

ВОЗМОЖНОСТЬ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПРОГНОЗА ПАРОКСИЗМАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ С ПЕРЕХОДНОЙ ЭКСТРУЗИВНО-СТРАТОВУЛКАНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПОСТРОЙКИ

А. И. Малышев¹, Ю. В. Демянчук², Л. К. Малышева¹

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: malyshev@urg.uran.ru

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: yuridem@emsd.ru

Введение

В 1980 г. произошло пароксизмальное направленное извержение в Сент-Хеленс [Lipman et al., 1981]. Уникальный ряд визуальных наблюдений начальной стадии этого извержения привлек внимание исследователей к проблеме крупных вулканических и вулканотектонических обвалов на действующих вулканах, способных обеспечить триггерный механизм для последующего развития пароксизмального направленного извержения. Эта проблема применительно к вулканам Камчатки и Курильских островов была детально рассмотрена в работе [Мелекесцев, Брайцева, 1984], где, в частности, был сделан вывод о том, что гигантские обвалы на вулканах широко распространены в молодых вулканических областях и представляют большую опасность. В данной работе основное внимание направлено на определение наиболее вероятных условий возникновения подобных обвалов на действующих андезитовых и андезибазальтовых вулканах, а также на возможность оперативного прогноза спровоцированных этими обвалами пароксизмальных извержений. Рассмотрим эти условия на примере двух наиболее активных вулканов Курило- Камчатского вулканического района - Безымянного и Шивелуча.

Переходные структуры андезитовых и андезибазальтовых вулканов как фактор повышения риска пароксизмальных извержений

В эволюции форм извержений и структурах построек андезитовых и андезибазальтовых вулканов нередко присутствует определенная направленность, выражающаяся в общей тенденции к переходу от экструзивной деятельности к эффузивной. Наиболее яркий пример подобной направленности был отражен в процессе формирования доисторической постройки в. Безымянного [Горшков, Богоявленская, 1965; Брайцева и др., 1990], основу которой составлял крупный экструзивный купол, частично переработанный и перекрытый более поздними излияниями лавовых потоков.

Эта же направленность наблюдается и в ходе исторических извержений вулкана. Первоначальный рост купола Нового происходил исключительно благодаря экструзивной деятельности вулкана. С 1965 г. стали отмечаться признаки увеличения пластичности выжимаемых лав, что привело к неоднократному формированию куполообразных и округлых в плане лавовых тел в вершинной части купола Нового. В 1976 г. был зарегистрирован первый лавовый поток, и с этого момента эффузивная деятельность стала обязательной составляющей каждого эруптивного цикла вулкана. При этом для в. Безымянного не потеряла свое значение и экструзивная составляющая эруптивного процесса: начальной стадии каждого извержения, как правило, соответствует выдвигание крупных жестких блоков – обелисков.

Сочетание чередующихся во времени экструзивной и эффузивной форм извержения привело к тому, что купол Новый стал трансформироваться в своеобразную вулканическую структуру, которую можно рассматривать как своеобразную переходную форму между экструзивным куполом и стратовулканом. Если для экструзивных куполов характерно наличие субвертикального комплекса ослабленных зон, возникающего при нарушении сплошности пород при избирательном выжимании отдельных экструзивных блоков, то стратовулканам свойственен субгоризонтальный комплекс ослабленных зон, обусловленный чередованием в разрезе лавовых потоков со слоями спрессованного (но не сцементированного) осыпного материала. В переходном состоянии между экструзивным куполом и стратовулканом в вулканической структуре присутствуют оба комплекса ослабленных зон, что, как было показано ранее [Малышев, 1987, 2000], ведет к меньшей прочности этой структуры по сравнению как с экструзивными, так и со стратовулканическими образованиями. Это делает

более вероятным возникновение крупных вулканических обвалов, которые могут спровоцировать развитие мощных направленных извержений по аналогии с извержением в. Сент-Хеленс в 1980 г. Весьма вероятно, что именно подобное развитие событий стало причиной крупных эксплозивных извержений, прерывавших IV и V серии лавовых потоков Безымянного [Брайцева и др., 1990] и приведших к формированию доисторических пирокластических потоков Восточного и Западного.

Современное состояние постройки в. Безымянного

В современном состоянии постройки в. Безымянного можно проследить определенную аналогию со структурой восточного блока в преддверии пароксизма 1985 г. [Алидибиров и др., 1988; Alidibirov et al., 1990; Малышев, 2000]. Во-первых в южной части постройки вулкана располагается крупный эрозионный желоб, сформировавшийся в процессе извержения вулкана в конце 2006 г. Обрывистые стенки этого желоба можно рассматривать как структурные нарушения постройки вулкана, сохраняющие свое значение даже при полном заполнении желоба лавовым материалом последующих извержений. Истоки желоба находятся в активной вершинной части вулкана, образуя там крупную впадину. Эта впадина, в свою очередь, нарушает устойчивость пород вершинной части современной постройки вулкана.

Более того, после бурной эксплозивно-эффузивной деятельности вулкана 14–15 октября 2007 г. на общем фоне его предельно низкой активности в начале ноября 2007 г. произошел внезапный обвал пород в низах юго-юго-восточной части постройки вулкана, непосредственно примыкающей к эрозионному желобу. Развитие обвала привело к формированию обвального пирокластического потока, распространившегося на расстояние до 4 км от вершины вулкана.

В образовавшемся обрыве отчетливо просматривается разрез этой части постройки, в котором под двумя налегающими друг на друга плитами лавовых потоков обнажается осыпной материал, соответствующий, скорее всего, мантийной брекчии экструзивного купола, сформировавшегося в 60-е и начале 70-х годов прошлого века. И сама зона обрушения, и расположенный в ее основании осыпной материал лишает юго-юго-восточную часть постройки вулкана опоры снизу, тем самым нарушая ее устойчивость.

Таким образом, имеется полная аналогия с состоянием вулкана перед пароксизмом 1985 г. - в современной постройке вулкана выделяется крупный неустойчивый блок, по сути, целый сектор, обрушение которого может спровоцировать пароксизмальное развитие одного из следующих извержений.

Помимо этого, есть все основания считать, что основные закономерности развития эруптивного цикла также не претерпели существенных изменений. С точки зрения проблемы, обсуждаемой в данной работе, принципиальное значение имеет наличие в цикле современных извержений стадии мощного деформационно-экструзивного процесса, предваряющего эксплозивно-эффузивную кульминацию извержения. В качестве примера можно привести активность вулкана во второй половине 2006 г., начальная стадия которой соответствовала росту крупного экструзивного блока в вершинной части постройки вулкана, а в ходе кульминационной стадии в декабре 2006 г. сформировался упоминавшийся выше эрозионный желоб в постройке вулкана. В рамках описанной выше общей тенденции развивалось и последнее извержение вулкана, имевшее кульминацию 19 августа 2008 г.

Вероятность пароксизмальных разрушений в. Безымянный

Среди вышеизложенного присутствуют аргументы как в пользу возможности пароксизмального разрушения юго-юго-восточного сектора вулкана, так и против этой возможности. В пользу разрушения, наряду с анализом современного состояния постройки вулкана, свидетельствует сам факт формирования обвального пирокластического потока в начале ноября 2007 г.

В то же время сравнительно «спокойный» характер и «аккуратное» протекание эксплозивно-эффузивной кульминации извержения 19-20 августа 2008 г. не привело к развитию пароксизмальных разрушений, что свидетельствует о возможной недостаточности рядового извержения в качестве провоцирующего фактора для пароксизмальных разрушений. На наш взгляд, возможны три причины, обусловившие эту недостаточность: 1) локализация предварявшего извержение деформационно-экструзивного процесса исключительно в вершинной части эрозионного желоба; 2) блокирование перемещения лавового потока обрывом кальдеры и за счет этого передача значительной части напряжений на породы сомма-

Безымянного с соответствующим уменьшением сталкивающего момента, воздействующего на породы в секторе возможных обрушений; 3) отсутствие пирокластических потоков, оказывающих мощное эродирующее воздействие на обломочные породы, обнажающиеся в основании купола.

Трудно ожидать, что подобное сочетание причин, обусловивших отсутствие разрушений, останется неизменным в ходе ближайших извержений. Наличие мощного деформационно-экструзивного процесса, предваряющего эксплозивно-эффузивную кульминацию извержений, позволяет по-прежнему рассматривать постройку в. Безымянного как переходную форму между экструзивным куполом и стратовулканом, обладающую наиболее опасным сочетанием ослабленных зон. В юго-юго-восточной части в настоящее время сформировались все условия для пароксизмального разрушения. Для реализации этих условий необходимо лишь незначительное смещение зоны предваряющего деформационно-экструзивного процесса в сторону потенциально-опасного сектора и (или) эродирующее воздействие достаточно мощного пирокластического потока на обломочные породы, обнажающиеся в основании ослабленного сектора.

Также следует учитывать, что в случае пароксизмального разрушения юго-юго-восточного сектора постройки вулкана Безымянного в зоне возможного поражения направленной эксплозией оказывает полевой лагерь «Плотина».

Возможность деформационного прогноза пароксизмальных разрушений

Вышеприведенный пример неэффективности использования сейсмических методов для прогноза пароксизмальных разрушений андезитовых вулканов с переходной экструзивно-стратовулканической структурой вполне обычен. В 1985 г. прогноз пароксизма в. Безымянный был также не подтвержден по сейсмическим данным [Малышев, 2000], что, собственно, и не позволило максимально привлечь силы и средства Института вулканологии к изучению развития этого уникального извержения.

Однако существует альтернативный метод прогноза подобных извержений, которому в настоящее время, на наш взгляд не уделяется достаточного внимания. Это метод визуальной и (или) наземной фотограмметрической регистрации деформаций, возникающих и развивающихся в активной зоне постройки вулкана в преддверии кульминации каждого рядового эпизода активности вулкана.

В 80-е годы прошлого века именно этот метод на визуальной основе довольно успешно использовался А.И. Малышевым для прогноза извержения в. Безымянного. Наиболее детально циклы предкульминационных деформаций отслежены для извержений 1984–1986 гг. Более того, для июньского и декабрьского извержений 1986 гг. была предпринята количественная оценка закономерностей нарастания деформаций в преддверии кульминации извержений [Малышев, 1995]. Был установлен гиперболический характер нарастания деформаций постройки купола в этих извержениях, что, с одной стороны, позволило предсказать эксплозивную кульминацию декабрьского извержения 1986 г., а с другой — исключить возможность подобной кульминации для затяжного эффузивного развития извержения в 1987 г.

Опыт 80-х годов прошлого века и имеющиеся данные о современных извержениях в. Безымянного показывают, что деформационный метод прогноза по сравнению с классическим методом сейсмических наблюдений имеет преимущества прежде всего в заблаговременности: если поверхностные землетрясения в лучшем случае начинают регистрироваться за 2–3 дня до крупных всплесков активности в. Безымянного, то деформации в его постройке обнаруживаются за 4–6 недель (иногда за 2 месяца). Закономерный характер нарастания деформаций позволяет использовать в плане прогноза именно те количественные методы, которые некогда зародились в попытках прогноза извержений в. Безымянного 1986–1987 гг. и в развитии которых в последнее время достигнут определенный прогресс [Малышев, Тихонов, 2007].

Все вышесказанное справедливо применительно в том числе и к рядовым извержениям в. Безымянного. Однако наибольший интерес представляет анализ развития предкульминационных деформаций в постройке вулкана в том случае, если возникли условия крупных пароксизмальных разрушений переходных экструзивно-стратовулканических структур в постройке вулкана. В частности, для современного состояния в. Безымянного актуально отслеживание области локализации предкульминационных деформаций: смещение этой области в сторону ослабленного юго-юго-восточного сектора вулкана резко повышает

вероятность пароксизмального разрушения, тогда как смещения зоны деформаций в других направлениях эту вероятность понижает.

В свою очередь, по площади распространения деформаций в постройке вулкана при прочих равных условиях можно судить о накопленном в постройке вулкана энергетическом потенциале, а следовательно, и о силе предстоящего извержения. Так пароксизм 1985 г. предварялся деформациями на большей, по сравнению с осенним извержением 1984 г., площади. Кроме этого уже в процессе развития деформаций было зарегистрировано прогрессирующее смещение зоны деформаций в сторону ослабленного блока, что, собственно, и позволило подтвердить долгосрочный и дать краткосрочный прогноз на пароксизмальный характер извержения.

Выводы

Все вышесказанное показывает, что переходные экструзивно-стратовулканические структуры наиболее опасны в плане пароксизмальных разрушений по сравнению с экструзиями и стратовулканами. В настоящее время подобная структура сформировалась в постройке в. Безымянного и активно формируется в постройке Молодого Шивелуча. Более того, в настоящее время в постройке в. Безымянный имеются благоприятные условия для пароксизмального разрушения его юго-юго-восточного сектора, которое может произойти в ходе ближайших извержений вулкана. Представляется, что для прогноза как рядовых извержений этого вулкана, так и пароксизмальных разрушений его постройки, может быть наиболее полезным отслеживание нарастания деформационных изменений в постройке вулкана дистанционными методами.

Список литературы

Алидибиров М.А., Богоявленская Г.Е., Кирсанов И.Т., Фирстов П.П., Гирина О.А., Белоусов А.Б., Жданова Е.Ю., Малышев А.И. Извержение вулкана Безымянный в 1985 году // Вулканология и сейсмология, 1988. № 6. С. 3-17.

Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Богоявленская Г.Е., Максимов А.П. Вулкан Безымянный: история формирования и динамика активности // Вулканология и сейсмология, 1990. № 2. С. 3–22.

Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955–1963 гг.). М.: Наука, 1965. 170 с.

Малышев А.И. Жизнь вулкана. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2000. 262 с.

Малышев А.И. Извержения вулкана Безымянный в 1981-1984 гг. // Вулканология и сейсмология, 1987. № 2. С. 89-93.

Малышев А.И. Динамика эруптивной активности вулкана Безымянный в 1986–1987 гг. // Вулканология и сейсмология, 1995. № 3. С. 16–27.

Малышев А.И., Тихонов И.Н. Нелинейные закономерности развития сейсмического процесса во времени // Физика Земли, 2007. № 6. С. 37-51.

Мелекесцев И.В., Брайцева О.А. Гигантские обвалы на вулканах // Вулканология и сейсмология, 1984. № 4. С. 14–23.

Alidibirov M.A., Belousov A.B., Kravchenko N.M. The Directed Blast Phase of the Eruption of Bezymyannyi Volcano in 1985 // Volcanology and Seismology, 1990. V. 9(5). P. 798-811.

Lipman P.W., Mullineaux D. R. (editors) The 1980 Eruption of Mount St. Helens, Washington. U.S. Geological Survey Professional Paper. V. 1250. 1981. 844 p.