

Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

# ***ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ***

***СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ***

***Подсекция  
петрологии и вулканологии***

Руководитель — зав. кафедрой, профессор Перчук А.Л.

СБОРНИК  
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва  
2025

## Содержание:

1. Рингвудит из пемз Западной Испании, новая гипотеза образования

Л.И. Глазовская . . . . . 2

2. К вопросу о петрохимической зональности четвертичных вулканических пород  
Курильской островной дуги

В.Л. Сывороткин . . . . . 7

# РИНГВУДИТ ИЗ ПЕМЗ ЗАПАДНОЙ ИСПАНИИ, НОВАЯ ГИПОТЕЗА ОБРАЗОВАНИЯ

Л.И. Глазовская

*Liudmilaglazov@yandex.ru*

Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

Изучение пемз Эль Гаско вызывает большой научный интерес в связи их минералогией, геохимией, с неясностью их генезиса. Пемзы были найдены на вершинах 2 -х холмов один из них “ Pico del Castillo” (Castle peak) около деревни Эль Гаско, другой в 20 км от него в провинции Касерес в Испании. Угловатые обломки пемз распространены на вершине холма высотой 1001 м. который является частью более высокой горы (Cotorro del Pimpolar, 1402 м). Площадь обнажения 40 на 70 метров. На глубину пемзы можно проследить в раскопках по крайней мере на метр (рис. 1). Площадь второго обнажения таких же пемз 30 на 60 м. Пемзы традиционно использовались для различного рода художественных поделок и особенно были известны курительные трубки, изготовленные из мелкопористых пемз. Разработки пемз, которые были проведены особенно интенсивно в начале 90 х годов нарушили природную форму обнажения и придали распределению обломков пемз хаотичный характер. Первые упоминания в литературе о пемзах Эль Гаско относятся к 19, началу 20 веков. В регионе отсутствует вулканическая активность.

В связи с минералогическим и геохимическим интересом к пемзам Эль Гаско региональное правительство провинции Эстрамадура (Испания) в 2003 году объявило этот район зоной научного интереса и ввело запрет на разработку пемз.



Рис 1. Обнажение пемз Эль Гаско на вершине холма.

Обнажение представлено обломками пемз размером до 50 см, редко больше, преобладающий размер обломков 20- 25 см. В некоторых обломках пемз сохранились отпечатки угля размером первые сантиметры, подобные же отпечатки угля найдены и в пемзах витрифицированных пород Португалии (рис. 2).

## **Петрологическая характеристика пемз Эль Гаско.**

Пемзы представляют собой в различной степени пористые породы, включающие обломки кварца, термически разложившегося мусковита, циркона, ильменита и рутила, которые также встречаются в верхнепротерозойских вмещающих породах. В качестве новообразованных фаз, кристаллизующихся из расплава, присутствуют кристаллиты и дендриты шпинели (герцинита), железистого оливина (гортонолита), орто- и клино-пироксены, лабрадор, редко футляровидные кристаллы кордиерита.



Рис. 2 Отпечатки угля на поверхности пемз Эль Гаско (Испания) и в Пасо Альто (Португалия).

По химическому составу пемзы характеризуются содержанием кремния (60-75%) и низким содержанием щелочей (3-4%). Стекловатая матрица является очень гетерогенной по составу: от высококремнистых стекол (чистого лешательерита) до стекол с различной пропорцией К, Na, Са и других элементов.

Изучение проведенное 2002-2010 годах подтвердило образование пемз как результат плавления пород нижележащего субстрата, который представлен хлорит мусковит кварцевыми сланцами, граувакками и кварцитами верхнепротерозойского возраста. (Diaz-Martinez, 2002, Glazovskaya et al., 2002). Особенностью стекол пемз и кристаллизующихся из них минералов является обогащение фосфором.

## **Опубликованные гипотезы происхождения пемз ЭльГаско.**

### *Гипотеза витрифицированных фортвов.*

Была высказана Дж. Ормо –шведским геологом в 2002г., который изучал пемзы Эль Гаско и нашел в них черты схожие с пемзами витрифицированных фортвов Швеции. Эти признаки были описаны Кристеном (1993): гетерогенный состав расплава, соответствие по составу нижележащим породам. отпечатки древесного угля, расположение в поле археологических находок, в некоторых случаях с сохранением остатков сооружений.

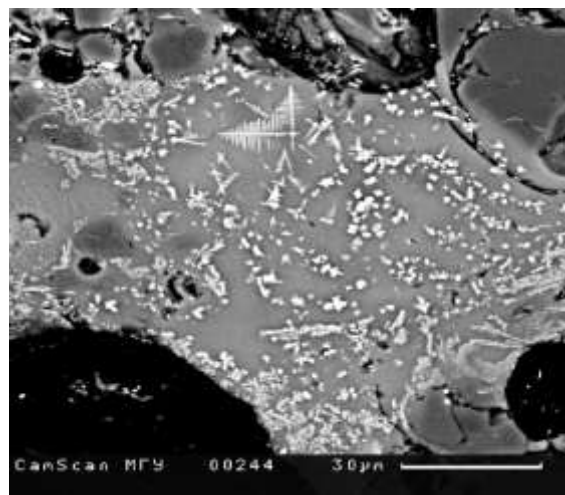
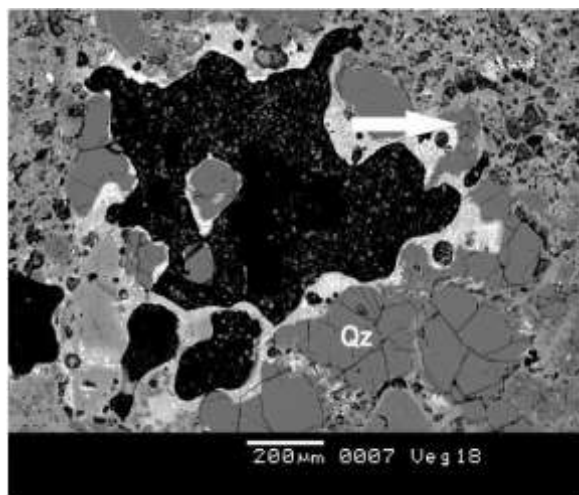


Рис. 3. Зоны кристаллизации вокруг пор в пемзах Эль Гаско (слева). Кристаллизация минералов оливина, пироксенов и шпинели в виде дендритов в пемзах Эль Гаско (справа).

Витрифицированные форты — это остатки укреплений появившихся в результате деятельности человека во времена бронзового века (XII-VIII век до нашей эры). Степень сохранности таких укреплений различна. Наиболее сохранившееся укрепление с остатками стен в Шотландии- Форт Тап о Нос на вершине холма. Такие укрепления создавались из нижележащих пород путем их отжига в специальных конструкциях из бревен [1], в Европе принят термин витрифицированные форты. По данным Питера Кристена (Kresten et al., 1993) температура расплава при сжигании и, возможно использовании искусственного поддува, могла достигать 1235 град. С. Особенности условий внутри стены при обжиге присутствие фосфора и калия в пепле, полученном при сжигании дерева, позволяют снизить температуру солидуса по сравнению с теоретической.

*Гипотеза происхождения пористых стекол в результате искусственного обжига* наиболее последовательно объясняет многие особенности пемз. В соответствии с опубликованными данными эти особенности пемз выявляются также и в других витрифицированных фортах которые в настоящее время описаны в Швеции, Шотландии, Германии, Франции и Португалии (около 200 обнажений расплавных пород).

#### *Импактная гипотеза происхождения пемз.*

Эта гипотеза была опубликована [2] в связи с обнаружением рингвудита в пемзах Эль Гаско. Это единственная находка рингвудита в породах Земной коры. Находка рингвудита в Китае связывается с загрязнением пород метеоритным веществом. Рингвудит (феррорингвудит — кубическая высокобарная модификация оливина) был доказан EBSD методом с определением параметров его элементарной ячейки  $a = 8.2413 \text{ \AA}$ , в лаборатории Оксфорда. Изоморфные замещения в рингвудите отражаются на параметрах его ячейки, для магнезиального рингвудита этот параметр равен  $a = 8.1130 \text{ \AA}$ , база данных ICSD. Рингвудит был получен экспериментально в условиях статического давления 6–24 GPa (Ringwood and Major, 1970). Присутствие рингвудита нельзя было объяснить гипотезой витрифицированных фортов.



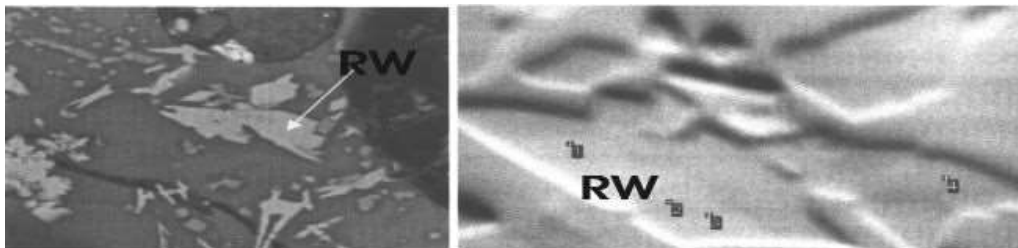


Рис. 4. Зерно рингвудита из пемз Эль Гаско (обозначено стрелкой), параметры элементарной ячейки которого были определены.

