

К ПРОБЛЕМЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК ФОРМИРОВАНИЯ НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА УРАЛЕ

Г.А. Петров, А.В. Маслов

Проблема существования в допалеозойское время океанического пространства к востоку (в современных координатах) от «Уральской» окраины Восточно-Европейского палеоматерика является дискуссионной. Подробный анализ точек зрения на эту проблему приведен Н.Б. Кузнецовым с соавторами в работе [Дордовикские..., 2005]. В целом, все существующие модели геодинамической эволюции северо-восточной окраины палеоконтинента Балтика в позднем докембрии могут быть сгруппированы в рамках трех концепций: «рифтогенной», «коллизийной» и «океанической».

«Рифтогенная» концепция [С.Н. Иванов, 1977 и др.] предполагает длительное (в течение всего рифея и кембрия) протекание процессов рифтогенеза в пределах Евразийского палеоконтинента, итогом которого стал разрыв континентальной литосферы и образование в ордовике Уральского палеоокеана.

«Коллизийная» концепция включает модели, разработанные В.А. Душиным [1997] и В.Н. Пучковым [2000]. Концепция базируется на серии фактов, как будто свидетельствующих в пользу существования в самом конце неопротерозоя процесса коллизии, замкнувшего существовавший в рифейское время к востоку и северо-востоку (в современных координатах) от палеоконтинента Балтики океан и сформировавшего в венде-кембрии коллизийный ороген, объединивший ранее удаленные террейны и континенты в новообразованный суперконтинент. В.А. Душин [1997] считает, что в среднем рифее в результате рифтогенеза произошло разделение Восточно-Европейского и Сибирского кратонов, и между ними был образован бассейн с океанической корой. В позднем рифее в нем функционировала зона субдукции, а в венде этот бассейн в результате коллизии Сибирского и Восточно-Европейского палеоконтинентов замкнулся, дав начало компрессионному орогену, существовавшему вплоть до раннего кембрия; в позднем кембрии вновь начавшийся рифтогенез привел к образованию Уральского палеоокеана. В.Н. Пучков [2000] предполагает столкновение в венде позднекембрийской пассивной

окраины Восточно-Европейского палеоконтинента с активной окраиной Протогондваны, что привело к образованию Кадомского складчатого пояса, частью которого являлся Протоуральский ороген. В ордовике произошло заложение серии рифтов, распад суперконтинента Пантера и формирование Уральского палеоокеана.

«Океаническая» концепция подразумевает существование океанического бассейна к востоку от Восточно-Европейского палеоматерика на протяжении рифея, венда, раннего и среднего палеозоя. В рамках этой концепции существуют различные модели. Так, Л.П. Зоненшайн с соавторами [1990] и вслед за ним Дж. Скэрроу с соавторами [Scarrow et al., 2001], рассматривали восточный край (в современных координатах) Восточно-Европейского палеоматерика на всем протяжении рифея как пассивную окраину, к которой в кембрии были аккрецированы допалеозойские микроконтиненты и океаническая островная дуга. Дж. Скэрроу и ее коллеги интерпретируют эту палеодугу как северное продолжение Кадомской островодужной системы. Хорошо выраженное в основании палеозойского разреза угловое несогласие объясняется складчатостью, возникшей в результате этой частной коллизии. В моделях А. Шенгера с соавторами [1994] и У. Линнемана с соавторами [Linnemann et al., 1998] рифейская протоуральская окраина Восточно-Европейского палеоматерика представляется как активная, входящая, соответственно, в палеодугу Кипчак или в Авалонско-Кадомский аккреционно-коллизийный складчатый пояс. С.Г. Самыгин с соавторами [Самыгин, Руженцев, 2003; Самыгин и др., 2005] выделяют неопротерозойские комплексы шельфа, континентального склона, океанического дна и островных дуг (в частности, венд-кембрийскую Лушниковскую палеодугу на Южном Урале) и предполагают аккрецию палеогондванских террейнов к активной окраине Восточно-Европейского палеоматерика в процессе субдукции.

