

Л. И. ПАНИНА, Н. М. ПОДГОРНЫХ

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛИЛИТОВЫХ ПОРОД ТУРЬЕГО ПОЛУОСТРОВА

(Представлено академиком В. С. Соболевым 15 VI 1973)

Решение проблемы происхождения природного мелилита является ключевым моментом на данном этапе изучения процессов формирования ультраосновных — щелочных комплексов в целом. В настоящее время есть бесспорные доказательства магматического образования преобладающей массы оливинитов, пироксенитов, якупирангитов-ийолитов (<sup>1-3</sup>). Относительно мелилитовых пород этого сказать нельзя. Одни исследователи относят мелилитовые образования к магматическим составляющим ультраосновных — щелочных комплексов, другие — к продуктам магматического или метасоматического замещения гипербазитов и ийолитов-мельтейгитов. Первые исследователи (<sup>4</sup>) считают режим углекислоты решающим фактором в процессе мелилитообразования и дальнейшей эволюции магмы. Предполагают, что формирование мелилитовых пород происходило после становления оливинитов, но до образования ийолитов-мельтейгитов. В этот момент расплав был обогащен СаО, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и щелочами, а давление СО<sub>2</sub> было небольшим. При повышении  $P_{CO_2}$  мелилит разлагался на диоксид и кальцит. Происходила ликвидация магмы на щелочную и карбонатитовую. Сторонники второго направления рассматривают механизм образования мелилитовых пород: 1) с позиции реакционного биметасоматоза, имевшего место на контакте ультрабазитов с ийолитами-мельтейгитами под воздействием более поздних щелочных растворов (<sup>5</sup>); 2) как реакционное изменение состава нефелинизирующих растворов при нефелинизации гипербазитов (<sup>6</sup>); 3) с позиции магматического замещения ультрабазитов щелочной магмой, осуществляемого либо полностью (<sup>7</sup>), либо частично с образованием только магматического турьяита в краевых частях щелочной интрузии и формированием остальных мелилитовых пород под воздействием сквозьмагматических растворов (<sup>8</sup>).

Используя методы минералотермометрии, мы впервые попытались определить температуру и агрегатное состояние минералообразующей среды, из которой происходило формирование природных мелилитовых пород. Объектом исследования послужили ультраосновные — щелочные интрузии Турьего полуострова.

На Турьем полуострове выделено пять пространственно сближенных ультраосновных — щелочных массивов и несколько мелких сателлитов (<sup>9</sup>). К наиболее крупным относятся массивы Центральный, Южный и Летнегорский. Они имеют концентрическое строение и округлую в плане форму. Обычно внешние кольцевые зоны массивов сложены щелочными породами серии мельтейгитов — ийолитов, затем идут турьяиты и пироксениты, в ядре располагаются карбонатиты. Нередко среди пироксенитов и турьяитов отмечаются участки оливинитов\*.

---

\* В турьяитах, так же как и в ийолитах-мельтейгитах, вокруг «ксенолитов» оливинитов образуются флогопит-пироксеновые оторочки.

Мелилитовые образования часто пространственно приурочены к ультраосновным и щелочным породам, с которыми они либо четко контактируют, либо постепенно переходят в них. В мелилитсодержащих пироксенитах и ийолитах-мельтейгитах иногда отмечаются мономинеральные мелилитовые прожилки и гнезда. Минеральный состав мелилитовых образований очень пестр, неоднороден, может включать в переменном количестве все породообразующие минералы щелочных и ультраосновных пород при содержании мелилита от первых процентов до 100%.

Нами изучались почти все мелилитовые породы, встречающиеся на Турьем полуострове\*: Мел — Не — Фл, Мел — Не — Фл — Пи, Мел — Не — Пи, Мел — Пи, Мел — Ол и мономинеральные мелилитовые породы. Образцы отбирались из центральных областей распространения мелилитовых пород, на контакте их с щелочными породами и пироксенитами, на контакте турьяитов с мелилитсодержащими ийолитами и ультрабазитами, из турьяитовых прожилков и мелилитолитовых гнезд и обособлений.

