

Метаморфические индикаторы вещественной и тектоно-термальной эволюции структур коллизии и растяжения в земной коре

© И. И. Лиханов

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: likh@igm.nsc.ru

Для выяснения тектоно-магматических причин развития разных типов метаморфизма весьма перспективно исследование P-T-t трендов. Их интерпретация представляет достаточно сложную проблему в областях полициклического развития подвижных поясов, где разные типы метаморфизма сочетаются друг с другом. В докладе эти вопросы обсуждаются на примере докембрийских комплексов Енисейского кряжа, характеризующихся проявлениями контактового и зонального LP/HT метаморфизма, обусловленными магматическим теплом, коллизионного MP/HT и HP/LT метаморфизма, связанными с надвигами и субдукцией, а также проявлениями стресс-метаморфизма при деформационных процессах и ультравысокотемпературного УНТ гранулитового метаморфизма. Установлены индикаторные признаки основных типов метаморфизма в различных тектонических обстановках. Анализ геологических явлений в сочетании с реконструкцией P-T-t трендов позволил выявить важные петрологические и геодинамические следствия.

Ключевые слова: P-T-t-d тренды эволюции; тектонические обстановки; Енисейский кряж.

Metamorphic indicators of geochemical and tectono-thermal evolution of collisional and extensional structures in the Earth crust

I. I. Likhanov

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: likh@igm.nsc.ru

The reconstruction of the geologic history of the Yenisei Ridge is of great importance, because it gives new insights into the tectonic evolution of orogenic belts along ancient craton margins, which are characterized by different types of metamorphism, and provides a solution for the problem of the amalgamation of the Siberian craton in the Rodinia and Nuna supercontinents. The aim of this study is to reconstruct P-T-t paths of metamorphic units to obtain information on tectonic processes operating within the Yenisei Ridge during Paleo- and Neoproterozoic times and correlate them to a succession of global events that played the important role in the evolution of ancient supercontinents.

Keywords: P-T-t-d paths; collision and extensional tectonic setting; shear zones; Yenisei Ridge.

Эффективным методом для выяснения тектоно-магматических причин метаморфизма является реконструкция P-T-t трендов. Наиболее широко этот подход применяется при интерпретации эволюции орогенов с полициклической историей, где разные типы метаморфизма сочетаются между собой в контрастных геодинамических обстановках [8]. В докладе эти вопросы обсуждаются на примере комплексов Енисейского кряжа, в составе которых исследованы проявления контактового и LP/HT метаморфизма, обусловленные восходящими движениями магмы, коллизионного метаморфизма MP/HT и HP/LT, связанные с надвигами и субдукцией, стресс-метаморфизма при деформационных процессах и УНТ гранулитового метаморфизма. Полиметаморфизм этих пород четко отслеживается по реакционным микроструктурам, химической зональности минералов, конфигурации P-T трендов и изотопным датировкам.

В Заангарье Енисейского кряжа на первом этапе сформировались зональные комплексы низких давлений And-Sil типа гренвильского возраста при обычном для орогенеза метаморфическом градиенте $dT/dH=25-35^{\circ}\text{C}/\text{км}$ [5]. На втором этапе эти породы подверглись неопротерозойскому коллизионному метаморфизму умеренных давлений Ky-Sil типа, в результате чего происходило прогрессивное замещение $\text{And} \rightarrow \text{Ky} \pm \text{Sil}$ [7]. Формирование более древних пород тейского комплекса происходило в результате надвигов со стороны Сибирского кратона на рубеже 850 млн лет [8]. Поздний коллизионный метаморфизм пород гаревского комплекса контролировался встречными движениями в ходе аккреционных событий вальгальской складчатости (~800 млн лет) [2]. Особенности этого метаморфизма являются малая мощность зон (3-8 км) и повышение давления при приближении к надвигам от 4,5 до 8 кбар при слабых вариациях температуры, что свидетельствует о низком метаморфическом градиенте от 7 до $14^{\circ}\text{C}/\text{км}$ (рис. 1 а) [8].

