

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ МАГМАТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА В ДЕЙСТВУЮЩИХ ВУЛКАНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ В. ЭБЕКО, СЕВ. КУРИЛЫ, О-В ПАРАМУШИР)

Бессонова Елизавета Павловна

Институт геологии СО РАН, г.Новосибирск

liza@uiggm.nsc.ru

Ключевые слова: физико-химическое моделирование, вулканно-гидротермальный системы, магматогенный флюид.

Важнейшим фундаментальным разделом магматической геологии является исследование эволюции флюидов в магматических и гидротермальных процессах. В обзорных работах по включениям и закалочным стеклам [1, 2] собрано более 5000 полных достоверных анализов летучих. Обширный материал накоплен по высокотемпературным ($>700^{\circ}\text{C}$) газогидротермам [3], которые предположительно имеют состав газов, наиболее близкий к составу флюида в магматической камере. Накопленный фактический материал позволяет соединить всё в обобщенную физико-химическую модель.

Методы. Для определения физических параметров системы: температуры, давления в разрезе над интрузивной камерой и потока флюида, – был использован программный комплекс «Петрофлюид» [4]. Рассчитывалось распределение ТР-параметров в разрезе. Исходными данными модели являлись стандартные физические параметры: начальная температура расплава, температура солидуса, теплоемкость, теплопроводность, плотность расплава, флюида, а также неоднородная эффективная пористость проницаемость вмещающих пород. Индивидуальными особенностями были: содержание летучих в расплаве и строение разреза над магматической камерой. Термодинамическая модель построена с помощью ПК «СЕЛЕКТОР-WIN» в варианте схемы проточных реакторов [5]. При расчетах исходными данными были состав пород, флюида, метеорных вод, температура и давление, рассчитанные с помощью ПК «Петрофлюид». Состав пород и флюида выбирался как по собственным фактическим материалам с нескольких действующих вулканов Камчатки и Курил, так и по литературным данным. Полученные результаты верифицировались на основе фактических материалов по составу термальных растворов и пород, отобранных на вв. Эбеко и Крымский в течение полевых сезонов 1998-2002 гг.

Физическая модель. Модельный разрез над магматической камерой состоял из четырех слоев одинаковой мощности с различными петрофизическими свойствами (пористость, проницаемость). Рассмотрены два типа разреза вулканно-гидротермальной системы. Однородный разрез, сложен туфами и туфабрекчиями, в нем пористость и проницаемость постепенно увеличивается с уменьшением глубины. Второй тип разреза содержит лавы андезитов в верхней части. Пористость и проницаемость в верхней части такого разреза существенно меньше, чем в нижней. Кроме того, рассматривались разные глубины залегания камеры: 1500, 2000, 2500 м.

Результаты расчетов показали, что глубина залегания камеры принципиально не меняет тенденций распределения ТР-параметров, вид кривых температуры и давления аналогичен для всех глубин. Время остывания магматического тела является функцией глубины, что влияет на время существования магматогенной гидротермальной системы. Для разрезов первого и второго типов тенденции распределения температуры также аналогичны, а распределения давления – разные. Для разреза с магматическими породами в кровле давление в легкопроницаемых слоях под лавами существенно выше, а в верхних слоях равномерно понижается. Важно отметить, что такое распределение для разреза второго типа характерно для начальной стадии развития системы, а с 5000 лет давление распределяется почти так же, как и в разрезе, не покрытом лавовыми слоями.

Термодинамическая модель. Первым шагом при построении физико-химической модели было определение места нахождения зоны кипения. Фронт зоны вторичного кипения со време-

нем поднимается вверх с 700 м при возрасте системы 1000 лет, до 200 м при возрасте 10000 лет, меняется и температура кипения. При описании баланса масс рассматривался возраст системы 5000 лет - предполагаемый возраст вулcano-гидротермальной системы Эбеко. Флюид, равновесный с породами магматической камеры имеет щелочной состав, при остывании его щелочность еще повышается. При подъеме и изменении температуры и давления практически не происходит осаждения минералов. На глубине 800 м начинается отделение газа: сначала 0.1%, на глубине 600 м 2%, а на глубине 400 м происходит вскипание растворов и фактически система переходит в газовое состояние – 97 %. При кипении резко меняется окислительно-восстановительный потенциал системы и кислотность реликтовых растворов. При дальнейшей конденсации CO_2 в раствор уже не переходит, а соответственно растворы остаются кислыми.

