

## **Особенности химического состава продуктов извержения вулкана Безымянный в марте 2019 г.**

**Н.В. Горбач, О.А. Гирина**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [n\\_gorbach@mail.ru](mailto:n_gorbach@mail.ru)*

Приведены данные о составе продуктов извержения вулкана Безымянный в марте 2019 г. Ювенильные фрагменты из отложений пирокластического потока, заполнитель пирокластического потока и пеплы, отобранные вблизи вулкана, отвечают умереннокалиевым известково-щелочным андезибазальтам с содержанием  $\text{SiO}_2$  -54.6-56.6 мас. %. Андезибазальты недавнего извержения являются наиболее основными разностями среди пород современного эруптивного цикла и приближаются по составу к наиболее примитивным продуктам более ранних этапов активности вулкана.

### **Извержения вулкана Безымянный в 2019 г.**

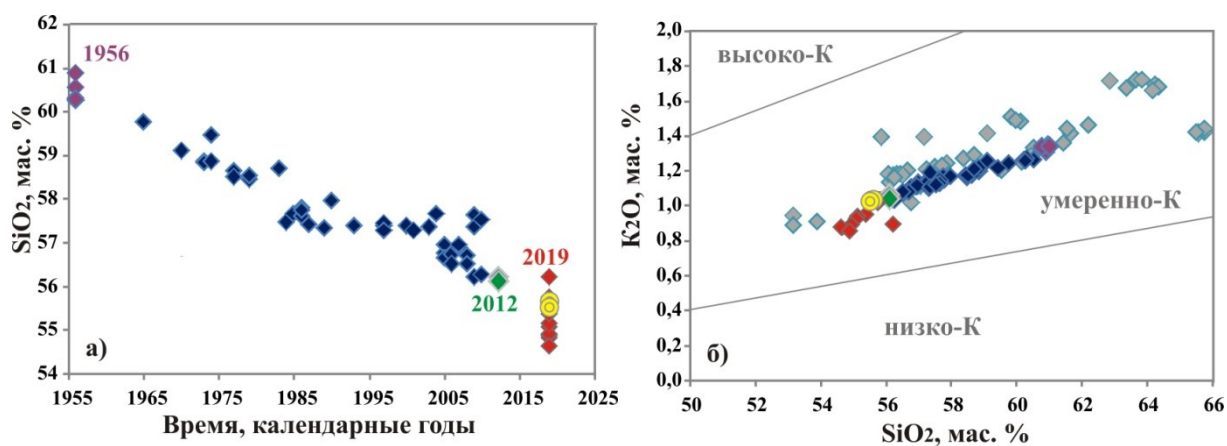
В 2019 г. произошло два эксплозивных извержения вулкана Безымянный. 20 января эксплозии поднимали пепел до 10-12 км н.у.м., пепловый шлейф распространялся на северо-запад от вулкана. Пеплопаду была подвержена территория Камчатки, Магаданской области и части Охотского моря площадью около 200 тыс. км<sup>2</sup> [3]. Следующее извержение с подъемом эруптивной колонны до 15 км н.у.м. наблюдалось 15 марта. Пепловая туча перемещалась на восток и северо-восток от Безымянного, в результате от вулкана до океана протянулась полоса отложений пепла площадью около 2500 км<sup>2</sup> [3]. На западном, северо-восточном, южном и юго-восточном склонах вулкана образовались отложения пирокластических потоков.

### **Химический состав продуктов извержения 15 марта 2019 г.**

Для характеристики вещественного состава продуктов извержения 15 марта 2019 г. было изучено 12 образцов, отобранных в ходе полевых работ летом 2019 г. Образцы представлены ювенильными фрагментами лавы из отложений пирокластического потока, заполнителем пирокластических потоков и пирокластических волн, а также пеплами, отобранными вблизи вулкана. Содержания главных элементов и ряда микроэлементов определялись при помощи рентгенофлуоресцентного анализа в аналитическом центре Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск.

