

**Р-Т- $t$  ЭВОЛЮЦИЯ МЕТАМОРФИЗМА В ЗААНГАРЬЕ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА  
КАК СЛЕДСТВИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ  
НА ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЕ СИБИРСКОГО КРАТОНА**

**Лиханов И.И.\***, **Ревердатто В.В.\***, **Ножкин А.Д.\***,  
**Козлов П.С.\*\***, **Попов Н.В.\*\*\***, **Вершинин А.Е.\***

*\*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, [likh@igm.nsc.ru](mailto:likh@igm.nsc.ru)*

*\*\*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург*

*\*\*\*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск*

В краевых частях древних кратонов сохраняется ценная информация об особенностях эволюции литосферы, контролируемых различными геодинамическими событиями. Этим объясняется повышенный интерес к проблемам реконструкции орогенных поясов на границе с кратонами. Енисейский кряж является аккреционно-коллизийным орогеном в структуре западной окраины Сибирского кратона. В отличие от многих других регионов Сибири, здесь представлен наиболее полный и представительный разрез докембрия от палеопротерозоя до венда включительно. Тесное пространственное совмещение разнообразных магматических и метаморфических комплексов свидетельствует о весьма сложной тектонической эволюции региона, имеющей ключевое значение для решения широко дискутируемых в современной литературе вопросов о цикличности геодинамических процессов докембрия, ответственных за образование и распад древних суперконтинентов – Пангеи и Родинии, и вхождении в их состав Сибирского кратона.

Обоснование специфики метаморфических процессов в различных тектонических обстановках опирается на данные о глубинах и термальной структуре их формирования и развития во времени. В ходе таких реконструкций удастся установить соотношения между  $P$ - $T$  режимами и возрастными рубежами эволюции метаморфизма разных типов и увязать выделенные этапы с тектонической и магматической активностью в регионе. Нами впервые получены современные прецизионные изотопно-геохронологические и петрологические данные по эволюции полиметаморфических комплексов Заангарья Енисейского кряжа, интерпретация которых позволила уточнить и обосновать ранние представления о развитии земной коры в регионе.

Нами изучены рифейские комплексы в пределах Центрально-Ангарского блока, ограниченного протяженной системой глубинных разломов и сопровождающих оперяющих структур, в зоне влияния которых происходит коллизия более мелких блоков с образованием надвигов. Этот блок сложен преимущественно метаморфизованными терригенными и терригенно-карбонатными отложениями от тейской до чапской серий с общей мощностью 10-15 км, в основании разреза которых залегают метаморфические комплексы палеопротерозоя. Полученные результаты позволили выделить ряд крупных этапов в геологической истории региона, обусловленных сменой геодинамических обстановок в рамках современных представлений о суперконтинентальных циклах.

1. Рифейскому этапу развития этого региона предшествовала эпоха континентального режима с пенепленизацией и формированием кор выветривания. На рубеже палео-мезопротерозоя происходило заложение и развитие слабо выраженных рифтовых депрессий с накоплением железисто-глиноземистых терригенных и глинисто-карбонатных отложений тейской серии. Последующие процессы рифтинга и интенсивное растяжение коры обусловило в начале среднего рифея развитие перикратонного прогиба и излияния пикробазальтовых ассоциаций Рыбинско-Панинбинского вулканического пояса, становление плутонов гранитов рапакиви и комплексов рифтогенных blastsмилонитов. Одновременно в этих структурах происходило становление плаггиогранитных интрузивов с возрастом 1360-1380 млн. лет (U-Pb SHRIMP-II датировки по цирконам). Рифтовое и особенно послерифтовое перикратонное опускание определило накопление осадочных толщ сухопитской серии в глубоководных условиях пассивной континентальной окраины, продолжающееся до гренвильских коллизийных событий.

