

Институт геологии и минералогии
им. В. С. Соболева Сибирского отделения РАН

Институт геологии и геохимии
им. акад. А. Н. Заварицкого Уральского отделения РАН

Институт геохимии им. А. П. Виноградова
Сибирского отделения РАН

Геологический институт
Российской Академии наук

Алтайский геолого-экологический институт
Министерства образования и науки Республики Казахстан

Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет

Томский национальный исследовательский
государственный университет

IGCP Project #592 "Continental Construction in Central Asia"

Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А. А. Трофимука
Сибирского отделения РАН

Сибирский научно-исследовательский
институт геологии, геофизики
и минерального сырья

Институт земной коры
Сибирского отделения РАН

Федеральное агентство
по недропользованию
(Роснедра – Сибнедра – Уралнедра)

Товарищество с ограниченной
ответственностью «Геологоразведочная компания "Топаз"»

Восточно-Казахстанский государственный технический универси-
тет им. Д. Серикбаева

Научно-исследовательский Иркутский
государственный технический университет

КОРРЕЛЯЦИЯ АЛТАИД И УРАЛИД магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология геодинамика и металлогения

Материалы третьей международной научной конференции

29 марта – 1 апреля 2016 г.
г. Новосибирск, Россия



Новосибирск
Издательство Сибирского отделения
Российской академии наук
2016

ОРТОПИРОКСЕН-СИЛЛИМАНИТ-КВАРЦЕВЫЕ АССОЦИАЦИИ ГРАНУЛИТОВ
МЫСА КАЛТЫГЕЙ, ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ

**Волкова Н. И.^{1,2}, Мехоношин А. С.³, Владимиров А. Г.^{1,2,4}, Хлестов В. В.^{1,4},
Михеев Е. И.¹, Травин А. В.^{1,2}**

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск
nvolkova@igm.nsc.ru

²Томский государственный университет, г. Томск

³Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

⁴Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

При исследовании гранулитовых комплексов различных регионов мира ортопироксен-силлиманит-кварцевые породы всегда привлекают к себе особое внимание, так как они формируются при ультравысокотемпературных (УНТ) условиях ($T > 900$ °С) метаморфизма, на глубине 25–40 км [1–4]. Ортопироксен-силлиманит-кварцевые ассоциации были обнаружены нами в гранулитах мыса Калтыгей на западном берегу оз. Байкал (между пос. Онгурен и р. Зундук). Гранулиты мыса Калтыгей слагают изолированный тектонический блок, окаймленный с севера-северо-запада палеопротерозойскими образованиями сарминской серии, которые в виде узкой полосы протягиваются вдоль северо-западного побережья Байкала.

По химическому составу гранулиты Калтыгея можно разделить на две группы. Гранулиты I группы резко отличаются значительно более высокими содержаниями кремнезема и более низкими глинозема и железа (> 70 мас.% SiO_2 , 10–14,4 мас.% Al_2O_3 , 4–10 мас.% FeO) по сравнению с гранулитами II группы (50–59 мас.% SiO_2 , 16,6–20,6 мас.% Al_2O_3 , 12–16 мас.% FeO). Гранулиты I группы показывают широкий диапазон значений $\text{Mg\#} = \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$, мол. % = 0,18–0,73. Только породы I группы с самой высокой магнезиальностью ($\text{Mg\#} = 0,57$ –0,73), которые лежат в поле ортопироксен-силлиманит-гранат на диаграмме АФМ, и содержат ортопироксен-силлиманит-кварцевые ассоциации.

Структурные взаимоотношения *Opx* и *Sil* свидетельствуют об их одновременной кристаллизации. Содержание Al в ортопироксене варьирует от 8,0 до 4,9–5,2 мас. % и уменьшается от центра к краю зерен минерала, $\text{Mg\#} = 59$ –66. Ангедральный незональный пироп-альмандиновый гранат ($\text{Mg\#} = 37$ –41) содержит мало спессартина (0,2–1,0 %) и гроссуляра (1,0–2,0 %). Магнезиальный ($\text{Mg\#} = 79$ –88) кордиерит часто окружает *Opx*+*Sil*+*Qtz* парагенезисы. Мезопертитовый К-Na полевой шпат содержит ламели олигоклаза, что свидетельствует о распаде тройного полевого шпата, характерного только для УНТ гранулитовых комплексов [3, 4]. Породы содержат агрегаты мелкочешуйчатого биотита ($\text{TiO}_2 = 3,6$ –0,9 мас. %, $\text{Mg\#} = 74$ –86), замещающего кордиерит в условиях амфиболитовой фации. Акцессорные минералы: циркон, гематит, ильменит, турмалин, сфен, монацит.

Гранулиты II группы обычно не содержат *Opx*+*Sil*+*Qtz* парагенезисы и представлены следующими ассоциациями: *Grt*+*Crd*+*Bt*+*Pl*+*Kfs*+*Sil*+*Qtz*(+*Sp*), *Crd*+*Kfs*+*Bt*+*Sil*+*Qtz*. Следует отметить, что зеленая шпинель встречается только в виде включений в гранате и нигде не контактирует с кварцем. Вторичные изменения выражены в развитии сине-зеленой роговой обманки и эпидота.

Главные проблемы в определении пика *P*–*T*-условий для пород гранулитовой фации связаны с тем, что высокие скорости внутризерновой и межзерновой диффузии для большинства катионов приводят к установлению новых равновесий на начальных стадиях остывания. Следствием этого является то, что (1) геотермометры и геобарометры, используемые для гранулитов, обычно дают заниженные оценки *P*–*T*-условий, которые достигаются на регрессивном этапе метаморфизма; (2) гомогенизация минеральных зерен уничтожает зональность. Таким образом, информация о пике метаморфизма практически не сохраняется в составе Fe-Mg минералов, пока между ними осуществляются обменные реакции.

Более мощным альтернативным подходом к определению экстремальных условий пика УНТ метаморфизма является метод псевдосекций, основанный на минимизации энергии Гиббса, который представляет собой графическое средство, позволяющее на основе химического состава породы получить информацию о минеральных ассоциациях при определенных *P*–*T*-условиях. Метод псевдосекций (программный комплекс PERPLE_X [5]) в сочетании с термобарометрией Al-в-ортопироксене позволил нам определить ретроградные участки *P*–*T*-трендов для гранулитов Калтыгея. Нижний предел *P*–*T*-условий пика метаморфизма оценивается в 900 °С и 9 кбар, а ретроградный участок пути можно определить как субизобарическое остывание (IBC).

U-Pb изотопный возраст гранулитов Калтыгея составляет 1,89–1,88 млрд лет [6–9], $e_{Nd}(t) = +0,6$, а Nd модельный возраст ~2,3 млрд лет [10]. Недавно опубликованные данные о палеопротерозойском магматизме вдоль южной окраины Сибирского кратона [11–13] показывают, что многочисленные базит-ультрабазитовые комплексы, базитовые и гранитные дайки, граниты A- и I-типов имеют близкий U-Pb возраст формирования, что говорит о синхронности регионального метаморфизма с магматическими импульсами. Таким образом, формирование гранулитов Калтыгея с ИВС-трендом эволюции может быть обусловлено разогревом при поступлении мантийных базитовых магм (magmatic underplating) вдоль континентальной окраины и последующим остыванием до достижения нормальной коровой температуры в период постколлизийного растяжения. Следует отметить, что возраст метаморфизма гранулитов Калтыгея близок к возрасту завершения основных коллизийных и постколлизийных событий, произошедших в палеопротерозойский этап по периферии Сибирского кратона.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 15-05-08843, 14-05-00747) и ОНЗ 10.3.

Литература

1. Harley S.L. On the occurrence and characterization of ultrahigh-temperature crustal metamorphism / In: Treloar P.J., O'Brien P.J. (Eds.), *What Drives Metamorphism and Metamorphic Relations?* // Spec. Publ. Geol. Soc., London, 1998. P. 81–107.
2. Harley S.L. Refining the P-T records of UHT crustal metamorphism // *Journal of Metamorphic Geology*. 2008. Vol. 26. P. 125–154.
3. Kelsey D.E. On ultrahigh-temperature crustal metamorphism // *Gondwana Research*. 2008. Vol. 13. P. 1–29.
4. Kelsey D.E., Hand M. On ultrahigh temperature crustal metamorphism: Phase equilibria, trace element thermometry, bulk composition, heat sources, timescales and tectonic settings // *Geosci. Frontiers*. 2015. Vol. 6(3). P. 311–356.
5. Connolly J.A.D. Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation // *Earth and Planetary Science Letters*. 2005. Vol. 236. P. 524–541.
6. Бибикова Е.В., Кориковский С.П., Кирнозова Т.И., Сумин Л.В., Аракелянц М.М., Федоровский В.С., Петрова З.И. Определения возраста пород Байкало-Витимского зеленокаменного пояса изотопно-геохронологическими методами // *Изотопное датирование процессов метаморфизма и метасоматоза: Сб. ст. / АН СССР. Ин-т геохимии и аналит. химии им. В.И. Вернадского, комис. по изотоп. геохронологии*, 1987. С. 154–164.
7. Бибикова Е.В., Карпенко С.Ф., Сумин Л.В. и др. U-Pb, Sm-Nd и K-Ar возраст метаморфических и магматических пород Приольхонья (Западное Прибайкалье) // *Геология и геохронология докембрия Сибирской платформы и ее обрамления*. Л.: Наука, 1990. С. 170–183.
8. Летников Ф.А., Халилов В.А., Савельева В.Б. Изотопное датирование эндогенных процессов в Приольхонье // *Докл. РАН*. 1995. Т. 344(1). С. 96–100.
9. Poller U., Gladkochub D., Donskaya T., Mazukabzov A., Sklyarov E., Todt W. Multistage magmatic and metamorphic evolution in the Southern Siberian Craton: Archean and Palaeoproterozoic zircon ages revealed by SHRIMP and TIMS // *Precambrian Research*. 2005. Vol. 136. P. 353–368.
10. Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Федоровский В.С. и др. Доколлизийная история отдельных блоков Ольхонского террейна // *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 13. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН*, 2015. С. 89–91.
11. Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Ковач В.П., Мазукабзов А.М. Петрогенезис раннепротерозойских постколлизийных гранитоидов юга Сибирского кратона // *Петрология*. 2005. Т. 13. № 3. С. 253–279.
12. Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Эрнст Р. и др. Базитовый магматизм Сибирского кратона в протерозое: Обзор основных этапов и их геодинамическая интерпретация // *Геотектоника*. 2012. № 4. С. 28–41.
13. Мехоношин А.С., Эрнст Р., Колотилина Т.Б. и др. Связь платиноносных ультрамафит-мафитовых интрузивов с крупными изверженными провинциями (на примере Сибирского кратона) // *Геология и геофизика*. 2016. Т. 57, № 5. (в печати).