Во всех образцах в породообразующих минералах были найдены включения расплава. Они частично раскристаллизованы, есть первичные и вторичные. Первичные включения обычно располагаются бессистемно или небольшими группками по 3—4, а вторичные явно приурочены к трещинкам в минерале. Принципиальных различий в форме, размерах и фазовом составе включений, обнаруженных в одноименных минералах, не отмечается. Нет также различий в температурах гомогенизации одноименных включений в мелилитах из пород различного состава и структурного положения. Для всех включений характерно развитие колоссального давления летучих в вакуоле при температурах, близких к гомогенизации\*\*. В результате этого большинство включений при высоких температурах взрывалось.

В мелилите обнаружены первичные и вторичные включения. По форме и размерам они не отличаются друг от друга, но в фазовом составе различия есть. Форма включений полуограненная, близкая к изометричной или неправильная, размеры колеблются от десятых до тысячных долей миллиметра.

Первичные включения (рис. 1а') состоят из стекла, бесцветной кристаллической фазы (одной или нескольких) и рудного вещества; иногда может присутствовать газовый пузырь. Стекло и кристаллические фазы бесцветные, прозрачные, последние часто огранены, нередко призматической формы. Рудное вещество черного цвета, обычно это кубики, реже бесформенные скопления. Размягчение стекла начиналось при 960°, а полное расплавление кристаллических фаз происходило незадолго до гомогенизации включений, которая наступала в интервале 1210—1230° в расплав.

Среди вторичных включений выделяются два типа. К первому относятся включения, состоящие из стекла и рудного вещества, иногда присутствует газ (рис. 1а''). Стекло может быть как бесцветным, так и окрашенным в светло-зеленый цвет (возможно, за счет вростков микрокристаллов пироксена?). Размягчение стекла и подплавление рудного вещества начиналось при ~800°. Полностью рудная фаза расплавлялась при 960—990°. Гомогенизация происходила в расплав в интервале 1050—1180°.

Во втором типе включений рудное вещество отсутствует (рис. 1а'''). Включения состоят из стекла и тонкораскристаллизованного бурого агрегата, возможен газовый пузырь. Стекло также двух цветов: бесцветное и светло-зеленое. Подплавление тонкокристаллических фаз наблюдалось

\* Мел — мелилит, Не — нефелин, Фл — флогопит, Пи — пироксен, Ол — сливин.

\*\* Аналогичное явление наблюдалось во всех включениях, обнаруженных в породообразующих минералах ультраосновных — щелочных интрузий Маймеча-Котуй. Для пород других комплексов это явление не характерно.

при  $\sim 700^\circ$ , полное расплавление происходило при  $770^\circ$ , гомогенизация осуществлялась в расплав при  $830-950^\circ$ .

В моноклинном пироксене мелилитсодержащих пироксенитов обнаружены также первичные и вторичные включения расплава. Первичные включения (рис. 16') состоят из стекла и рудной фазы. В отдельных случаях отмечается газовый пузырь. Форма включений хорошо ограненная, часто негативная. Размягчение стекла и подплавление рудного вещества происходило около  $1000^\circ$ . Однако гомогенизировать включения не удалось, поскольку при температурах, близких к  $1170^\circ$ , все включения взрывались.

Вторичные включения (рис. 16'') состоят из стекла и тонкораскристаллизованного бурого агрегата, возможно присутствие газового пузыря. Включения неправильной эллипсоидальной формы. Размягчение стекла начиналось при  $800^\circ$ , а гомогенизация происходила в расплав при  $1130-1140^\circ$ .

В нефелине турьяитов обнаружены только первичные включения (рис. 16). Они неправильной формы, состоят либо из стекла, тонко раскристаллизованного бурого агрегата и рудного вещества, либо только из стекла (бесцветного и светло-зеленого). Газ может быть или нет. В обоих случаях при  $760^\circ$  начиналось размягчение стекла и подплавление кристаллических фаз. При высоких температурах ( $\sim 1000^\circ$ ) форма включений округлялась, хотя размеры оставались прежними. Гомогенизация происходила в расплав при  $1100-1130^\circ$ .

