром 0.125 - 0.25 мм (до 30-42 %, вулкан Безымянный) или 0.25 - 0.5 мм (до 37-45 %, вулкан Шивелуч). Обломков крупнее 2 мм содержится в них не более 10 %. Характерно, что преобладающие фракции заполнителей приземных волн и пирокластических потоков - одинаковы.

2. Заполнители отложений волн пепловых облаков имеют бимодальное распределение фракций - преобладание частиц размером 0.125 - 0.5 мм и менее 0.056 мм. Содержание обломков в них достигает 20-25 %

Преобладающая крупнозернистая фракция заполнителей отложений как правило совпадает с таковой пирокластических потоков.

3. Отличительной чертой отложений волн пепловых облаков является залегание на их кровле тонких пеплов облаков пирокластических потоков, мощность которых меняется от первых миллиметров (если они формируются после остановки порций пирокластических потоков) до первых или десятков сантиметров (если фиксируют окончание кульминационной фазы извержения вулкана).

4. Отложения приземных волн и вышележащих пирокластических потоков не имеют резкой границы, переходят друг в друга постепенно.

5. Материал пирокластических волн пепловых облаков агрегирован, в отличие от приземных волн, что связано, вероятно, с различиями в механизме их формирования.

6. Число пор образца пирокластике находится в прямой зависимости от его гранулометрического состава - более дисперсная порода обладает большим числом пор, грубозернистая - меньшим. С увеличением размера пор отложений количество их уменьшается, а общая пористость увеличивается.

7. Плотность твердой фазы разновидностей пирокластических волн практически одинакова, хотя имеет разные пределы вариаций. Плотность сложения отложений приземных волн выше, чем волн пепловых облаков, что связано с различным их гранулометрическим составом и тем, что образования приземных волн как правило перекрываются многометровой толщиной пирокластических потоков, а породы волн пепловых облаков лежат на поверхности. Пористость отложений волн пепловых облаков несколько выше, чем приземных, что обусловлено различным их гранулометрическим составом, агрегированностью пород волн пепловых облаков, меньшей их плотностью сложения (табл. 8). Деформационные характеристики отложений разновидностей пирокластических волн одного порядка, хотя модуль общей деформации отложений приземных волн имеет большие пределы вариаций. Прочностные характеристики заполнителей отложений волн почти одинаковы, но вариации значений угла внутреннего трения заполнителей отложений приземных волн - несколько шире, чем волн пепловых облаков.