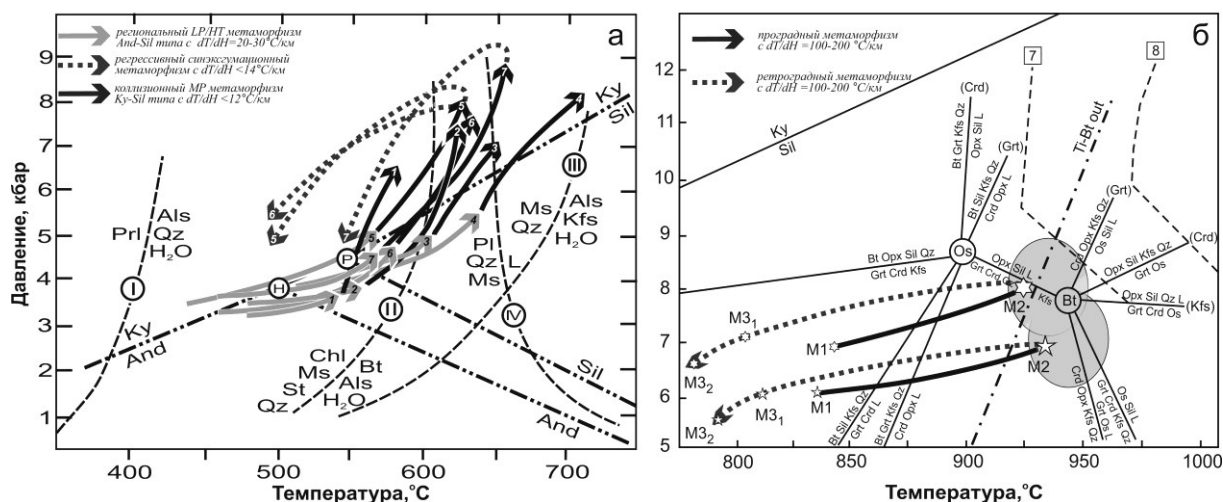


Рис. 1. (а) P - T - t тренды эволюции метаморфизма для гнейсов тейского (1–4) и гаревского (5–7) комплексов. Пунктиром и штрихпунктиром показано положение минеральных равновесий для метапелитов и координаты тройной точки. (б) P - T - t тренды УНТ гранулитов канского комплекса с движением «против часовой стрелки» на петрогенетической диаграмме в системе KFMASH. Пунктирными линиями показано содержание Al_2O_3 , мас. % в ортопироксене.

Эти признаки характерны для коллизионного метаморфизма, обусловленного утолщением земной коры в результате быстрого надвига с последующим быстрым подъемом пород, т.е. когда при скоростях процессов около 1-10 мм/год не достигалось выравнивание температур между блоками земной коры из-за тепловой инерции по сравнению с давлением [10]. Различия в направлении движения регрессивных ветвей, определяющих итоговую траекторию P - T - t трендов, контролируются разными скоростями и механизмами эксгумации: эрозионной денудацией перекрывающих комплексов (CW) или тектонической транспортировкой при растяжении земной коры (CCW) [6]. Декомпрессионное остывание с низким $dT/dH \leq 12^\circ C/km$ пород гаревского комплекса могло быть связано с быстрой тектонической эксгумацией при растяжении и утонении коры, обеспечивающей резкий сброс давления не успевающей остыть среды (рис. 1а), что подтверждается их синхронностью с рифтогенными продуктами бимодального магматизма [9]. Во всех случаях наложение более высокобарического этапа сопровождалось существенным ростом содержания Grs минала синхронно с уменьшением концентрации Y и HREE в зональных гранатах [1]. Комплексы с субизобарическим остыванием образуются в условиях длительного охлаждения на средне-нижнекоровых уровнях глубинности [4]. В качестве примера приведена эволюция P - T параметров с ходом «против часовой стрелки» при высоком градиенте до $200^\circ C/kbar$, указывающая на развитие УНТ парагенезисов Ангаро-Канского блока при сильном прогреве $>900^\circ C$ с последующим субизобарическим остыванием (рис. 1б). Такие условия отвечают обстановкам внутриплитного растяжения, сопровождаемого андерплейтингом базитовых расплавов в связи с предполагаемой активностью Тимптонского мантийного плюма (~1750 млн лет) в составе Транссибирской КМП [4].

