

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ВКРАПЛЕННИКОВ ПЛАГИОКЛАЗА В ПРОДУКТАХ ИЗВЕРЖЕНИЯ ШИВЕЛУЧА НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Симакин А.Г., Салова Т.П., Закревская О.Ю. (ИЭМ РАН)
simakin@iem.ac.ru; факс (496)52-49-687; тел. (496)52-25-853

Ключевые слова: *андезит, расплав, плагиоклаз*

В работе впервые приведены результаты экспериментального изучения условий кристаллизации плагиоклаза из водонасыщенного расплава андезита вулкана Шивелуч при давлении 1-2 кбар и различной летучести кислорода, с использованием экспресс методики, основанной на применении затравок плагиоклаза. Наблюдая контакт затравки и расплава, мы определяем характер взаимодействия: растворение или обрастание и тем самым находим температуру метастабильного ликвидуса минерала. Все опыты проводились на установке высокого газового давления с медленной закалкой, и поэтому среди продуктов опытов было много закалочных фаз. Для экспериментов в качестве затравки были выбраны кристаллы плагиоклаза состава Ab_{50} .

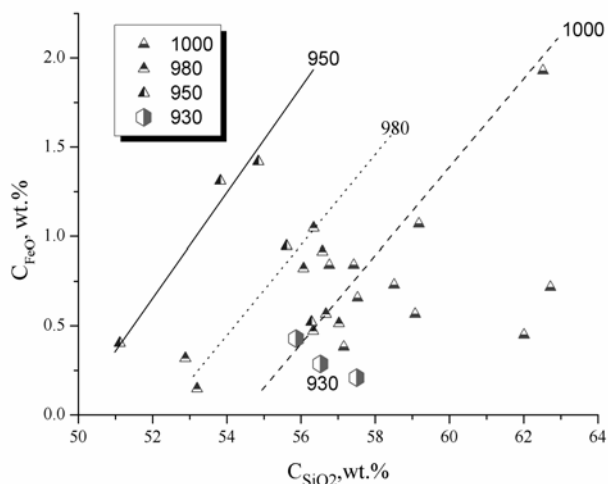


Рис.1. Составы плагиоклазов выросших при 2 кбар

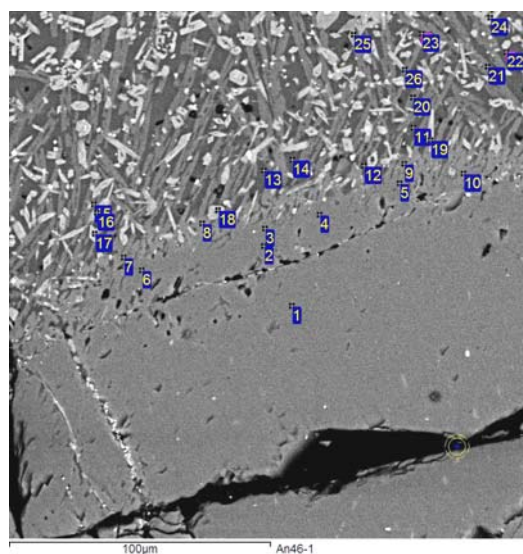


Рис.2. Эпитаксиальное обрастание затравки.
T=950°C, P=2 кбар

Результаты экспериментов. На рис. 1 представлены результаты экспериментов при 2 кбар и температурах 1000, 980, 950, 930°C. На диаграмму в координатах C_{SiO_2} – C_{FeO} нанесены составы кристаллов, выросших наиболее близко к границе затравки. В эксперименте при 1000°C растворение происходило нацело, а при закалке вырос закалочный плагиоклаз. При 950°C произошло эпитаксиальное обрастание затравки кристаллами плагиоклаза, которые продолжили свой рост при закалке (рис. 2).

Среди кристаллов выросших при 950°C наблюдаются наиболее основные плагиоклазы с содержанием кремнезема 51-54 мас.% и FeO 0.4-1.5 мас.%. Наиболее кислые плагиоклазы (до 62 мас.% кремнезема) выросли в эксперименте при 1000°C, среди них встречается самое высокое содержание железа до 2 мас.% FeO. Высокое содержание железа и альбита связано, по-видимому, с тем, что значительный перегрев подавил центры роста на поверхности затравки, и кристаллы начали рост со значительной задержкой, т.е. при низкой температуре. Примечательно, что как плагиоклазы выросшие при закалке в эксперименте при T=980°C, так и плагиоклазы выросшие при переох-

лаждении при $T=930^{\circ}\text{C}$ более кислые, чем плагиоклазы образовавшиеся при 950°C . Таким образом, как морфологические наблюдения, так и изучение составов кристаллов говорят о том, что температура ликвидуса плагиоклаза при $P_{\text{H}_2\text{O}}=2$ кбар находится между 950 и 980°C . Судя по интенсивности растворения плагиоклаза при $T=980^{\circ}\text{C}$, температура ликвидуса составляет около 960°C .

