

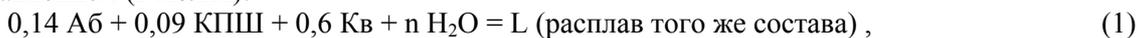
## О СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ АНАТЕКСИСА В ГРАНИТЕ ПРИ ОДИНАКОВОМ ЗНАЧЕНИИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО СРОДСТВА РЕАКЦИИ ПЛАВЛЕНИЯ

Остапенко Г.Т. (ИМаг НАНУ), Г.Г.Павлов, В.Ф.Гринченко (геол. ф-т КНУ),  
 Б.М. Мицюк (ИМаг НАНУ)

ostap@imag.kiev.ua факс (044)424-10-20 тел.(044)424-12-66

Ключевые слова: анатексис, кинетика

В дополнение к ранее выполненной работе [1] изучалась интенсивность процесса анатексиса в граните при разных температурах и давлениях воды в условиях примерно одинакового значения термодинамического сродства (А) реакции плавления гранита ( $A = -\Delta G$ ,  $\Delta G$  - свободная энергия Гиббса реакции плавления). Эту реакцию в первом приближении можно представить уравнением, исходя из данных по составу расплава в условиях котектического минимума в бескальциевой системе  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  в интервале температур 690-790°C и давлений воды 500-3000 бар [2] (см. также [3]). Согласно этим данным отношение масс альбита (Аб), калиевого полевого шпата (КПШ) и кварца (Кв) равно 36,8:26,4:36,8, а содержание воды меняется от 2,9 до 8,5 мас.%. Реакцию плавления гранита с массой 100 г можно представить уравнением (в молях):



где  $n$  – число молей воды в соответствии с его содержанием в расплаве. Так, при  $T = 790^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,5$  кбар и 2,9 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$   $n = 0,16$ ; при  $T = 740^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,8$  кбар и 3,8 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$   $n = 0,21$ ; при  $T = 700^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 1,5$  кбар и 6,0 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$   $n = 0,35$ .

Принимая, что парциальные мольные объемы Аб, КПШ и Кв в расплаве практически равны мольным значениям и на 10% превышают мольные объемы минералов, а парциальный мольный объем воды ( $\bar{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) в расплаве равен в первом приближении таковому для альбитового стекла и составляет  $\sim 11,5\text{-}12,0 \text{ см}^3/\text{моль}$  [3], получим выражение термодинамического сродства при отклонении давления воды ( $P_{\text{H}_2\text{O}}$ ) от равновесного значения ( $P_{\text{H}_2\text{O}}^*$ ) на котектической линии:

$$A = n[RT \ln f_{\text{H}_2\text{O}}^{P_{\text{H}_2\text{O}}} / f_{\text{H}_2\text{O}}^{P_{\text{H}_2\text{O}}^*} - \bar{V}_{\text{H}_2\text{O}}(P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{H}_2\text{O}}^*)] - \Delta V_{s, \text{пл}}(P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{H}_2\text{O}}^*), \quad (2)$$

где  $f$  – летучесть воды при температуре  $T^\circ\text{K}$  и давлении  $P_{\text{H}_2\text{O}}$ ;  $\Delta V_{s, \text{пл}}$  – изменение объема при плавлении минералов (Аб, КПШ и Кв). Для расчета используем величины:  $\bar{V}_{\text{H}_2\text{O}} = 12,0 \text{ см}^3/\text{моль}$ ;  $RT \ln f_{\text{H}_2\text{O}}^{P_{\text{H}_2\text{O}}}$  – из таблицы в работе [4];  $\Delta V_{s, \text{пл}} = +3,8 \text{ см}^3$  и вышеуказанные значения  $n$ ,

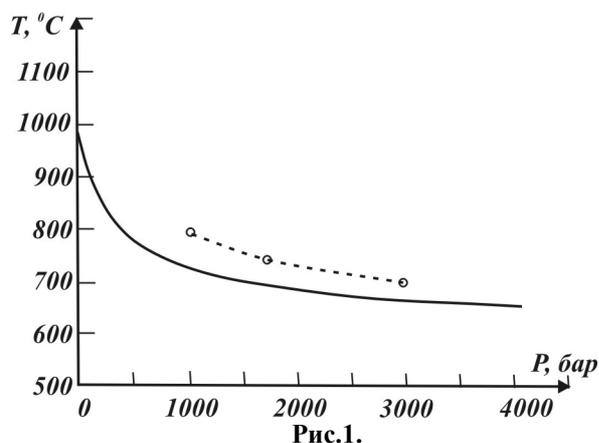


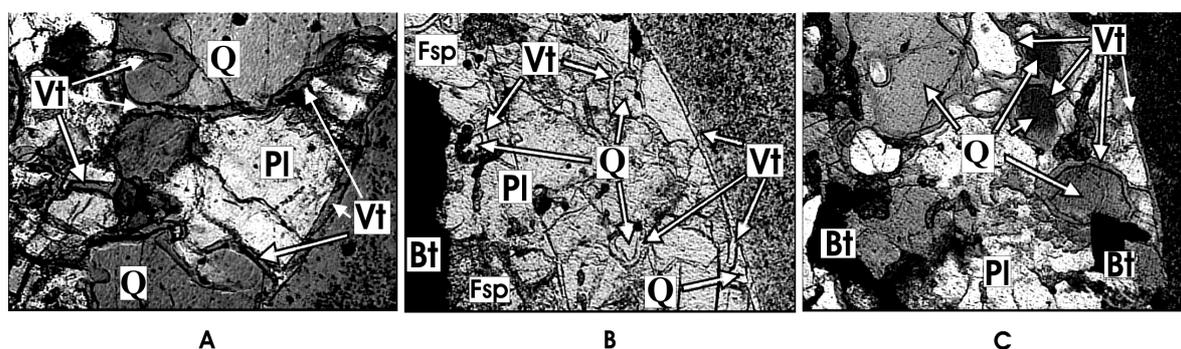
Рис.1.