На рисунке показаны составы продуктов извержения и их сравнение с породами предшествующих извержений современного эруптивного цикла и более ранних периодов активности. Для сравнения были использованы данные по химическому составу продуктов извержений с 1956 по 2012 гг. из работ [1, 2, 4-7]. Состав продуктов голоценовых извержений вулкана приводится согласно работам [1, 6].

Продукты мартовского извержения относятся к известково-щелочным умереннокалиевым андезибазальтам ( $\text{SiO}_2=54.65-56.57$  мас. %,  $\text{K}_2\text{O}=0.86-1.11$  мас. %  $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.61-1.83$ , пересчитано на безводный остаток). Фрагменты пластичной лавы в отложениях пирокластических потоков содержат 55.56-55.64 мас. % кремнекислоты. Заполнитель пирокластических потоков обнаруживает несколько больший разброс химического состава – от 54.6 до 56.6 мас. %  $\text{SiO}_2$ , что, вероятно, связано с различным обогащением пирокластического материала минеральными фазами и вулканическим стеклом.



#### Продукты извержения 15 марта 2019 г.

- ◆ наполнитель пирокластического потока
- обломки пластичной лавы из отложений пирокластического потока

#### Продукты предшествующих извержений

- ◆ 1956 г.
- ◆ 1960-2010 гг.
- ◆ 2012 г.
- ◆ породы постройки в. Безымянный

Рисунок. Составы пород извержения вулкана Безымянный 15 марта 2019 г. и их сравнение с составами продуктов более ранних этапов активности: а) – временные вариации содержания SiO<sub>2</sub> в породах современного эруптивного цикла; б) – диаграмма SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O для пород современного эруптивного цикла и более древних извержений. Составы продуктов, изверженных с 1956 по 2010 гг., приведены по [7], 2012 г. – согласно [4]; более древних извержений – по [6].

### Петрография ювенильных фрагментов андезибазальтов из отложений пирокластического потока

Фрагменты ювенильных андезибазальтов в отложениях пирокластического потока – серые с зеленоватым оттенком пористые породы с серийно-порфиновой структурой. Вкрапленники составляют около 30-35 % от объема породы и представлены плагиоклазом (~80 % от общего количества вкрапленников), орто- и клинопироксенами и немногочисленными выделениями рудного минерала. Плагиоклаз представлен тремя генерациями, выделяющимися по размерности кристаллов. Наиболее крупные плагиоклазы достигают 3-4 мм и составляют ~10 % от общего количества фенокристаллов. Для крупных плагиоклазов типично наличие широкой промежуточной зоны с ситовидной текстурой, переполненной включениями расплава. Плагиоклазы наиболее представительной генерации размером 1-2 мм обладают тонкой ритмичной зональностью. Орто- и клинопироксены формируют призматические идиоморфные кристаллы размером до 0.7 мм и часто отмечаются в сростках с магнетитом. В одном из шлифов был обнаружен единичный реликт роговой обманки, сохранившийся внутри широкой симплектитовой каймы из агрегата пироксенов, магнетита и плагиоклаза. Основная масса пород сложена прозрачным пористым вулканическим стеклом с небольшим количеством (не более ~20 об. %) микролитов плагиоклаза.

#### Краткое обсуждение результатов

По данным работы [1], состав пород постройки вулкана Безымянный укладывается в диапазон содержаний SiO<sub>2</sub> 54.5-62 мас. %. В более поздней работе [6] среди наиболее ранних лавовых потоков вулкана было отмечено присутствие несколько более примитивных (SiO<sub>2</sub> ~ 53.3 мас. %) пород. Андезибазальты извержения 15 марта 2019 г. являются наиболее основными разностями среди пород современного эруптивного цикла (рисунок) и приближаются по составу к наиболее примитивным продуктам более ранних этапов активности вулкана [1, 6]. По сравнению с

ювенильными продуктами катастрофического извержения 30 марта 1956 г., содержания  $\text{SiO}_2$  в андезибазальтах недавнего извержения снизилось на ~6-7 мас. %.

