

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕТАМОРФИЗМА МЕТАБАЗИТОВ МАГАНСКОГО ГРАНУЛИТ-ГНЕЙСОВОГО ТЕРРЕЙНА (АНАБАРСКИЙ МАССИВ)

С. М. Пилюгин

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 15 сентября 2011 г.

Аннотация. В metabasites Маганского гранулит-гнейсового террейна детально изучены породообразующие и акцессорные минералы. Основные минеральные парагенезисы metabasites представлены $Grt + Opx + Pl + Bt + Qtz$. Для пород характерна высокая гомогенность минералов по составу. Максимальные температуры метаморфизма metabasites, определенные методами минеральной геотермобарометрии, составляют около $815\text{ }^{\circ}\text{C}$ при давлении 7,6 кбар.

Ключевые слова: гранулитовый метаморфизм, геотермобарометрия, температура, давление.

Abstract. In metabasites Magan granulite-gneiss terrane studied in detail the rock-forming and accessory minerals. The main mineral parageneses of metabasites are $Grt + Opx + Pl + Bt + Qtz$. For rocks are characterized by high homogeneity of the mineral composition. Peak conditions metamorphism of metabasites, defined methods of mineral geothermobarometry are about $815\text{ }^{\circ}\text{C}$ at a pressure of 7,6 kb.

Key words: granulite metamorphism, geothermobarometry, temperature, pressure

Настоящая работа представляет результаты детального изучения metabasites Маганского гранулит-гнейсового террейна с целью получения информации о P-T условиях метаморфизма пород. Следует отметить, что до сих пор такого рода исследования в метаморфических породах Маганского террейна не проводились.

Более того, автору не удалось найти в распространенных изданиях за последние 20–25 лет ни одной публикации, за исключением [1; 2], посвященной изучению вещественного состава, и определению физико-химических условий метаморфизма пород Анабарского массива.

Фактической основой для настоящей работы явилось изучение керн скважин, пробуренных при глубинном геологическом картировании и поисковых работах на алмазоносные кимберлиты, а также коренных выходов пород, развитых в пределах р. Ала-Юрях. Всего было исследовано 27 образцов. 9 образцов изучены на рентгеноспектральном микроанализаторе «Jeol- 6380 LV» с энергодисперсионным спектрометром «INCA-250» (ВГУ). Было выполнено от 40 до 250 определений для каждого образца. Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1–1,5 нА, время набора спектра 70 сек, диаметр пучка обычно равнялся 3–5 мкм. ZAF коррекция при расчете содержания окислов и оценка точности проводились с помощью комплек-

та программ математического обеспечения системы. Точность анализа систематически контролировалась по эталонным образцам природных и синтетических минералов. Микрозондовые определения составов сосуществующих минералов проводились в прозрачных шлифах после их микроскопического изучения.

Маганский террейн занимает центральное положение в структуре Сибирского кратона, формирует западную часть провинции Анабар, отделенную от Тунгусской провинции Саяно-Таймырской разломной зоной (рис. 1). Он сложен метавулканитами базальт-андезит-дацит-риолитового ряда, относящимися к толеитовой, известково-щелочной и высококалийевой сериям, с возрастом формирования 2,9 млрд. лет [3].

Метабазиты Маганского гранулит-гнейсового террейна представлены темно-буровато-серыми, средне-крупнозернистыми, массивными и нередко разгнейсованными породами. Структура порфиробластовая, гранобластовая, лепидогранобластовая. Порфиробласты сложены гранатом, достигающим 1 см в диаметре (рис. 2 а). Основные минеральные парагенезисы metabasites представлены гранатом, биотитом, плагиоклазом, ортопироксенном, кварцем. В подчиненном количестве в образцах присутствует калиевый полевой шпат, карбонаты, сульфиды, REE- фосфаты (рис. 2 г). Хлорит развивается по пироксенам, и заполняет трещины в крупных дезинтегрированных зернах (рис. 2 б).

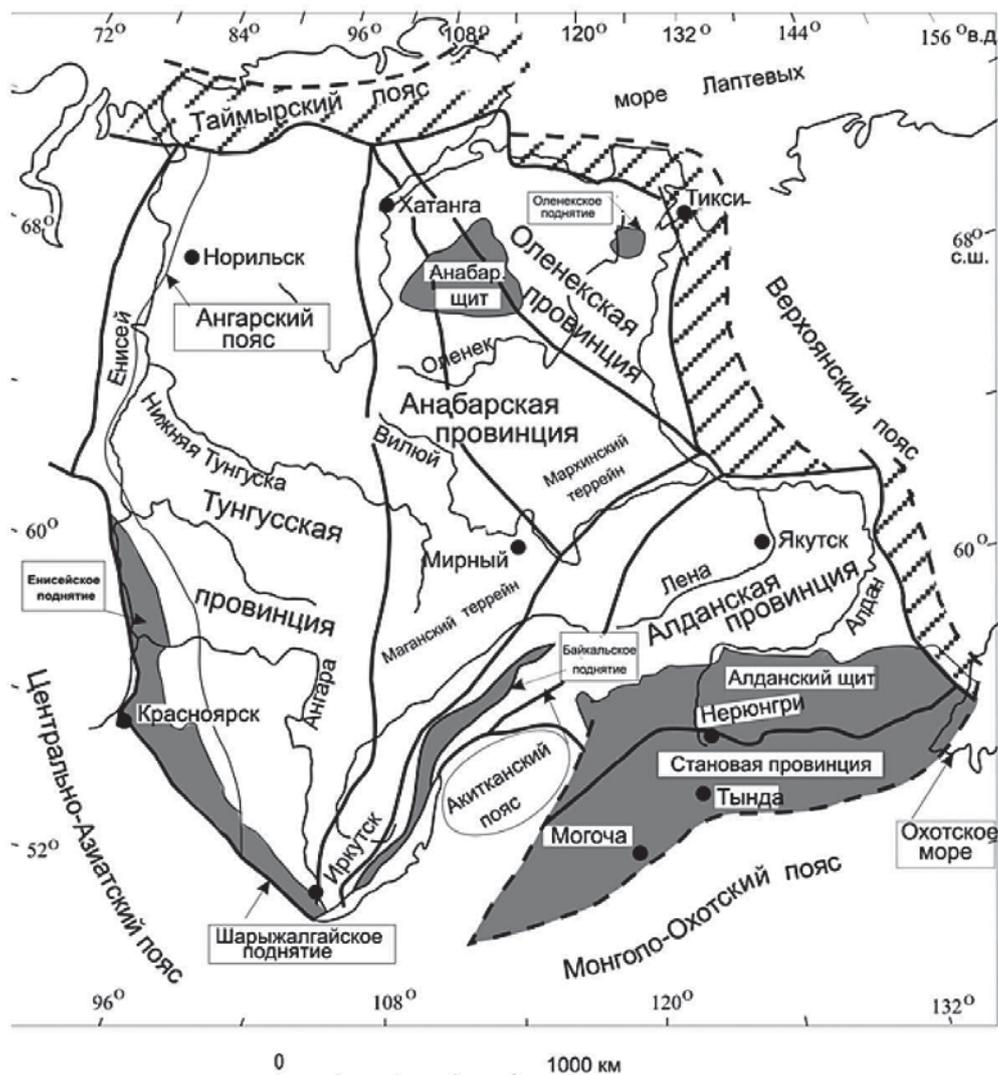


Рис. 1. Основные элементы структуры фундамента Сибирского кратона по [3]. Серое – обнаженные площади фундамента; штриховка – палеозой-мезозойские складчатые пояса; линии – главные разломные зоны (в пределах кратона – сутуры)

Гранат является главным породообразующим минералом изученных пород, составляет до 50 % породы, и представлен крупными кристаллами с неровными краями и включениями плагиоклаза, кварца, биотита. Все проанализированные зерна (16 шт.) характеризуются гомогенностью составов – максимальные различия в минеральном составе не превышают 1–2 моль.%; зональных кристаллов не было обнаружено. Содержания CaO и MnO низкие и варьируют в пределах 2,4–2,6 мас. % и 0,6–0,8 мас. %, соответственно, магнезиальность умеренная ($X_{Mg} = 0,3–0,35$), по составу гранаты алмадин-пиропового ряда ($X_{alm} = 0,5$, $X_{pp} = 0,3$).

Ортопироксен присутствует в виде зерен размером до 1–2 мм, неправильной формы дезинтегрированных и разбитых системой трещин на отде-

льные фрагменты. Зерна ортопироксена присутствуют в образцах, также в виде включений в гранате размером до 200 мкм (рис. 2 в). Ортопироксены (гиперстены) характеризуются высокой магнезиальностью ($X_{Mg} = 0,55–0,65$), а также довольно высоким содержанием Al_2O_3 – до 3,5 мас. %. Четко выраженной зональности в распределении железа, магния и алюминия в гиперстенах не наблюдается.

Плагиоклаз представлен крупными (до 2–3 мм в диаметре) изометричными, реже неправильной формы полисинтетически сдвойникованными кристаллами, отделяющими гранат от ортопироксена. Встречаются также включения плагиоклаза в гранате (рис. 2 г). Размер таких включений варьирует в широких пределах (от первых до 500 мкм).

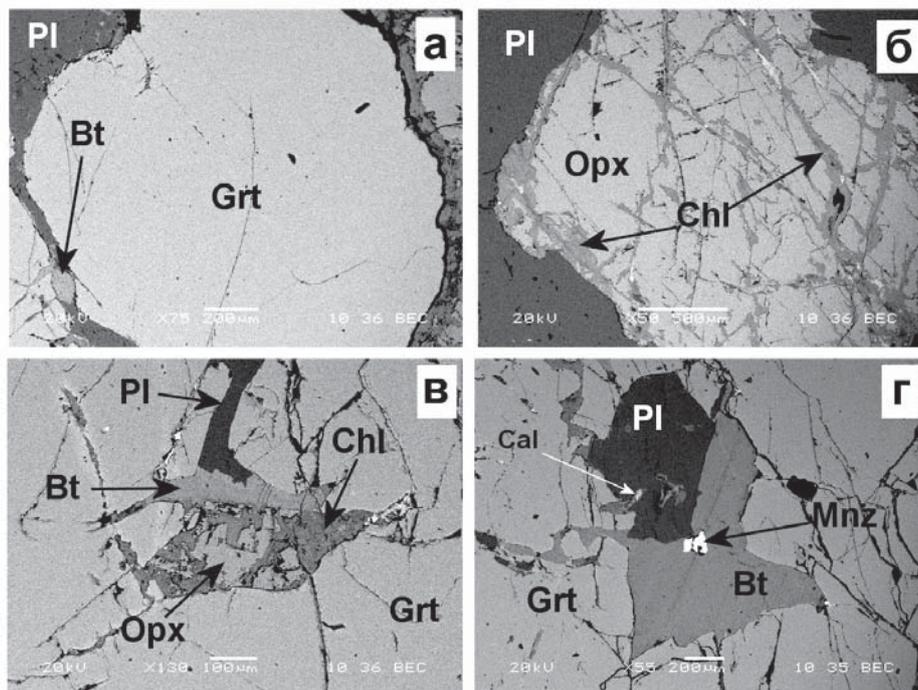


Рис. 2. Микрофотографии метабазитовых гранулитов Маганского гранулит-гнейсового пояса: а – порфиробласты гомогенного граната; б – крупные дезинтегрированные кристаллы гиперстена, по которым развивается хлорит; в – включение хлоритизированного гиперстена, биотита и плагиоклаза в гранате; г – включение биотита и плагиоклаза в гранате, биотит содержит включение монацита. Символы минералов по [4]

В некоторых случаях зерна плагиоклаза содержат включения калиевого полевого шпата, карбонатов, хлорита (рис. 2 г). По составу плагиоклазы относятся к средним разностям (андезинам) ($\text{CaO} = 7,5 - 8,5 \text{ мас.}\%$).

Биотит в изученных породах присутствует в незначительных количествах, обычно до 5–7 модалных процентов и, как правило, находится в ассоциации с гранатом (рис. 2 а, в, г). Биотиты характеризуются красно-коричневой окраской, высокой магниальностью и титанистостью ($X_{\text{Mg}} = 0,55 - 0,65$), ($\text{TiO}_2 = 3,5 - 4,1 \text{ мас.}\%$), соответственно. Также в биотитах обнаружена большая примесь хлора (до 1,88 вес. % при погрешности определения 0,1 %).

Для количественной оценки P–T условий метаморфизма метабазитов Маганского гранулит-гнейсового террейна использовалась система согласованных минералогических термометров (SCT-1) и барометров (SCP-1). SCT-1 [5; 6] включает критически отобранные версии *Grt–Opх* (символы минералов по [4]) и *Bt–Grt* геотермометров, чьи оценки не различаются больше, чем на 30°. SCP-1 включает *Grt–Opх–Pl–Qtz* [7; 8] геобарометры, показания которых различаются меньше, чем на 1,5 кбар. Сенсоры, включенные в SCT-1 и SCP-1, были дополнительно протестированы с использо-

ванием новых экспериментальных данных, полученных уже после создания этих систем. Тестирование подтвердило высокую их надежность. Все P–T расчеты выполнялись в рамках программы TPF [6; 8] по 6 минеральным ассоциациям для каждого из проанализированных образцов.

С использованием составов синхронных сосуществующих *Grt*, *Opх*, *Pl*, *Qtz*, а также *Grt* на контакте с *Opх* и *Bt*, было найдено, что кристаллизация минералов произошла при температуре $790 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $7,3 \pm 0,3 \text{ кбар}$. Гранат-ортопироксеновый геобарометр не применялся, так как небольшие изменения X_{Al} в ортопироксене приводят к значительному разбросу оценок давления.

Полученные оценки отражают P–T интервал условий роста гранатов в метазверженных породах, который сопровождался изменением составов остальных минералов, принимавших участие в реакциях на регрессивной стадии метаморфизма. К сожалению, определить пиковые условия метаморфизма по парагенезисам изученных гранулитов не представляется возможным, так как все наиболее надежные геотермометры и геобарометры предполагают использование составов граната. Максимальные P–T условия, зафиксированные описанными парагенезисами составляют $815 \text{ }^\circ\text{C}$ и 7,6 кбар.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МК-1978.2010.5)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Condie K. C.* Geochemistry of metasediments from the Precambrian Hapschan Series, eastern Anabar Shield, Siberia / K. C. Condie [et al.] // *Precambrian Res.* – 1991. – V. 50. – P. 37–47.
2. *Rosen O. M.* Two geochemically different types of Precambrian crust in the Anabar Shield, North Siberia / O. M. Rosen // *Precambrian Res.* – 1989. – V. 45. – P. 129–142.
3. *Розен О. М.* Сибирский кратон: тектоническое районирование, вопросы эволюции / О. М. Розен // *Геотектоника.* – 2003. – № 3. – С. 1–19.
4. *Kretz R.* Symbols for rock-forming minerals / R. Kretz // *Amer. Miner.* – 1983. – V. 68. – P. 277–279.
5. *Fonarev V. I.* Two-pyroxene thermometry: a critical evaluation / V. I. Fonarev, A. A. Graphchikov // *Progress in*

metamorphic and magmatic Petrology / ed. L. L. Perchuk; Cambridge University Press. – Cambridge, 1991. – P. 65–92.

6. *Fonarev V. I.* A consistent system of geothermometers for metamorphic complexes / V. I. Fonarev, A. A. Graphchikov, A. N. Konilov // *Intern. Geol. Rev.* – 1991. – V. 33, № 8. – P. 743–783.

7. *Графчиков А. А.* Гранат-ортопироксен-плаггиоклаз-кварцевый геобарометр (экспериментальная калибровка) / А. А. Графчиков, В. И. Фонарев // *ДАН СССР.* – 1990. – Т. 312, № 5. – С. 1215–1218.

8. *Фонарев В. И.* Экспериментальные исследования равновесий с минералами переменного состава и геологическая термобарометрия / В. И. Фонарев, А. А. Графчиков, А. Н. Конилов // *Экспериментальные проблемы геологии* / ред. В. А. Жариков, В. В. Федькин. – М.: Наука, 1994. – С. 323–355.

*Воронежский государственный университет
С. М. Пилюгин, старший преподаватель кафедры
полезных ископаемых и недропользования
Тел. 8 (473) 220-86-26
geoscience@yandex.ru*

*Voronezh State University
S. M. Pilugin, senior lecturer of the Chair of Mineral
Resource
Tel. 8 (473) 220-86-26
geoscience@yandex.ru*