

На рисунке 3 показано распределение продуктивности Au на рассматриваемых горизонтах. Верхний горизонт характеризуется максимальными продуктивностями в центральной части месторождения, хорошо разведанной канавами. На нижних горизонтах максимальными продуктивностями Au характеризуется южный фланг месторождения, причем высокие значения сохраняются до горизонта «200», что свидетельствует о высоких перспективах выявления на этом участке руд с промышленными содержаниями золота.

Определение параметров геохимической зональности первичных ореолов было проведено по методике, разработанной на кафедре геохимии МГУ [1]. По объединённой выборке для канав и скважин были выбраны 5 сечений. Для каждого сечения был рассчитан ряд осевой зональности и выявлены монотонные показатели первого и второго порядков. По объединённой выборке был получен обобщенный ряд осевой геохимической зональности первичных ореолов Удерецкого месторождения: Bi-Ag-Zn-Pb-As-Au-Sb. Выявленные монотонные геохимические показатели имеют следующий вид: $n = \frac{SbPbAs}{AgBiZn}$.

Литература:

1. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых/А. П. Соловов, А. Я. Архипов, В. А. Бугров и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.: ил.
2. Статистика и анализ геологических данных/Дж. Дэвис. – М.: Мир, 1977.

ДИНАМИКА ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАГМ КОНТРАСТНОГО СОСТАВА В МАГМАТИЧЕСКОМ ОЧАГЕ ВУЛКАНА УНЗЕН

Фомин Илья Сергеевич

Геологический ф-т МГУ, Москва, fomin@web.ru

В настоящее время функционирование магматических камер многих вулканов объясняется периодической подпиткой их глубинными порциями горячей магмы, попадающей в кристаллическую кашу магматического очага. За счет этой порции происходит разогрев области очага и вулканическое извержение [1, 2, 4]. Внедрение порции магмы сопровождается её фрагментацией и перемещением отдельных глобул внутри очага [3, 5, 6]. Закаленные фрагменты-глобулы выносятся на поверхность во время извержений и доступны для непосредственного изучения. Данная работа направлена на выявление стадийности взаимодействия порции магмы, поступившей в очаг непосредственно перед извержением и фрагментированной на отдельные глобулы и возможных петрологических следствий этих процессов.

Для исследования были использованы округлые андезибазальтовые включения (около 55,5% SiO₂, 0,83% TiO₂, 18,5% Al₂O₃, 7,0% FeO, 4,1% MgO, 9,1% CaO, 2,9% Na₂O, 1,04% K₂O) в дацитовом (64,2% SiO₂, 0,6% TiO₂, 15,9 Al₂O₃, 4,9% FeO, 2,82% MgO, 5,1% CaO, 3,79% Na₂O, 2,51% K₂O) матриксе размером 5-10 см, вынесенные в ходе извержения вулкана Унзен (Япония) 1991-1995 года. Морфологическое изучение взаимоотношений анклавов и вмещающих пород позволяет выделить три принципиально разных типов границ со своими специфическими особенностями.

1) Граница I типа, показанная на рис. 1а, слева (с закалочной каймой) представляет собой чёткую слабоволнистую линию (амплитуда в первые миллиметры, длина полуволны – первые сантиметры). На уровне отдельных зёрен видно, что граница представляет собой зубчатую линию, образованную кристаллитами анклава; обычно граница анклава проходит не более чем по двум граням кристаллита. Наблюдается чётко выраженная зональность по размеру кристаллитов в анклаве – вдоль контакта образуется микрозернистая оторочка толщиной до 3 мм, сменяющаяся более крупнозернистыми зонами. Во вмещающей породе микролиты плагиоклаза «обтекают» анклава, причём степень их соориентированности уменьшается к границе. От границы такого типа во вмещающую породу отходят крупные (до 0,8-1 см в длину и шириной до 0,5-0,7 см) поры, сужающиеся по мере удаления от границы. Отличий в приграничных областях анклава на контакте с порами и собственно вмещающей породой нет. На самой границе находятся вкрапленники, которые наполовину погружены в анклава, вторая же половина находится либо во вмещающей породе, либо в поре.