Таким образом, термометрические исследования показали, что мелилитовые образования Турьего полуострова формировались из магматического расплава. Заметных различий в температурах кристаллизации мелилита из турьяитов, ункомагритов, мелилитолитов и других мелилитсодержащих пород не отмечается, во всех этих случаях образование мелилита происходило в интервале  $1210-1230^\circ$ . Нефелин турьяитов также кристаллизовался из магматического расплава, но при более низких температурах ( $1100-1130^\circ$ ).

Наши результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными при плавлении и кристаллизации синтетических смесей в мелилитовых системах (<sup>10</sup>). В системе окерманит — Na-мелилит, исследованной в атмосферных условиях (<sup>11</sup>), окерманит появлялся при  $1454 \pm 2^\circ$ , диопсид при  $1315 \pm 5$ , а нефелин при  $1173 \pm 5$ . При исследовании природных образований ункомагритов из Колорадо (<sup>12</sup>) на основе закалочных опытов мелилит был получен при  $1330^\circ$ , зеленый клинопироксен при  $1160^\circ$ . Небольшое различие ( $\sim 100^\circ$ ) между экспериментальными и нашими данными можно объяснить участием в системе воды и других летучих компонентов. Состав летучих будет исследован позднее.

На данном этапе изучения еще недостаточно аргументов для однозначного обоснования причин возникновения мелилита (роль щелочности, температуры и т. д.). Но уже сейчас можно утверждать, что мелилит и пироксен кристаллизовались при более высоких температурах, чем нефелин. Поэтому мелилит не мог развиваться по нефелину, как считают некоторые исследователи. Кроме того, его происхождение не связано с постмагматическими нефелинизирующими растворами, поскольку он кристаллизовался из расплава (в том числе и мелилит из мономинеральных прожилков и гнезд, которые по морфологическим признакам похожи на метасоматические образования).

Выводы о магматической природе мелилитовых пород Турьего полуострова, по-видимому, можно распространить и на аналогичные образова-

