

ПИРОКЛАСТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ АНДЕЗИТОВЫХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ

О. А. Гирина

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, girina@kscnet.ru

Наиболее распространенным типом вулканической активности на нашей планете является эксплозивная деятельность вулканов. "Эксплозия" – в узком смысле слова, означает "внезапный, очень непродолжительный сильный взрыв" [Влодавец, 1984, Макдональд, 1975]. Эксплозивная деятельность разных вулканов может выражаться отдельными слабыми или сильными взрывами, а также непрерывными сериями взрывов. Рыхлый обломочный материал, поступающий на поверхность земли в результате эксплозивных извержений вулканов, носит название "пирокластика" [Влодавец, 1984]. Структурно-текстурные особенности пирокластических отложений определяются свойствами исходной магмы, ее составом, газонасыщенностью, вязкостью и т.д., а также динамикой эксплозивной активности вулкана.

Андезитовым вулканам уделяется особое внимание в связи с внезапностью и катастрофическими масштабами их эксплозивных извержений, при которых в короткое время – в течение нескольких дней, а иногда и часов – на поверхность земли поступают огромные массы ювенильного и резургентного вулканогенного материала. Наиболее опасными являются извержения вулканов, поставляющие на поверхность земли пирокластические продукты кислого и среднего составов. Всем известны последствия извержений вулканов Мон-Пеле на о-ве Мартиника (1902 г.), Безымянный на Камчатке (1956 г.), Сент-Хеленс в Каскадных горах (1980 г.), Ундзен на о-ве Кюсю (1991 г.) и т.д.

Хотя андезитовых вулканов на планете меньше, чем базальтовых, в 20-м веке продуктивность андезитового вулканизма в 3 раза превысила таковую базальтового. На Камчатке из 30 действующих вулканов более 20 относятся к андезитовым. Хорошо известны мощные толщи пирокластических отложений в районах Курильского озера, вулканов Шивелуч, Ксудач, Кизимен и др.

Наблюдать катастрофические эксплозивные извержения андезитовых вулканов вулканологам удается чрезвычайно редко, если же это случается, то ученые получают достоверную информацию о последовательности формирования пирокластических отложений вулканов. Чаще всего исследователи имеют дело лишь с многометровыми толщами пирокластики, тем более, когда изучаются голоценовые или более древние образования. Сопоставление непосредственных наблюдений процесса извержения вулкана и полевых исследований пирокластических отложений, сформированных в ходе этого эруптивного события, помогает разобраться в толщах пирокластики, выделить в них различные типы, соответствующие различным этапам развития извержения, восстановить механизм извержения.

Кроме катастрофических, происходят сильные эксплозивные извержения андезитовых и андезиито-дацитовых вулканов, связанные с ростом их лавовых куполов. Такие события, как правило, кратковременны (продолжаются в течение нескольких часов или суток), происходят достаточно часто (до нескольких раз в год), поставляя на поверхность земли относительно небольшие объемы разнообразных пирокластических продуктов. Изучение таких извержений и их пирокластических образований на вулканах Безымянный, Сент-Хеленс, Шивелуч, Мерапи, Суфриер Хилс и других позволяет лучше понимать механизм извержений таких вулканов и прогнозировать их активность на ближайшее будущее.

В конце 20 века в результате многочисленных визуальных, теоретических и экспериментальных работ появились генетические классификации пирокластических образований, в которых все многообразие пирокластики среднего – кислого составов сводится, в целом, к следующим главным типам отложений: 1 – пирокластических потоков (pyroclastic flows), 2- пирокластических волн (pyroclastic surges), 3 – направленных взрывов (directed blast), 4- пепловых облаков пирокластических потоков (ash cloud of pyroclastic flows) или коигнимбритовых облаков (co-ignimbrite plumes), 5-тефры или пирокластики, отложившейся из эруптивных облаков (pyroclastic fall) [Гирина, 1998, 2001].

На Камчатке в настоящее время в состоянии непрерывного извержения – роста лавовых куполов – находятся два вулкана – Безымянный с 1955 г. и Шивелуч с 1980 г.

Вулкан Безымянный – уникальный объект Курило-Камчатской островодужной системы, расположен в центральной части Ключевской группы вулканов. Многие ученые не считали вулкан действующим, лишь Б.И. Пийп отметил, что по геологическим данным, Безымянный можно рассматривать «как недавно потухший или, быть может, не совсем потухший вулкан» [Пийп Б, 1946]. После пробуждения вулкана 22 октября 1955 г., его активность продолжается до настоящего времени. 30 марта 1956 г. произошло знаменитое катастрофическое извержение Безымянного, в процессе которого были сформированы все генетические типы пирокластических отложений. После этого эруптивного события в науке появились термины «извержение направленного взрыва» и «извержение типа Безымянный» [Горшков, 1962, 1963, Горшков, Богоявленская, 1965]. Сразу же после разрушения стратовулкана, в образовавшемся эксплозивном кратере начался рост лавового купола Новый. Характер его деятельности, связанный с поступлением на поверхность земли претерпевающей эволюцию магмы, изменялся. С 1977 г. для вулкана стали характерны почти ежегодные сильные кратковременные эксплозивные извержения, продолжительностью от 30-40 минут до 48 часов, при которых формировался такой же спектр генетических типов пирокластике, как и в 1956 г. С 1977 по июнь 2006 гг. произошло 32 таких события: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/volcanoes/Bezymianny/index.html> . Главными отличиями эксплозивных извержений последнего 30-летия от катастрофы 1956 г. являются значительно меньшие масштабы событий и объемы пирокластических продуктов. Например, если в 1956 г. объем ювенильной пирокластике составлял 1.5 км³, то в 1985 г., при наиболее сильном извержении вулкана после катастрофы, – 0.05 км³ [Богоявленская, Кирсанов, 1981, Алидибиров и др. 1988].