2) Граница II типа, изображённая на рис. 1, справа (угловое замыкание) представляет собой остроугольный выступ размером в 7-8 мм, который характеризуется отсутствием приуроченных к нему пор, отсутствием чётко выраженной закалочной зоны. Вкрапленников на границе такого типа не обнаружено. В остальном морфология границы схожа с вышеописанной.

Границы I и II типов плавно переходят друг в друга – происходит выклинивание закалочного слоя, что хорошо видно макроскопически и показано на рисунке 1.

Характерной особенностью границы III типа, показанная на рис. 1б (граница с растаскиванием) является отсутствие ярко выраженной микрозернистой зоны, относительно слабовыраженная зональность по размеру. В общем граница представляет собой волнистую линию шириной в несколько миллиметров и амплитудой в первые миллиметры. Линия границы анклава и вмещающей породы выражена менее чётко, видны следы «рассасывания» анклава – отдельные «усы» длиной в пару кристаллитов и такой же ширины вдаются во вмещающую породу, между зёрнами анклава близ границы наблюдается основная масса вмещающей породы. Помимо этого рядом с границей со стороны вмещающей породы попадают зёрна плагиоклаза, идентичные таковым из анклава. Микролиты вмещающей породы вблизи

контакта неориентированы, по мере удаления от границы соориентированность возрастает. Поры распределены равномерно, приуроченность к границам неявная. В анклавах с такой границей наблюдается большое количество вкрапленников, аналогичных таковым из вмещающей породы.

Во всех анклавах поры подчинены по форме кристаллитам; можно увидеть признаки движения пузырьков от центра к краю анклава. Местами в границе анклавов видны трещины, в которые проникает вмещающая порода (что видно по чёткой флюидальной структуре основной массы) вместе с вкрапленниками.

Анклавы содержат два различных кислых стекла (низко- и высококалиевое: $>75\% \text{ SiO}_2$, $2,2\% \text{ K}_2\text{O}$ и $6,4\% \text{ K}_2\text{O}$ соответственно); предполагается, что низкокалиевое является захваченным из вмещающей магмы, а высококалиевое – результатом фракционной кристаллизации. На это же указывает чёткая прямая зональность плагиоклаза – в ядрах номер варьирует от 65 до 94, что, по-видимому связано с зарождением кристаллитов на различной степени фракционирования расплава, в то время как их каймы соответствуют An56 с отклонением в пределах трёх номеров. С помощью двупироксенового, роговообманково-плагиоклазового и ильменит-магнетитового термометров было установлено, что температура очага до внедрения составляла $750-900^\circ\text{C}$, температура внедряющейся горячей магмы – $1050-1100^\circ\text{C}$. Данные математического моделирования [1] показывают, что времена теплового уравнивания много больше времён, необходимых для эффективного уравнивания по химическому составу между фазами, что говорит о фракционном механизме кристаллизации.

Следует отдельно выделить признаки, доказывающие, что изученные включения являются продуктами смешения магм:

1) Включения имеют чётко выраженную зональность по размеру кристаллитов, данные минеральных равновесий также указывают на значительный контраст температур.

2) Наличие двух стёкол контрастного состава. Химический состав кристаллитов плагиоклаза в анклаве указывает на одноактный фракционный характер кристаллизации.

3) Поры, указывающие на дегазацию анклавов.

Данные наблюдений позволяют выделить следующую последовательность процессов при гибридизации магм:

1. Происходит внедрение горячей магмы более основного состава в относительно холодный магматический очаг. Внедрившаяся магма распадается на отдельные фрагменты-глобулы, которые продолжают передвигаться в магматическом очаге.

2. Одновременно с фрагментацией порции магмы начинает её кристаллизацию, которая происходит тем быстрее и с образованием тем более мелких кристаллитов, чем больше был начальный перепад температуры. При

этом со временем будет происходить уменьшение температурного градиента и, как следствие, на больших расстояниях от границы анклава будут кристаллизоваться и большие зёрна.

3. Поскольку во вмещающей магме находятся ранее образовавшиеся вкрапленники и гломеропорфиновые сростки, то они могут быть захвачены внутрь анклава при их взаимном перемещении. Вместе с собой вкрапленник может увлечь какое-то количество вмещающей магмы внутрь анклава.

