

## **Сильная эксплозивная активность вулкана Карымский в 2022 г.: отложения, механизм**

*Белоусов А.Б.<sup>1</sup>, Белоусова М.Г.<sup>1</sup>, Двигало В.Н.<sup>1</sup>, Шакирова А.А.<sup>2</sup>, Давыдова В.О.<sup>3</sup>, Басанина А.Е.<sup>3</sup>*

**Strong explosive activity of Karymsky volcano in 2022: deposits and eruption mechanism**  
*Belousov A.B., Belousova M.G., Dvigalo V.N., Shakirova A.A., Davydova V.O., Basanina A.E.*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;  
e-mail: belousov@mail.ru*

<sup>2</sup> *Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва*

В 2022 г. на вулкане Карымский произошла серия сильных эксплозий, визуальные данные о которых оказались очень ограничены. Мы реконструировали характер и последовательность событий этой эруптивной активности, а также предложили возможный механизм на основе изучения образовавшихся пирокластических отложений с привлечением всей иной доступной информации (визуальные наблюдения, сейсмика, акустика, космические и аэрофотоснимки).

### **Введение**

Карымский – один из самых активных вулканов Камчатки, находящийся в состоянии практически непрерывного извержения с момента первых описаний в середине XII века (рис. 1). Активность Карымского вулкана – преимущественно классического вулканского типа [3]. Она проявляется в виде частых выбросов бомб типа хлебной корки и пепла на высоту 1-3 км из центрального кратера, сопровождающихся периодическим излиянием глыбовых потоков сильно вязкой андезитовой лавы [1]. На фоне этой слабой – умеренной активности иногда (например, извержения 1962-1965 гг. и 1996 г.) происходят более сильные эксплозивные события.



Рис. 1. Общий вид конуса вулкана Карымский с юго-востока, июль 2023 г. Верхняя часть конуса прорезана радиальными желобами, эродированными бомбовыми лавинами эксплозий 2022 г. Все фото А. Белоусова.

### **Активность вулкана Карымский в 2022 г.**

По акустическим, сейсмическим и спутниковым данным, активность вулкана в 2022 г. включала серию разномасштабных эксплозий, среди которых выделяются два основных (наиболее сильных) эксплозивных события: 20 апреля и 13 июля (рис. 2). Эруптивные облака достигали высоты 5-10 км над кратером (данные КФ ФИЦ ЕГС РАН). Проведенные нами летом 2023 г. полевые работы показали, что эти события сформировали принципиально различные пирокластические отложения и, соответственно, имели различные механизмы образования.

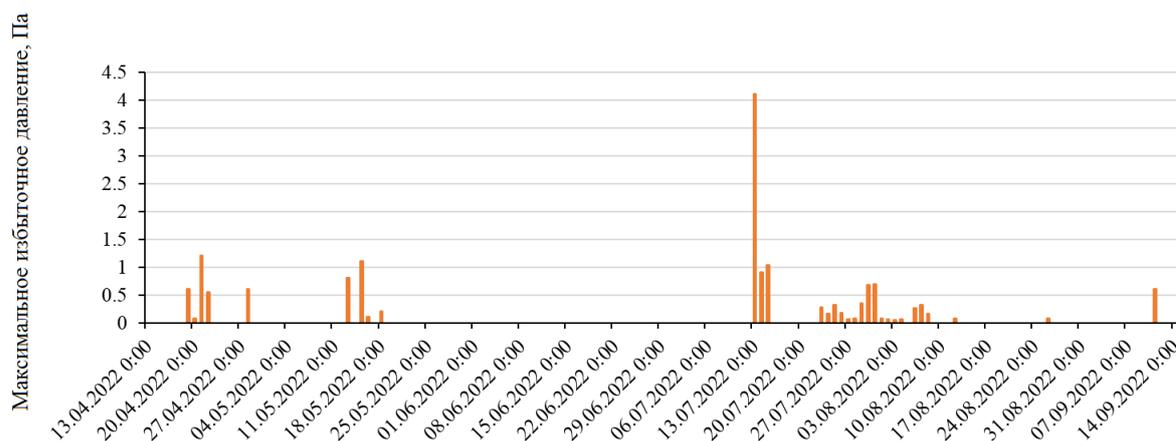


Рис. 2. Максимальное избыточное давление, зарегистрированное инфразвуковой станцией, от эксплозий вулкана Карымский 2022 г.

