

*А.А. Ефимов, Т.А. Потапова*

#### **АССОЦИАЦИЯ БРОНЗИТ-АНТОФИЛЛИТ В МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ ЖИЛЬНЫХ НОРИТАХ ДУНИТОВОГО ТЕЛА ЖЕЛТОЙ СОПКИ (ПЛАТИНОНОСНЫЙ ПОЯС УРАЛА)**

Обилие габбровых жил в дунитовом теле Желтой Сопки (массив Денежкин Камень) впервые было отмечено Ф.Ю. Левинсон-Лессингом [4]; об этом же упоминалось в более поздних работах [3,6]. Среди жильных пород в первом приближении можно различить троктолит, норит, роговообманковый габбро-пегматит, роговообманковое габбро и микрогаббро. Жилы приурочены к восточной периферии дунитового тела, где оно соприкасается по горячему тектоническому шву с крупным блоком, сложенным полосатой дунит-пироксенит-тылаитовой серией [1]. Нами показано [2], что вся жильная серия возникла в результате метаморфизма двух типов первичных жильных габбро - троктолита и норита, связанных переходными разностями типа оливинового норита. Первичные типы сходны по парагенезисам (относительно магнезиальный ортопироксен или оливин + анортит) и геохимически. Магнезиальные троктолиты необычны для Платиноносного пояса, а нориты иначе как в виде жил в дуните нигде не встречены.

В веществе габбровых жил записаны две тектоно-метаморфические эпохи. Подавляющая их часть вместе с вмещающим дунитом была деформирована высокотемпературным пластическим течением в «сухих» условиях ранней эпохи, что привело к образованию по первичным эквигранулярным габбро разнообразных высокотемпературных тектонитов оливин-бронзит-анортитового состава с порфирокластическими (бластомилонитовыми) структурами. Жилы не потеряли своей жильной морфологии и лишь частично были превращены в тела типа будин, «плавающие» в массе дунита. В следующую эпоху жильный материал был гидратирован; в результате реакции первичных феррических минералов с плагиоклазом в присутствии водного флюида образовалась роговая обманка. Неравномерность гидратации, обусловленная неравномерностью проницаемости субстрата, привела к сложной картине метаморфических реакций - от возникновения шпинель-роговообманковых корон вокруг выделений оливина до образования равновесных гранобластовых агрегатов с преобладанием роговой обманки и анортита. Авторами было отмечено, что новообразованный амфибол изредка представлен не обычной для Платиноносного пояса ромбической разновидностью - антофиллитом [2]. Этот особый случай изучен более детально.

Антофиллит встречен только в норитах и оливинсодержащих норитах, точнее, в их деформированных и метаморфизованных разновидностях с порфирокластической структурой, т.е. в «амфиболлизированных» бластомилонитах по жильным норитам. Обычно в них присутствуют, кроме антофиллита, еще пять минералов: плагиоклаз, ортопироксен, роговая обманка, зеленая шпинель и маг-

нетит. Клинопироксен крайне редок: вторичные низкотемпературные изменения слабы и нерегулярны. Плагноклаз во всех разностях, независимо от состава и наличия фемических минералов, имеет предельно кальциевый состав - это анортит  $Al_{91}-Al_{97}$ . Малоглиноземистый, низкокальциевый бронзит  $Fs_{23}-Fs_{25}$  однообразен по составу. Моноклинный амфибол представлен обыкновенной роговой обманкой, в шлифе от буровато-розовой до светло-зеленой, с железистостью 23-30 ат.%. Ромбический амфибол с железистостью 21-23 ат.%, по существующей классификации, должен быть отнесен к группе антофиллита - малоглиноземистой и низкожелезистой разности в системе антофиллит-ферроантофиллит-жедрит-феррожедрит. Составы сосуществующих минералов и пород для двух конкретных случаев показаны в таблице.

Антофиллит развивается в виде скоплений длиннопризматических кристаллов чаще всего внутри крупных, с отчетливыми следами внутрикристаллической деформации (субзерна, изгибы кристаллов, облачное погасание) порфирокластов бронзита, выполняя образующиеся внутри них разрывы, реже обрастает такие порфирокласты по периферии, а также образует сростания с бронзитом без явных признаков замещения и, наконец, редко встречается в виде небольших скоплений среди анортита в непосредственной близости к порфирокластам бронзита. Антофиллит и роговая обманка достаточно явно пространственно обособлены. Признаков замещения одного амфибола другим не установлено, и, хотя и достаточно редко, антофиллит с роговой обманкой образуют совместные агрегаты, но эти случаи опять-таки тяготеют к находящимся в непосредственной близости порфирокластам бронзита. В целом моноклинный и ромбический амфиболы представляют сосуществующими, образовавшимися в одно время и в результате одного процесса - ретроградного метаморфизма исходных жильных норитов в условиях высокой амфиболитовой фации низкого давления. - процесса, которым затронута практически вся масса габбро-гипербазитовых тел Платиноносного пояса.

Наблюдения показывают, что антофиллит появляется как результат незавершенной реакции в составе упомянутой пяти-шестиминеральной ассоциации, где реликтовые минералы находятся в состоянии химического равновесия с новообразованными. На это указывают близость Fe/Mg-отношения во всех фемических силикатах, а также микроскопические черты агрегатов бронзита и антофиллита, часто не демонстрирующие замещения одного минерала другим. Появление равновесного количества антофиллита можно рассматривать как следствие дефицита воды. В условиях же ее избытка многоминеральная ассоциация, а с нею и близко ассоциированные бронзит и антофиллит, исчезают, по жильным троктолитам и норитам образуются обычные анортит-роговообманковые габбро (т.е. по существу габброподобные амфиболиты), чаще биминеральные, иногда с избыточной зеленой шпинелью. Несколько упрощая существо дела, можно сказать, что с исчезновением последних выделений бронзита исчезает и антофиллит.

Причина такого поведения антофиллита вполне ясна: фациально не отличаясь от роговой обманки [5], он возникает в специфической химической среде, богатой Mg, но лишенной Ca и Al. Однако валовой состав норитов при богатстве Mg отличается также высокими содержаниями Ca и Al; следовательно, при гидратации такого субстрата, если в диффузии участвует весь объем породы, скорее должен образоваться один амфибол - роговая обманка. Микроскопические особенности развития антофиллита говорят о том, что он возникает только в условиях как бы изолированных химических доменов, каковыми являются порфирокласты бронзита. Этому, безусловно, способствует крайняя близость химических составов бронзита и антофиллита. Превращение бронзита в антофиллит требует, по существу, привноса лишь воды и очень небольшого количества кремнезема:  $7 \text{ Орх} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ant}$ . Химическая изоляция высокомагнезиальных доменов существует до тех пор, пока существуют порфирокласты бронзита, обеспечивающие нужный химизм среды в некотором объеме; эта изоляция не связана вообще с малоподвижностью компонентов при метаморфизме в данных условиях. На самом деле реагирует весь объем породы, но невозможность диффузии Mg из изолированных доменов и невозможность диффузии в них Ca и Al со стороны минерального окружения предопределены существованием устойчивой до поры до времени (до завершения полной гидратации породы) фазы - бронзита. Все эти рассуждения подтверждаются тем, что даже в пределах одного шлифа можно наблюдать, как по мере удаления от порфирокласта бронзита антофиллит быстро исчезает, сменяясь зеленой роговой обманкой.

В описываемом случае водным метаморфизмом затронуты не только габбровые жилы, но и вмещающая дунитовая матрица, находившаяся в тех же условиях метаморфизма. Однако оливин вполне устойчив при наличии водного флюида при данной температуре; нет минеральной фазы, которая могла бы изохимически или при минимальном привносе вещества образоваться по оливину в данных условиях. Для образования антофиллита по оливину, в отличие от случая бронзитовых порфирокластов, не хватает кремнезема. Поэтому все новообразованные минералы сосредоточены в габбровых жилах, а вмещающий дунит как будто бы не несет следов метаморфизма. Сохраняя



фазовый состав (оливин+хромит), дунит реагирует на избыток водного флюида окислением железа в хромите, перераспределением железа между оливином и хромитом и т.п.

### Список литературы

1. *Ефимов А.А.* Габбро-гипербазитовые комплексы Урала и проблема офиолитов. М.: Наука, 1984. 232 с.
2. *Ефимов А.А., Потапова Т.А.* Природа и метаморфизм жильных габброидов в дунитах Платиноносного пояса Урала // Докл.АН СССР. 1979. Т.246, N 1. С.179-182.
3. *Лебедев П.И.* К петрографии Денежкина Камня (Северный Урал) // Зап. УОЛЕ. 1926. Т.40. N 1. С.29-52.
4. *Левинсон-Лессинг Ф.Ю.* Геологический очерк Южно-Заозерской дачи и Денежкина Камня на Северном Урале. С.-Пб., 1900. 257 с.(Тр. о-ва естествоиспытателей. Т.30, N 5).
5. *Маракушев А.А.* Термодинамика метаморфической гидратации минералов. М.: Наука, 1968. 200 с.
6. *Молдаванцев Е.П.* Геологические исследования Денежкина Камня в Северном Урале в 1923 г. (Предварительный отчет) // Изв.Геол.ком. 1924. Т.43, N 9. С.1135-1160.