В последние 10-15 лет были получены новые данные о строении фундамента Печорской плиты, возрасте и формационной принадлежности магматических комплексов Полярного и

Приполярного Урала, что позволило создать новые модели эволюции северо-восточной (Тиманской) окраины палеоконтинента Балтика в неопротерозое. Так, В.В. Юдин и В.А. Дедеев [1987] обосновывают существование Тимано-Уральского океана в раннем и среднем рифее к востоку от пассивной Тиманской окраины материка. В конце среднего рифея окраина была преобразована в активную, а в позднем рифее-венде в результате коллизии континентальной окраины с террейнами, входящими в настоящее время в состав фундамента Печорской плиты, возник компрессионный ороген. В.Г. Оловянишников [1998] также считает, что в неопротерозое Тиман и притиманская часть фундамента Печорской плиты представляли собой пассивную континентальную окраину, к которой в венде были аккреированы микроконтиненты-террейны с дорифейской континентальной корой (Хорейверский, Колгуевский и другие), и был сформирован коллизионный ороген. С.Л. Костюченко [1994] на основе синтеза геофизических и геологических данных выделил в фундаменте Печорской плиты блоки неопротерозойской океанической коры с реликтами палеоспредингового хребта, палеозоны трансформных разломов и субдукции, а также блоки коры переходного типа. Н.Б. Кузнецов с соавторами [Дордовикские..., 2005] рассмотрели новые данные по возрасту и геохимии магматических комплексов фундамента Печорской плиты и Приполярного Урала и создали свою модель, согласно которой в рифее к северу и востоку от Тиманской пассивной континентальной окраины располагался океанический бассейн, разделявший Балтию и расколовшийся позднее палеоконтинент Арктиду. В этом бассейне существовала зона субдукции, имевшая северо-восточное (в современных координатах) погружение и формировавшая активную окраину Арктиды. В вендское время палеоокеан замкнулся, и произошла коллизия Балтии и Арктиды.

Значительный вклад в решение проблем допалеозойской эволюции Урала, Тимана и фундамента Печорской плиты внесли исследования по международной программе «ТИМПЕ-БАР», результаты которых обобщены в коллективной монографии «The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica» под редакцией Дэвида Джи и Вики Пис [Gee, Pease, 2004]. Авторы указанной работы, рассматривая вопросы стратиграфии, литологии, магматизма, метаморфизма и тектоники региона, единодушны

в признании существования в рифее океанического пространства к востоку от Восточно-Европейского палеоматерика (в современных координатах), замкнувшегося в венде, после чего возник складчатый ороген. Однако геодинамическая природа Тиманской окраины палеоконтинента Балтика трактуется разными авторами по-разному. Так, одними она рассматривается как пассивная окраина [Beckholmen, Glodny, 2004; Siedlecka et al., 2004], другими [Pease et al., 2004] как активная, а третьи (например, [Roberts, Olovyanishnikov, 2004]) считают ее пассивной в рифее и активной в венде.

Фрагменты неопротерозойских комплексов, входящие в состав Уральского подвижного пояса, часто сильно структурно переработаны и метаморфизованы, что затрудняет их идентификацию и реставрацию первичных условий формирования. Тем не менее, появившиеся в последние годы новые изотопно-геохронологические и геохимические данные дают дополнительные аргументы для решения этой проблемы. Рассмотрим особенности составов допалеозойских толщ Среднего и Северного Урала в направлении с запада на восток, а также изотопно-геохимические характеристики некоторых палеозойских комплексов.

Верхнерифейские и вендские образования Кваркушского антиклинория представлены преимущественно мелководными осадками внутриконтинентальных и окраинно-континентальных бассейнов, прорываемыми дайками, трубками и малыми интрузиями, слагаемыми различными магматическими комплексами. Обобщение данных по возрасту и геохимии допалеозойских магматических комплексов западного склона Среднего Урала [Петров и др., 2005] позволяет разделить их на две группы – первую, включающую пикрит-щелочнобазальтово-трахитовые вулканические и соответствующие им по составу гипабиссальные комплексы: дворецкий, шпалорезовский, кусьинский и щегровитский; и вторую, в состав которой входят породы субщелочных и нормально-щелочных серий – вильвинский и журавликский комплексы. Породы, объединяемые в первую группу, имеют содержания РЗЭ, сближающие их со щелочными базальтоидами современных континентальных рифтов (рис. 1), для них характерно присутствие ксенолитов высокобарических минералов – граната, хромдиопсида, пикроильменита, хромшпинелидов и мелких обломков алмаза. Вторая группа включает ультрабазит-габбровые, пик-