В пределах Приенисейской сдвиговой зоны породы подвергались интенсивным деформациям с перекристаллизацией субстрата и образованием высокобарических тектонитов [3,10]. Динамометаморфизм происходил при низком $dT/dH < 10^\circ C/km$ с ростом давления на 1.5-3 кбар в сравнении с значениями регионального метаморфизма. Максимальные превышения давления на 5 кбар и температуры на $200^\circ C$ установлены в приразломных blastomylonites с реликтовыми глаукофансланцевыми ассоциациями [10]. Различия в P - T параметрах согласуются с численными экспериментами о локальном разогреве пород при вязких деформациях и/или превышении тектонического давления над литостатическим в зонах пластического сдвига [11], что указывает на тектонический контроль стресс-метаморфизма в шовных зонах коры. При анализе данных выявлен ряд важных петрологических и геодинамических следствий.

Литература

1. Likhonov I. I. Mass-transfer and differential element mobility in metapelites during multistage metamorphism of Yenisei Ridge, Siberia // Geol. Soc., 2018. London, Spec. Publ. V. 478, URL: <https://doi.org/10.1144/SP478.11>.

2. Возраст бластомилонитов Приенисейской региональной сдвиговой зоны как свидетельство вендских аккреционно-коллизонных событий на западной окраине Сибирского кратона / И. И. Лиханов [и др.] // Доклады академии наук. 2013. Т. 450. № 2. С. 199–203.
3. *P-T-t* реконструкция метаморфической истории южной части Енисейского кряжа (Сибирский кратон): петрологические следствия и связь с суперконтинентальными циклами / И. И. Лиханов [и др.] // Геология и геофизика. 2015. Т. 55. № 6. С. 1031–1056.
4. Метаморфическая эволюция ультравысокотемпературных железисто-глиноземистых гранулитов Южно-Енисейского кряжа и тектонические следствия / И. И. Лиханов [и др.] // Петрология. 2016. Т. 24. № 4. С. 423–440.
5. Лиханов И. И., Ножкин А. Д., Савко К. А. Аккреционная тектоника комплексов западной окраины Сибирского кратона // Геотектоника. 2018. Т. 52. № 1. С. 28–51.
6. Природа и модели метаморфизма / В. В. Ревердатто [и др.] Новосибирск: СО РАН, 2017. 331 с.
7. Evidence from Fe- and Al-rich metapelites for thrust loading in the Transangarian Region of the Yenisey Ridge, eastern Siberia / I. I. Likhonov et al // Journal of Metamorphic Geology. 2004. V. 22. P. 743–762.
8. P-T-t constraints on polymetamorphic complexes of the Yenisey Ridge, East Siberia: implications for Neoproterozoic paleocontinental reconstructions / I. I. Likhonov et al // Journal of Asian Earth Sciences. 2015. V. 113. P. 391–410.
9. Likhonov I. I., Santosh M. Neoproterozoic intraplate magmatism along the western margin of the Siberian Craton: implications for breakup of the Rodinia supercontinent // Precambrian Research. 2017. V. 300. P. 315–331.
10. Likhonov I. I., Régnier J.-L., Santosh M. Blueschist facies fault tectonites from the western margin of the Siberian Craton: Implications for subduction and exhumation associated with early stages of the Paleo-Asian Ocean // Lithos. 2018. V. 304–307. P. 468–488.
11. Schmalholz S. M., Podladchikov Y. Y. Tectonic overpressure and implications for exhumation of high-pressure rocks // Geophysical Res. Letters. 2013. V. 40. P. 1984–1988.

Лиханов Игорь Иванович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск.