



УДК 551.21

Ю. Б. Слёзин

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683 006;
e-mail: slezin@kscnet.ru*

Вулканы Безымянный, Шивелуч и Сент-Хеленс: ещё раз о сравнительной характеристике их катастрофических извержений в XX веке

Вулкан Безымянный, первый в серии, дал (с помощью Г. С. Горшкова) название типу извержения, а последний из трёх — Сент-Хеленс — позволил наиболее детально изучить и охарактеризовать этот тип. Сравнением и поиском отличий в извержениях названных вулканов 1956, 1964 и 1980 годов, соответственно, занимались многие авторы, приходившие к разным выводам. Здесь делается попытка ещё раз описать различия в ходе извержений и высказать соображения о причинах этих различий.

Характеристика извержений

На основании изучения извержения первого из трёх вулканов, Г. С. Горшковым был выделен и охарактеризован новый тип извержений, названный сначала «направленный взрыв» (НВ) по кульминационной фазе 30 марта 1956 г., а потом, после углублённого изучения всей последовательности событий, более обще — «безымянский» [3]. К этому же типу были отнесены и два последующих извержения — вулкана Шивелуч 1964 года на Камчатке, и вулкана Сент-Хеленс 1980 года в штате Вашингтон, США.

Лишь извержение вулкана Сент-Хеленс наблюдалось полностью, от начала до конца, с использованием всех имевшихся к тому времени методов, и с получением всей доступной информации о нём [6]. Поэтому именно это извержение стало впоследствии неким эталоном для проверки и интерпретации косвенной информации, полученной на предшествующих извержениях.

Стало ясно, что некоторые выводы первых исследователей требуют корректировки, и были обнаружены существенные (или кажущиеся существенными) различия в ходе извержений трёх вулканов [2]. Это вызывало споры по поводу отдельных событий. Тем не менее, сейчас можно утверждать с уверенностью, что различия не принципиальны, они влияют лишь на количественные соотношения между основными фазами или этапами извержения, которые присутствуют в одинаковой последовательности во всех трёх случаях. Основные этапы (фазы) извержений:

- 1) умеренная эксплозивная и интрузивная (экструзивная) деятельность с деформацией постройки вулкана;
- 2) несимметричное обрушение постройки вулкана и косо направленный взрыв;
- 3) плингианская фаза с дальнейшим переносом пирокластического материала либо в виде

пепловой тучи, либо в виде пирокластических потоков;

- 4) выжимание экструзивных куполов в возникшем после обрушения и взрыва кратере.

Основные различия

1. Соотношение обвала и взрыва. Г. С. Горшков, выделивший извержение вулкана Безымянного в особый тип, назвал его «направленный взрыв» (далее НВ), увидев сходство его наиболее характерной фазы с промышленным взрывом «на выброс» [3]. Соответствующие грубообломочные отложения он назвал «агломерат НВ». Непосредственно процесс образования этих отложений на извержении вулкана Безымянный не наблюдался. На вулкане Сент-Хеленс такой процесс наблюдался непосредственно, как обвал склона, и был назван «обломочной лавиной». Повторно изучавшие отложения извержения Безымянного 1956 года, А. Б. и М. Г. Белоусовы [1] усмотрели полное подобие их отложениям обломочной лавины вулкана Сент-Хеленс, и сочли их также результатом исключительно обвала. И. В. Мелекесцев [4] считал, что для такого вывода у Белоусовых не было достаточных оснований, и доказывал их взрывное происхождение.

Сейчас представляется достаточно очевидным, что категоричного выбора какого-либо одного механизма — обвального или взрывного — быть просто не может. Грубообломочные отложения обоих этих извержений следует называть «обвально-взрывными». Различие лишь в том, что вклад взрыва в перенос обломков разрушающейся постройки на вулкане Безымянный значителен, а на вулкане Сент-Хеленс — крайне мал.

Причиной направленного взрыва явилось в обоих случаях разрушение постройки вулкана внедряющейся в её тело близповерхностной интрузией — «криптокуполом». Внедрение происходило в сторону

Таблица 1. Сравнительные характеристики событий для извержений трёх вулканов

Характеристика (масштаб) события	Сент-Хеленс	Безымянный	Шивелуч
Размер обвально-взрывной воронки	1,5×3 км ²	1,5×2,8 км ²	1,5×3 км ²
Удалённый объём постройки	2,62 км ⁻³	0,738 км ³	нет свед.
Приращение объёма после внедрения криптокупола	0,11 км ³	нет свед.	нет свед.
Объём обвальной лавины (агломерата НВ)	2,8 км ³	0,8 км ³	1,5 км ³
Объём отложений НВ (песок НВ)	0,2 км ³	0,2 км ³	нет свед.
Объём тefры (продолжительность плининанской фазы)	1,1 км ³ (9 ч)	0,4–0,5 км ³ (1–2 ч)	0,3 км ³ (1 ч)
Объём ПП	0,12 км ³	0,8 км ³	0,3–0,5 км ³

наиболее ослабленного склона постройки, что и привело к кривой направленности взрыва. Разрушение склона порождало обломочную лавину и обнажало богатый газом криптокупол, который разрушался уже со взрывом и с выбросом мелкой пирокластике — песка НВ.

Различие в развитии взрыва на вулканах Безымянном и Сент-Хеленс связано с характером разрушения материала постройки, перекрывающего внедряющийся криптокупол — «кровли». На Безымянном кровля успела сильно растрескаться, и взрывное разрушение криптокупола началось в трещинах практически одновременно с началом лавинообразно развивающегося обвала, так что потоки песка НВ захватывали и часть блоков разрушающейся кровли. На вулкане Сент-Хеленс начало обвала потерявшего устойчивость склона было гораздо более резким: он двинулся, как сплошная оползающая масса, которая разбилась на блоки, уже набрав значительную скорость, и почти полностью обнажив интрузию. Возможно, такой характер скольжения был связан с большей долей воды и льда в определённых горизонтах постройки вулкана Сент-Хеленс, а также со значительно большим объёмом и массой соскальзывающего материала — 2,8 км³ на вулкане Сент-Хеленс против 0,8 км³ на Безымянном, при примерно одинаковом количестве песка НВ (см. табл. 1). Большая масса и слабая расчленённость сползающего блока вначале его движения препятствовала вовлечению его материала в процесс взрыва.

На вулкане Шивелуч направленного взрыва, подобного безымянскому, практически не было вообще. Причина — в отсутствии криптокупола. Свежий материал поступал из глубины так же, как и на двух других вулканах, но вместо того, чтобы внедряться вбок под остывшие консолидированные экструзии предыдущих этапов, он просто активизировал эти, ещё достаточно свежие купола, возобновляя их рост. Потеря устойчивости экструзивного комплекса привела к его обрушению с образова-

нием обломочной лавины. При этом, безусловно, происходило и взрывное разрушение внутренних частей обваливающихся куполов (часто это называют «автоэксплозивностью»), но, поскольку материал этих внутренних частей находился под относительно небольшим давлением и был достаточно дегазирован за счёт фумарольной деятельности и умеренных вертикальных взрывов, сопровождавших рост купола, взрыв лишь немного ускорил старт и продвижение обвала.

Причина возобновления на Шивелуче роста заполняющих взрывной кратер куполов вместо внедрения под них близповерхностной интрузии заключается в его гораздо большей, чем у Безымянного, средней мощности (расходе вещества). Интервалы покоя между крупными извержениями у Шивелуча были на порядок короче, активность на этих интервалах угасала не полностью, умеренный экструзивный процесс продолжался, и вновь поступающей магме оказалось выгоднее подтапливать ещё не совсем затвердевшие купола, чем искать пути в обход их.

Высокая средняя мощность вулкана Шивелуч очевидно ответственна и за практическое отсутствие в его извержении первой фазы — отчётливо выраженной умеренной эксплозивной деятельности, предшествующей пароксизму. Эта умеренная деятельность просто не совсем угасала на интервале между пароксизмами.

2. Соотношение тefры и материала пирокластических потоков (ПП) и интенсивность плининанской фазы. По этим показателям резко отличается от двух других вулкан Сент-Хеленс, в извержении которого объём и масса выброшенной тefры значительно превышает массу ПП, в то время как, и при извержениях Безымянного, и Шивелуча соотношение обратное. Значительно ниже, чем у двух последних вулканов, у вулкана Сент-Хеленс была и интенсивность плининанской фазы (в 3 — 5 раз). Эти два показателя (интенсивность и относитель-

ный объём ПП) тесно взаимосвязаны: и переносимая по воздуху тефра, и скатывающиеся по склонам вулкана ПП возникают в результате одного и того же процесса выноса из кратера газо-пирокластической взвеси в виде вертикальной струи. Будет ли она распространяться по воздуху или по земле зависит от нескольких факторов [7]: расхода материала, ширины жерла, скорости потока и массовой и объёмной доли газа в потоке.

