

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ НАДАСТЕНОСФЕРНЫХ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ

В.Н. Шарапов

Институт геологии ОИГТМ СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

Мантийно-коровые флюидные системы, связанные с зонами декомпрессионного плавления над горячими точками, имеют ряд особенностей: 1) место и время развития флюидной системы меняется на прогрессивной и регрессивной ветвях существования астенولينзы; 2) структурные характеристики проницаемых зон над ее кровлей являются определяющими для динамики массообмена и формирования особенностей колонны метасоматических изменений пород литосферы, в том числе и полноты их гранитизации; 3) при глубокой метасоматической переработке мантийных пород их плотность может существенно отличаться от исходной таким образом, что аномально высокие и низкие величины этого параметра в поле T могут оказаться ортогональными принятым при томографических интерпретациях зависимостям $\rho = f(T, P)$; 4) локальное плавление метасоматизированных пород литосферы над астенولينзой, по-видимому, стандартный процесс в рассматриваемых мантийно-коровых флюидных системах.

Горячие точки, мантийная система, динамика, массообмен, метасоматоз.

EVOLUTION OF MANTLE-CRUST FLUID SYSTEMS

V.N. Sharapov

Mantle-crust fluid systems are associated with zones of decompression melting above hot spots. The place and duration of their development are different at the progressive and regressive stages of the related melting zone (asthenolens). Mass exchange and metasomatism of lithosphere rocks (structure of metasomatic column), including the degree of granitification, are controlled by the structural pattern of permeable zones above the fluid systems. Strong metasomatic rework of mantle rocks can change their density as much as to make the anomalous high and low densities in the temperature field orthogonal to the $\rho = f(T, P)$ functions used in tomographic interpretations. Local melting of metasomatized lithospheric rocks above the melting zones appears to be quite common to the mantle-crust fluid systems.

Hot spot, mantle system, dynamics, mass exchange, metasomatism

ВВЕДЕНИЕ

Проблема количественного описания эволюции мантийно-коровых магматогенных флюидных систем является элементом общеглобальной задачи динамики трансформаций форм конвективного переноса вещества и энергии через верхнюю мантию Земли, а также фиксации в земной коре и на ее поверхности эндогенных потоков вещества и энергии [1]. Системная постановка такой структурно-динамической задачи была сделана в серии статей Г.Л. Поспелова [2, 3], тогда как корректные количественные физические и математические модели динамики лишь для магматизма корового уровня удалось построить и в общих чертах показать в анализе конкретных магматогенных явлений много позднее [4—8]. Анализ динамики мантийно-коровых систем наиболее просто исследовать в зонах, где области плавления мантийных толщ наиболее близки к поверхности Земли, а породы верхней мантии практически выходят на поверхность морского дна. Создание эффективных алгоритмов для количественного описания таких систем позволило начать исследовать океанические мантийно-коровые магматические системы [9].

В последние 10—15 лет много внимания уделено количественному анализу адвективных потоков разуплотненного вещества в мантии Земли (плюмы), которые ранее связывали с горячими точками. Появились качественные представления о воздействиях плюмов и суперплюмов на все типы геодинамических процессов в земной коре. С последними сопоставляют потоки от внешней границы ядра Земли: разуплотненного мантийного вещества [10, 11 и др.], восстановленных флюидов [12], расплавов мантийных пород [13]. Известные количественные нестационарные модели динамики тепломассопереноса для указанных выше случаев построены пока для первого типа конвекции. На основе развития полученных в [9] результатов ниже мы будем обсуждать элемент сформулированной в [1] общеглобальной проблемы для частного случая ретроградного кипения мантийных магм. Задача представлена в форме

комплексной модели эволюции магматогенных мантийно-коровых систем [14—16] пока в рамках схемы двухуровневой конвекции в мантии Земли [17].

ПОСТРОЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ ЭВОЛЮЦИИ МАГМАТОГЕННОЙ МАНТИЙНО-КОРОВОЙ ФЛЮИДНОЙ СИСТЕМЫ

Для простоты и ясности изложения обсуждаемой задачи оттолкнемся от случая развития магматической системы, аналогичной Гавайской горячей точке [18, 19]. Динамика ее развития показана в [20]. Для рассматриваемого ниже вопроса необходимо указать, в какой момент эволюции системы и в какой части области декомпрессионного плавления конвектирующих мантийных пород началась дистилляция летучей фазы, а также, как будет эволюционировать мантийно-коровая флюидная система с изменением со временем такого магматического очага. На рис. 1 показана 2Д схема эволюции области декомпрессионного плавления для случая той его степени в Гавайской магматической системе, которая считается по геохимическим характеристикам толеитовых лав приемлемой для петрогенетических построений [21, 22]. Определение времени и места проявления ретроградного кипения в системе следует из условия его развития, т. е. от положения границы солидуса в области отходящих от зоны адвекции конвективных потоков. Из физической картины развития декомпрессионного плавления мантийных пород следует [9], что в некоторой зоне отходящих от области адвекции гетерофазных конвективных потоков начинается кристаллизация выплавки из максимально разогретого мантийного вещества, имеющего при данных T и P предельную величину декомпрессионного частичного плавления мантийного субстрата. При этом формально область отделения флюида от астенотинзы выражена границей полного исчезновения жидкости в отходящем от зоны адвекции конвективном потоке. От этой боковой границы солидуса в астенотинзе с некоторого момента эволюции последней граница дистилляции начнет смещаться к центру области декомпрессионного плавления. Такая структура системы будет существовать на прогрессивной ветви эволюции магматического очага (см. рис. 1, б, в), когда происходит подъем верхней границы плавления, разрастание астенотинзы в стороны от зоны адвекции и достижение предельно высокого верхнего уровня стояния этой границы. С момента начала отмирания астенотинзы, когда кристаллизация выплавки идет вдоль всей ее верхней границы, ретроградное кипение будет происходить над всей площадью астенотинзы (см. рис. 1, а). Хотя необходимость учета этого граничного условия очевидна, в используемой нами численной модели декомпрессионного плавления, построенной Ю.В. Перепечко [9, 23], корректно включить его в используемую нами численную схему пока не удалось.

Характер поведения рассматриваемой мантийно-коровой флюидной системы для регрессивного этапа эволюции астенотинзы можно качественно определить по результатам корректного решения задачи ретроградного кипения базитовых магм для уровня глубин порядка 10—12 кбар [9], рассчитанное время существования магматической системы может возрасти на 25—50 % [23]. При расчете массообмена тип кривых распределения температур в литосфере мы получаем по [14], где рассматривается конвективный теплообмен в слоистой неоднородно-проницаемой литосфере, связанный с фильтрацией магматогенного флюида от границы ретроградного кипения независимо от характера эволюции структуры магматической системы (см. рис. 1). Основное внимание будет сосредоточено на задаче массообмена по описанию равновесной динамики физико-химического взаимодействия флюид—порода. Такую постановку вопроса необходимо прокомментировать в следующих отношениях: 1) в нашем случае не использована известная задача динамики неизотермического метасоматоза с развитием конвективного плавления при гранитизации [4], поскольку она построена в предположении существования перегрева расплава, через который барботирует газовая фаза (это ортогональное для обсуждаемого здесь процесса условие отделения газовой фазы); 2) необходимо получить физико-химическое описание взаимодействия флюида конкретного состава и мантийных пород; 3) оговорить физическую картину взаимодействия, а динамику прогрева толщ литосферы рассматривать для расходов флюида, характерных ретроградному кипению базитовых магм [4, 6, 9]; 4) определить основные понятия, использованные далее при построении модели процесса, поскольку в петрологической литературе и в физикохимии есть разночтения одинаковых терминов. В частности, под „метасоматозом“ мантийных пород петрологи пока понимают спектр изменений их состава, связанный с воздействием на твердую фазу как газовых смесей и жидких флюидов, так и расплавов [24]. При этом источники тех и других в известных нам качественных изотермических модельных построениях четко не обозначаются. При описании участия в метасоматозе газообразных флюидов не рассматривается неизотермическая динамика массообмена в форме сублимации. При количественном описании массообмена фильтрующихся расплавов и пород в последние годы используется „хроматографическая схема“ массообмена [24]. Нами такие случаи описываются в рамках задачи Веригина как ассимиляция [4]. Отметим, что теория изотермической и неизотермической динамики метасоматических процессов для рассматриваемого случая взаимодействия флюид—порода развита в [4, 7, 25]. Некоторые ее аспекты позднее по ряду моментов были дополнены [26—28]. Указанные источники при наличии данных о кинетике реальных реакций могли бы с необходимой полнотой описать динамику метасома-

