

М. А. ОСИПОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАМЕРНЫХ ПЕГМАТИТОВ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 4 VII 1972)

Ранее автором была предложена гипотеза механизма образования камерных пегматитов, миарол в интрузивах гранитоидов и изложены некоторые элементы теории этого процесса (¹, ²). Проведена аналогия: пегматиты — усадочные раковины отливок, интрузивы — отливки.

В подтверждение предложенного механизма пегматитообразования проведены моделирующие эксперименты на отливках легкоплавких веществ. Исходный расплав готовили из смеси, содержащей примерно 75% по объему нафталина, 10—15% парафина и 10—15% вазелина; добавляли краситель. Смесь помещали в сосуд (100—2000 см³) и нагревали до расплавления (75—80°). Далее сосуд закрывали и охлаждали, причем более интенсивно — верхнюю, куполообразную часть. После затвердевания слиток извлекали и распиливали.

Внутреннее строение слитков изображено на рис. 1. В верхней части под мелкозернистой коркой образовалась усадочная раковина. Внутри нее выросли крупные, хорошо оформленные кристаллы нафталина. Снизу и с боков раковина была окружена концентрической зоной парафина — вазелина. Вещество этой зоны также было пророщено крупными кристаллами нафталина. В опытах, в которых использовался неочищенный нафталин, в раковине скапливалось небольшое количество (до 2—3 см³) воды. При просверливании слитка до изолированной усадочной пустоты в нее всасывался воздух.

Механизм формирования внутреннего строения слитков был следующий. При охлаждении сосуда с расплавом по его периферии сначала возникла корочка закали. Она изолировала еще жидкий расплав внутри слитка. Охлаждение и объемное сокращение последнего при фиксированной корке приводило к появлению внутри слитка разрежения и к образованию пустоты — внутренней усадочной раковины. Вследствие стремления расплава занять наинизшее положение раковина реализовалась в возможной верхней части слитка — под твердой коркой.

При формировании усадочной раковины происходила интенсивная дифференциация вещества расплава и приток к пустоте всех возможных подвижных фаз, сохранявшихся в расплаве при ранней кристаллизации нафталина. В формирующуюся пустоту поступали легкоплавкая (парафино-вазелиновая) часть расплава, газы и в некоторых опытах вода. Приток в пустоту паров нафталина легко объясняется его большой летучестью. Из паров нафталина возникали тонкоигольчатые кристаллы в виде «мха», покрывавшие верхние части полости. Подток легкоплавкой остаточной жидкости, вероятнее всего, объясняется механическим вытеснением ее в единственно возможном направлении растущими в массе расплава кристаллами нафталина. Приток воды осуществлялся, вероятно, также силой кристаллизации нафталина, а затем и парафин-вазелиновой смеси и частично в результате выделения в пустоту паров и последующей конденсации. В формирующейся пустоте существовал специфический режим (пониженное давление, обогащение легкоплавкими и летучими компонентами, замедленная кристаллизация), обусловивший рост крупных кристаллов.

В целом картина строения такой пустоты и ее вещественного выполнения отвечает строению камерных пегматитов в интрузивах гранитоидов с их занорышами, в которых располагаются крупные кристаллы кварца и других минералов, окруженных (в основном снизу) графической оторочкой, образовавшейся в результате кристаллизации остаточного эвтектоидного расплава, переместившегося из вмещающего гранита. В отливках роль графической легкоплавкой оторочки играет парафин-вазе-



Рис. 1. Модель камерного пегматита в нафталин-парафиновом слитке. 1 — мелкозернистая зона основного фона слитка. 2 — зона поздней кристаллизации легкоплавкого «остаточного» расплава, 3 — усадочная пустота с кристаллами нафталина

линовая зона. Присутствует и аналог гидротермального раствора, который при продолжающемся охлаждении также дал бы кристаллы на внутренних стенках пустоты.

Проведенные опыты показывают возможность заметной дифференциации кристаллизующегося расплава, миграции дифференциатов, обогащения ими локальных участков в твердеющем веществе под действием автономных внутренних сил, обусловленных термической усадкой.

Моделирование проводилось с учетом положений теории подобия (³⁻⁷) и представлений о закономерностях и специфике формирования интрузивов гранитоидов малых глубин, остывающих в спокойной тектонической обстановке (⁸⁻¹⁰). Уменьшение размеров модели по сравнению с небольшими и средними по величине интрузивами было примерно 10 000×. Соответственно уменьшены вязкость расплава и интервал охлаждения. Соблюдалось геометрическое подобие куполообразным интрузивам гранитоидов, характерным для завершающих этапов развития тектоно-магматических циклов регионов. Модели, как и интрузивы, с самого начала опыта являлись системами, остывающими с последовательным режимом затвердевания и охлаждением преимущественно сверху. Модели были изолированы от внешнего механического воздействия сосудом, затем кристаллической коркой, что соответствовало режиму формирования рассматриваемых интрузивов. Расплав подбирали таким, чтобы не было явлений расслаивания (кроме воды), чтобы он не был перегрет и чтобы затвердевание его четко делилось на период образования каркаса из более ранних и тугоплавких кристаллов (нафталин) и период кристаллизации относительно легкоплавкой межзерновой жидкости. Последняя соответствовала эвтектоидной остаточной жидкости магматического расплава, количество которой, по наблюдениям над микропегматитовым интерстиционным веществом гранитоидов, примерно соответствует количеству остаточной жидкости моделей. Состав расплава в некоторых опытах был таким, что конечным жидким продуктом являлась вода — аналог гидротермального раствора. Вода и расплав обладали близкими плотностями и поэтому, хотя и не смешивались, но образовывали стойкую эмульсию, гравитационно разделявшуюся с трудом. Расплав в рабочем интервале температур (80—20°) обладал объемной термической усадкой порядка 8—10%, что отвечает усадке гранитных магм, интродуцировавших в высокие горизонты земной коры. Конвективное перемещение расплава моделей было исключено быстрым образованием по его периферии кристаллической корки — изотермической поверхности солидуса. Подъем газовых пузырьков, возникавших в расплаве вследствие большей летучести нафталина, подавлялся отсутствием перегрева (кашеобразное состояние расплава в начале опыта) и добавкой пульпообразующих наполнителей.

Изложенное позволяет считать проведенное моделирование приближенным. Полученные модели являются качественными аналогами камерных пегматитов интрузивов гранитоидов относительно малых глубин, формирующихся в спокойной тектонической обстановке.

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
26 VI 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. А. Осипов, Геол. рудн. месторожд., 6 (1967). ² М. А. Осипов, Тез. Международн. геол. конгр., М., 1, 1971. ³ М. В. Кирпичев, Теория подобия, 1953. ⁴ Н. Л. Эйгенсон, Моделирование, 1952. ⁵ М. В. Гзовский, Сов. геол., № 4 (1958). ⁶ М. В. Гзовский, Проблемы тектонофизики, 1960. ⁷ Е. Н. Люстих, ДАН, 64, № 5 (1949). ⁸ М. А. Осипов, Зап. Всесоюз. мин. общ., 99, 6 (1970). ⁹ М. А. Осипов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1972). ¹⁰ М. А. Осипов, Геол. рудн. месторожд., № 4 (1966).