

А.И. Русин

## Высокобарический метаморфизм Мамытского габбро-гипербазитового массива (Южный Урал)

Небольшой по размерам (3х12 км) Мамытский массив, расположенный к востоку от Кемпирсайского, привлекал внимание многих исследователей [1—4 и др.]. Простота его строения («гипербазитовое ядро» и «краевые амфиболиты»), обнаруживаемая при маршрутном пересечении в прекрасных обнажениях по долине р. Мамыт, и приближенность к гигантскому Кемпирсайскому массиву, казалось бы, прямо указывали на их генетическое единство. Такая трактовка однозначно принималась для гипербазитов, в то время как природа базитовых составляющих вызывала дискуссии. Так называемые «краевые амфиболиты» рассматривались как метаморфизованные фрагменты расслоенной интрузии [1, 3, 4] либо как продукты экзоконтактового метаморфизма интрузии ультрамафитов [2]. Эклогитоподобные породы восточной части Мамытского массива объяснялись дислокационным метаморфизмом при диапироидном внедрении изолированного от Кемпирсая блока [1] либо глубиной кристаллизации базитового расплава в условиях эклогитовой фации [3]. Последняя точка зрения аргументировалась и повышенной щелочностью пород и минералов. Всеми исследователями отмечались моноклиналиное с восточным падением залегание пород Мамытского массива (рис. 1) и различия минеральных парагенезисов амфиболитов западной и восточной зон.

Следует отметить, что исходная природа метаморфических пород Мамытского массива определялась условно, скорее, по аналогии с типичными массивами офиолитовой ассоциации. Даже в работе [4], где в отличие от других приводятся многочисленные химические анализы пород Мамытского массива, трудно выделить критерии, на основе которых появляются такие названия пород, как дуниты, верлиты, пироксениты, троктолиты, габбро-нориты. Использование номенклатуры плутонических пород при выделении трендов дифференциации глубинного магматического расплава на типовых двух- и трехкомпонентных диаграммах создавало лишь видимость правомерности предлагаемых интерпретаций. При этом главные особенности химизма пород Мамытского массива оставались как бы вне поля зрения авторов. Выполненные нами пересчеты химических анализов из работы [4] на нормативный состав показали, что среди серпен-

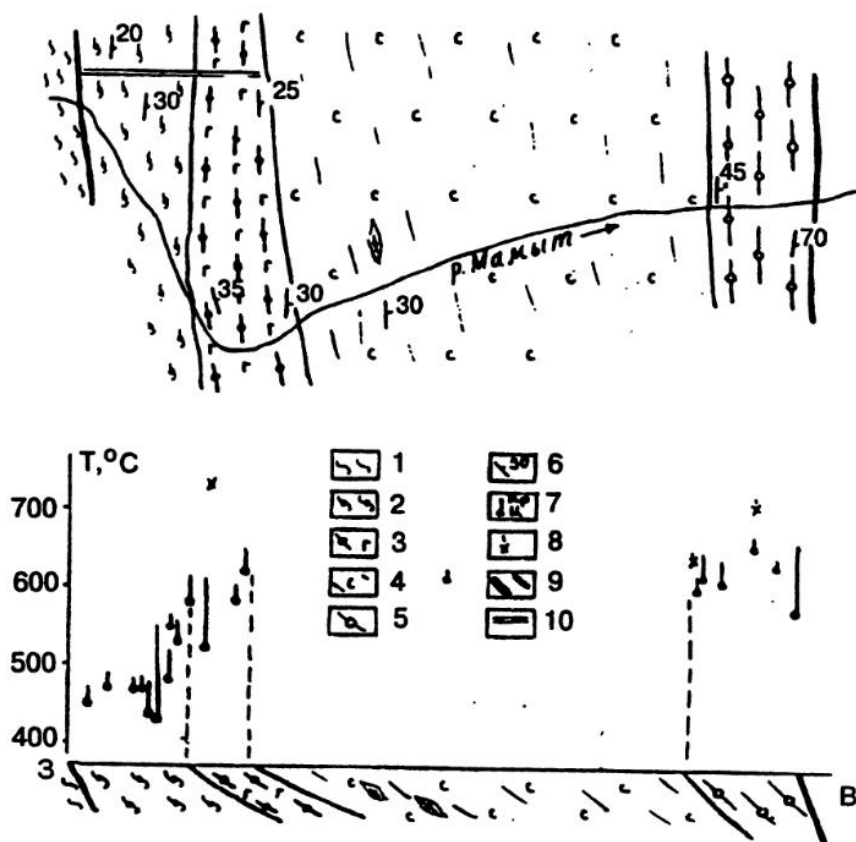


Рис. 1. План и разрез Мамытского массива на широте р. Мамыт.

1 — кварц-серицитовые сланцы эбетинской свиты; 2 — амфиболовые сланцы экзоконтактной зоны; 3 — blastsмилонитовые габбро-амфиболиты и гранат-паргаситовые амфиболиты западной пластины; 4 — серпентинизированные гипербазиты центральной пластины; 5 — эклогитоподобные породы восточной пластины, 6 — элементы залегания сланцеватости и полосчатости; 7 — температуры амфибол-гранатовых равновесий центральных (залитые кружки) и краевых частей зерен; 8 — то же, амфибол-пироксеновых парагенезисов; 9 — тектонические нарушения и контакты; 10 — канава

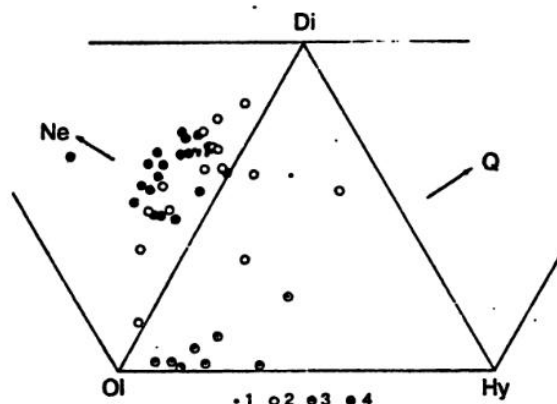


Рис. 2. Нормативный состав пород Мамытского массива и его западного экзоконтакта.

1 — амфиболовые сланцы западного экзоконтакта; 2 — blastsмилонитовые габбро-амфиболиты и гранат-паргаситовые амфиболиты западной пластины; 3 — серпентинизированные гипербазиты центральной пластины; 4 — эклогитоподобные породы восточной пластины

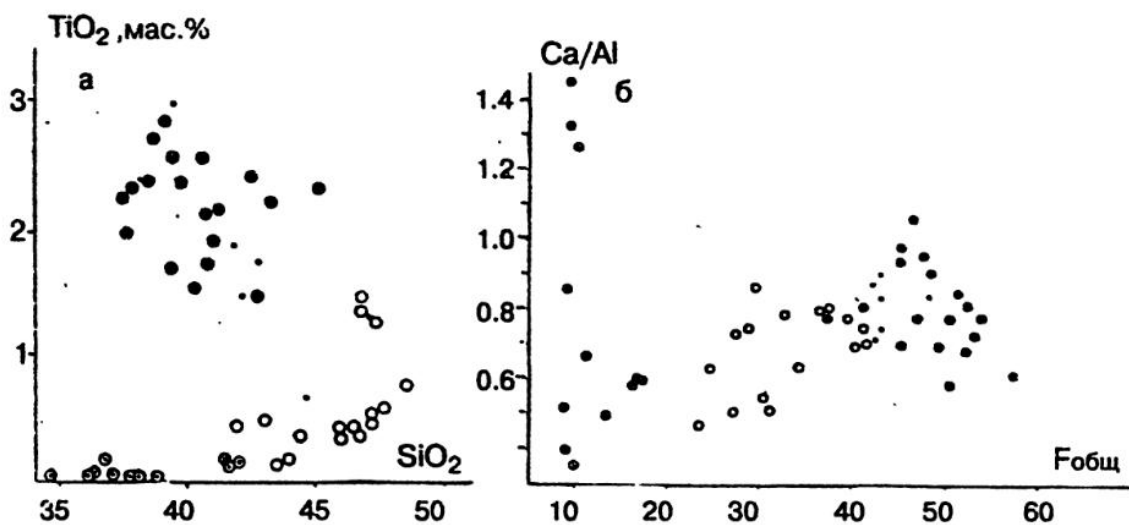


Рис. 3 Диаграммы  $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$  и  $\text{Ca/Al} - F_{\text{общ}}$  для пород Мамытского массива. Усл. обозначения те же, что на рис. 2

тинизированных гипербазитов могут выделяться гарцбургиты, лерцолиты и реже олибиновые вебстериты (рис. 2). Совершенно неожиданными оказались нормативные составы базитов. Во всех анализах наблюдается значительная недосыщенность кремнеземом и постоянное присутствие нормативного нефелина, лейцита и часто ларнита. Среди габбро-офиолитовой ассоциации и Платиноносного пояса Урала породы такого состава не известны. Можно предположить аллохимичность метаморфизма, однако какие-либо признаки метасоматических преобразований, свидетельствующих о выносе кремнезема, в амфиболитах и амфиболовых сланцах отсутствуют, а соотношения базальтоидных компонентов в них вполне закономерны (рис. 3). Как явствует из приведенных диаграмм, амфиболиты западной и восточной зон Мамытского массива имеют различный состав, причем породы восточной зоны выделяются более высокой железистостью и повышенным содержанием окиси титана. Отмеченные особенности химизма пород Мамытского массива накладывают серьезные ограничения в предлагавшиеся модели его формирования.

В наиболее детальном описании разреза по р. Мамыт [3] используется номенклатура как метаморфических, так и плутонических пород, что вряд ли оправдано, так как все породы являются метаморфическими и реликты первичных магматических парагенезисов и минералов лишь предполагаются. Столь же не очевидны утверждения авторов о согласных взаимоотношениях всех пород, необходимые для подтверждения мысли о магматической расслоенности. Никто из исследователей не обратил внимания на широкое развитие бластомилонитов и неоднородность строения западной части массива. На представленном нами разрезе (см. рис. 1), построенном с учетом специального изучения метаморфических парагенезисов, ясно видно, что Мамытский массив представляет собой серию пластин, полого погружающихся на восток. Восточный контакт его тектонический. Восточная пластина сложена темными грубозернистыми полосчатыми омфациит-гранатовыми амфиболитами (эклогитоподобными породами), гранатитами, гранатовыми амфиболитами и горнблендитами. Все эти породы имеют взаимные переходы и часто переслаиваются между собой. Залегающая ниже по разрезу центральная пластина представлена серпентинизированными гипербазитами, содержащими редкие включения гранатовых амфиболитов и бластомилонитовых габбро-амфиболитов. Нижняя (западная) пластина в верхней части сложена светло-зелеными гранат-паргаситовыми амфиболитами, которые вниз по разрезу сменяются бластомилонитовыми гранатсодержащими габбро-амфиболитами. Западная граница массива в береговых обрывах р. Мамыт выражена нечетко и всеми предшествующими исследователями проводилась по тектоническому нарушению, отделяющему экзоконтактовые

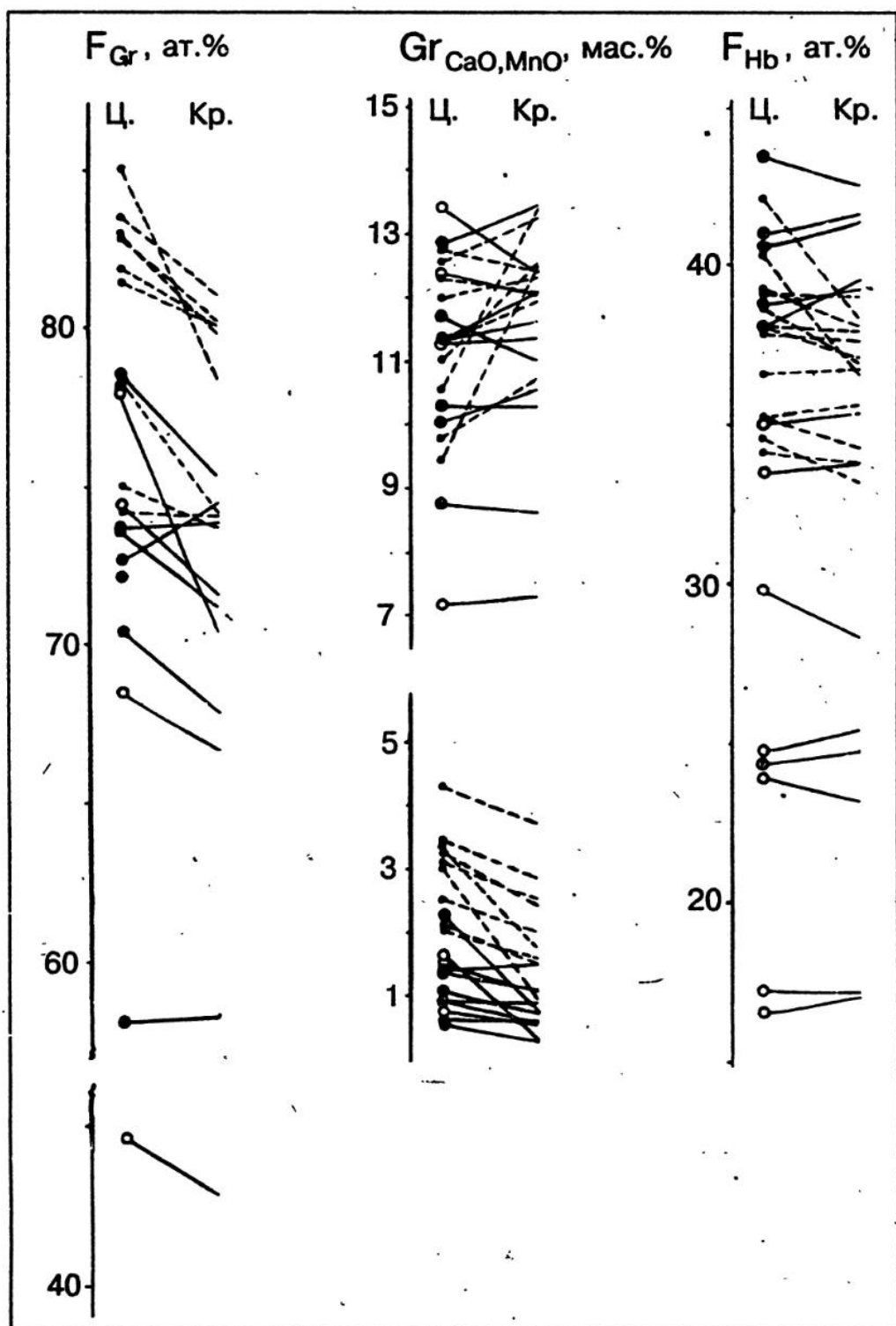


Рис. 4. Общая железистость гранатов и амфиболов и содержания CaO, MnO в гранатах из пород Мамыгского массива.

Усл. обозначения те же, что на рис. 2

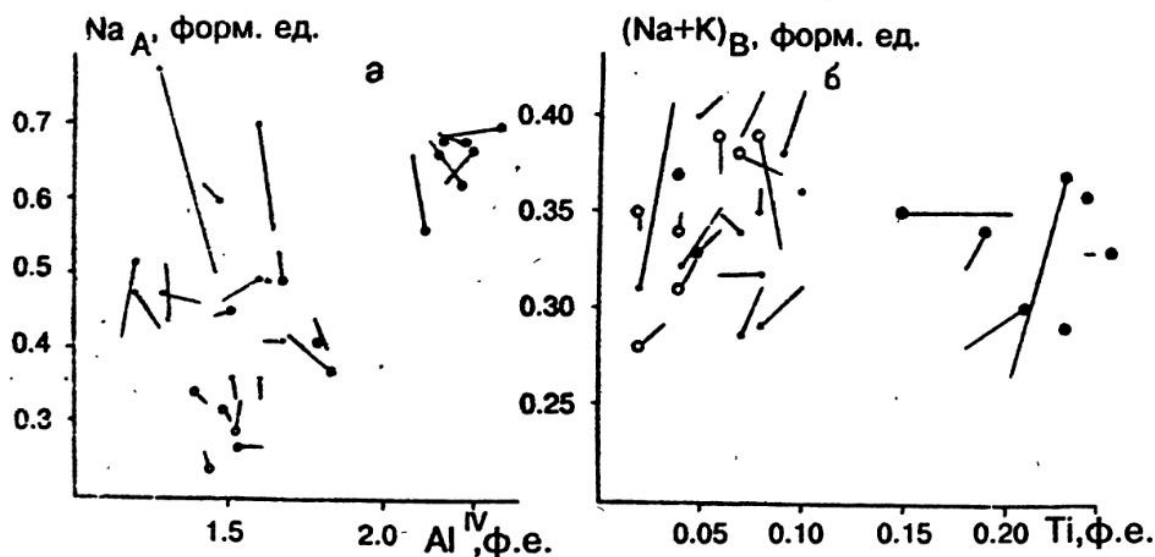
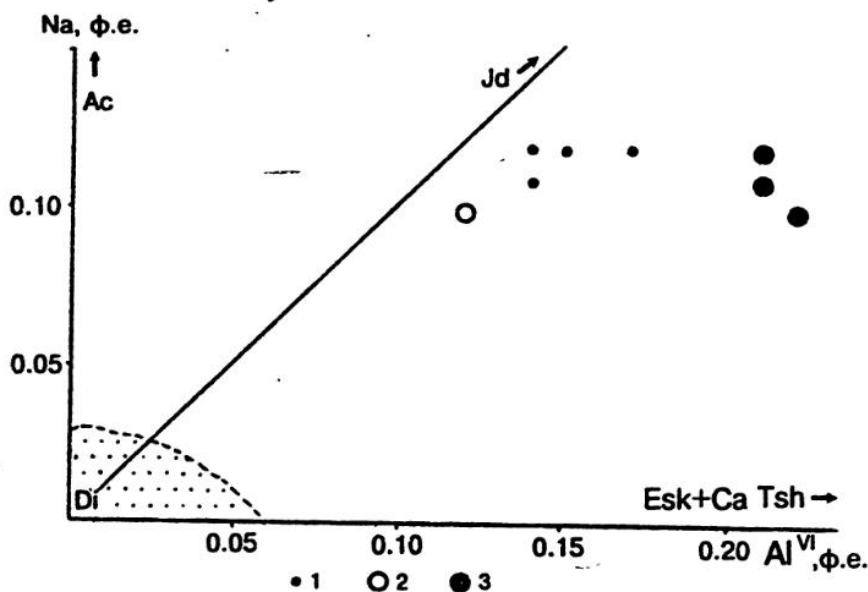


Рис. 5. Соотношения  $Na_A/Al^{IV}$  и  $(Na+K)_B/Ti$  в амфиболах из пород Мамытского массива. Усл. обозначения те же, что на рис. 2

амфиболовые сланцы от кварц-серицитовых сланцев эбетинской свиты. В настоящее время западная часть Мамытского массива вскрыта широтной канавой протяженностью около 1 км, обнажающей западную пластину и всю зону экзоконтакта (см. рис. 1). В ней четко видно, что бластомилонитовые габбро-амфиболиты эндоконтакта сменяются темно-зелеными амфиболовыми сланцами (метавулканитами). В амфиболовых сланцах нами закартирована инвертированная зональность, характеризующаяся понижением температуры на  $150^{\circ}C$  вниз по разрезу и выражающаяся в последовательной смене диопсид-амфиболовых сланцев гранат-амфиболовыми и затем плагиоклаз-амфиболовыми. Совершенно очевидно, что метаморфическая зональность в Мамытском массиве обусловлена не термальным воздействием гипербазитового ядра на вмещающие амфиболиты [2], а проявлена лишь в западном экзоконтакте и связана с надвига-

Рис. 6. Соотношения  $Na$  и  $Al^{VI}$  в клинопироксенах из пород Мамытского массива.

1 — амфиболовые сланцы западного экзоконтакта; 2 — бластомилонитовые габбро-амфиболиты западной пластины; 3 — эклогитоподобные породы восточной пластины. Пунктиром и точками выделено поле клинопироксенов из пород Кемпирсайского массива



нием всего пакета горячих (?) пластин.

Анализ парагенезисов, основанный на многочисленных микроскопических данных по составам минералов, дает принципиально новую информацию об условиях метаморфизма пород Мамытского массива и его обрамления. Инвертированная зональность в западном экзоконтакте, закартированная петрографически, ярко проявляется в закономерном изменении составов гранатов и амфиболов (рис. 4). Все они характеризуются прогрессивной зональностью по температуре и, видимо, давлению. Типовые парагенезисы зоны диопсида ( $\text{Di}_{29} + \text{Hb}_{34-35} + \text{Pl} + \text{Gr}_{74-75} + \text{Q} + \text{Zo} + \text{Sf}$ ), граната ( $\text{Hb}_{35-36} + \text{Gr}_{76-80} + \text{Pl} + \text{Q} + \text{Ep} + \text{Sf} + \text{Mt}$ ) и плагиоклаза ( $\text{Hb}_{37-38} + \text{Pl} + \text{Q} + \text{Ep}_{16} + \text{Gr}_{81-84} + \text{Sf}$ ) показывают направленность сопряженного изменения железистости минералов по мере удаления от контакта массива. Гранат, отмечаемый в зоне плагиоклаза, встречается очень редко в аксессуарных количествах и его появление может быть обусловлено колебаниями общей железистости пород. Обращает на себя внимание постоянное присутствие кварца, хотя в нормативном составе амфиболовых сланцев практически повсеместно присутствует нефелин. Не имея возможности в данной статье останавливаться на детальной характеристике особенностей состава минералов, все же следует отметить, что по мере удаления от контакта в роговых обманках понижается содержание тетраэдрического глинозема, титана и менее закономерно натрия в позиции А (рис. 5), а в гранате — Са-компонента.

Западная пластина Мамытского массива представлена бескварцевыми парагенезисами, отличающимися от амфиболовых сланцев экзоконтакта как по составам минералов, так и по структурно-текстурным особенностям пород. В нижней части преобладают грубозернистые порфирикластические габбро-амфиболиты ( $\text{Hb}_{25-35} + \text{Pl} + \text{Srx}_{27} + \text{Gr}_{66-74} + \text{Zo} + \text{Sf}$ ). Выше по разрезу они сменяются более магнезиальными гранат-паргаситовыми амфиболитами ( $\text{Hb}_{16-17} + \text{Pl} + \text{Gr}_{42-46} + \text{Zo} + \text{Mt}$ ), порфирикластические структуры в которых выражены менее отчетливо. В зоне контакта с гипербазитами центральной пластины вновь появляются бластомилонитовые амфиболиты ( $\text{Hb}_{17} + \text{Pl} + \text{Zo}$ ). Среди пород западной пластины могут по содежанию темноцветных выделяться лейкократовые и меланократовые разновидности, что также отличает их от монотонной толщи амфиболовых сланцев экзоконтакта. Амфиболы и гранаты, как и в зоне экзоконтакта, характеризуются прогрессивной зональностью (рис. 4), но составы их более разнообразны и зависят не только от РТ-параметров метаморфизма, но и от состава исходного субстрата. Очень высокомагнезиальные гранаты (44—46% пироба) паргаситовых амфиболитов содержат 19—20% Са-компонента, а содержание чермакитового минала в сосуществующих роговых обманках достигает 54%. В гранатах габбро-амфиболитов количество Са-компонента колеблется от 31 до 37%, а чермакитовый минал в амфиболох понижается до 40—35%. Пределы колебаний четверного глинозема, титана и щелочей в амфиболох из пород западной пластины близки экзоконтактной зоне, но в паргаситовых амфиболитах отмечаются наиболее низкие концентрации натрия в позиции А (рис. 5).

Об условиях метаморфизма Центральной пластины, сложенной серпентинизированными гипербазитами, можно судить по включениям метабазитов, петрографически сходных с породами западной пластины. Мы располагаем несколькими анализами минералов, характеризующих парагенезис  $\text{Hb}_{25} + \text{Pl} + \text{Gr}_{57} + \text{Zo}$  и позволяющих оценивать температуру метаморфизма в  $610^{\circ}\text{C}$ , что хорошо согласуется с многочисленными данными по массиву в целом (см. рис. 1).

Восточная пластина Мамытского массива наиболее экзотична. Здесь мы встречаемся с омфацит-гранатовым парагенезисом эклогитов. Развивается он в специфическом химическом составе сильно железистых, обогащенных титаном и недосыщенных кремнеземом базитов. Породы подобного состава, но метаморфизованные в иных условиях (плагиоклазовые амфиболиты), по данным И.С. Чашухина, известны только в узкой протяженной зоне, отделяющей юго-западную часть Кемпирсайского массива, и их происхождение неясно. Омфацит-гранатовые породы Восточной пластины имеют постепенные переходы к омфацит- и плагиоклазосодержащим гранатовым амфиболитам и горнблендитам. Распространенными второстепенными минералами являются цоизит и сфен. Амфиболы и гранаты из всех разновидностей пород характеризуются зональным строением (рис. 4). Амфиболы в сравнении с другими частями массива выделяются бурой

окрашкой и высокой железистостью. Для них характерны наиболее высокие концентрации  $Ti$ ,  $Al^{IV}$  и  $Na_A$  (рис. 5). Содержание гастингситового минала достигает 70%. Гранаты характеризуются пироп-гроссуляровым составом (пироп — до 22%, Са-компонент — до 37%) и имеют сходство с гранатами из других частей массива. Клинопироксены содержат 9—12% жадеита и по концентрации натрия близки клинопироксенам западной пластины и зоны экзоконтакта, но заметно выделяются высокой глиноземистостью. Содержание  $Al_2O_3$  в них составляет 8.0—9.4%, в то время как в клинопироксенах из западных зон не превышает 4.5—4.8%. Различаются они и по октаэдрическому глинозему (рис. 6), позволяющему рассчитывать высокое содержание Са-чермакит — эсколаитового минала (до 25%), указывающего на более высокобарические условия метаморфизма для восточной пластины. В сравнении с Кемпирсаем, клинопироксены Мамытского массива выделяются повышенными содержаниями жадеитового и эсколаитового миналов. Другим качественным подтверждением повышенных давлений является высокое содержание окиси глинозема в сфенах (до 1.5%).

Количественные РТ-параметры метаморфизма пород Мамытского массива ограничиваются точностью существующих геологических термобарометров. Основываясь на гранат- и клинопироксен-амфиболовых равновесиях можно сделать вывод, что породы массива были метаморфизованы в условиях средних температур (600—650°C или несколько выше). Давления же распределялись неравномерно. В соответствии с известным клинопироксен-гранатовым геобарометром Л.Л. Перчука они оцениваются для верхней восточной пластины в 10—13 кбар, а для нижней (западной) и зоны экзоконтакта — 8—10 кбар. Такие значения не противоречат приведенным выше данным об особенностях составов сосуществующих минералов, сопоставимых с минеральными парагенезисами других комплексов повышенных давлений.

Суммируя все имеющиеся данные об особенностях химического состава пород и условий метаморфизма Мамытского массива можно сделать некоторые общие замечания. Этот массив не имеет аналогов среди массивов офиолитовой ассоциации Урала. Петрохимические особенности пород скорее имеют некоторые черты сходства с так называемыми лерцолитовыми массивами корневых зон. Последние однако менее деплетированы, часто содержат очень высокобарические мантийные парагенезисы и характеризуются более высокотемпературными контактовыми ореолами (Бени-Бушера, Ронда и др.). Логически можно предположить, что Мамытский массив занимает промежуточное положение и его вещество характеризует какой-то из фрагментов доофиолитовой мантии, внедренный в континентальную кору в связи с рифтогенезом. Этому не противоречат петрохимические особенности метавулканитов западного экзоконтакта. Вторая проблема — природа и время метаморфизма. Совершенно очевидно, что инвертированная зональность в западном экзоконтакте связана с воздействием пакета Мамытских пластин. Сформирован он был до проявления метаморфических преобразований, что зафиксировано в прогрессивной зональности минералов. Связывать метаморфизм пород массива с декомпрессией и ретроградной гидратацией нет оснований, хотя исключить возможность реализации такого механизма нельзя. Вместе с тем возможно и другое объяснение, если обратиться к данным по инвертированным зональностям коллизионных зон Гималайского типа. Для таких зональностей характерно возрастание температуры и давления вверх по разрезу аллохтона. Источник тепла в этом случае будет связан не с мантийным блоком, а обусловлен трением. При таком механизме важное значение приобретает приближенность Мамытского массива к зоне Главного Уральского разлома (надвига). Природу высокобарического метаморфизма Мамытского массива нельзя объяснить лишь литостатическими нагрузками без привлечения «автоклавного эффекта» и (или) тектонических факторов. О времени же и геотектонических условиях проявления этих процессов более определенно можно будет говорить при наличии радиологических датировок.

### Список литературы

1. Абдулин А.А., Авдеев А.В., Сеитов Н.С. Тектоника Сакмарской и Орь-Илекской зон Мугоджар. Алма-Ата: Наука, 1977.

2. Кузнецов И.Е., Феноменов А.Н., Гулам Р.А., Юсуф Х. Об активных контактах Мамытского массива ультрамафитов (Казахский Урал) // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. 1985. № 1. С. 53—60.

3. Панелях Н.А., Соболев С.Ф. Природа амфиболитов Кемпирсайского и Мамытского массивов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1983. № 2. С. 25—37.

4. Панелях Н.А., Соболев С.Ф. Петрохимическая зональность габбро-амфиболитов восточной окраины Кемпирсайского и Мамытского массивов (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1985. № 5. С. 43—53.