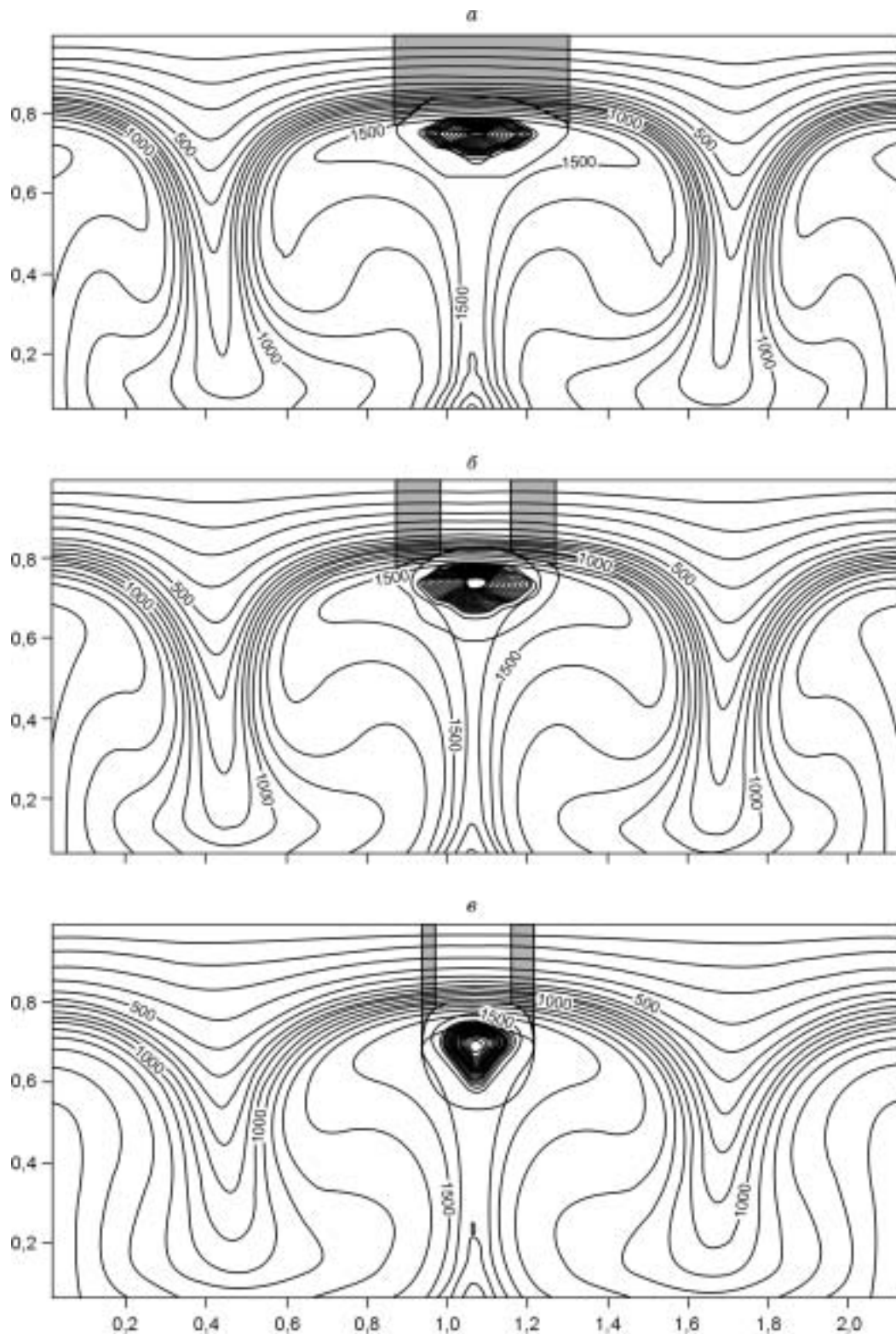


Рис. 1. Распределение температур над горячей точкой, положение области декомпрессионного плавления и границ дистилляции летучих от верхней границы астенолинзы для разных моментов ее эволюции после появления аномальной температуры под областью перовскитового перехода.
а — 70, *б* — 60, *в* — 50 млн лет. В „ящике“ $x = 3000$, $y = 700$ км, T горячей точки, °C, размер аномальной зоны $l = 100$ км. В области плавления (астенолинза) степень содержания расплава приведена в относительных процентах.