равные 0,16; 0,21 и 0,35. Из расчета по уравнению (2) следует, что при  $A = 628\text{-}669 \text{ Дж}$  (150- 160 кал) отклонения давлений воды ( $P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{H}_2\text{O}}^*$ ) от равновесных значений при температурах 790, 740 и 700°C составит, соответственно, 0,5; 0,9 и 1,5 кбар, так что сами давления, соответственно, будут равны 1,0; 1,7 и 3,0 кбар. Полученная кривая отклонения (пунктирная линия на рис.1) в первом приближении параллельна кривой котектического минимума Таттла и Боуэна (сплошная линия).

При указанных давлениях и температурах были проведены опыты с цилиндрическими блоками гранита диаметром 4 мм и длиной 7-8 мм, которые использовались в работе [1]. При-

менялась та же методика, позволяющая довольно точно количественно оценить интенсивность анатексиса. Степень развития анатексиса, оцениваемая как величина относительного приращения массы цилиндрического блока ( $\Delta m/m_0$ ), оказалась равной 0,005 (при 790°C и 1,0 кбар), 0,007 (при 740°C и 1,7 кбар) и 0,010 (при 700°C и 3,0 кбар), т.е. является небольшой в условиях небольшого сродства реакции и близкой к постоянному значению, особенно на небольшом температурном интервале ~50°C. Это подтверждается и величинами толщины межзеренных пленок расплава у краевой поверхности блока и наружного слоя расплава (рис.2). Детально результаты такого рода рассматриваются в [1]. Значения указанных толщин расплава составляют  $10 \pm 3$  мкм (790°C и 1,0 кбар),  $13 \pm 5$  мкм (740°C и 1,7 кбар) и  $20 \pm 7$  мкм (700°C и 3,0 кбар).

Расчет по формуле (2) показал, что при температуре 790°C величины  $A$  плавления равны, примерно, 150, 201, 226 и 222 кал при давлениях 1; 1,65; 2 и 3 кбар соответственно. Таким образом, сродство  $A$  при отклонении от котектической линии сильно возрастает, причем линейно с увеличением давления воды на начальном этапе отклонения от линии котектического минимума. В дальнейшем сродство перестает возрастать вследствие более сильного увеличения членов  $\bar{V}_{H_2O}$  и  $\Delta V_{s,пл}$  в формуле (2).



**Рис.2.** Степень анатексиса в граните при: А-  $T = 700^\circ\text{C}$ ,  $P_{H_2O} = 3,0$  кбар ; В-  $T = 740^\circ\text{C}$ ,  $P_{H_2O} = 1,7$  кбар; С-  $T = 790^\circ\text{C}$ ,  $P_{H_2O} = 1,0$  кбар (длина кадра – 1 мм, николи параллельны)

К совершенно другим результатам придем, если воспользуемся значениями парциальных давлений, определяемых в специальной работе [5]. Согласно этим авторам: при 700°C и  $P_{H_2O}$  1,5 и 3,0 кбар  $\bar{V}_{H_2O}$  равны 19,3 и 17,2 см<sup>3</sup> (среднее 18,25 см<sup>3</sup>); при 740°C и  $P_{H_2O}$  0,8 и 1,7 кбар  $\bar{V}_{H_2O}$  равны 21,5 и 19,7 см<sup>3</sup> (среднее 20,6 см<sup>3</sup>); при 790°C и  $P_{H_2O}$  0,5 и 1,0 кбар  $\bar{V}_{H_2O}$  равны 22,8 и 22,0 см<sup>3</sup> (среднее 22,5). Подставляя средние значения парциальных объемов воды в уравнение (2), получим величины сродства реакции плавления: при 790°C и 1 кбар – 130 кал; при 740°C и 1700 бар – 100 кал; при 700°C и 3 кбар – 57 кал. Из этих результатов следует, что при указанных отклонениях по давлению вообще отсутствует корреляция между величиной сродства реакции плавления и интенсивностью анатексиса, причем при больших давлениях и низкой температуре. Но все же положительные значения сродства при отклонении от кривой равновесия указывает на возможность использования величины  $A$  при изучении кинетики плавления. Хотя с величиной давления воды связан, очевидно, дополнительный эффект ускорения процесса частичного плавления.

#### Литература

1. Ostapenko G.T., Pavlov G.G., Grinchenko V.F., Andreev A.V., Mitshyuk B.M. – *Geochemistry International*. 2002. V.40, Suppl.1. P.514.
2. Tuttle O.F., Bowen N.L. – *Mem. Geol. Soc. America*, 1958. V.74.
3. Кадик А.А., Лебедев Е.Б., Хитаров Н.И. – *Вода в магматических расплавах*. М.: Наука, 1971, 267 с.
4. Мельник Ю.П. *Термодинамические свойства газов в условиях глубинного петрогенезиса*. Киев: Наукова думка, 1978, 152 с.
5. Burnham C.W., Davis N.F. – *Amer. J. Sci.* 1971. V.270. P.54.

---

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)*

*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2003/informbul-1/magm-35.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/magm-35.pdf)*

*Опубликовано 15 июля 2003 г.*

*© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003*

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