Несмотря на значительные различия в облике и типе продуктов извержений, их ювенильный материал выдержан по валовому химическому составу (61.1-61.9 масс. %  $\text{SiO}_2$ , 1.5-1.6 масс. %  $\text{K}_2\text{O}$ ) и набору фенокристаллов: резко преобладающий плагиоклаз со слабо выраженной зональностью ( $\text{An}_{52-66}$ ) и единичными реликтовыми ядрами ( $\text{An}_{83-88}$ ); клинопироксен ( $\text{Mg}\# \sim 73$ ); ортопироксен ( $\text{Mg}\# 69-71$ ) и микрофенокристи титаномагнетита. Принципиальные различия отмечаются в структурно-текстурных особенностях образцов: вариации содержания вкрапленников (от  $\sim 10\%$  до  $\sim 30\%$ ), структурах основной массы (от стекловатой до практически полностью раскристаллизованной, с интерстициями, выполненными стеклом риолитового состава), морфология микролитов (от отдельных таблитчатых кристаллов до многочисленных игольчатых скелетных кристаллов). Геохимические и петрографические особенности свидетельствуют о том, что эволюция магмы, питавшей эксплозии, шла по единому сценарию и в сходных условиях вплоть до начала преедруптивных процессов, в ходе которых формировались их различия.

По сейсмическим данным эксплозивная деятельность 20 апреля продолжалась около 3 часов и привела к образованию у подножья конуса вулкана обширного поля (площадью около  $1 \text{ км}^2$ ) весьма необычных пирокластических потоков, состоящих из крупных (1-3 м) бомб сильно вспененного андезита, часто имеющих стекловатую «хлебную корку», без присутствия мелкообломочного заполнителя (рис. 3), а также узкого шлейфа маломощных (1-5 см) отложений тефры, представленной смесью пемзовых лапилли и стекловатого грубо-зернистого пепла. Литологические характеристики пирокластических потоков 20 апреля не имеют, насколько известно авторам, близких аналогов как на вулкане Карымский, так и на других вулканах мира.

Характеристики материала потоков позволяют предположить, что эксплозивная деятельность 20 апреля была связана с быстрым подъемом по каналу вулкана новой порции горячей (содержащей мало фенокристаллов и микролитов), относительно маловязкой и сильно газонасыщенной магмы: эта магма при закалке во внешних частях бомб дала стекловатый андезит, а во внутренних частях бомб сильно вспенивалась и образовывала пемзовидный и шлаковидный андезит. Часть растворенных летучих начинала отделяться в газовые пузыри еще во время подъема магмы по каналу. Необычно низкая вязкость магмы этого извержения позволяла отделяющимся летучим формировать большие (десятки см) газовые пузыри, которые могли всплывать в магме при ее подъеме по каналу, а при выходе на поверхность в кратере вулкана фрагментировать ее, разбрасывая крупные бомбы. Бомбы выбрасывались на небольшую высоту и небольшое расстояние от кратера; большая их часть выпадала в прикратерной области на склоны конуса вулкана, образуя бомбовые лавины. В процессе движения лавин по склонам вулкана, внутренняя часть бомб оставалась

пластичной и продолжала вспениваться, что приводило к их сильному раздутию и последующей пластичной деформации (смятию) (рис. 3). Эта необычная, не имеющая аналогов взрывная деятельность приводила к формированию материала преимущественно грубообломочной (бомбовой) размерности. Относительно небольшое количество образовавшейся мелкообломочной пироклаستيкулы не выпало на склоны вулкана вместе с бомбами, а было вынесено вверх в составе конвективного пеплогазового облака, которое сносилось ветром далеко на юго-восток, отложив узкий шлейф тефры (грубый стекловатый пепел и пемзовые лапилли размером до 6.5 см) с максимальной толщиной слоя отложений до 5 см в районе дома экспедиционной базы ИВиС ДВО РАН (3.5 км от вулкана).



Рис. 3. Пирокластический поток бомб сильно вспененного андезита 20 апреля 2022 г. На переднем плане – бомба этого потока, которая вспенилась и деформировалась в процессе движения. Размер бомбы больше 2 м.

Взрывная деятельность 13 июля существенно отличалась от извержения 20 апреля как по характеру образовавшихся пирокластических отложений, так и по механизму взрывной деятельности. Это извержение привело к выбросу большого количества угловатых бомб относительно хорошо раскристаллизованного плотного андезита, часть которых была выброшена по баллистическим траекториям на расстояние до 2.5 км от кратера вулкана, где оставила широкие (до 5 м) и глубокие (до 2 м) воронки (рис. 4а) в поясе кустарников ольхового стланика на юго-восточном подножье конуса и на поверхности пирокластических потоков извержения 20 апреля, а часть выпала на склоны конуса вокруг кратера, сформировав протяженные (более 1.5 км) лавины грубообломочного материала (рис. 4б).

В ходе этой взрывной активности была разрушена телеметрическая сейсмическая станция КФ ФИЦ ЕГС РАН. Характеристики выброшенного материала позволяют предположить, что взрывная деятельность 13 июля разрушила внутрикратерный купол, который, вероятно, сформировался в кратере после выбросов 20 апреля. Механизм разрушения купола можно представить как «классический» выброс вулканической пробки с ее фрагментацией по механизму «волны дробления» М. Алидибирова [2].