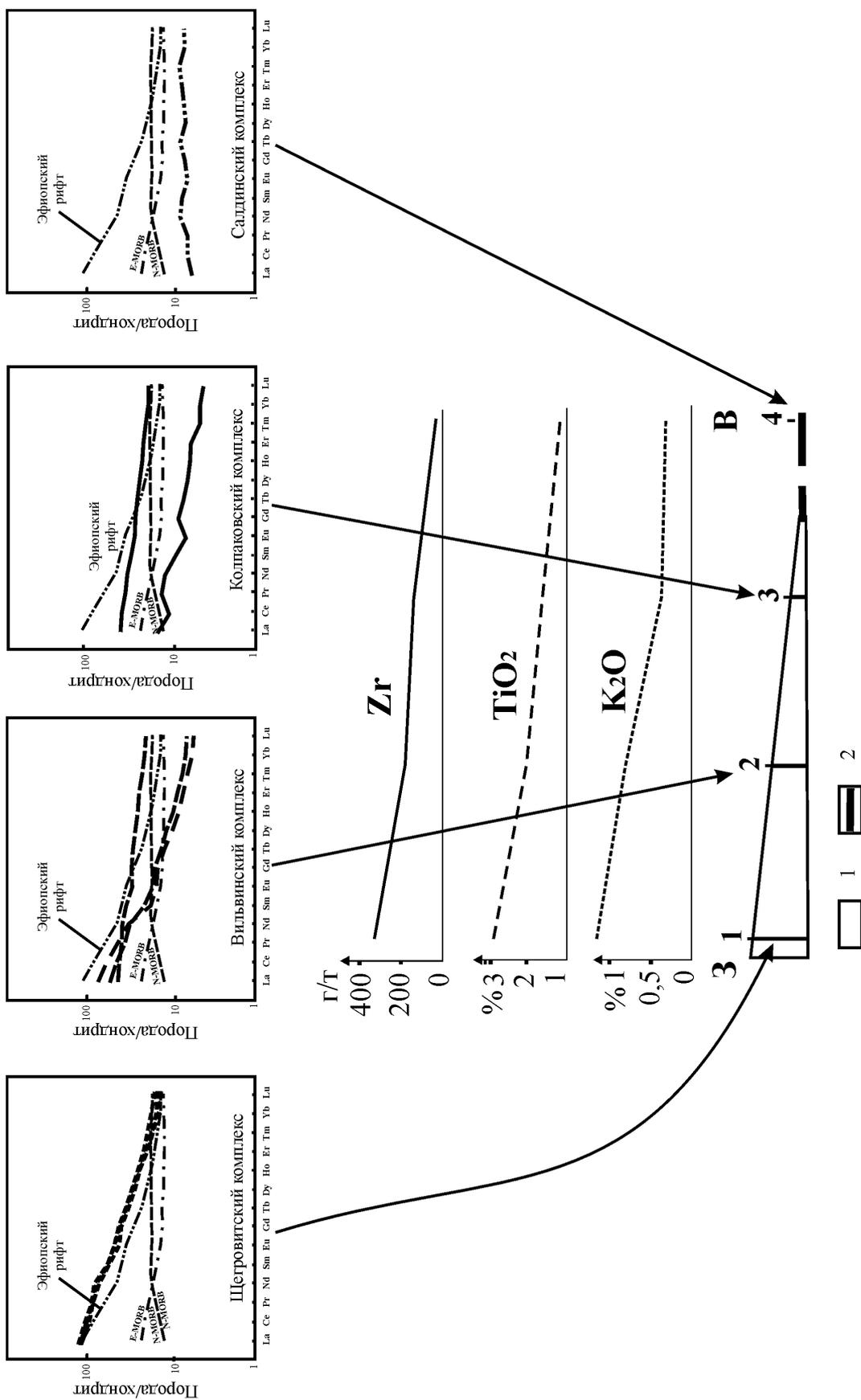


Рис. 1. Геохимические профили через допалеозойскую континентальную окраину. Некоторые геохимические параметры базальтоидов вулканических комплексов: 1 – щеровитского; 2 – вильвинского; 3 – колпаковского; 4 – амфиболитов и гранат-клинопироксеновых гранулитов Салдинского метаморфического комплекса. Схематический разрез земной коры допалеозойской континентальной окраины: 1 – дорифейская континентальная кора, 2 – неопротерозойская кора океанического и островодужного типа.

рит-базальтовые и гранитоидные серии, составы которых сходны с производными континентальных толеитовых и палингенных (?) коровых магм; эти породы содержат гораздо меньше РЗЭ по сравнению с магматитами первой группы, в них не отмечаются включения высокобарических минералов.

Пространственно щелочнобазальтовые комплексы – производные глубинных мантийных расплавов, локализуются в западной части Кваркушского антиклинория, а менее глубинные магматиты, объединенные во вторую группу, располагаются восточнее. Возможно, такое распределение магматических комплексов в пределах Кваркушского антиклинория свидетельствует о существовании в неопротерозойское время блоков литосферы различного состава и мощности. Щелочнобазальтовые магмы, сформировавшие комплексы первой группы, вероятно, поднимались с больших глубин, захватывая ксенолиты из уровней гранатовой и, возможно, отчасти алмазной фаций глубинности верхней мантии, проникая в мощную и прочную литосферу по немногочисленным каналам в зонах крупных разломов. При этом, судя по геохимическим данным, почти не происходило их смешивания с коровым материалом [Карпухина и др., 2001]. Магматиты второй группы, напротив, формировались из малоглубинных очагов в верхней мантии и коре, что, вероятно, свидетельствует о меньшей мощности и меньшей степени прочности и консолидированности литосферы.

Восточнее Кваркушского антиклинория, в зоне тектонитов Главного Уральского разлома, располагается пакет пластин, надвинутых на ордовикско-нижнедевонские мелководные осадки шельфа Восточно-Европейского палеоконтинента и сложенных зеленосланцевыми метавулканитами, мусковит-кварцевыми и углеродистыми сланцами, относимыми к колпаковской свите. Возраст пород колпаковской свиты является дискуссионным, но, по всей видимости, его можно считать неопротерозойским, поскольку по цирконам, отобраным из прорывающих свиту расщепленных гранитов европейского комплекса, методом Кобера получен возраст 580 ± 3 млн лет [Beckholmen et al., 1999]. Доля вулканических пород – метаморфизованных базальтов, пикритов, редко – риолитов в составе свиты составляет не менее 20-30 %. На дискриминационных диаграммах точки составов пород колпаковской свиты попадают в поля MOR- и внутриплитных базальтов. Геохимичес-

кие параметры metabазальтов колпаковской свиты ($La_N/Yb_N = 2,54$, $Zr/Nb = 6,89$, $Ce/Y = 0,63$) сходны с параметрами метаморфизованных долеритов вильвинского комплекса.

В пределах Тагильской мегазоны выходы допалеозойских пород неизвестны. Вместе с тем, О.М. Розен с соавторами [1999], изучавшие kern Уральской сверхглубокой скважины, обнаружили ксеногенные цирконы рифейского возраста (990-1100 и 1450-1660 млн лет) в вулканитах силурийской именновской свиты. При этом особенности составов андезитобазальтов ($^{87}Sr/^{86}Sr < 0,70316$) исключают вероятность участия вещества древней сиалической коры в составе расплавов. Модельные возраста силурийских островодужных базальтов, полученные при изучении Sm-Nd изотопных систем, составляют в среднем 620 млн лет, туфов и тефротурбидитов – 710 млн лет [Розен, Журавлев, 2004]. Nd модельный возраст позднесилурийско-раннедевонских плагиигранитов Кытлымского массива составляет 560-566 млн лет, а Sr-Nd изотопные первичные характеристики этих пород соответствуют мантийному тренду [Ронкин и др., 2005]. Палеозойские (ордовикские) модельные возраста известны только для гранитоидов из массивов, ассоциирующих с офиолитовыми и раннеостроводужными комплексами зоны Главного Уральского разлома – Войкарского – $T(DM) = 484$ млн лет [Ронкин и др., 2005] и Левихинского – 440-480 млн лет [Попов и др., 2003]. Приведенные данные могут свидетельствовать о заложении ордовикско-девонской Тагильской палеоостроводужной системы на гетерогенном основании, состоявшем из раннепалеозойских офиолитов и блоков неопротерозойской океанической и/или примитивной островодужной коры.

В составе Восточно-Уральской мегазоны – сложного коллажа шарьяжных пластин и гетерогенных террейнов – присутствуют блоки неопротерозойских и дорифейских пород, сильно переработанных в процессе палеозойского и раннемезозойского магматизма и метаморфизма. Так, в пределах Салдинского метаморфического блока, допалеозойские определения абсолютного возраста в диапазоне 575-1600 млн лет получены U-Pb методом А.А. Краснобаевым [2001, 2003] при анализе мультифракций цирконов. Салдинский комплекс вмещает интрузии девонских и каменноугольных габброидов и тоналитов. Максимальный возможный возраст субстрата, из которого происходило выплавле-

