

RUSSIA-JAPAN-US PARTNERSHIP TO UNDERSTAND EXPLOSIVE VOLCANISM

John Eichelberger¹, Evgenii Gordeev², and Takehiro Koyaguchi³

¹*Geophysical Institute, Univ. of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK, USA*

²*Inst. of Volcanology and Seismology, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

³*Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan*

Introduction

Arc volcanoes are inherently unstable structures, prone to sudden failure. When this occurs, magma at shallow depth undergoes catastrophic decompression, leading to eruptions first of exceptional violence and then of exceptional duration. Such events represent both a hazard we must evaluate and an opportunity to understand crustal magma systems through a natural “pressure test”.

The eruption sequences of Bezymianny Volcano, Russia; Sheveluch Volcano, Russia; and Mount St Helens, USA; initiated in 1956, 1964, and 1980 respectively, provide the opportunity to view temporal stages in response of similar magma systems to decompression. Moreover, they provide the opportunity to engage Russian, Japanese, and American students in internationally collaborative research. This new project is especially timely in light of the coming 50th anniversary of the great eruption of Bezymianny, where the phenomenon of coupled sector-collapse and blast was first closely observed, and the unexpected renewal of eruptive activity at Mount St Helens in October 2004.

Value of volcanic comparisons and international collaboration

Volcanoes are complex systems that seem at first look to be individually unique. Many kinds of observations can be made of such natural systems, some of which may be “noise” and some of which may be keys to new understanding. We are interested in what parameters control system behavior so that useful risk assessment and eruption forecasting will be possible. If we take a global view, we find that there are volcanoes with remarkable similarities, and that we can use these sites as natural laboratories where we can isolate the effect of individual variables, such as crustal setting, tectonic setting, depth to subducting slab, time, etc.

In casting a global net, we accrue another advantage: that of expanding the set of hypotheses to be considered. Scientists exchange ideas most often with peers in their own language and country, and most research proposals and many publications are reviewed internally within countries. This is a matter of convenience and cost, but it sets unnecessary limits on the scope of thought. The volcanological communities of the US, Russia, and Japan are no exception to this limitation.

We are beginning a project of detailed comparison of two volcanoes in Russia and one in the United States that seem to be following remarkably similar paths of evolution. It draws on the strengths of geophysical monitoring capabilities and historical geochemical data sets in Russia and the US, and on eruption modeling capabilities in Japan and Russia. The variable we wish to isolate is time, so that we can anticipate future activity of Mount St Helens, now in eruption. We also anticipate that we can learn much about the initiation of explosive eruptions in general.

Methods of investigation

We emphasize use of three observational techniques in concert: seismology, geodesy, and petrology. Much work has been done at all three volcanoes of interest, therefore our task is to supplement existing data so that data sets are sufficient and equivalent. Locations of seismic events reveal both the vicinity of where magma or hydrothermal fluids are moving and, because magma itself cannot fracture except at very high strain rates, where magma is absent. Additionally, tomographic techniques allow for 3-D imaging of physical parameters beneath the volcanoes. Geodetic measurement of surface deformation provides a means of determining the depth of

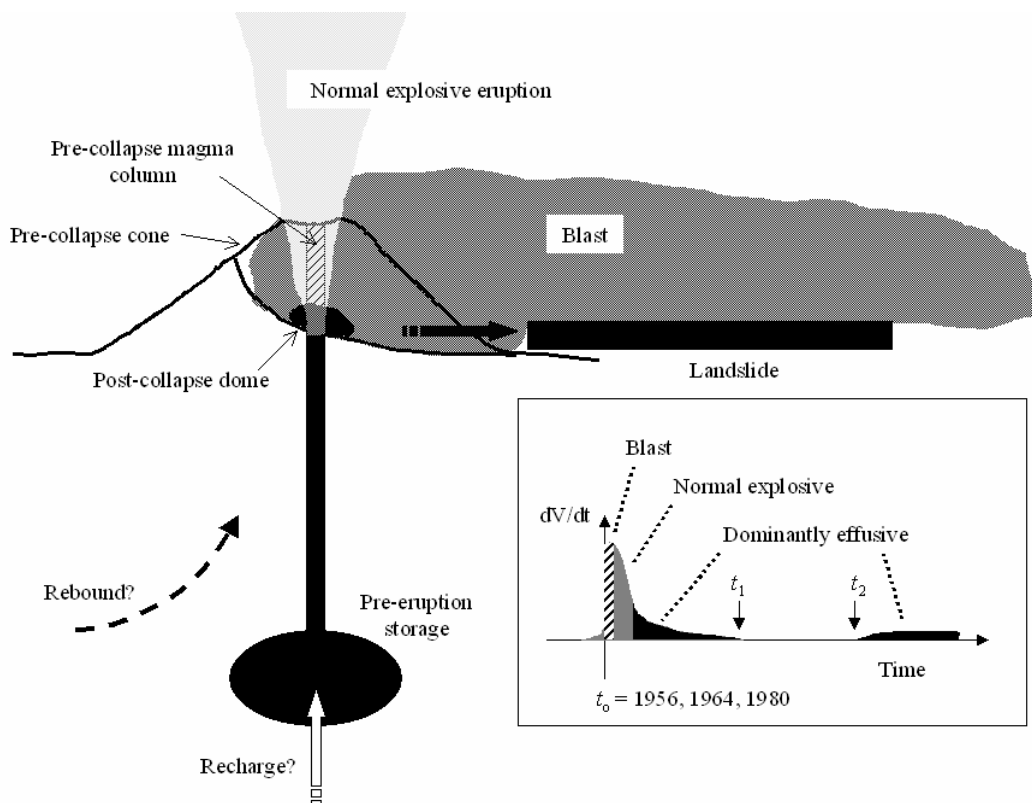


Fig. 1: Schematic sketch of sector collapse sequence. Cone collapses to produce a landslide. Simultaneously, magma within the cone expands explosively in a directed blast. Once this material is out of the way, a normal explosive eruption ensues. Following the prompt explosive response to decompression, dome growth over many years gradually restores the pre-collapse pressure condition within the magma column.

eruption-related inflation and deflation, as well as constraining the magma flux involved. Petrology provides an independent line of evidence for depth of storage in terms of pressure of last thermodynamic equilibrium. Changes in bulk composition may reflect new magma inputs with time, perhaps triggered by the unloading event, or vertical zonation of a progressively tapped magma column. Disequilibrium within phases can be used to determine the time between perturbation of the system and eruptive quenching. These observations will provide critical new constraints on system boundary conditions, through which dynamical models for explosive and effusive eruption can be improved.

The work will be accomplished by bi- and trilateral teams with an emphasis on involvement of students and young scientists. The equal objectives of this program are significant scientific progress and lasting international collaboration. A Partners in International Research and Education (PIRE) grant from the US National Science Foundation supports US students and scientists in this research as well as a substantial proportion of logistical and equipment costs in Russia. Collaborators (besides the authors) include E. Vesna, D. Melnikov, A. Belousov, M. Belousova, and O. Melnik of Russia and P. Izbekov, J. Freymueller, M. West, and J. Pallister of USA.

РОССИЙСКО-ЯПОНСКО-АМЕРИКАНСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ИЗУЧЕНИИ ЭКСПЛОЗИВНОГО ВУЛКАНИЗМА

Джон Айкельбергер¹, Евгений Гордеев², Такехиро Коягучи³

¹Аляскинская вулканологическая обсерватория Геофизический Институт,
Университет Аляски, г. Фэрбенксе

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

³Институт изучения землетрясений, Университета г. Токио, Япония

Введение

Вулканы островных дуг представляют собой нестабильные структуры, склонные к обрушениям. Когда подобные обрушения происходят, магма, находящаяся на малой глубине, испытывает сильнейшую декомпрессию. В результате этого происходят извержения вначале невероятной силы, а затем — продолжительности. Такие события представляют высокую опасность и, одновременно, при помощи природного «теста на давление», дают возможность понять магматические системы земной коры.

Изучение последствий извержений вулканов Безымянный, Шивелуч и Сент-Хеленс, произошедших в 1956, 1964 и 1980 гг., соответственно, дает возможность наблюдать временные этапы, возникающие в результате декомпрессии схожих магматических систем. Более того, это дает возможность привлекать студентов из России, Японии и Америки к международному сотрудничеству. Этот новый проект сейчас особенно актуален, во-первых, в связи с годовщиной извержения вулкана Безымянный, в ходе которого удалось впервые вблизи наблюдать феномен секторного обрушения, сопряжённого с направленным взрывом, а во-вторых, в связи с неожиданным возобновлением эруптивной деятельности вулкана Сент-Хеленс в октябре 2004 г.

Ценность международного сотрудничества и сравнения вулканологических исследований

Вулканы — это сложные системы, каждая из которых по-своему уникальна. Существует множество вариантов наблюдений за этими естественными системами. Одни наблюдения могут быть бесполезными, а другие — служат ключом к новым знаниям. Мы стремимся понять, какие же параметры управляют поведением системы, что позволит нам не только предсказать извержение, но и оценить связанный с этим риск. В мировом масштабе мы можем обнаружить вулканы, удивительно схожие между собой. Мы можем использовать эти вулканы в качестве природных лабораторий, можем исключить их индивидуальные особенности, такие, например, как тектоническое положение, глубина погружающейся плиты, время и пр.

Создав всемирную сеть, мы получим ещё большее преимущество, поскольку расширим направления гипотез, которые необходимо обсудить. Учёные обмениваются опытом в пределах собственных страны, разговаривая на собственном языке, большинство исследований и публикаций не выходят за пределы их стран — так проще, и это требует меньших затрат. Однако подобный подход препятствует обмену научными достижениями. Это в равной степени затрагивает и вулканологические сообщества России, США и Японии.

Мы начинаем новый проект по подробному сравнению двух вулканов России и вулкана в США, которые, похоже, развиваются удивительно схожим образом. Он включает в себя все возможности геофизического мониторинга и исторические геохимические данные в России и США, а также возможности эруптивного моделирования в Японии и России. Время — это та особенность, которую мы хотим выделить, что позволит нам предугадывать в будущем активность вулкана Сент-Хеленс, который извергается в данный момент. Мы также надеемся в полной мере изучить зарождение и весь процесс эксплозивного извержения.

Методы исследования

Мы придаём особое значение трём взаимосвязанным видам наблюдения: сейсмологии, геодезии и петрологии. Уже проделана большая работа в отношении трёх интересующих нас вулканов, поэтому нашей задачей является дополнить существующие данные, чтобы весь объём данных был исчерпывающим и равноценным. Местоположение сейсмического события указывает одновременно на области движения магмы или гидротермальных флюидов, а также на области отсутствия магмы. Помимо этого, существует метод томографии, который позволяет создавать трёхмерные картины физических параметров под вулканами. Геодезические измерения поверхностных деформаций позволяют определять глубину опусканий или воздыманий вулканической постройки, связанных с извержением; а также связь с давлением магматического потока. Петрология предоставляет независимые свидетельства о глубинах очагов исходя из давлений при последнем термодинамическом равновесии системы.

Изменения химического состава могут отражать поступление новой магмы со временем, вероятно спровоцированное, снятием нагрузки, либо поступлением новой магмы из магматической колонны. Неравновесность фаз можно использовать для определения времени между возмущением системы и ее стабилизацией в ходе извержения. Эти наблюдения дадут новую информацию о граничных условиях данной системы, в результате чего динамические модели эксплозивных и эффузивных извержений получат дальнейшее развитие.

Работу будут проводить группы, сформированные из представителей двух или трёх стран. Особое внимание будет уделено привлечению к участию студентов и молодых учёных-специалистов. Цели данной программы — достижение значительных успехов в развитии науки и создание долгосрочного международного сотрудничества. Грант «Сотрудничество в международных исследованиях и образовании» (PIRE), полученный от US NSF, спонсирует как учёных и студентов с американской стороны, так, в равной степени, и со стороны России. Сотрудниками данного проекта, среди прочих, являются Е. Весна, Д. Мельников, А. Белоусов, М. Белоусова, О. Мельник с российской стороны и П. Избеков, Дж. Фреймуеллер, М. Уэст и Дж. Паллистер с американской стороны.