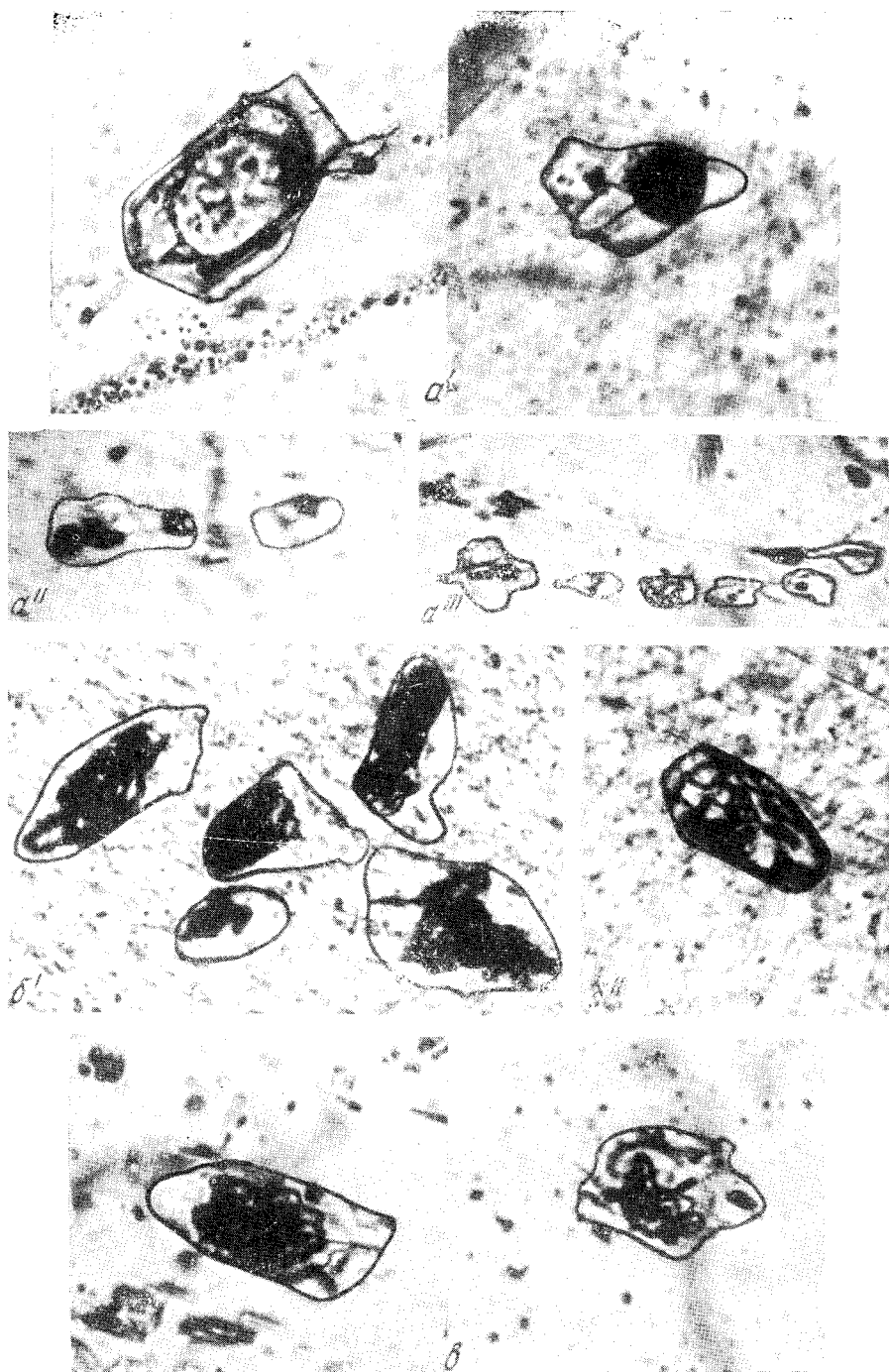


Рис. 1. Включения расплава в меллите (а), шпороксене (б) и нефелине (в).  $a'$ ,  $b'$ ,  $c$  — первичные;  $a''$ ,  $a'''$ ,  $b''$  — вторичные.  $a'$  — стекло+бесцветная кристаллическая фаза+рудное вещество;  $a''$ ,  $b'$  — стекло+рудная фаза+газ;  $a'''$  — стекло+раскристаллизованный агрегат+газ;  $b''$  — стекло+тонко раскристаллизованный агрегат+газ;  $c$  — стекло+тонко раскристаллизованный агрегат+рудное вещество+газ.  $a'$ ,  $a''$ ,  $b$ ,  $c$  — 800 $\times$ ,  $a'''$  — 1000 $\times$

ния Ковдорского массива, поскольку в геологическом строении и последовательности формирования этих интрузий много общего.

Институт геологии и геофизики  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Новосибирск

Поступило  
7 VI 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Л. И. Панина, Геология и геофизика № 6 (1972). <sup>2</sup> В. П. Костюк, Л. И. Панина, ДАН, т. 194, № 3 (1970). <sup>3</sup> Л. И. Панина, В. С. Шацкий, ДАН, т. 209, № 1 (1973). <sup>4</sup> Л. С. Егоров, Меллитовые породы Маймеча-Котуйской провинции, Л., 1969. <sup>5</sup> А. А. Кухаренко и др., Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии, М., 1965. <sup>6</sup> А. В. Лапин, Тр. Инст. минерал., геохим. и кристаллохим. редких элементов, в. 9, 1962. <sup>7</sup> Э. А. Ланда, Зап. Всесоюзн. мин. общ., № 3 (1966). <sup>8</sup> В. И. Терновой и др., Геология и разведка Кавдорского вермикулито-флогопитового месторождения, Л., 1969. <sup>9</sup> Д. Н. Дмитриев и др., ДАН, т. 193, № 6 (1970). <sup>10</sup> А. Н. Заварицкий, В. С. Соболев, Физико-химические основы петрографии изверженных горных пород, М., 1961. <sup>11</sup> Дж. Ф. Шерер, Г. С. Иодер, К. Е. Тилли, В сборн. Экспериментальная петрология и минералогия, М., 1971. <sup>12</sup> Дж. Ф. Шерер, Г. С. Иодер, К. Е. Тилли, В сборн. Экспериментальная петрология и минералогия, М., 1971.