2. Закрытие этого бассейна в начале неопротерозоя сопровождалось формированием аккреционно-коллизийного орогена с интенсивной складчатостью, деформациями и метаморфизмом пород тейской и сухопитской серий. В эту эпоху произошло образование двух протяженных

поясов гранитогнейсовых куполов тейского типа с ареалами метаморфических пород фациальных серий низких давлений (LP/HT). Региональный метаморфизм андалузит-силлиманитового типа имел площадной характер и осуществлялся в широком диапазоне температур от 400°C в биотитовой зоне до 650°C в силлиманитовой зоне при изменении давления от 3,5 до 5 кбар, что указывает на нормальный геотермический градиент около 40°C/км. Связь этих процессов с гренвильской орогенцией, проявившейся примерно в то же время и в других литосферных блоках Азиатского континента, подтверждена U-Pb SHRIMP-II и Ar-Ar датировками метапелитов тейского полиметаморфического комплекса (953-973 млн. лет).

3. В позднеколлизийный этап развития орогена формируются гранитоидные плутоны, сложенные гранодиоритами и низкощелочными гранитами, вблизи которых происходил термический прогрев регионально-метаморфических пород в широком диапазоне  $T = 450-650^{\circ}\text{C}$  при постоянном давлении 2,5-3,5 кбар. В пределах термальных ореолов, ширина которых достигает 1 км, установлена зональность от хлоритоидной до силлиманит-калишпатовой зоны, что соответствует высокому геотермическому градиенту  $\geq 100^{\circ}\text{C}/\text{км}$ . Возраст зонального плутонометаморфизма (861-864 млн. лет) хорошо согласуется с результатами U-Pb датирования процессов становления гранитоидов Каламинского, Среднетырадинского и др. массивов.

4. Синхронно с этими процессами вблизи надвигов в зоне Татарского глубинного разлома локально проявлен метаморфизм умеренных давлений, в результате чего происходит прогрессивное замещение андалузита кианитом и образование новых минеральных ассоциаций и деформационных структур. Среди общих особенностей кианит-силлиманитового метаморфизма выделяются малая мощность зонального метаморфизма умеренных давлений (от 2,5 до 7 км) и постепенное повышение общего давления при приближении к надвигам (в северо-восточном направлении) от 4,5-5 до 6,5-8 кбар при слабом развитии температурной зональности, что свидетельствует о весьма низком геотермическом градиенте (от 1-7 до 12°C/км). Эти особенности являются характерными признаками коллизийного метаморфизма, обоснование которого осуществлено в рамках модели тектонического утолщения земной коры в результате быстрого надвига с последующим быстрым подъемом и эрозией. Возраст кульминационной стадии коллизийного метаморфизма находился в диапазоне 851-864 млн. лет (Ar-Ar датировки по слюдам). Формирование этих метаморфических комплексов происходило в результате надвига на Енисейский кряж блоков пород со стороны Сибирского кратона (в западном направлении), что подтверждается геофизическими данными и результатами исследований природы и возраста источников сноса. По времени все метаморфические события соответствуют завершающей эпохе гренвильской орогенции с пиками орогенеза 960 и 860 млн. лет.

5. На рубеже 798-802 млн. лет в регионе был проявлен повторный коллизийный метаморфизм с участием надвигов. В отличие от более древних проявлений коллизийного метаморфизма эти породы сформировались в результате встречных движений восточного направления в зоне опережающих разломов более высокого порядка. В региональном плане это может быть связано с аккрецией и коллизией микроконтинента, отколовшегося от кратона на рубеже раннего-среднего рифея, к Центрально-Ангарскому террейну (~800 млн. лет назад). В заключительную стадию становления коллизийного орогена происходило поднятие территории, размыв рифейских отложений и последующее многократное проявление импульсов рифтогенного и внутриплитного магматизма на рубежах 780, 750, 700 и 670-650 млн. лет. Предполагается, что поздний неопротерозойский рифтогенез и внутриплитный магматизм связаны с проявлением плюмовой активности, обусловившей распад суперконтинента Родинии и формирование Палеоазиатского океана.

*Исследования осуществлялись при финансовой поддержке грантов Президиума СО РАН (интеграционный проект № 20), РФФИ (08-05-00521) и Президента РФ для ведущих научных школ (проект НШ-3536.2010.5).*