Шивелуч – самый северный действующий вулкан Камчатки. Современная постройка Молодого Шивелуча сформировалась в голоцене. Извержения этого этапа представляли собой, с одной стороны – катастрофические направленные взрывы с выбросом пирокластического материала объемом до 4-5 км³, с другой – рост экструзивных куполов в кратере вулкана. Наиболее древнее из точно датированных извержений вулкана имеет возраст 8700 лет тому назад (т.н.), молодое – 260 лет т.н. [Мелекесцев и др., 1991]. В голоцене произошло не менее 60-ти крупных катастрофических извержений вулкана с примерной периодичностью – одно в 100-300 лет. После катастрофического извержения в 1964 г., новые лавовые куполы в эксплозивном кратере начали выжиматься лишь в 1980 г. – спустя 16 лет после мощного эруптивного события. С 1980 по 2006 гг. произошло 5 сильных эксплозивных извержений вулкана – в 1993, 2001, 2004 гг. и два в 2005 г.: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/volcanoes/Sheveluch/index.html> , но весь спектр генетических типов пирокластических отложений наблюдался только при трех последних эруптивных событиях. Наибольший объем пирокластике был извержен в феврале 2005 г. – около 0.2 км³ [Нуждаев и др., 2005].

В процессе комплексного изучения пирокластических отложений новейших извержений вулканов Безымянный и Шивелуч были выявлены характерные особенности каждого из генетических типов современной пирокластике.

Пирокластические потоки представляют собой смесь разноразмерного пирокластического материала и газа, имеющую в основном ламинарное течение; причем количество обломков в смеси значительно превышает газовую составляющую [Богоявленская, Брайцева, 1988, Sigurdsson H. et.al., 2000]. Главными механизмами образования пирокластических потоков считаются: а) коллапс эруптивной колонны – тип «суфриер»; б) коллапс экструзивного купола или фронта лавового потока на его склоне – тип «мерапи» [Макдональд, 1975]. Различают два основных типа пирокластических потоков, наблюдающихся на вулканах Безымянный и Шивелуч. Отложения **пирокластических потоков пористых андезитов** несортированы, содержание обломков (частиц размером более 2 мм) в них составляет не более 40-30 %, а заполнителя, соответственно – 60-70 %; глыбы достигают размера 1-1,5 м. Потоки залегают согласно рельефу; протяженность их, в зависимости от масштаба извержения, может достигать 10-30 км от кратера, мощность – до 20-25 м. Содержание ювенильного вещества в них бывает до 80 %. Поверхность отложений – ровная. Отложения **пеплово-глыбовых пирокластических потоков** также несортированы, залегают согласно рельефу, но количество обломков в их составе повышено до 40-50 %, размер глыб может достигать 7-10 м. Длина потоков небольшая – до 10 км, содержание собственно ювенильного вещества в них – до первых десятков процентов. На поверхности потоков четко выражены бортовые и фронтальные валы высотой до 10-15 м [Гирина, 1998].

Пирокластические волны представляют собой высокогазонасыщенные турбулентные потоки с низким содержанием обломочного материала [Sigurdsson H. et.al., 2000]. В настоящее время выделяются две основные разновидности пирокластических волн: **приземная волна (ground surge)** и **волна пеплового облака (ash cloud surge)**. Отложения приземной волны представляют собой хорошо отсор-

тированные средне-крупнозернистые пески с небольшим количеством обломков размером от 2 до 20-30 мм. Мощность отложений при слабых извержениях вулканов может достигать 10 см; при сильных, катастрофических – 2-3 м [Гирина, 1998]. Особенностью образований является то, что их переход в отложения пирокластических потоков происходит постепенно, без резкой границы. Яркой чертой заполнителей этих отложений является одномодальное распределение фракций – резкое преобладание частиц диаметром 0,125 – 0,25 мм (например, до 30-42 %, на вулкане Безымянный) или 0,25 – 0,5 мм (например, до 37-45 %, на вулкане Шивелуч). Обломков крупнее 2 мм содержится в них не более 10 %. Характерно, что преобладающие фракции заполнителей приземных волн и пирокластических потоков одного извержения – одинаковы [Гирина, 1998]. Мощность отложений волн пепловых облаков может достигать 1 – 2 м при слабых извержениях вулканов и 3 – 5 м при сильных. Материал таких пирокластических волн агрегирован, в отличие от приземных волн, что связано, вероятно, с различиями в механизме формирования их отложений [Гирина, 1998]. По гранулометрическому составу 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 совпадает с таковой пирокластических потоков [Гирина, 1998].