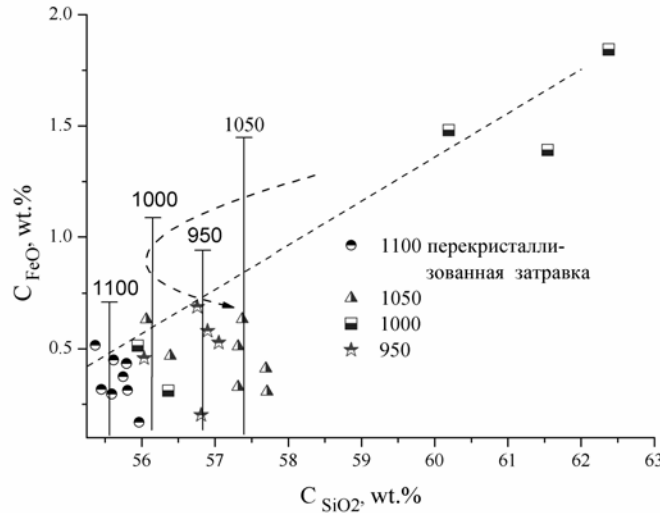


Рис.3. Составы плагиоклазов выросших при 1 кбар

На рис. 3 представлены результаты серия экспериментов при давлении воды в 1 кбар. и температурах 1100, 1050, 1000, 950°C ., нанесенные на диаграмму в координатах $C_{\text{SiO}_2} - C_{\text{FeO}}$. Эпитаксиальное обрастание затравки произошло при температуре 1000°C . В перегретом расплаве при $T=1100^{\circ}\text{C}$ подавление центров роста (по существу гетерогенной нуклеации) плагиоклаза было настолько эффективным, что при закалке обрастания не произошло и внешняя граница кристалла отвечает перекристаллизованной затравке. Ее состав несколько более основной ($C_{\text{SiO}_2} = 55.5$ мас.%), чем обрастание при $T=1000^{\circ}\text{C}$ ($C_{\text{SiO}_2} = 56.5$ мас.%). Обрастание при переохлаждении ($T=950^{\circ}\text{C}$) и закалочное ($T=1050^{\circ}\text{C}$) имеют более кислый состав. Максимальное содержание железа, как и в опытах при $P_{\text{H}_2\text{O}}=2$ кбар составляет 2 мас.% FeO. Содержание железа как в перекристаллизованных, так и в выросших при минимальном переохлаждении плагиоклазах, составляет около 0.5 мас.% FeO. Температура ликвидуса плагиоклаза при $P=1$ кбар составляет около 1000°C .

Полученная информация позволяет оценить коэффициент распределения железа между кристаллами и расплавом. Полное содержание закиси железа в андезитовом расплаве по данным анализов микрозонда составляло около 4.5-5.2 мас.%. Эти данные отвечают коэффициенту распределения 0.1 ± 0.01 . Степень окисления расплава оценивалась нами по соотношению форм железа, найденных по данным мессбауровского анализа согласно [1] и составляет около $\text{NNO}+1.5-2.0$. Установлено, что коэффициент распределения окисного железа примерно на порядок превышает закисного [2]. Считая, что все железо в плагиоклазе трехвалентное и с учетом содержанием закисного железа в расплаве (по нашим данным около 3.3 мас.%) получим коэффициент распределения для трехвалентного железа около 0.21 (внесена поправка для пересчета FeO в Fe_2O_3 в кристалле). Причем, значение коэффициента распределения слабо зависит от состава плагиоклаза и содержания воды в расплаве, поскольку при минимальном переохлаждении при $P_{\text{H}_2\text{O}}=2$ кбар и 1 кбар в кристалл входит около 0.5 мас.% FeO.

