

НИЖНИЙ ДОКЕМБРИЙ ТИМАНО-УРАЛЬСКОГО СЕГМЕНТА ЗЕМНОЙ КОРЫ: ВОЗРАСТНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ, ТИПИЗАЦИЯ, ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

© 2018 г. А. М. Пыстин, Ю. И. Пыстина

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар. E-mail: pustin@geo.komisc.ru

Введение

В разрезе тимано-уральского нижнего докембрия присутствуют архейские и палеопротерозойские образования. Они установлены в составе высокотемпературных и сложнодислоцированных комплексов пород (полиметаморфических комплексов), выступающих на дневную поверхность в относительно небольших тектонических блоках (площадью до первых тысяч км²). В настоящее время в пределах Тимано-Уральского региона известно более двух десятков полиметаморфических комплексов (рис. 1). Все ли они относятся к архейско-палеопротерозойскому разрезу остается неясным, поскольку только для некоторой части этих образований достоверно установлен домезопротерозойский возраст проявления наиболее ранних метаморфических событий или столь же древний возраст протолитов метаморфических пород.

Наиболее достоверной представляется принадлежность к архейско-палеопротерозойскому разрезу полиметаморфических комплексов палеоконтинентальной области Урала. Большая часть из них компактно расположена в трех «узлах», приуроченных к главным поперечным поднятиям (по отношению к Уралу): Собскому — на Полярном Урале, Кожимскому — на границе Полярного и Приполярного Урала и Уфимскому — на Южном Урале. Эти комплексы можно интерпретировать как эксгумированные фрагменты гетерогенного кристаллического фундамента приуральской окраины Европейской платформы. Правомерность такого предположения подтверждается, в частности, геофизическими данными, свидетельствующими о продолжении структур платформенного основания под Уралом, по крайней мере, до Главного Уральского надвига [11, 23 и др.]. Поэтому в настоящей статье будут рассмотрены именно полиметаморфические комплексы, расположенные к западу от Главного Уральского надвига, в составе которых нижний докембрий либо достоверно установлен, либо весьма вероятен.

Менее определенным является вопрос о масштабах распространения архейско-палеопротерозойских образований в палеоокеанической области Урала. Тем не менее, несомненно, и здесь, по крайней мере, часть полиметаморфических комплексов сложена домезопротерозойскими породами. Одним из них является селяннинский комплекс Ильменских гор на Южном Урале.

Геохронологическое обоснование тимано-уральского нижнего докембрия

Среди нижнедокембрийских полиметаморфических комплексов Тимано-Уральского региона в геохронологическом отношении наиболее изученным является тараташский гнейсо-гранулитовый комплекс.

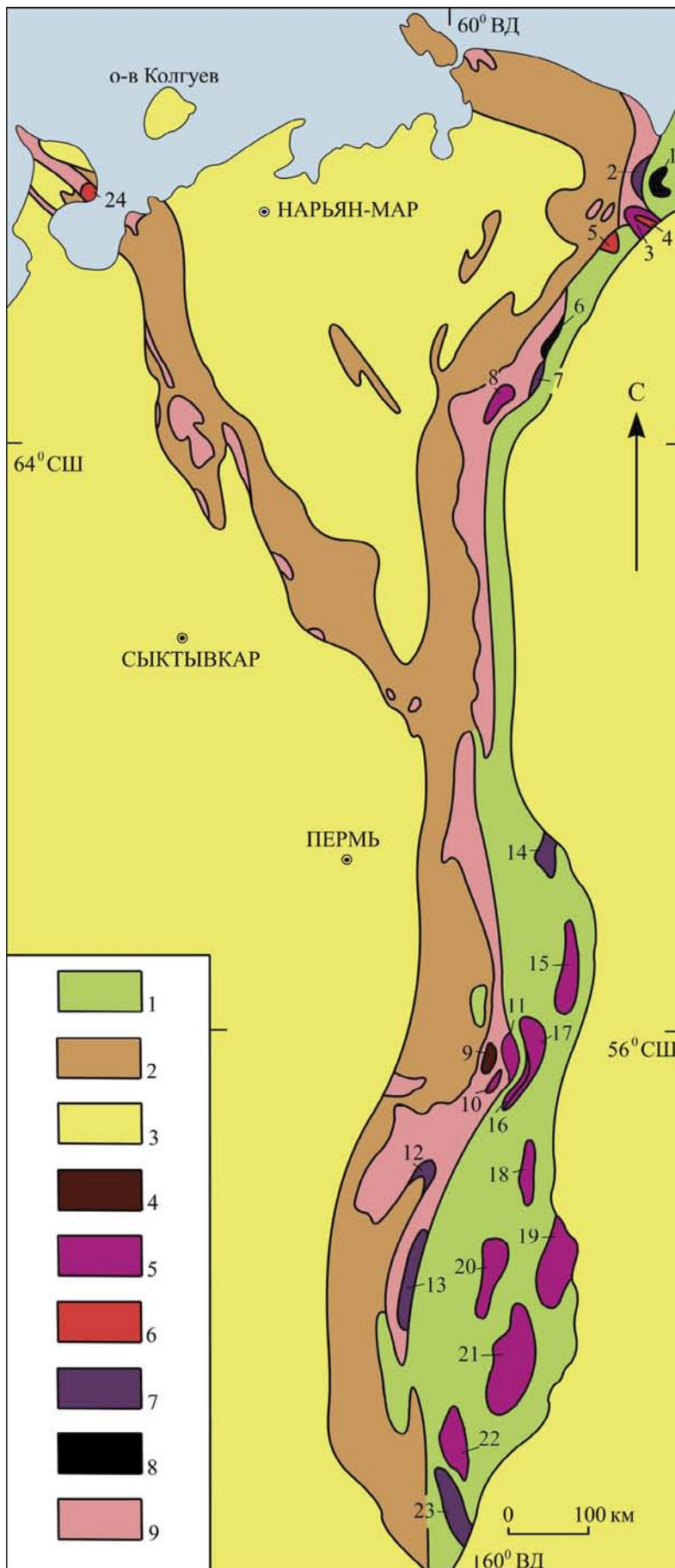
Тараташский комплекс обнажается в северной части Башкирского мегантиклинория в одноименном тектоническом блоке. Он сложен гиперстеновыми плагиогнейсами, мигматизированными двупироксеновыми кристаллическими сланцами и метакоматиитами. Подчиненное значение имеют биотитовые гнейсы с гранатом, кордиеритом, силлиманитом и графитом, а также железистые и графитовые кварциты. Древние структуры, хорошо сохранившиеся в северной части комплекса, ориентированы в восток-северо-восточном направлении, дискордантном по отношению к субмеридиональному структурному плану уралид. Породы претерпели метаморфизм гранулитовой фации и диафорез в условиях амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций.

Минимальный возраст протолитов метаморфических пород тараташского комплекса определяют U-Pb (SHRIMP-II) датировки цирконов: 3504 ± 210 млн лет [22] и 3445 ± 260 млн лет [7], совпадающие в пределах наблюдаемых погрешностей с Sm-Nd модельными значениями (3455 ± 39

и 3490 ± 37 млн лет) валовых составов пород [22]. Один из наиболее обоснованных возрастных рубежей гранулитового метаморфизма, полученный также по циркону с помощью SHRIMP-II, соответствует значению 2792 ± 86 млн лет [7]. Следующий отчетливо проявленный возрастной рубеж в U-Pb (SHRIMP-II) цирконовой хронометрии тараташского комплекса: 2037.2 ± 9.1 млн лет [7], обычно связывается с диафторезом амфиболитовой фации. Однако не исключено, что это возрастное значение фиксируют повторный гранулитовый метаморфизм [19]. В связи с этим напомним об одном из вариантов интерпретации U-Pb SHRIMP-II возраста цирконов из железистых кварцитов (2037 млн лет), предложенном А.А. Краснобаевым, как рубеже самого молодого гранулитового метаморфизма пород тараташского комплекса [11]. Заключительные стадии постграну-

Рис. 1. Схема расположения полиметаморфических комплексов Тимано-Уральского региона

Условные обозначения: 1–2 — палеозойские формации: 1 — палеоокеанические; 2 — палеоконтинентальные; 3 — осадочный чехол Европейской платформы; 4–7 — нижнедокембрийские (?) полиметаморфические комплексы: 4 — гнейсо-гранулитовые, 5 — гнейсо-мигматитовые, 6 — кристаллосланцевые, 7 — эклогит-гнейсовые и эклогит-сланцевые; 8 — гранулит-метабазитовые; 9 — верхнепротерозойские образования, преимущественно претерпевшие зеленосланцевый метаморфизм. **Полиметаморфические комплексы:** 1 — малыкский, 2 — марункеуский, 3 — ханмейхойский, 4 — париквасьшорский, 5 — хараматалоуский, 6 — хордьюский, 7 — неркаюский, 8 — няртинский, 9 — тараташский, 10 — александровский, 11 — уфалейский, 12 — белорецкий, 13 — максютовский, 14 — салдинский, 15 — мурзинско-адуйский, 16 — селянkinский, 17 — сысертско-ильменогорский, 18 — кочкарский, 19 — мариинский, 20 — адамовский, 21 — текельдытауский, 22 — кайрактинский, 23 — талдыкский, 24 — миккулкинский



литового метаморфизма и гранитизации датируются цифрами около 1.8 млрд лет, полученные разными методами.

Возможными возрастными аналогами тараташского гнейсо-гранулитового комплекса являются гранулит-метабазитовые комплексы Полярного Урала: малькский и хордьюский [16]. В геохронологическом отношении лучше изучен малькский комплекс.

Малькский комплекс — самый крупный выход древнего меланократового фундамента на Полярном Урале. Он обнажается на площади 800 км². На западе по надвигу комплекс контактирует с породами Сьумкеуского массива, самого северного в офиолитовом поясе Урала. Внутренняя структура комплекса исключительно сложная. Тем не менее выявляется преобладающее субширотное (север-северо-западное) простирание метаморфической полосчатости ультравысокотемпературных пород (двупироксеновых, гиперстеновых и альмандин-гиперстеновых кристаллосланцев), свойственное и другим метаморфическим комплексам северной части Урала.

А.П. Казаком [3], впервые подробно описавшем малькский комплекс, выделяется четыре этапа метаморфического преобразования пород, ранний из которых соответствует гранулитовой фации. Процессы диафореза проявились в условиях амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. При U-Pb (SHRIMP-II) датировании цирконов из метабазитов по 18-ти локальным зонам по верхнему пересечению дискордии с конкордией был получен возраст 2736 ± 42 млн лет [4], что близко времени проявления гранулитового метаморфизма в породах тараташского комплекса.

Структурно-вещественные свидетельства проявления раннедокембрийских эндогенных процессов установлены во многих гнейсо-мигматитовых комплексах, преобладающих среди полиметаморфических комплексов Урала (рис. 1). В геохронологическом отношении наиболее детально изучен александровский гнейсо-мигматитовый комплекс на Южном Урале.

Александровский комплекс приурочен к региональному Зюраткульскому разлому, отделяющему Башкирский и Уралтауский мегантиклинории. Он представляет собой узкий тектонический клин длиной 25 км и шириной 1–2.5 км. В разрезе комплекса преобладают гранат-слюдяные плагиогнейсы и кристаллические сланцы с переменным содержанием ставролита, кианита и силлиманита, перемежающиеся с гранат-амфиболовыми и биотит-амфиболовыми плагиогнейсами. Породы мигматизированы и включают линзы плагиогранитов. В южной части комплекса существенная роль принадлежит гранито-гнейсам. Метаинтрузивные образования представлены амфиболизированными меланократовыми габбро, имеющими местное название — израндиты (по р. Изранда), а также метагаббро и метадолеритами.

Ранние структуры в александровском комплексе ориентированы дискордантно по отношению к структурам уралид. Его современный облик, как и других гнейсо-мигматитовых комплексов Урала, определяется преимущественным распространением пород амфиболитовой фации умеренных давлений. Типичные минеральные парагенезисы, которые бы указывали на проявление гранулитовой фации метаморфизма пород, в александровском комплексе пока не выявлены. Тем не менее есть ряд косвенных признаков, указывающих на апогранулитовую природу метаморфитов. Во-первых, это отчетливая вещественная и возрастная корреляция комплекса с селянкинским комплексом Южного Урала, в котором установлены гранулитовые парагенезисы. Во-вторых, состав некоторых породообразующих минералов, указывающий на их высокотемпературные условия кристаллизации. В частности, в плагиомигматитах встречены гранаты с содержанием пиропового компонента до 30%, роговые обманки, имеющие состав паргасита и паргасит-гастингсита, биотиты с содержанием TiO₂ до 3.0 вес. %. В-третьих, широкое проявление процессов плагиогранитизации, обычно комплементарных с гранулитовым метаморфизмом. Наконец, в-четвертых, это постоянное присутствие в породах хорошо сохранившихся округлых кристаллов цирконов, имеющих блестящие грани с микрорельефом роста. Подобные образования характерны для высокотемпературных и высокобарических метаморфических пород и в мировой литературе известны как цирконы типа «футбольного мяча». На Урале они впервые были описаны А.А. Краснобаевым [6] в гранулитах тараташского комплекса и выделены им в «гранулитовый» тип.

Максимальный установленный корректный возраст пород в александровском комплексе — 2696 ± 13 млн лет. Он получен U-Pb SHRIMP-II методом по единичному зерну циркона из изран-

дитов [8]. Авторы указанной публикации оценивают эту датировку как возраст образования протолита. Время проявления раннего (гранулитового?) метаморфизма по данным U-Pb (SHRIMP-II) датирования цирконов «гранулитового» типа — 2081 ± 14 млн лет [19, 26]. Нижний возрастной предел метаморфизма амфиболитовой фации в породах александровского комплекса определяет U-Pb (SHRIMP-II) датировка цирконов из амфиболитизированного израндита — 2022 ± 15 млн лет [8]. Более молодые возрасты, с которыми связываются процессы средне-высокотемпературного диафтореза и гранитизации, имеют значения около 1850 млн лет.

Среди гнейсо-мигматитовых комплексов северной части Тимано-Уральского региона в геохронологическом отношении наиболее хорошо изучен няртинский комплекс Приполярного Урала.

Няртинский комплекс слагает ядро Хобеизкой блок-антиклинали, расположенной в северной части Ляпинского антиклинория. Он сложен гранатсодержащими биотитовыми и двуслюдяными гнейсами и кристаллическими сланцами, переслаивающимися с амфиболитами и амфиболсодержащими сланцами, включающими редкие и маломощные прослои кварцитов и мраморов. Внутренняя структура комплекса в целом может быть охарактеризована как антиформная. В центральной части комплекса, наименее измененной поздними процессами, отчетливо устанавливается изоклиальная складчатость. Осевые поверхности складок залегают субгоризонтально, шарниры имеют преимущественно северо-западную ориентировку.

В няртинском комплексе, так же как и в александровском, не выявлены минеральные парагенезисы гранулитовой фации. P-T параметры метаморфизма пород отвечают амфиболитовой фации умеренных давлений [12]. Тем не менее имеются признаки апогранулитовой природы метаморфитов: реликты высокотитанистой роговой обманка ($5.28 \text{ мас. \% TiO}_2$) и высокотитанистого биотита ($4.08 \text{ мас. \% TiO}_2$). Ультравысокотемпературный характер раннего этапа метаморфизма пород няртинского комплекса подтверждается находками цирконов «гранулитового» типа [21].

Первая изотопная датировка, подтверждающая предположение о дорифейском возрасте пород няртинского комплекса (1680 млн лет) приведена в статье [10]. Она получена термоизохронным методом по циркону из гранат-биотит-мусковит-полевошпатовых сланцев. По нашим материалам из гранат-слюдяных гнейсов было также установлено несколько термоизохронных и U-Pb (SHRIMP-II) датировок цирконов, причем все они показали докембрийские значения, максимальные из которых: 2210 ± 25 и 2125 ± 25 млн лет [21]. В последнее время нами была предпринята попытка массового U-Pb датирования цирконов «гранулитового» типа из кристаллических сланцев няртинского комплекса. Исследования проводились U-Pb LA-SF-ICP-MS методом, реализованным на базе одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Element XR и установки для лазерной абляции UP-213 в ГИН СО РАН. Вычисленный возраст по 44-м локальным определениям по верхнему пересечению дискордии с конкордией (2127 ± 31 млн лет), с учетом ранее полученных данных дает основание с большой степенью уверенности интерпретировать его как время проявления раннего этапа метаморфизма пород няртинского комплекса. Возрастной интервал проявления диафтореза амфиболитовой фации и сопутствующих процессов гранитизации определяют U-Pb датировки цирконов призматического габитуса («мигматитового» типа): 1950 ± 35 млн лет (метод термоионной эмиссии свинца) и 1748 ± 14 млн лет (SHRIMP II) [16].

Структурно-вещественным и возрастным аналогом няртинского комплекса является нижняя ханмейхойская часть (свита) разреза харбейского метаморфического комплекса Полярного Урала, которую предлагается выделить в самостоятельный ханмейхойский гнейсо-мигматитовый комплекс [15].

В разрезе тимано-уральского нижнего докембрия выделяются также полиметаморфические комплексы, сложенные преимущественно слюдистыми кристаллическими сланцами, в которых отсутствует или крайне слабо проявлена гранитизация и нет признаков метаморфизма гранулитовой фации. Мы их называем кристаллосланцевыми комплексами [2, 15]. В качестве примера рассмотрим микулкинский комплекс полуострова Канин.

Микулкинский комплекс выделен нами на месте микулкинской серии, залегающей в основании допалеозойского разреза полуострова Канин и относившейся ранее к нижнему рифею [14, 17]. В разрезе комплекса преобладают кристаллические сланцы с гранатом, иногда со ставролитом.

В подчиненном количестве присутствуют амфиболиты. Современный облик комплекса определяют лежащие и пологозалегающие изоклиналильные складки с ориентировкой шарниров в направлениях: северо-запад – юго-восток. Породы претерпели метаморфизм в условиях амфиболитовой фации умеренных давлений.

От выше залегающих слабометаморфизованных средне-верхнерифейских толщ микулкинский комплекс отличается не только относительно высокой степенью метаморфизма, но и стилем складчатости и не имеет с ними нормальных стратиграфических взаимоотношений. Породы микулкинского комплекса не мигматизированы, хотя отмечаются отдельные тела пегматитов, возрастная связь которых с процессами высокотемпературного метаморфизма остается неясной. В отличие от гнейсо-мигматитовых комплексов в микулкинском и других кристаллосланцевых комплексах Тимано-Уральского региона не установлены цирконы «гранулитового» типа.

Нами были получены первые U-Pb (SHRIMP-II) определения изотопного возраста метаморфогенных цирконов [14] из гнейсовидных гранат-биотит-полевошпат-кварцевых сланцев. Они укладываются в три возрастных интервала: 1994–1764, 1372–1338 и 1260–1080 млн лет. Для одной из проб циркона конкордантный возраст равен 1948 ± 15 млн лет, который мы интерпретируем как возраст раннего этапа метаморфизма пород.

Структурно-вещественным и возрастным аналогом микулкинского комплекса является верхняя париквасьшорская часть (свита) разреза харбейского метаморфического комплекса Полярного Урала, которую предлагается выделить в самостоятельный париквасьшорский кристаллосланцевый комплекс [15]. К группе кристаллосланцевых комплексов, по-видимому, следует также отнести толщу глубокометаморфизованных пород, выделяемых как хараматалоуская серия в составе Хараматалоуского блока Полярного Урала [15].

К разрезу нижнего докембрия мы относим также эклогитсодержащие полиметаморфические комплексы: марункеуский эклогит-гнейсовый на Полярном Урале и неркаюский эклогит-сланцевый на Приполярном Урале. Вопрос о возрасте и возможности сопоставления с докембрием древних платформ высокобарических метаморфических комплексов севера Урала остается проблематичным. Однако предпосылки для этого имеются [2, 15]. Реальность проявления высокобарического и ультравысокобарического метаморфизма в раннем докембрии доказывается находками архейских эклогитов в Карелии и на Кольском полуострове. Среди эклогитсодержащих комплексов севера Урала наиболее хорошо изученным является марункеуский эклогит-гнейсовый комплекс.

Марункеуский комплекс расположен на крайнем севере Полярного Урала к западу от Сыумкеуского гипербазитового массива. В строении марункеуского комплекса участвуют эклогиты, симплектит-эклогиты и апоэклогитовые амфиболиты в ассоциации с метаультрабазитами, а также плагиогнейсы, плагиомигматиты и K-Na мигматиты.

В южной части комплекса на возвышенности, имеющей название «Слюдяная горка», отчетливо картируется северо-западная ориентировка пластообразных и линзовидных тел эклогитов и апоэклогитовых амфиболитов, согласная с простиранием вмещающих их гнейсов.

Существующие оценки P-T условий образования эклогитов марункеуского комплекса, полученные разными исследователями, сильно различаются, что очевидно связано с неодинаковой степенью постэклогитового преобразования проанализированных образцов пород. Наиболее корректными представляются P-T значения пиковых условий эклогитообразования, полученные К.В. Куликовой и Д.А. Варламовым [9]: $T = 790^\circ \text{C}$, $P = 20.5 \text{ кбар}$.

Верхний возрастной интервал раннего высокобарического метаморфизма, на наш взгляд, определяет конкордантная U-Pb (SHRIMP-II) датировка циркона из эклогитов — 1.86 млрд лет [1], которая наряду со структурными и петрологическими данными [16] дает основание считать, что условия эклогитовой фации имели место на наиболее ранней стадии метаморфической истории марункеуского комплекса более, чем 1.86 млрд лет назад.

Неркаюский эклогит-сланцевый комплекс выделен на Приполярном Урале в процессе проведения геологосъемочных работ масштаба 1:50000 более тридцати лет назад [13], но степень его изученности остается невысокой из-за трудной доступности и слабой обнаженности. Комплекс слагает одноименный тектонический блок, прослеживающийся в северо-восточном направлении на 80 км при максимальной ширине 15 км. С востока он контактирует с гипербазитами Олыся-Мусюрского

массива, с запада — со слабо метаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями среднего — верхнего рифея.

Комплекс сложен эклогитами, амфиболитами и гранат-слюдяными кристаллическими сланцами. Породы многократно дислоцированы и преобразованы последовательно проявившимися метаморфическими процессами. Фрагменты наиболее ранних структурных элементов представлены линейными складками преимущественно субширотной и северо-западной ориентировки. Эклогиты локализованы в нескольких зонах, ориентированных согласно простиранию ранних структур. Локальное распространение этих пород в разрезе неркаюского комплекса, по-видимому, свидетельствует о том, что условия раннего этапа метаморфизма пород в целом были пограничными между эклогитовой и амфиболитовой фациями.

Вопрос о возрасте вулканогенно-осадочного субстрата неркаюского комплекса и времени проявления процессов метаморфизма пород остается дискуссионным. Геохронологическая изученность комплекса остается очень слабой. В последнее время мы [20] предприняли попытку датировать цирконы из кристаллических сланцев неркаюского комплекса U-Pb методом с использованием лазерной абляции и магнитно-секторной масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (LA-ICP-SF-MS). Анализы выполнялись в ГИН СО РАН. Было проанализировано 50 зерен цирконов разных морфотипов. Наиболее высокие возрастные значения были получены для терригенных цирконов (2.53–2.46 и 2.12–2.01 млрд лет). Для цирконов, в которых отсутствуют признаки транспортировки (шероховатость поверхности плоскостей кристаллов, наличие на них царапин и др.) и которые на этом основании могут быть отнесены к метаморфогенным минералам, наиболее высокие датировки находятся в интервале 1.99–1.94 млрд лет. Все они получены для цирконов «гранулитового» типа, который как отмечено выше, характерен и для высокобарических образований. Основной объем возрастных значений получен по цирконам призматического габитуса. Они группируются в следующие интервалы: 1.85–1.39, 1.20–0.99 и 0.72–0.59 млрд лет. Датировки более 2.01 млрд лет, полученные для детритовых цирконов, указывают на верхний возрастной интервал образования исходного субстрата неркаюского комплекса. Морфологические особенности наиболее древних метаморфогенных цирконов (1.99–1.94 млрд лет) могут служить подтверждением структурных и петрографических данных о высокобарном характере раннего этапа метаморфизма пород. Последующие более молодые возрастные значения, отражают многоэтапный характер полиметаморфических преобразований в породах неркаюского комплекса. Полученные датировки белых слюд из эклогитов неркаюского комплекса (351.3 ± 3.6 и 352 ± 3.6 млн лет) [5], вероятно, отражают время тектонического выведения метаморфических пород в верхние горизонты коры.

Типизация нижнедокембрийских полиметаморфических комплексов и возможные геодинамические обстановки их формирования

Из приведенных выше данных видно, что нижнедокембрийские полиметаморфические комплексы отличаются по вещественному составу и особенностям метаморфизма. Намечаются также различия в возрасте протолитов метаморфических пород и времени проявления отдельных этапов метаморфизма. Все это позволяет уточнить намеченные ранее возрастные и латеральные соотношения метаморфических толщ в разрезе тимано-уральского нижнего докембрия.

Палеоархейский возраст протолитов установлен только в тараташском гнейсо-гранулитовом комплексе. Возможно, столь же древними являются породы гранулит-метабазитовых комплексов севера Урала, но это предположение пока не имеет надежного геохронологического обоснования. Метаморфизм гранулитовой фации в этих комплексах проявился в неоархейское время около 2.8–2.7 млрд лет назад и, возможно, повторно около 2.1 млрд лет назад.

Неоархейский возраст могут иметь протолиты некоторых гнейсо-мигматитовых комплексов. Во всяком случае, такие данные получены для александровского комплекса. Метаморфизм пород, по-видимому, достигал условий гранулитовой фации. Проявился он на рубеже около 2.1 млрд лет назад. Этому этапу метаморфизма может быть комплементарен высокобарический метаморфизм пород марункеуского эклогит-гнейсового комплекса.

Минимальный возраст детритовых цирконов в метаморфических породах неркаюского эклогит-сланцевого комплекса близок к рубежу 2.0 млрд лет, а наиболее древних метаморфогенных цирконов, указывающих на возраст метаморфизма — 1.99–1.94 млрд лет. Вероятно, близко к этому времени сформировался разрез микулкинского комплекса, в породах которого отсутствуют признаки метаморфизма, проявившегося около 2.1 млрд лет назад (ранний этап метаморфизма в гнейсо-мигматитовых комплексах), а наиболее древняя датировка метаморфогенного циркона — 1948 ± 15 млн лет.

Раннедокембрийские полиметаморфические комплексы палеоконтинентальной области Тимано-Уральского региона, по-видимому, представляют собой элементы двух возрастных последовательностей: 1) гнейсо-гранулитовые комплексы → гнейсо-мигматитовые комплексы → кристаллосланцевые комплексы, 2) гранулит-метабазитовые комплексы → эклогит-гнейсовые комплексы → эклогит-сланцевые комплексы (табл.). В этой схеме наиболее обоснованной является ее протерозойская (или точнее $AR_2?$ – PR_1) часть. Существенные различия в вещественном составе и динамических условиях метаморфизма пород одновозрастных комплексов нижнего протерозоя, несомненно, связаны с разными геодинамическими обстановками их формирования. Реальность предполагаемых латеральных соотношений метаморфических комплексов на архейском возрастном уровне не бесспорна и требует дальнейшего обоснования.

Таблица

Вертикальные и возрастные соотношения нижнедокембрийских полиметаморфических комплексов палеоконтинентальной области Тимано-Уральского региона

Возраст	Комплексы	
PR_1	<p>Кристаллосланцевые комплексы (<i>микулкинский, париквасьшорский</i>)</p> <p>Метаморфизм афиболитовой фации, низко- и умереннотемпературные субфации, гранитизация проявлена слабо или отсутствует</p>	<p>Эклогито-сланцевые комплексы (<i>неркаюский</i>)</p> <p>Метаморфизм эклогитовой и амфиболитовой фаций повышенных давлений</p>
$AR_2(?)$ - PR_1	<p>Гнейсо-мигматитовые комплексы (<i>александровский, уфалейский?, няртинский, ханмейхойский</i>)</p> <p>Метаморфизм амфиболитовой фации умеренных давлений с реликтами гранулитовой фации, гранитизация, гранито-гнейсовые купола</p>	<p>Эклогито-гнейсовые комплексы (<i>марункеуский</i>)</p> <p>Метаморфизм эклогитовой фации</p>
AR_{1-2}	<p>Гнейсо-гранулитовые комплексы (<i>тараташский</i>)</p> <p>Метаморфизм гранулитовой фации умеренных давлений</p>	<p>Гранулит-метабазитовые комплексы (<i>малыкский, хордьюский?</i>)</p> <p>Метаморфизм гранулитовой фации повышенных и высоких давлений</p>

Имеющиеся на сегодняшний день данные по тимано-североуральскому докембрию, как следует из вышесказанного, пока недостаточны для корректной палеорекострукции геодинамических обстановок в архее. В палеопротерозое формировались резко контрастные по формационным признакам структурно-вещественные комплексы: гнейсо-мигматитовые и кристаллосланцевые, с одной стороны, и эклогит-гнейсовые и эклогит-сланцевые — с другой. Судя по вещественному составу пород, слагающих палеопротерозойские комплексы северной части Урала и их петрогеохимическим характеристикам, гнейсо-мигматитовые и кристаллосланцевые комплексы сформировались в краевой части континента. Протолитами пород эклогитсодержащих комплексов явились островодужные образования [18, 24 и др.].

Северо-западная ориентировка структур в породах полиметаморфических комплексов Приполярного и Полярного Урала и корреляция пространственной позиции этих комплексов с плотностными неоднородностями в фундаменте Печорской плиты [15] приводит к выводу о северо-западной ориентировке (в современных координатах) конвергентных структур палеопротерозоя. Эклогитсодержащие комплексы маркируют зоны субдукции, а гнейсо-мигматитовые и кристаллосланцевые комплексы — надсубдукционные части палеопротерозойских субдукционных систем. Наблюдаемое пространственное соотношение полиметаморфических комплексов в районах Собского и Кожимского поднятий дает основание для выделения двух сутур (криптосутур): по долине р. Лонготъеган на Полярном Урале (Лонготъеганской) и по долине р. Кожим на Приполярном Урале (Кожимской).

Схожесть вещественного состава, особенностей метаморфизма и установленная возрастная корреляция эндогенных процессов в нижнедокембрийских комплексах Тимано-Уральского региона дает основание для предположения, что по крайней мере с рубежа 2.1 млрд лет назад эти комплексы были составной частью одного континентального массива, в современном понимании — Волго-Уралии, а затем (после объединения Волго-Уралии, Сарматии и Фенноскандии) — частью кратона Балтики (рис. 2).

Заключение

В метаморфической эволюции нижнедокембрийских полиметаморфических комплексов Тимано-Уральского сегмента земной коры, особенно его палеоконтинентальной области, проявления гранулитового и эклогитового метаморфизма и последующего диафтореза амфиболитовой

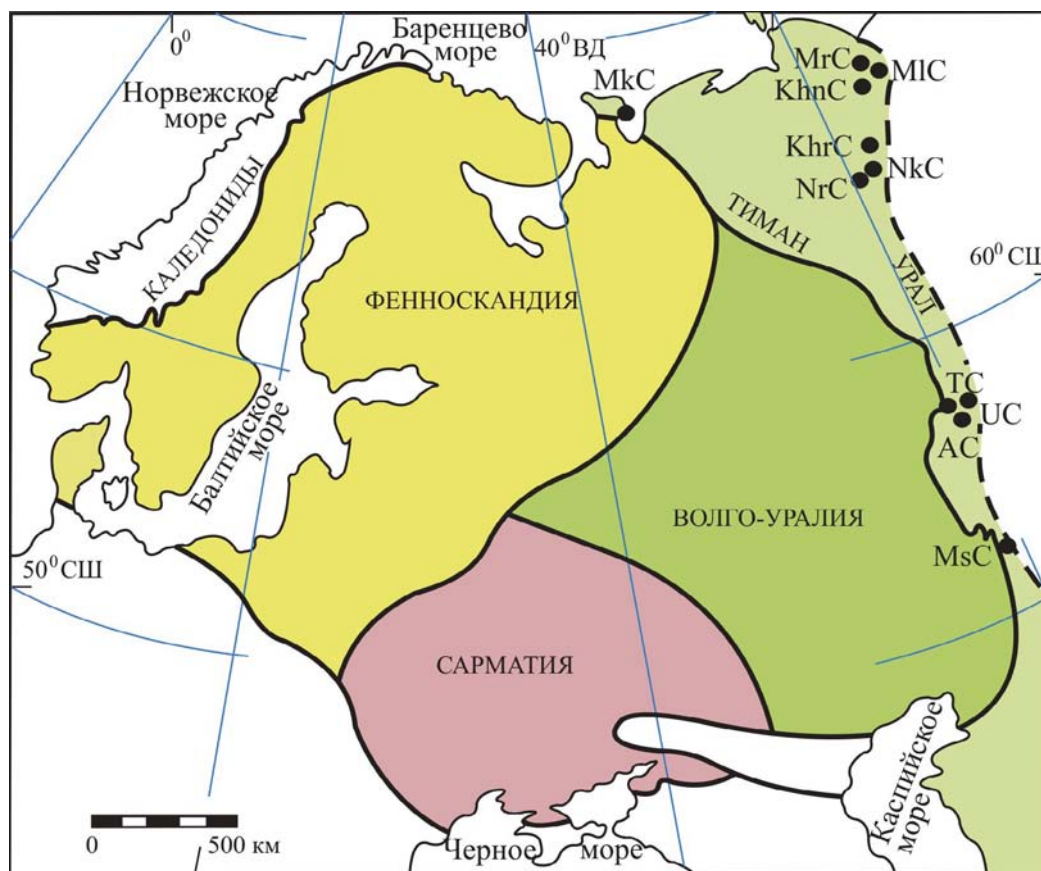


Рис. 2. Три составные части кратона Балтики (по [25] с упрощениями и дополнениями)

Черные кружочки — полиметаморфические комплексы: MlC — малыкский, MrC — марункеуский, KhnC — ханмейхойский и париквасьшорский, KhrC — хордьюский, NkC — неркаюский, NrC — няртинский, TC — тараташский, AC — александровский, UC — уфалейский, MsC — максютювский.

фации относятся к доуральской прединдустриальной истории и отражают определенные этапы становления кристаллического основания Приуральской окраины континента.

Судя по вещественному составу пород, слагающих палеопротерозойские комплексы северной части Урала, и их петрогеохимическим характеристикам, гнейсо-мигматитовые и кристаллосланцевые комплексы сформировались в краевой части континента. Протолитами пород эклогит-содержащих комплексов явились островодужные образования.

Схожесть вещественного состава, особенностей метаморфизма и установленная возрастная корреляция эндогенных процессов в нижнедокембрийских комплексах палеоконтинентальной области Тимано-Уральского региона дает основание для предположения, что по крайней мере с рубежа 2.1 млрд лет назад эти комплексы были составной частью одного континентального массива, в современном понимании — Волго-Уралии, а затем (после объединения Волго-Уралии, Сарматии и Фенноскандии) — частью кратона Балтики.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 18-5-5-19.

Литература:

1. Андреев В.Л., Родионов Н.В., Ронкин Ю.Л. U-Pb и Sm-Nd датирование эклогитов Марункеуского блока Полярного Урала: новые данные // *Метаморфизм, космические, экспериментальные и общие проблемы петрологии: Матер. Междунар. (10-го Всерос.) петрограф. совещ.— Апатиты: Изд-во Кол. НЦ РАН, 2005. — Т. 4. — С. 17–19.*
2. Глубинное строение Тимано-Североуральского региона / *Отв. ред. А.М. Пыстин. — Сыктывкар: Геопринт, 2011. — 261 с.*
3. Добрецов Н.Л., Молдованцев Ю.Е., Казак А.П., Пономарева Л.Г., Савельева Г.Н., Савельев А.А. Петрология и метаморфизм древних офиолитов. На примере Полярного Урала и Западного Саяна. — Новосибирск: Наука, 1977. — 221 с.
4. Душин В.А., Бурмако П.Л., Ронкин Ю.Л., Шишкин М.А. Состав и новые возрастные датировки метагабброидов малыкского комплекса на Полярном Урале // *Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов: Матер. Международ. науч. конф. «Чтения С.Н. Иванова». — Екатеринбург, 2008. — С. 27–29.*
5. Иванов К.С., Карстен Л.А., Малюски Г. Первые сведения о возрасте субдукционного (эклогит-глаукофанового) метаморфизма на Приполярном Урале // *Палеозоны субдукции: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез: Сб. докл. V Международ. науч. конф. «Чтения А.Н. Заварицкого». — Екатеринбург: УрО РАН, 2000. — С. 121–128.*
6. Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. — М.: Наука, 1986. — 152 с.
7. Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Бушарина С.В., Бережная Н.Г., Нехорошева А.Г. Цирконология железистых кварцитов тараташского комплекса на Южном Урале // *Доклады РАН. — 2011. — Т. 437, № 6. — С. 80–807.*
8. Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Бушарина С.В., Козлов В.И., Пресняков С.Л. Цирконология израндитов (Южный Урал) // *Доклады РАН. — 2011. — Т. 439, № 3. — С. 394–398.*
9. Куликова К.В., Варламов Д.А. Особенности метаморфической эволюции Марункеуского эклогит-гнейсового комплекса (Полярный Урал) // *Материалы Всероссийской конференции с международным участием. — Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2012. — С. 152–154.*
10. Пучков В.Н., Карстен Л.А. Раннепротерозойские метаморфические комплексы Приполярного Урала // *Ежегодник—1985 / ИГиГ УНЦ АН СССР. — Свердловск, 1986. — С. 25–27.*
11. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. — 280 с.
12. Пыстин А.М. Карта метаморфизма Приполярного и южной части Полярного Урала: Серия препринтов «Научные доклады» / Коми НЦ УрО АН СССР. — Вып. 259. — Сыктывкар, 1991. — 20 с.
13. Пыстин А.М., Казак А.П., Чернышев Ю.А. Эклогиты неркаюского комплекса на Приполярном Урале // *Записки ВМО. — 1983. — Ч. 112, Вып. 3. — С. 346–353.*
14. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Структура, метаморфизм и возраст докембрийских образований полуострова Канин и Северного Тимана // *Проблемы геологии и минералогии. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. — С. 176–194.*
15. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И., Конанова Н.В., Потапов И.Л. Типизация нижнего докембрия Тимано-Североуральского региона. — Сыктывкар: Геопринт, 2009. — 36 с.

16. *Пыстин А.М., Пыстина Ю.И., Потапов И.Л., Панфилов А.В.* Раннедокембрийская история метаморфизма пород гранулитовых и эклогитовых комплексов палеоконтинентальной зоны Урала. – Сыктывкар: Геопринт, 2012. – 46 с.
17. *Пыстин А.М., Пыстина Ю.И.* Базальные отложения верхнего докембрия в Тимано-Североуральском регионе // Литосфера. – 2014. – № 3. – С. 41–50.
18. *Пыстин А.М., Кушманова Е.В., Потапов И.Л., Панфилов А.В.* Неркаюский метаморфический комплекс Приполярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2014. – № 11. – С. 14–19.
19. *Пыстин А.М., Пыстина Ю.И.* Архейско-палеопрогерозойская история метаморфизма пород Уральского сегмента земной коры // Труды Карельского научного центра РАН. Серия ГЕОЛОГИЯ ДОКЕМБРИЯ. – 2015. – № 7. – С. 3–18.
20. *Пыстин А.М., Кушманова Е.В., Пыстина Ю.И., Потапов И.Л., Панфилов А.В., Хубанов В.Б.* Неркаюский эклогит-амфиболит-сланцевый комплекс Приполярного Урала как фрагмент нижнедокембрийских палеоокеанических образований в структуре уралид // Тектоника современных и древних океанов и их окраин: Матер. 49-го Тектонич. совещ. – М.: ГЕОС, 2017. – С. 112–116.
21. *Пыстина Ю.И., Пыстин А.М.* Цирконовая летопись уральского докембрия. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2002. – 167 с.
22. *Ронкин Ю.Л., Синдерн С., Маслов А.В., Матуков Д.И., Крамм У., Лепихина О.Л.* Древнейшие (3.5 млрд лет) цирконы Урала: U-Pb (SHRIMP-II) и T_{DM} ограничения // Доклады РАН. – 2007. – Т. 415, № 5. – С. 651–657.
23. *Сулейманов А.К.* Работы ОГТ по профилю УРСЕЙС // Структура и динамика литосферы Восточной Европы. Вып. 2: Результаты исследований по программе ЕВРОПРОБА. – М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2006. – С. 363–373.
24. *Уляшева Н.С., Пыстин А.М., Панфилов А.В., Потапов И.Л.* Две серии первично-магматических пород в марункеуском эклогит-гнейсовом комплексе (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2015. – № 11. – С. 3–12.
25. *Bogdanova S.V., Gorbatshev R., Garetsky R.G.* The East European Craton // Encyclopedia of Geology. – 2005. – V. 2. – P. 34–49.
26. *Pystin A., Pystina J.* The early Precambrian history of rock metamorphism in the Urals segment of crust // International Geology Review. – 2015. – V. 57, Is. 11–12. – P. 1650–1659.