Извержения 20 апреля и 13 июля существенно изменили внешний облик вулкана Карымский и параметры его постройки. В верхней части конуса образовались многочисленные радиальные рытвины (см. рис. 1), эродированные пирокластическими потоками (бомбовыми лавинами).

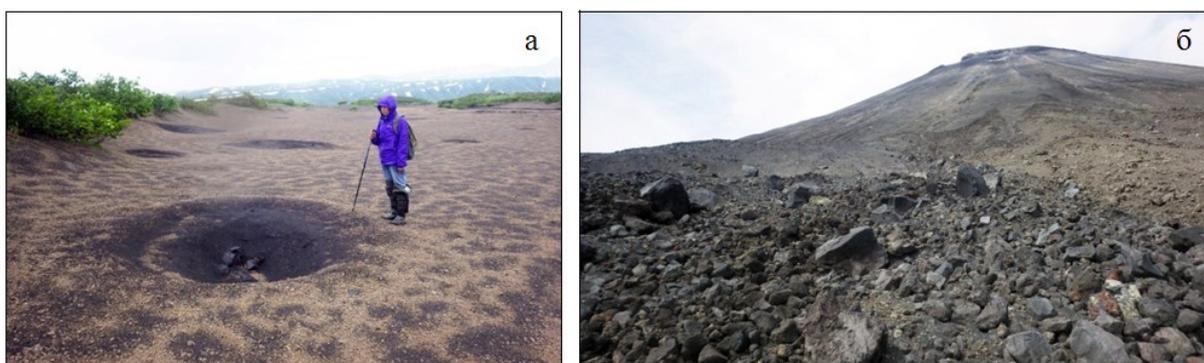


Рис. 4. Последствия эксплозивной активности вулкана Карымский 13 июля 2022 г.: а – воронки от падения бомб плотного андезита (ювенильный материал); б – пирокластический поток, состоящий из бомб плотного андезита.

По результатам аэрофотосъемки 28 декабря 2022 г., кратер вулкана имеет размер 302×331 м. По сравнению с результатами предыдущей аэрофотосъемки (17 июля 2018 г.), средний диаметр кратера увеличился с 252 м до 316 м (рис. 5), а глубина кратера – с 131.9 м до 146.2 м. Максимальная высота конуса вулкана уменьшилась на 16.1 м.

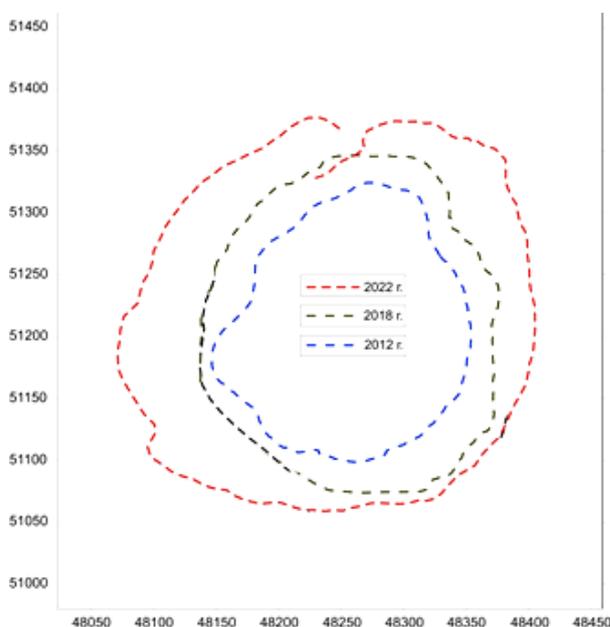


Рис. 5. Контуры гребней кратера вулкана Карымский в 2012-2022 гг.

Авторы благодарят Томаса Вальтера за помощь в проведении аэросъемки вулкана Карымский в 2018 г., А.Ю. Озерова за организацию полета и съемки в 2022 г., А.В. Шевченко и В.А. Цветкова за предоставленные к обработке материалы аэросъемок.

#### Список литературы

1. *Иванов Б.В.* Извержение Карымского вулкана в 1962-1965 гг. и вулканы Карымской группы. М.: Наука, 1970. 134 с.
2. *Alidibirov M., Dingwell D.* Three fragmentation mechanisms for highly viscous magma under rapid decompression. // *Journal of Volcanology and Geothermal Research.* 2000. V. 100. P. 413-421.
3. *Clarke A., Ongaro T.E., Belousov A.* Vulcanian explosions. / In: Sigurdsson H. et al. (Eds.) *The encyclopedia of volcanoes.* Elsevier, 2015. P. 505-518.