4. На заключительном этапе происходит дегазация анклава и образование пор, на что указывает обтекание пузырьками кристаллитов (элементы диктитакситовой структуры). Можно предположить, что в случае небольшого начального перепада температур дегазация будет идти постепенно и пузырьки газа будут распределены относительно равномерно. Если же начальный перепад температур был большой, то дегазация будет идти разовым «выплеском», что приведёт к образованию пор во вмещающей породе.

5. Под действием стрессовых давлений, вызванных теми или иными причинами (конвекция в очаге, термическое сжатие вещества и потеря объёма при кристаллизации), будет происходить растрескивание анклавов. В трещину при этом будет затекать вмещающая магма – расплав и вкрапленники в нём. При этом анклав может распасться или же, опять же, из-за стрессовых давлений, трещина может закрыться. Тогда, в случае распада анклава, произойдёт образование границы II типа («углового замыкания»), в которой будут проявлены все описанные выше особенности, или же, в случае закрытия трещины, и вкрапленники, и расплав из магматического очага попадёт внутрь анклава. Наконец, образование трещин является эффективным механизмом дегазации, что хорошо видно и по природным образцам. Следует особо отметить, что фрагментация и растрескивание может происходить на любой стадии развития, необязательно на последней; она будет приводить к возобновлению процессов, описанным в пунктах 2-5 до достижения теплового равновесия.

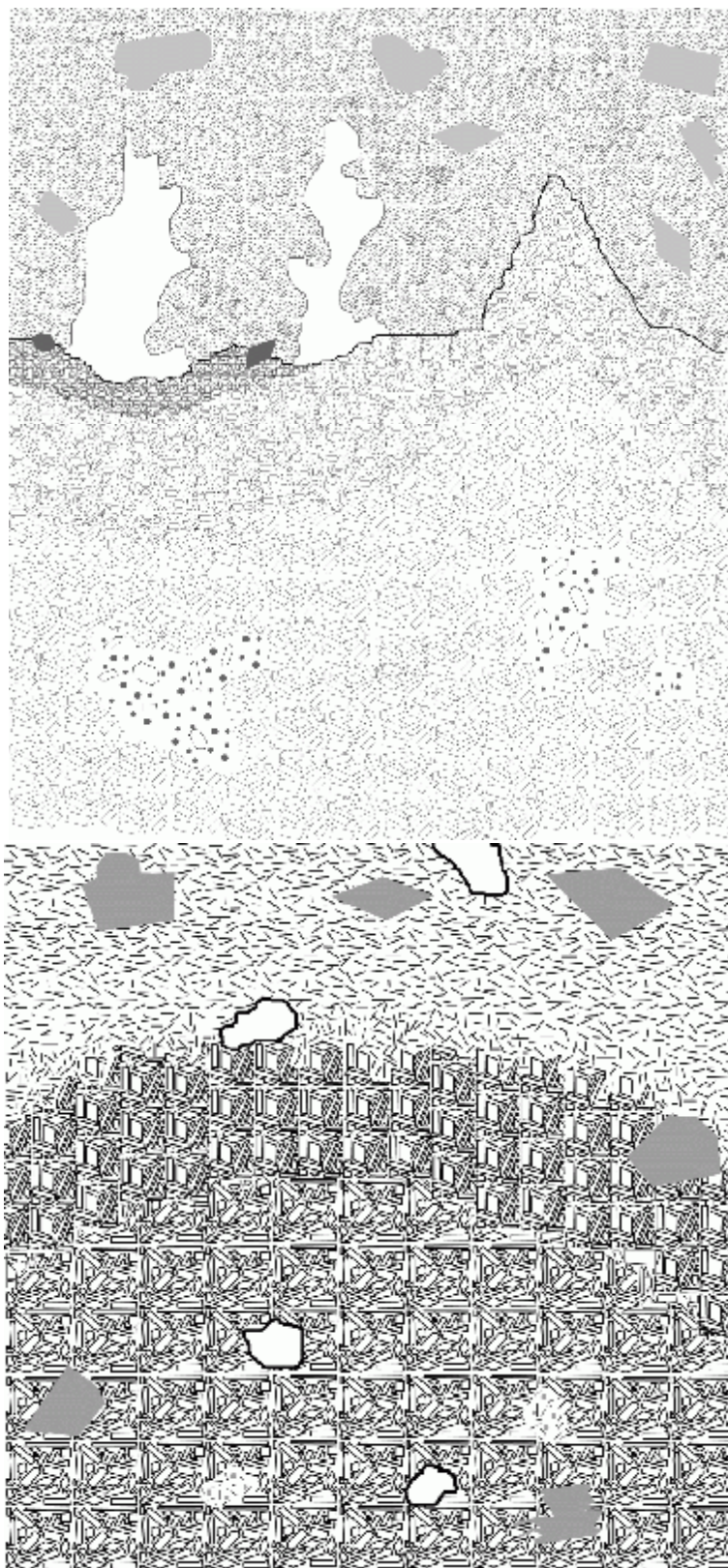


Рис. 1. Типы границ анклавов. Слева (а): граница с закалочной структурой («chilled margin») и угловым завершением («cusate termination»), Хорошо проявлена зональность по размеру кристаллитов снизу вверх; видны поры, идущие от границы во вмещающую породу. В анклаве присутствуют обособления с большим количеством стекла и пузырьков, некоторые вкрапленники находятся на границе между породами. Справа (б) зональность по размеру проявлена гораздо слабее, граница выражена менее чётко, поры не приурочены непосредственно к границе включения; вкрапленники, внешне идентичные, находятся внутри, на границе и снаружи анклавов.

Литература:

1. Плечов П.Ю., Фомин И.С., Мельник О.Э., Горохова Н.В. Эволюция состава расплава при внедрении базальтов в кислый магматический очаг //

Вестник Московского Университета, Серия 4 Геология, 2008, No. 4, стр. 35–44

2. Dirksen O., Humphreys M.C.S., Pletchov P., Melnik O., Demyanchuk Y., Sparks R.S.J., Mahony S. The 2001-2004 dome-forming eruption of Shiveluch volcano, Kamchatka: Observation, petrological investigation and numerical modelling // Journal of Volcanic and Geothermal Research, 2006, V. 155, Issues 3-4, pp. 201-226.
3. Martin V.M., Holness M.B., Pyle D.M. "Textural analysis of magmatic enclaves from the Kameni Islands, Santorini, Greece" // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2006, т. 154, стр. 89–102.
4. Murphy M.D., Sparks R.S.J., Barclay J., Carroll M.R., Brewer T.S. "Remobilization of Andesite Magma by Intrusion of Mafic Magma at the Soufriere Hills Volcano, Montserrat, West Indies" // Journal of petrology, 2000, т. 41, н. 1, стр. 21–42.
5. Perugini D., Valentini L., Poli G. Insights into magma chamber processes from the analysis of size distribution of enclaves in lava flows: A case study from Vulcano Island (Southern Italy) // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2007, т. 166, стр. 193-203
6. Sparks R.S.J., Mashall L.A. Thermal and mechanical constraints on mixing between mafic and silicic magmas // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1986, т. 29, стр. 99-124.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ
ФОРМИРОВАНИЯ СУМИЙСКО-САРИОЛИЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ
ЛЕХТИНСКОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Хлебалин Игорь Юрьевич

Геологический факультет СПбГУ, Санкт-Петербург, hlebalin@bk.ru

Проблема эндогенной активности на границе архея-протерозоя – одна из ключевых проблем геологии докембрия. Переход от плюм-тектоники архея к плитной тектонике, аналогичной современной, в протерозое – один из ключевых моментов в тектонической истории Земли. Разумеется, принципиальное изменение характера тектоники нашло отражение в характере магматизма. Кроме того, решение вопроса о характере палеогеодинамической обстановки в исследуемом регионе в раннепротерозойское время поможет в прогнозировании месторождений полезных ископаемых в Лехтинской структуре.

В данной публикации автором приводятся новые геохимические данные о составе сумийско-сариолийских вулканитов Лехтинской структуры.