

## КАЛЬДЕРЫ ЮЖНОГО СЕКТОРА КАРЫМСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА - НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЭВОЛЮЦИЮ РАЗВИТИЯ

*Гриб Е.Н., Леонов В.Л.*

*Институт вулканологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский.*

Геологическое строение Карымского вулканического центра (КВЦ) достаточно детально изучено предшествующими исследователями [1]. Однако извержение в Карымском озере в 1996 году побудило возвратиться к изучению истории развития кальдер южного сектора КВЦ с учетом новых представлений, связанных с этим извержением, и с использованием современных методов изучения вещественного состава вулканических пород. Кальдерный комплекс юга структуры состоит из трех телескопированно вложенных друг в друга кальдер. Наиболее древняя из них, кальдера Половинка (возраст 180-150 тыс. лет [1]), наложена на вулканический массив нижне-среднеплейстоценового возраста. Диаметр ее составляет около 10 км. Состав пирокластических отложений изменяется от высококремнистых дацитов (спекшиеся туфы) до андезитов (игнимбриты, шлаковые агглютинаты). В среднем плейстоцене на месте кальдеры Половинка сформировалась серия вулканических построек базальтового, андезитобазальтового, андезитового состава, наиболее крупной из которых был вулкан Однобокий. В истории развития вулкана отмечается два этапа катастрофических эксплозивных извержений, в результате которых сформировалась кальдера Однобокая диаметром 5-6 км. Возраст кальдеры ранее оценивался в 110-80 тыс. л. [1], однако наши работы позволяют утверждать, что вулкан моложе ледниковых отложений первой стадии верхнеплейстоценового оледенения, то есть возраст вулкана и его кальдеры не может быть древнее 50 тыс. лет [4].

Пирокластические отложения первого этапа (О-1) представлены не спекшимися пемзовыми агломератовыми туфами дацитового, в меньшей степени, риодацитового состава, и изредка игнимбритами. Пирокластический поток в основании северного борта кальдеры слабо литифицирован. Продукты второго эксплозивного этапа (О-2) состоят из дресвянистых, слабо уплотненных в основании разреза, охристых пемзовых туфов дацитового состава, содержащих фьямме сажистого типа. Степень литификации и спекания их возрастает в более поздних порциях, вплоть до появления спекшихся туфов и игнимбритов темно-серого цвета.

В верхнем плейстоцене у южной границы кальдеры Однобокой вырос вулкан Академии Наук, сложенный андезитами и дацитами. При эксплозивном извержении, произошедшем на вулкане предположительно в самом конце позднего плейстоцена, образовался кратер размером порядка 2 км, северная часть постройки была разрушена. С извержением связан небольшой, судя по площади распространения, объем слабо уплотненных пемзовых туфов, которые плащом покрывают южный склон вулкана. Состав пемзовых обломков риодацитовый. Эти отложения перекрываются пемзами, выброшенными при формировании кальдеры Карымской около 7700 лет назад [1].

Вкрапленники пирокластических отложений представлены плагиоклазом, орто- и клинопироксеном, рудными минералами, составы которых нередко отражают неравновесные состояния расплава в процессе кристаллизации. В начальных продуктах каждой кальдеры отмечена умеренно глиноземистая роговая обманка, а в дацитовых туфах кальдеры Половинка - редкие кварц и биотит. В спекшихся туфах и агглютинатах андезитового состава наблюдаются микро вкрапленники оливина со структурами скелетного роста. Характерной особенностью пемзовых агломератовых туфов кальдеры Однобокой является присутствие полнокристаллических кластеров (кумулятов), состоящих из кальциевого плагиоклаза и авгита в отложениях первого этапа и оливин-

анортитовых включений - в спекшихся туфах второго. В плагиоклаз-авгитовых сростках иногда встречается высокоглиноземистая роговая обманка, однако, чаще она образует хорошо сохранившиеся обособленные кристаллы размером до 3 мм, наблюдаемые в пемзовых агломератовых туфах на северном борту кальдеры.

Строение разрезов пирокластических отложений, связанных с образованием кальдер, неравновесный состав их минеральных фаз, состав продуктов извержения 1996 года в озере Карымском, указывают на существование разноглубинных, взаимодействующих магматических очагов в недрах структуры [2]. Глубинный промежуточный очаг, являющийся источником базальтовых магм ареального типа, расположен на глубине 18-20 км [3]. Детальное изучение разрезов пемзовых отложений северного борта кальдеры после извержения 1996 года показало, что слои базальтовой тефры встречаются в них довольно часто, начиная с середины верхнего плейстоцена. Мощность их изменяется от небольших скоплений лапиллей и шлаковых бомб до 1,5-3 (реже 10-15) метров. Степень кристалличности базальтов и их магнезиальность возрастают в продуктах более поздних извержений и зависят от мощности слоя тефры, а, следовательно, от энергетической мощности события. Минимальная глубина кровли верхнекорового очага (или системы очагов) ограничена давлением 1,5 кбар, обеспечивающим стабильность амфибола [5], что соответствует уровню 5-6 км.

Анализ состава пирокластических отложений всех трех кальдер показывает, что в каждом случае расплав в верхнекоровом очаге на предэруптивном этапе был в достаточной степени эволюционировал с формированием градиентов по составу, температуре и содержанию летучих. Присутствие водосодержащих минералов в начальных порциях продуктов катастрофических извержений свидетельствует о насыщении расплава H<sub>2</sub>O в апикали магматической камеры до уровня 5-6 вес. %.

Эволюция развития верхнекоровых очагов, цикличность их деятельности и, возможно, телескопированное строение во многом связаны с процессами тектонических активизаций, происходящими в зоне субмеридионального глубинного разлома, вдоль которого расположены рассматриваемые кальдеры. В периоды тектонических активизаций базальты из промежуточного очага поступали в основание верхнекоровой магматической системы, привносили в нее тепловой импульс, который не давал магме окончательно застыть, а наиболее мощные внедрения базальтов провоцировали крупнообъемные извержения пирокластиков. В дальнейшем они испытывали процессы гибридизации остаточными порциями кислых расплавов и последующее фракционирование. Этим объясняется, очевидно, изменение состава докальдерных построек от базальтов через андезитобазальты до андезитов, с преобладанием последних на вулкане Академии Наук. Сокращение размера каждой последующей кальдеры и объема изверженного материала свидетельствуют о постепенной закристаллизации расплава в системе верхнекоровых очагов и уменьшении объема магмы, имеющей температуру выше субсолидусной. Приуроченность ареальных извержений к северному борту кальдеры, очевидно, фиксирует эту реологическую границу магматического очага. Кристаллические кластеры плагиоклаз-авгитового и оливин-анортитового составов представляют собой кумулятивный материал, вынесенный в процессе извержения со дна магматической камеры. Высокоглиноземистая роговая обманка может представлять собой продукт кристаллизации более глубоких порций базальтоидных расплавов, где равновесное ее состояние обусловлено высоким давлением воды. Согласно [5] стабильность амфибола с глиноземистостью 10-13% возможна при давлении воды порядка 3,6 кбар, что соответствует глубине порядка 12 км.

Минералогический анализ пирокластических отложений развитых вокруг кальдеры Академии Наук указывает на то, что среди них преобладает пирокластическая, связанная с формированием кальдеры Однобокой. Очертания кальдеры в дальнейшем ослож-

нялись возникновением у южной ее границы вулкана Академии Наук, разрушением и обрушением его северного склона, а также субаквальными извержениями в северном секторе кальдеры.

Извержения в кальдере вызывали катастрофические волны цунами, как это наблюдалось в 1996 году на Карымском озере. Иногда это сопровождалось подъемом воды, о чем свидетельствуют следы высоких террас. Наиболее часто зоной перехлеста волн был центральный участок северного борта кальдеры. На этом участке пемзовые агломератовые туфы 0-1 перемыты, а с противоположного склона северного борта они практически смыты до уровня слабо литифицированных пемзовых туфов в основании разреза, которыми в настоящее время выстлано русло р. Карымской. На перемытых пемзах 0-1 залегают слабо уплотненные дресвянистые пемзовые отложения 0-2, которые не подверглись размыву. Это может определять время наиболее катастрофического эпизода, произошедшего на озере Карымском. О перехлестах воды озера во время субаквальных извержений, свидетельствуют и слои фреатомагматических песчаников, прослеженные за пределами кальдеры на северном и западном ее бортах.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 99-05-65371, № 00-15-98609 и проекта № 30-334.

#### Литература

1. Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура) / Под редакцией Масуренкова Ю.П. М: Наука, 1980, 292 с.
2. Гриб Е.Н. Петрология продуктов извержения 2-3 января в кальдере Академия Наук // Вулканология и сейсмология. 1997, №5, С.71-97.
3. Федотов С.А. Об извержениях в кальдере Академия Наук и Карымском вулкане на Камчатке в 1996г., их изучении и механизме // Вулканология и сейсмология. 1997, №5, С.3-38.
4. Четвертичные оледенения на территории СССР (основные итоги исследований рабочей группы проекта 24 МПГК «Четвертичные оледенения Северного полушария»). М.: Наука, 1987. 128 с.
5. Jonson V.S., Rutherford M. Experimental calibration of the aluminum in hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rock // Geology, 1989, V.17. № 9. P. 837-841.