При плиннианском извержении газо-пирокластическая взвесь на выходе из жерла вулкана имеет значительную скорость — первые сотни м/с, — и среднюю плотность, превышающую плотность окружающей атмосферы. Потери на преодоление силы тяжести и на трение приводят к быстрому снижению скорости струи после выхода её из жерла вулкана, но одновременно происходит подмешивание атмосферного воздуха в турбулентную струю с его подогревом, приводящее к уменьшению плотности струи. Если плотность струи станет меньше плотности окружающего воздуха раньше, чем иссякнет первоначальный импульс, скорость её снова начинает возрастать за счёт всплывания в более плотном воздухе. Если же первоначальный импульс иссякнет раньше, чем плотность струи станет меньше атмосферной, происходит опадание (коллапс) струи, и скатывание её материала по склонам вулкана под действием силы тяжести в виде ПП.

Расход материала в струе пропорционален площади её поперечного сечения (квадрату диаметра), а расход подмешиваемого воздуха — периметру этого сечения (диаметру). Поэтому, чем больше диаметр струи, тем меньше относительный вклад подмешивания воздуха и меньше разуплотнение. Различие расходов струи в несколько раз у рассматриваемых вулканов связано, в основном, с различным диаметром жерла (содержание летучих в магме примерно одинаково, кроме того, критические условия в канале, ограничивающие скорость, не позволяют ей сильно различаться у разных вулканов). Поэтому у вулканов с большими расходами — у Безымянного и Шивелуча преобладали ПП, и началось их распространение и отложение почти с самого начала плиннианской стадии. При извержении же вулкана Сент-Хеленс, из-за приблизительно вчетверо меньшего расхода, ПП играли подчинённую роль по сравнению с переносимой по воздуху тефрой, и появились лишь после 4-х с лишним часов извержения тефры, когда заметно снизилась начальная скорость струи.

3. Запаздывание экструзивной стадии. На вулкане Сент-Хеленс выжимание экструзии началось через 3 недели после прекращения плиннианской стадии. На Безымянном предполагалось, что эта стадия началась не более, чем через несколько дней после прекращения плиннианской. На вулкане Шивелуч интервал составил 16 лет.

16-летний интервал покоя перед началом экструзивной стадии у Шивелуча естественно объясняется, как время необходимое для заполнения опустошённого извержением неглубокого очага, продолжающей поступать из глубины магмой в темпе не намного превышающем средний за последние 110 лет [5]. Сложнее объяснить маленький интервал покоя перед началом экструзивной стадии у вулкана Сент-Хеленс и, особенно, у Безымянного. Возможно, это связано с компенсирующими потери вещества деформациями окружающей среды для более крупных и глубже расположенных периферических очагов этих вулканов.

Список литературы

1. Белоусов А. Б., Белоусова М. Г. Отложения и последовательность событий извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Камчатка): отложения обломочной лавины // Вулканология и Сейсмология, 1990. № 1. С. 25–40.
2. Богоявленская Г. Е., Брайцева О. А., Мелекесцев И. В. и др. Катастрофические извержения типа направленных взрывов на вулканах Сент-Хеленс, Безымянный, Шивелуч // Вулканология и Сейсмология, 1985. № 2. С. 3–22.
3. Горшков Г. С., Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1955–1963 гг. М.: Наука, 1965. 170 с.
4. Мелекесцев И. В. Обломочная лавина пароксизмальной фазы 30 марта 1956 г. катастрофического извержения вулкана Безымянный на Камчатке имела всё-таки взрывное происхождение // Вулканология и Сейсмология, 2004. № 2. С. 1–15.
5. Слѣзин Ю. Б. Характеристики магматической системы вулкана Шивелуч // Вулканология и Сейсмология, 2005. № 2. С. 3–7.
6. The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington. Geol. Survey. Prof. paper 1250. Wasington D. C. 1981. 844 p.
7. Wilson L., Sparks R. S. J., Walker G. P. J. Explosive volcanic reuptions-IV. The control of magma properties and conduit geometry on eruption behaviour // Geophys. Astr. G. R.. Sos. 1980. Vol. 63. P. 117–148.