

РЕОЛОГИЯ ЛИТОСФЕРЫ И ЭВОЛЮЦИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ОЧАГОВ И ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Н.С. Жатнуев¹, В.И. Васильев¹, С.Н. Рычагов²

¹Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: zhat@gin.bscnet.ru

¹Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: vasil@gin.bscnet.ru

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: rychnsn@kscnet.ru

Известно, что в земной коре с глубиной хрупкие деформации сменяются пластическими [Иванов, 1970, 1990; Вашилов, 1984; Павленкова, 2001; Николаевский, 2001]. Согласно В.А.Николаевскому [Николаевский, 2001] истинная пластичность наступает на границе Мохо, что придает последней абсолютную непроницаемость для флюидов. Однако, глубина упруго-пластичного перехода оценивается по разному. В работе С.Н.Иванова [1990] континентальная кора подвержена хрупким деформациям до глубин 6 – 15 км, а ниже преобладают пластические деформации. При этом в пределах хрупкой коры флюид находится в открытых трещинах под гидростатическим давлением, а ниже – в изолированных полостях и порах под полным литостатическим давлением и даже более [Иванов, 1970, 1990]. На рис. 1 представлен схематический разрез земной коры, где показаны зоны упругих и пластических деформаций, а также диаграмма показывающая давление флюида в зоне хрупкости и пластичности. Для океанической коры глубина упруго-пластичного перехода значительно меньше. Вне зависимости от глубины расположения упруго-пластичский переход, вероятно, играет весьма важную роль в локализации магматических очагов, рудно-магматических и геотермальных комплексов.

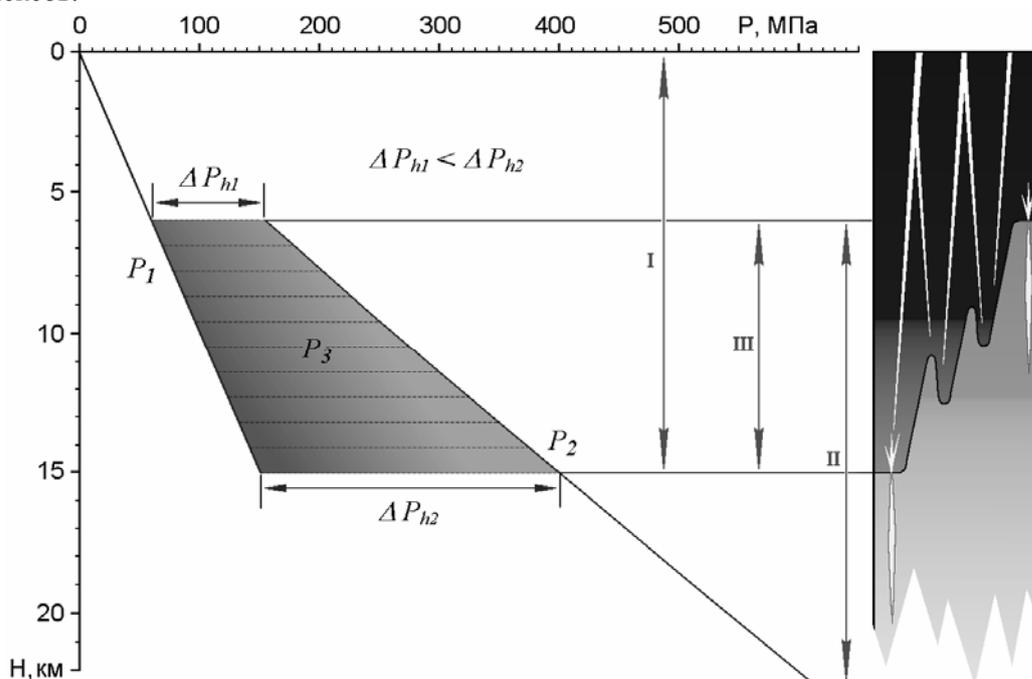


Рис. 1. Реология земной коры и соотношение литостатического и флюидного давления с глубиной. P1 – гидростатическое давление флюида в трещинах в области хрупкого состояния пород, P2 - давление флюида в порах, равное литостатическому в области пластического состояния, P3 - зона перехода от P1 к P2, в зависимости от физических свойств вмещающих пород глубина перехода различна и различен перепад. I - зона открытой трещиноватости в области хрупких деформаций, II- зона закрытой трещиноватости либо полного ее отсутствия в области пластических деформаций, III- интервал колебаний хрупко-пластичного перехода.

Вероятно, переход от хрупкого состояния в пластичное не способствует масштабному конвективному движению флюида и ограничивает возникновение ГС на большой глубине в зоне пластического состояния пород, где пористость и трещиноватость минимальна. Однако,

выше, где породы подвержены хрупким деформациям, пористость и трещиноватость открыта, конвективные гидротермальные системы прекрасно функционируют.

В зависимости от механических свойств вмещающих пород (хрупкости и пластичности) гидротермальные системы, возбуждаемые магматическим очагом, могут развиваться по разным сценариям (рис. 2).

Сценарий 1: Очаг полностью остается в зоне пластичности (рис. 2а). Конвекция магмы переносит тепло вверх камеры и в связи с этим кондуктивный теплоотвод во вмещающие породы через апикальную зону выше, чем через остальные части интрузива. Конвективный массообмен с вмещающей средой отсутствует. Однако в надочаговой зоне в хрупкой части разреза, где происходит кондуктивный прогрев пород, возможно будет наблюдаться конвективная циркуляция гидротерм.

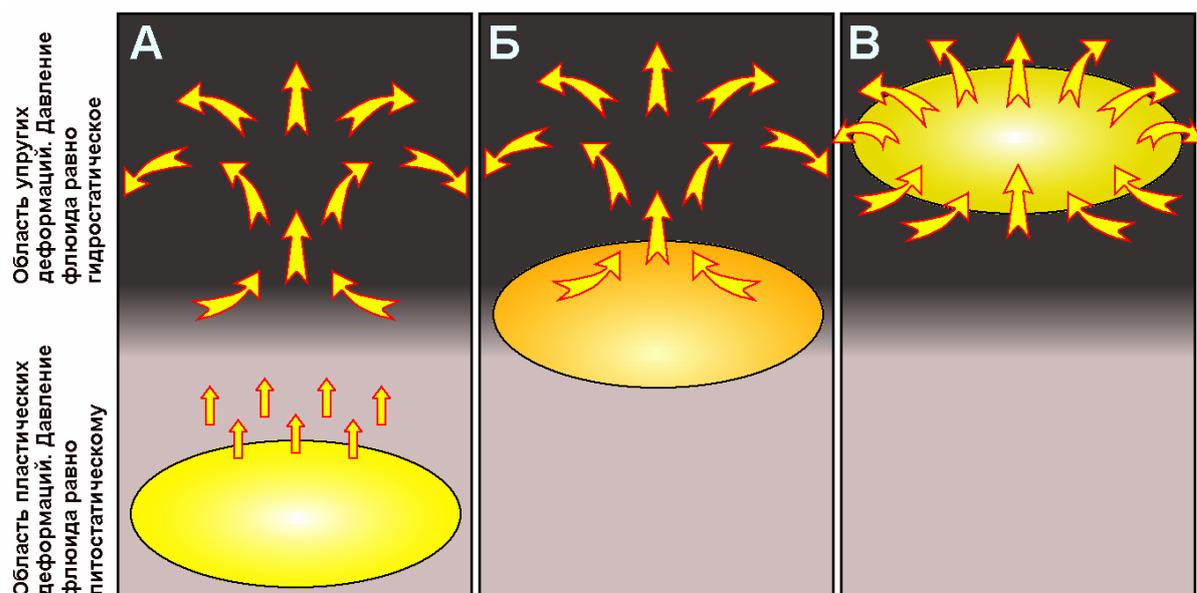


Рис. 2. Консолидация магматических тел в различных реологических зонах коры: А – в зоне пластических деформаций, Б – на границе зон пластической и хрупкой деформаций, В – в зоне хрупких деформаций. Прямыми стрелками показан кондуктивный теплоперенос, кривыми – конвективный тепло- и массоперенос.

Сценарий 2: Магматический очаг частично внедряется в хрупкую кору (рис. 2б). Его основная часть находится в пределах пластичной зоны. Конвекция метеорных растворов в зоне хрупкости осуществляет массоперенос во вмещающих породах и перенос тепла к поверхности. По мере кристаллизации и остывания апикальная часть массива теряет пластичность, происходит ее хрупкое растрескивание и «промывание» гидротермальными растворами. В отличие от первого сценария часть интрузии, находящаяся в зоне пластического состояния, остывает медленнее из-за отсутствия конвективного теплоотвода. В результате низ камеры может остаться в расплавленном состоянии и оказаться замкнутым в зоне пластического состояния пород и практически не будет обмениваться веществом с гидротермами и будет достаточно долго раскристаллизовываться сохраняя ювенильный состав.

Сценарий 3: Очаг внедряется в хрупкую кору (рис. 2в). Конвекция метеорных растворов осуществляет массоперенос во вмещающих породах и вынос тепла к поверхности. По мере отступления фронта кристаллизации в глубь очага растворы проникают по контракционной трещиноватости в тело интрузива. Происходит смешение метеорного и ювенильного вещества.

Из изложенного следует, что в зависимости от глубины заложения материнского интрузивного тела магмотогенно-гидротермальные системы будут развиваться разными путями. Возможны три варианта развития событий. Первый – локализация магматических очагов происходит в зоне пластических деформаций; второй – на границе зон хрупкой и пластической деформации; третий – в зоне хрупких деформаций. Каждый из этих случаев отличается спецификой кристаллизации магматического расплава и спецификой формирования гидротермальных систем.

В первом случае кондуктивное остывание интрузива способствует длительной дифференциации в камере с формированием на последней стадии пегматитов, которые могут формировать жильные тела, также может происходить отделение магматических флюидов путем трещинной миграции. «Загрязнение» массива метеорным веществом практически исключается. В то же время в области хрупкости пород могут формироваться низкотемпературные гидротермальные системы вследствие кондуктивного прогрева и на начальной стадии отличаться сугубо метеорным составом растворов.

Во втором случае имеет место достаточно быстрое остывание апикальной части массива и частичное смещение ювенильного и метеорного материала. При этом глубинная часть массива может эволюционировать достаточно долго и в нем может происходить глубокая магматическая дифференциация вещества.

В третьем случае магматическая система (субвулканический очаг) остывает достаточно быстро и раскристаллизованный массив «промывается» гидротермальными растворами. При этом происходит практически полное смещение ювенильного и метеорного вещества.

В первом и втором случаях гидротермальные системы на начальных этапах характеризуются мощным развитием паровых зон, границы которых играют роль эффективных геохимических барьеров.

Изложенная модель относится к случаю одноактного внедрения магмы в резервуар. При многократном внедрении, возможно, может происходить наложение рассмотренных сценариев один на другой. При этом могут измениться детали, но суть процессов останется прежней.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиумов СО и ДВО РАН, проект № 117 (09-П-СО-08-006).

Список литературы

Вашилов Ю.Я. Блоково-слоистая модель земной коры и верхней мантии. М.: Наука, 1984. 240 с.

Ефимов А.Б., Ершова Т.Я. О термомеханическом режиме системы, окружающей магматический канал // Вулканология и сейсмология, 1998. № 4-5. С. 88-102.

Иванов С.Н. Предельная глубина открытых трещин и гидродинамическая зональность земной коры // Ежегодник-1969 Ин-та геологии и геохимии УФ АН СССР. Свердловск. 1970. С. 212 - 233.

Иванов С.Н. Зоны пластичных и хрупких деформаций в вертикальном разрезе литосферы // Геотектоника, 1990. № 2. С. 3 - 14.

Николаевский В.А. Разломы земной коры и тектонические волны // Электронный научно-информационный журнал «ВЕСТНИК ОГГГН РАН», №1 (16) 2001. http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2001/nikolaevsky.htm#begin

Павленкова Н.И. Структура земной коры и верхней мантии и механизм движения глубинного вещества // Электронный научно-информационный журнал «ВЕСТНИК ОГГГН РАН», № 4 (19) 2001. http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2001/pavlenkova.htm#begin