Особой разновидностью пирокластических волн являются отложения, формирование которых происходит при извержениях вулканов типа направленных взрывов. Впервые **отложения направленного взрыва** были детально описаны на вулкане Безымянный после катастрофического извержения 30 марта 1956 г. [Горшков, 1962, Горшков, Богоявленская,]. Отложения 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 как на поверхности земли – на почвенно-пирокластическом чехле, так и в разрезах – под отложениями агломерата направленного взрыва и пирокластического потока. Отложения направленного взрыва, как и образования волн пепловых облаков, слоисты. По гранулометрическому составу они 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.

Отложения пепловых облаков пирокластических потоков образуются в процессе движения пирокластического потока по склону вулкана и представляют собой пеплы, отделившиеся от заполнителя потока в результате конвективной гравитационной дифференциации пирокластической массы [Гирина, 1997, 1998]. Отложения не слоисты, в основном они состоят из тонкого вулканического стекла с небольшой примесью обломков породообразующих минералов и пород.

Тефра (pyroclastic fall) представляет собой стратифицированные образования, формирование которых происходит под действием гравитации из нижних частей поднимающейся над кратером вулкана вертикальной эруптивной колонны и из пепловой тучи, трансформированной из этой колонны [Гирина, 2001].

Всесторонний анализ особенностей пирокластических образований позволил автору найти те их характеристики, с помощью которых диагностика генетических типов пирокластических отложений облегчается и становится более достоверной. Основными критериями определения генетических типов пирокластических образований являются: **стратиграфический** (залегание, протяженность, мощность отложений, границы с ниже- и вышележащими), **структурно-текстурный** (слоистость, количество и распределение обломков в заполнителе отложений). Подтвердить и уточнить диагностику генетических типов пирокластических образований помогут критерии: **гранулометрический состав заполнителей отложений** (распределение фракций, наклон и местоположение кумулятивных кривых состава на графике, численные значения гранулометрических статистических коэффициентов), **химический и минеральный составы пород** (содержание кремнезема и других элементов, ювенильного вещества), **физические свойства отложений** (плотность твердой фазы, плотность естественного сложения, пористость) [Гирина, 1997, 1998, 2001].

Список литературы

Алидибиров М. А., Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. и др. Извержение вулкана Безымянный в 1985 г. // Вулканология и сейсмология, 1988, № 6. С. 3-17.

Богоявленская Г. Е., Брайцева О. А. О генетической классификации пирокластических отложений и типах отложений извержения вулкана Безымянный 1955-1956 гг. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 39-55.

Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. Двадцать пять лет вулканической активности вулкана Безымянного // Вулканология и сейсмология, 1981, № 2. С. 3-13.

- Влодавец В. И.** Справочник по вулканологии, М.; Наука. 1984, 340 с.
- Гирина О. А.** Конвективная дифференциация пирокластике андезитовых вулканов // Вестник МГУ. Серия 4. Геология, 1997, № 1. С. 27-32.
- Гирина О. А.** Пирокластические отложения андезитовых вулканов и диагностика их генетических типов // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 253-266.
- Гирина О. А.** Пирокластические отложения современных извержений андезитовых вулканов Камчатки и их инженерно-геологические особенности / Отв. ред. И.В. Мелекесцев; ИВГиГ ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 1998, 173с.
- Горшков Г. С.** К вопросу о классификации некоторых типов взрывных извержений//Вопросы вулканизма: Тр.1-го Всесоюз. вулканол. совещ. 23 сентября-2 октября 1959 г., М.: АН СССР, 1962. С. 31-38.
- Горшков Г. С.** Направленные вулканические взрывы // Геология и геофизика, 1963, № 12. С. 140-143.
- Горшков Г. С., Богоявленская Г. Е.** Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1955-1963 гг. / Отв. ред. Б.И. Пийп. СО АН СССР, Институт вулканологии, М.: Наука, 1965. 171 с.
- Макдональд Г.** Вулканы. М. Мир. 1975. 432 с.
- Мелекесцев И. В., Вольнец О. Н., Ермаков В. А. и др.** Вулкан Шивелуч//Действующие вулканы Камчатки, М.: Наука, 1991, Т 1. С. 84-103.
- Нуждаев А. А., Гирина О. А., Мельников Д. В.** Некоторые результаты изучения пирокластических отложений извержений 28 февраля и 22 сентября 2005 г. вулкана Молодой Шивелуч наземными и дистанционными методами // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле, 2005, № 2, Вып. 6. С. 62-66.
- Пийп Б.И.** Деятельность Камчатской вулканологической станции Академии Наук СССР в 1944 г. //Бюл. вулканол. ст., 1946, № 13. С. 6-9.
- Sigurdsson H., Houghton B.F., McNutt S.R., Rymer H. and Stix J.** Encyclopedia of Volcanoes//Academic press. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Toronto, 2000, 1417 p.