При рассмотрении временных вариаций (рисунок, а) состава пород вулкана с 1956 по 2019 гг., видно, что на фоне общего антидромного тренда выделяются несколько периодов, отличающихся интенсивностью снижения содержания кремнекислоты. Так, с 1956 по начало 1980-х гг. содержание  $\text{SiO}_2$  снизилось с 61 до 57.5-58 мас. %. В этот же период произошла смена роговообманковой минеральной ассоциации (1956-1969 гг. по [5]) на роговообманково-пироксеновую, а затем в 1979-1981 гг. по [5] – на двупироксеновую ассоциацию. В течение ~20 лет (с начала 1980-х по начало 2000-х) состав оставался практически постоянным и отвечал двупироксеновым андезитам [7].

Выраженная тенденция к прогрессивному снижению  $\text{SiO}_2$  ниже 56 мас. % в породах последовательных извержений появилась с начала 2000-х гг. (рисунок, а). Смена андезитовых на андезибазальтовые составы находит отражение в эруптивном процессе. Так, в работе [2] было отмечено, что лавовый поток, сформированный после январского извержения в 2005 г., являлся менее вязким по сравнению с лавами предыдущих извержений. Ювенильный лавовый материал пирокластических потоков извержений 2005 г. [2] и 2019 г. имеет следы пластических деформаций, что свидетельствует об относительно высокой температуре лав, поступивших на поверхность земли с пирокластическими потоками.

Геологические и тефрохронологические исследования [1] показывают, что в истории эруптивной активности вулкана Безымянный смена роговообманковых и роговообманково-пироксеновых андезитов на двупироксеновые андезиты и андезибазальты происходила неоднократно. После пароксизмальных событий, подобных катастрофическому извержению 1956 г., следовали сравнительно длительные (100-400 лет) эруптивные циклы, в течение которых извергались, в основном, лавовые потоки двупироксеновых андезитов и андезибазальтов [1, 5]. Текущее состояние вулкана, по всей видимости, отвечает середине такого цикла.

Работа была выполнена при частичной поддержке программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития ДВО РАН» (№ 18-5-091).

### Список литературы

1. *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.
2. *Гирина О.А., Горбач Н.В.* Извержение вулкана Безымянный в 2005 г, Ключевская группа вулканов, Камчатка // Материалы международного симпозиума «Проблемы эксплозивного вулканизма». Петропавловск–Камчатский, 25-30 марта 2006 г. С. 87-97.
3. *Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г. и др.* Анализ извержений вулкана Безымянный в 2019 г. с помощью дистанционных методов исследований // Материалы 17-ой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". 2019. М.: ИКИ РАН. DOI: 10.21046/17DZZconf-2019a.
4. *Давыдова В.О., Щербаков В.Д., Плечов П.Ю., Перепелов А.Б.* Петрологическая характеристика мафических включений в продуктах современных извержений вулкана Безымянный, Камчатка, 2006-2012 гг. // Петрология. 2017. Т. 25. № 6. С. 609-634.
5. *Кадик А.А., Максимов А.П., Иванов Б.В.* Физико-химические условия кристаллизации и генезис андезитов (на примере Ключевской группы вулканов) / Отв. ред. Л.В. Дмитриев. М.: Наука. 1986. 157 с.
6. *Almeev R.R., Kimura J.I., Ariskin A.A., Ozerov A.Y.* Decoding crystal fractionation in calc-alkaline magmas from the Bezymianny Volcano (Kamchatka, Russia) using mineral and bulk rock compositions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2013. Т. 263. P. 141-171.
7. *Turner S.J., Izbekov P., Langmuir C.* The magma plumbing system of Bezymianny Volcano: Insights from a 54-year time series of trace element whole-rock geochemistry and amphibole compositions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2013. Т. 263. P. 108-121.