Анализ экспериментальных данных. Мы сравнили свои экспериментальные данные с оценками температуры ликвидуса плагиоклаза по модели Putirka [3], связывающую состав расплава, состав плагиоклаза, температуру и давление. В результате расчета получили очень близкие значения : для $P_{\text{H}_2\text{O}}=2$ кбар $T_{\text{лик.}}=956^{\circ}\text{C}$ и для $P=1$ кбар $T_{\text{лик.}}=1006^{\circ}\text{C}$. Это значит, что эта модель хорошо описывает вариации температуры ликвидуса плагиоклаза в зависимости от содержания воды и давления. Наши данные получены при относительно больших содержаниях воды в расплаве (3-5

мас.%). Известно, что максимальное воздействие на свойства расплава (диффузионную подвижность компонентов, вязкость, температуры ликвидуса минералов) оказывает растворение первых 2-2.5 мас.% воды. Первые порции воды растворяются преимущественно за счет образования гидроксильных групп, при больших содержаниях возрастает роль молекулярной воды. Поэтому, представляет интерес оценить вариации состава ликвидусного плагиоклаза в области малых содержаний воды. Принципиальным параметром становится наклон ликвидуса в град/мас.% воды. В результате применения модели Putirka [1], мы получили неоднозначную зависимость содержания анортита в ликвидусном плагиоклазе от содержания воды в расплаве. При содержании воды менее 2.7 мас.% содержание анортита растет, приблизительно, от 39 до 80 мол.% с ростом температуры и падением содержания воды от 2.7 до 0.2 мас.%. С другой стороны, аналогичный рост анортита (от 39 до 80 мол.%) также происходит и при росте содержания воды от 2.7 до 6.5 мас.%.

Извержение вулкана Шивелуч. На основе полученных экспериментальных данных мы попытались интерпретировать условия образования некоторых зональных кристаллов плагиоклаза из катастрофического извержения 1964г. вулкана Шивелуч (рис. 4).

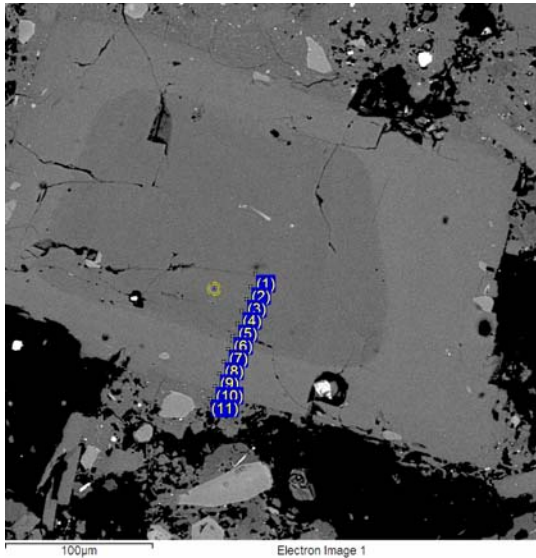


Рис.4. Зональный плагиоклаз из извержения 1964 г. вулкана Шивелуч

Кристаллы плагиоклаза обладают ярко выраженной обратной зональностью. Ядра кристаллов имеют состав около $An_{37\pm 5}$, а кайма $An_{65\pm 2}$. Анализ амфиболов из образцов этого извержения свидетельствует о том, что они образовались, главным образом, путем замещения ортопироксенов (вероятно основных кумулатов мантийного генезиса) и кристаллизации из кислого расплава. Эта интерпретация согласуется с относительно кислым составом ядер плагиоклазов. Основной плагиоклаз каймы, видимо, отвечает нижней ветви зависимости состава плагиоклаза от содержания воды, т.е. кайма образовалась из маловодного около 1.5 мас.% H_2O и горячего (около $1080^{\circ}C$) расплава. За такую интерпретацию говорит обилие безводных мафических фаз (ортопироксенов) в основной массе. Кристаллы амфибола окружены маломощной омпацитовой зоной – они разлагались в среде с высокой температурой и малой фугитивностью воды. Предположительно, высоководная горячая адакитовая магма прореагировала с измененным кумулатом и была подвергнута глубинной дегазации с переходом значительной части воды во флюидную фазу. Состав фенокристаллов амфибола, образовавшихся до смешения, отвечает малой летучести кислорода около $NNO-0.5$. Ровное низкое содержание железа около 0.15 ± 0.03 в центральной части кристаллов плагиоклаза резко возрастает до 0.6-0.65 мас.% в кайме. Такая смена может быть объяснена ростом летучести кислорода от $NNO-0.5$ до $NNO+(1-1.5)$. Продукты глубинной дегазации и сопряженного окисления, по-видимому, вызвали катастрофическое извержение 1964 года.

Литература

1. Jayasuriya K.D., O'Neill H.S.T.C., Berry A.J., Campbell S.J. A Mössbauer study of the oxidation state of Fe in silicate melts // American Mineralogist. (89). 2004. P. 1597-1609.
2. Lundgaard K.L., Tegner C. Partitioning of ferric and ferrous iron between plagioclase and silicate melt // Contrib Mineral Petrol. 147. 2004. P. 470-483.
3. Putirka K.D. Igneous thermometers and barometers based on plagioclase + liquid equilibria: Tests of some existing models and new calibrations // American Mineralogist. 90. 2005. P. 336-346.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/magm-25.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна