

В. Г. МЕЛАМЕД, В. Н. ШАРАПОВ

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПЛАСТИНОВИДНОГО ИНТРУЗИВА В СЛУЧАЕ ПЕРЕМЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СОЛИДУСА

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 29 X 1971)

В ряде случаев, которые важны для понимания природы источников рудоносных растворов, кристаллизация в плутоне происходит при переменной температуре солидуса из-за постепенного увеличения содержания летучих в оставшихся порциях расплава (^{1, 6, 10}). Динамика температур при кристаллизации плутона при этом будет отличаться от уже исследованных случаев затвердевания расплава при постоянной температуре солидуса (^{5, 8, 10}). При «точном» решении задачи в этом случае необходимо

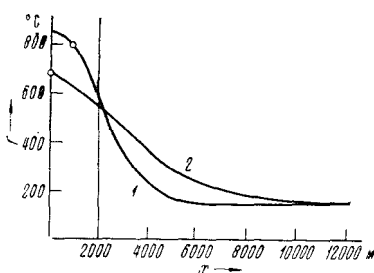


Рис. 1

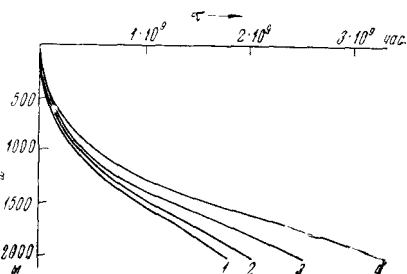


Рис. 2

Рис. 1. Распределение температур в системе интрузив — вмещающие породы в начальные (1) и конечные (2) моменты его затвердевания для случая начального содержания воды 1,5 вес.% ($T_n^0 = 150^\circ$)

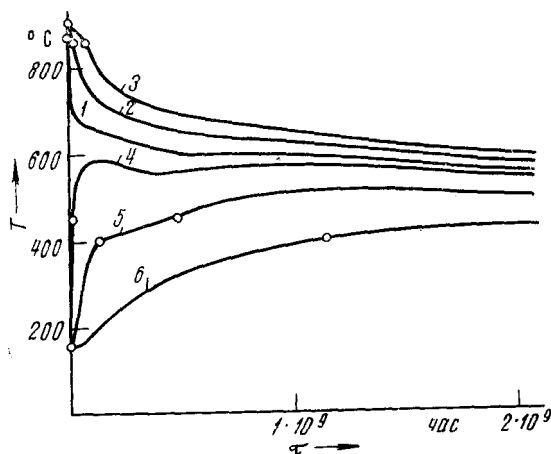
Рис. 2. Динамика перемещения фронта затвердевания в зависимости от начальной температуры вмещающих пород и наличия реакции контактового метаморфизма. 1 — начальная температура вмещающих пород $T_n = 50^\circ$, развивается реакция контактового метаморфизма; 2 — $T_n = 50^\circ$, реакции контактового метаморфизма нет; 3 — $T_n = 250^\circ$, развивается реакция контактового метаморфизма; 4 — $T_n = 250^\circ$, реакции контактового метаморфизма нет

совместно решать систему уравнений массопереноса в расплаве и теплообмена при наличии фазовых переходов, подобную, например, рассмотренной в (²). Поскольку для силикатных расплавов по ряду причин получить такое решение затруднительно, то мы рассмотрели случай «равновесного» насыщения расплава водой при его кристаллизации согласно соотношению $T_x^* = T^*(1 - kC_0)$. Здесь T_x^* — «текущая» температура солидуса при кристаллизации интрузива, T^* — температура солидуса «сухого» расплава, C_0 — содержание воды в магме, k — некоторая постоянная, зависящая от условий массопереноса и теплообмена в системе. Принятое допущение о «равновесности» процесса позволяет воспользоваться для определения k экспериментальными данными. В расчетах были использованы материалы из работы (¹⁰). Нами исследованы два случая, когда начальная величина содержания воды C_0 в гранитном расплаве 1,5—4 вес.%, которые охватывают тот диапазон изменения T солидуса от содержания воды в магме, который можно ожидать в практически интересных случаях, судя по дан-

ным изучения включений или по оценкам содержания воды в магме при эксплозиях или их пузырении (^{3, 4, 7}).

Аналитической формулировки задачи мы не приводим, поскольку она аналогична изложенной в (⁵); в данном случае лишь только $T^* = f(x)$ по указанному выше закону. Приведенные ниже материалы получены при решении задачи при помощи АВМ ИГЛ-1 для случая эвтектики. Их без труда можно распространить и на случай котектической кристаллизации, учтя данные для этого типа затвердевания расплава (^{11, 5}). Физические свойства сред аналогичны (⁸), динамика кристаллизации магмы исследо-

Рис. 3. Динамика температур в некоторых точках системы. 1—3 — в интрузиве, соответственно в области контакта и на удалении 300 и 500 м от него; 4—6 — во вмещающих породах соответственно в области контакта и на удалении 300 и 1300 м от него



вана в двух предположениях: 1) во вмещающих породах нет стоков (реакции контактового метаморфизма отсутствуют); 2) во вмещающих породах есть стоки тепла. Поскольку задача в рассмотренной постановке автомодельна, приведенные результаты легко экстраполировать на другие мощности интрузивов.

Наиболее важные различия в динамике затвердевания при $T^* = \text{const}$ и $T^* = f(x)$ заключаются в следующем. Важным показателем характера прогрева боковых пород и $\text{grad } T$ в кристаллической коре плутона является динамика температур на контакте интрузива с вмещающими породами.

При $T^* = \text{const}$ примерно 99% времени затвердевания массива температура контакта (T_k) практически постоянна, если в расплаве нет нереально высоких перегревов. Когда $T^* = f(x)$, наблюдается по мере наращивания коры понижение T_k до некоторого уровня (рис. 1—3), который в дальнейшем не меняется. Этот период понижения T_k охватывает примерно первую четверть времени затвердевания массива. Период этот тем короче, а падение T_k тем меньше, чем выше начальная концентрация воды в магме. При этом падение T_k может составлять несколько десятков градусов. Заметно различаются и времена затвердевания плутона, — они на 15—30% больше в случае $T^* = f(x)$, поскольку в этом случае по мере кристаллизации появляется «перегрев» расплава.

Эти эффекты уменьшаются при низких начальных температурах боковых пород и возрастают при ее увеличении (рис. 2, 3). На температуру контакта и время затвердевания влияет наличие реакций контактового метаморфизма, что мы уже отмечали ранее (¹¹). Как видно из рис. 2, это влияние также возрастает при увеличении начальной температуры вмещающих пород (особенно в области $T > 100^\circ$). При этом величина критерия Ингерсолла (^{8, 14}), которая может являться показателем глубины кристаллизации плутона, возрастает практически линейно от 0,3 при $T_n = 50^\circ$ до 0,9 при $T_n = 250^\circ$. При $T > 350^\circ$ эти зависимости становятся нелинейными. Этот диапазон T требует специального анализа, — здесь он не рассматривался.

Поступило
5 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. В. Барнэм, В кн. Геохимия гидротермальных рудных месторождений, М., 1970.
- ² П. П. Золотарев, Журн. прикл. мех. и техн. физ., № 3 (1966).
- ³ Е. К. Мархинин, ДАН, 119, в. 3 (1958).
- ⁴ Ю. П. Масуренков, Тр. лаб. гидротерм. проблем АН СССР, 48 (1962).
- ⁵ В. Г. Меламед, В. Н. Шарапов, ДАН, 202, № 4 (1972).
- ⁶ И. А. Островский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 6 (1952).
- ⁷ В. С. Соболев, Геология и геофизика, № 4 (1970).
- ⁸ В. Н. Шарапов, В. Г. Меламед, Геология и геофизика, № 6 (1966).
- ⁹ C. Jager, Am. J. Sci., 257 (1959).
- ¹⁰ B. Jahns, C. W. Burnham, Ecol. Geol., 64, № 8 (1969).
- ¹¹ V. V. Reverdatto, V. N. Sharapov, V. G. Melamed, Contr. Mineral. and Petrol., 29, № 4 (1970).