Рассмотрено 3 ветви возможной эволюции флюида. Первые две – раздельная миграция раствора и газа, третья – совместный подъем и смешение с метеорными водами. Если газ отделяется при кипении и поднимается без растворов, то при прохождении через метеорные воды также происходит конденсация, кислотность растворов смешения при этом получается ниже ($\text{pH}=4$), понижается окислительный потенциал. Вторая ветвь модели это отдельная миграция реликтовых магматических растворов. При смешении (1/100) и остывании газа не образуется вообще, самая низкая кислотность растворов – $\text{pH}=2.4$. Для сравнения посчитано разбавление реликтовых растворов в 1000 раз, pH растворов смешения не превышает 3. При совместном подъеме газов и растворов к исходному флюиду добавлялись метеорные воды в соотношении - 1/100. При этом происходит резкое остывание растворов и как следствие вторичная конденсация. Значение pH после смешения составляет около 3. При сравнении состава модельных растворов с природными можно отметить, что по анионному составу порядки концентраций совпадают.

Выводы:

1. Оценены физические параметры надинтрузивной зоны. Показано, что вдоль потока фильтрации время изменения температуры для систем с малоглубиной камерой в большой степени зависит от глубины залегания камеры и от начального содержания летучих в магме, и практически не зависит от строения разреза. Изменение давления определяется строением разреза, в особенности для начального этапа эволюции гидротермальной системы.
2. Место нахождения зоны вторичного кипения зависит от возраста системы. Это объясняется тем, что с возрастом меняется состав летучих, отделяющихся от камеры, а так же происходит более равномерный прогрев разреза над камерой.
3. Зона вторичного кипения является геохимическим барьером, на котором происходит смена основных характеристик флюида, таких как кислотность и окислительно-восстановительный потенциал. Что влечет за собой разделение элементов по путям миграции – с газами и с реликтовыми растворами.
4. После вторичного вскипания водный раствор становится ультракислым, и при смешении с метеорными водами получается на три порядка больше кислых вод, чем было исходных магматических флюидов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ - гранты №№ 03-05-64324, 03-05-06122 и СО РАН - молодежный грант «Вулкан».

Литература

1. Наумов В.Б., Коваленко В.И., Бабанский А.Д., Толстых М.Л. Генезис андезитов по данным изучения расплавных включений в минералах// Петрология, 1997. Т. 5. N 6. С. 654-665
2. Наумов В.Б., Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Дорофеева В.А. Концентрация летучих компонентов (H_2O , Cl, F, S, CO_2) в магматических расплавах различных геодинамических обстановок // Геохимия, 2000. N 5. С. 555-564.
3. Taran Y.A, Bernard A., Gavilanes J.C., Lunezheva E., Cortes A., Armienta M.A. Chemistry and mineralogy of hightemperature gas discharges from Colima volcano, Mexico. Implications for magmatic gas-atmosphere interaction// Journal of Volcanology and Geothermal Research, 108 (2001), 14, 245-264.

4. Шаранов В.Н., Акимцев В.А., Доровский В.Н., Перепечко Ю.В., Черепанов А.Н. Динамика развития рудномагматических систем зон спрединга.// Тр. ОИГТМ СО РАН, Вып. 841 Новосибирск, Изд-во СО РАН. НИЦ ОИГТМ, 2000, 414 с.
5. Karpov I.K., Chudnenko K.V., Kulik D.A., Bychinskii V.A. The convex programming minimization of five thermodynamic potentials other than Gibbs energy in geochemical modeling// American Journal of Science, vol. 302, April, 2002, p.281-311.

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-20.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