В пемзах также присутствует термически разложившийся мусковит которое характерен для импактитов. Для импактной гипотезы тоже были плохо укладывающиеся в эту гипотезу особенности пемз: 1. отсутствие самого импактного кратра в регионе и авторами было дано пояснение что кратер до настоящего времени не найден так как геофизические работы не проводились в регионе. Само обнажение интерпретировалось как выброс из ударного кратера, сохранившийся на вершине горы. 2. отсутствие других признаков ударного метаморфизма таких как планарные элементы, диаплектовые стекла минералов. 3. слишком большие обнажения пемз для импактных выбросов.

*Новая гипотеза кавитационного происхождения рингвудита в пемзах Эль Гаско.*

В последнее время появилось несколько публикаций по происхождению алмазов в результате кавитации. Кавитация – это физический процесс образования разрывов сплошности, то есть пузырьков (пустот) в жидкостях в результате местного понижения давления. Газ, заполнявший пузырек, может испытывать сферически сфокусированный гидравлический удар, когда жидкость выйдет из сужения в расширенную часть канала, при этом внешнее давление вновь возрастет. Иначе говоря, происходит резкое сжатие и схлопывание, в процессе которого могут развиваться очень высокие давления. Высокое давление развивается в области близкой к границе поры и дальше быстро уменьшается. То есть процесс резкого повышения давления локальный. Рингвудит в пемзах Эль Гаско как раз и подтвержден вблизи с границей поры.

**Экспериментальное изучение кавитации.** Кавитация в основном изучалась в материаловедении всвязи с процессами разрушения в результате нее в сплавах. Эксперименты по кавитации с возникновением алмазов проводились в жидкости из ряда углеводородных жидкостей (бензол, толуол, смесь этанола и анилина) с помощью кавитации были синтезированы такие нанofазы углерода как алмаз, графит и сложные фуллерены [3, 4], давление, которое при этом развивается составляет 4 ГПа. Одной из геологических гипотез академика Э.М. Галимова была оценка важности гидродинамической кавитации в качестве природного процесса формирования зародышей алмазной фазы в кимберлитах.

Рингвудит значительно более высокобарная фаза чем алмаз. Эксперименты по кавитации в сплавах подтверждают, что ударное давление в результате кавитации резко возрастает при присутствии кислорода. При резком повышении давления и постуларной температуры пары воды

могут диссоциировать с образованием кислорода, поэтому мы считаем, что локальное резкое повышение давления при кавитации могло привести к образованию рингвудита. При этом модель витрификации становится единственно приемлемой. Эксперименты по кавитации по получению алмаза проводились в жидкости. Экспериментов по получению рингвудита путем кавитации не проводилось, для их проведения надо применять другую модель чем для получения алмазов. Несмотря на то, что к настоящему времени затруднительно проведение экспериментов по кавитации с получением рингвудита, по нашему мнению, эту модель стоит использовать как возможную поскольку она объясняет все особенности геологии и петрологические особенности пемз Эль Гаско.

#### **Использованные источники**

1. Глазовская Л.И., Щекина Т.И. Витрифицированные форты — что это такое? 2017. Природа № 7, с 457-469.
2. Глазовская Л.И., Фельдман В.И. Петрология рингвудит содержащих пемз района Эль Гаско (Испания). Петрология, 2012, № 5, с 457-469.
3. Галимов Э.М., Кудин А.М., Скоробогатский В.Н., Плотниченко В.Г., Бондарев О.Л., Зарубин Б.Г., Страздовский В.В., Аронин А.С., Фисенко А.В., Буков И.В., Баринев А.Ю. (2004) Экспериментальное подтверждение синтеза алмаза в процессе кавитации. *ДАН*. 395(2), 187-191.
4. Воропаев С.А., Душенко Н.В., Днестровский А.Ю., Кривенко А.В. 2021. Гидродинамическая кавитация, как природный процесс. *Геохимия*, том 66, № 11, с 1008-1019.

# К ВОПРОСУ О ПЕТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

В.Л. Сывороткин

*hlozon@mail.ru*

Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

Феномен пространственной петрогеохимической зональности продуктов четвертичного вулканизма на Курильской островной дуге давно привлекает внимание исследователей. В первую очередь речь идет о поперечной зональности, т.е. изменении химического состава вулканических пород в крест простираения дуги. Интерес понятен, т.к. в этом же направлении изменяется глубина сейсмофокальной зоны, с которой предполагается генетическая связь современного вулканизма. Есть работы, указывающие и на латеральную изменчивость химизма одинаковых вулканических пород [1, 2]. Наша работа преследует простую цель, - показать, что изучение как поперечной, так и продольной изменчивости продуктов современного вулканизма должно учитывать тектоническое положение современных вулканов, а именно, приуроченность большей их части к мощным субмеридиональным разломам, пересекающим КОД. Они были нами названы окраинно-океаническими разломами (ООР) [3]. Вулканы, которые формируются в зоне пересечения островной дуги с ООР, действуют в геодинамической обстановке растяжения, что позволяет мантийной магме относительно легко достигать дневную поверхность. Эти вулканы выделены нами в группу М (мантийные): Тятя, Мильна, Эбеко, Алаид и др. Содержание  $K_2O$  здесь повышено примерно вдвое, по сравнению с рядом расположенными вулканами. Значительно повышены также содержания Sr, Rb, Ba, Sr, Hf, легких редкоземельных элементов и особенно Th, за счет чего повышаются торий-урановые отношения в М-вулканах. Отношения  $^{87}Sr/^{86}Sr$  понижены, что можно объяснить большей глубиной очагов М-вулканов, приуроченных к разломным структурам. Эти очаги более глубокие, чем первичные (мантийные) очаги других вулканов, что и является, возможно, первопричиной повышения щелочности в лавах М-вулканов, где в глубоких очагах обеспечивается более высокое флюидное давление, что приводит к интенсификации процессов кислотно-основного взаимодействия в системе очаг-мантия и очаг-флюид и, как следствие, обеспечивается большой вынос щелочей из флюида в магму.

Другие вулканы, не попавшие на поперечные разломы, формируются в геодинамическом режиме относительного сжатия, который в целом характерен для Курило-Камчатской дуги до глубин в несколько десятков километров. Путь магмы от первичного мантийного очага этих вулканов к поверхности затруднен, в результате чего образуется система коровых очагов, в том числе и приповерхностный - периферический. Мы выделяем такие вулканы в группу К (коровые), оговаривая при этом, что первичное их питание мантийное.

Характерной морфологической чертой К-вулканов является наличие кальдеры, что,



собственно, и подтверждает существование под вулканической постройкой малоглубинного очага. К-вулканами являются вулканы Головина, Менделеева, Заварицкого и др. Вероятно, разница в глубинах очагов близка для всех исследованных пар вулканов, что обеспечивает для них примерно одинаковое (около 2) отношение содержаний окиси калия. Большая разница между К и М-вулканами обнаруживается и в протяженности вулканических серий по кремнекислотности. Продукты деятельности М-вулканов - базальты, андезиобазальты, редко андезиты.

Для К-вулканов характерно меньшее количество (или отсутствие) основных членов. Здесь преобладают андезиты, появляются андезиодациты, а в финальных извержениях и дациты. Разница в серийной протяженности указывает на различия в петрогенетических процессах, идущих в вулканических очагах. Серийный тренд М-вулканитов обычно толеитовый, К-вулканитов - известково-щелочной, что прямо указывает на разницу во флюидном режиме, при котором формируются серии. В первом случае флюиды имеют восстановленный характер, в другом, - окисленный. Процессы окисления первичных восстановленных флюидов идут наиболее интенсивно в периферических очагах, что приводит к появлению здесь большого количества перегретой воды и формированию геотермальных систем.

Поясним значение нашей классификации для правильности сравнительной оценки петрохимических параметров на примере андезиобазальтов 2 пар современных вулканов, расположенных соответственно: Эбеко и Чикурачки на севере КОД (о. Парамушир) и Тятя и Менделеева на юге – (о. Кунашир). Первые в этих парах - вулканы группы М.

Отношение содержания  $K_2O$  в паре М-вулканов Эбеко – Тятя = 2.5; в паре К-вулканов Чикурачки : Менделеева = 2,2, что вполне сопоставимо. Если же, сравним влк. Эбеко – Менделеева, т.е. М и К группы, то получим 4,1 в пользу Эбеко; сравним Чикурачки и Тятю (К и М группы) = только 1,2 в пользу Чикурачки, что почти в 4 раза меньше, чем при сравнении влк.Эбеко с влк. Менделеева. Если оценивать латеральную петрохимическую зональность КОД, не учитывая нашу типизацию, то получим 4 разных цифры, разброс которых поставит в тупик любого исследователя.

#### **Использованные источники**

1. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги// Отв. ред. Ю.М. Пушаровский. М.: Наука, 1992. 528 с.
2. Сывороткин В.Л., Русинова С.В., Дриль С.И. Роль геодинамического режима в формировании четвертичных вулканов Курильской дуги//Вестн. Моск.ун.-та. Сер 4. Геология. 1990. №3. С. 142-146.
3. Сывороткин В.Л. Окраинно – океанические разломы и их роль в современных геологических процессах//Programme and Abstracts, X11 JNQUA Congress, Ottawa, Canada, 1987. P.274.