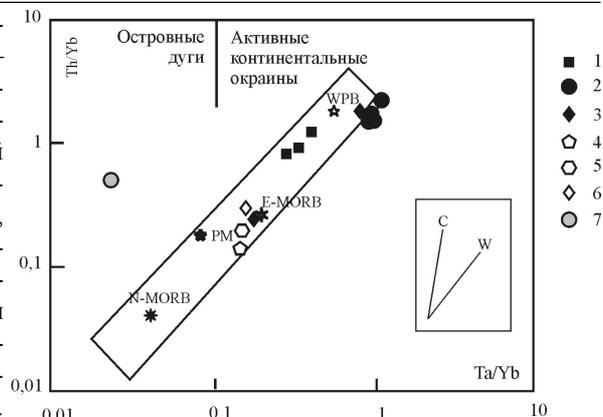
ние габброидных расплавов, по результатам Sm-Nd изотопного анализа, составляет 629 млн лет, тоналитов – 572 млн лет, современные измененные отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для валовых составов габброидов характеризуются относительно низкими значениями и узким диапазоном вариаций (0,7036-0,7038). Величина $\epsilon_{\text{Nd}}(380)$ для габброидов составляет +4,7, для тоналитов $\epsilon_{\text{Nd}}(380) - +5,1$, что указывает на невозможность предположения о формировании магм за счет плавления древней сиалической коры [Петров и др., 2004]. Составы метабазитов, содержащих реликты допалеозойских минералов, близки к раннеостроводужным базальтам: для них характерны невысокие содержания Sr (170-360 г/т), Ti (0,7-1 %), Cr и Ni (40-70 г/т) и повышенные содержания Zr (148-200 г/т) [Петров, 2003], присутствуют и высокостронцевые амфиболиты (Sr более 600 г/т), вероятно образованные по габброидам. На основании имеющихся данных нельзя уверенно говорить о неопротерозойском возрасте протолита метаморфитов Салдинского комплекса, можно лишь высказать предположение о возможности присутствия блоков неопротерозойских метабазитов в его составе. К примеру, нельзя не обратить внимания на сходство диапазонов возрастов акцессорных цирконов и модельных возрастов пород Салдинского блока и силурийских андезит-базальтов именовской свиты Тагильской мегазоны (см. выше, [Розен и др., 1999, Розен, Журавлев, 2004]). С другой стороны, А.А. Краснобаев [2001] на основании изучения цирконов Салдинского комплекса приводит конкордию 1871 ± 35 млн лет, и интерпретирует ее как возможный возраст субстрата или одного из этапов его преобразования. Сходная ситуа-

ция наблюдается и в Сысертском метаморфическом комплексе [Ронкин и др., 1993, Echtler et al., 1997]. Определяемый различными методами изотопно-геохронологический возраст метаморфизма пород этого комплекса соответствует палеозою, но модельный возраст T(DM) плагиогнейсов и амфиболитов колеблется в диапазоне 564-1330 млн лет. Положительные значения $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{CHUR})$ (от +1,5 до +6,89) позволяют предположить минимальное участие сиалического материала в составе пород. В.С. Попов с соавторами [2003], изучавшие Sm-Nd и Rb-Sr изотопные системы палеозойских и мезозойских гранитоидов Восточно-Уральской мегазоны на Среднем и Южном Урале, пришли к выводу о преобладании кембрийских и неопротерозойских модельных возрастов этих пород (490-690 млн лет). По их мнению, значительная часть палеозойских гранитоидов Среднего Урала сформировалась за счет палингенеза венд-кембрийских тоналитов; исключение составляют Мурзинско-Адуйский и Ильменогорский блоки, в пределах которых установлено присутствие дорифейской сиалической коры.

Анализ геохимических параметров допалеозойских базальтоидов позволяет заметить, что с запада на восток (в современных координатах) в них происходит постепенное снижение содержаний Ti, K, Zr и редких земель. Составы пород в этом же направлении изменяются от щелочных высокотитанистых базальтов, сходных с магматитами континентальных рифтов, до толеитов с нормальной и низкой титанистостью и щелочностью, имеющих сходство с океаническими и раннеостроводужными базальтами. Эта тенденция хорошо заметна на диаграмме Th/Yb-Ta/Yb (рис. 2).

Рис. 2. Положение точек составов неопротерозойских магматитов Среднего Урала на диаграмме Th/Yb-Ta/Yb (по [Петров и др., 2005] с добавлениями и исправлениями). Поля и точки составов пород эталонных обстановок: WPB – внутриплитные базальты – субщелочной оливинный базальт, вулканический центр Бойна, Эфиопия [Barberi et al., 1975], PM – примитивная мантия [Taylor, McLennan, 1985], E-MORB и N-MORB – составы «обогащенных» и «нормальных» базальтов срединно-океанических хребтов [Sun, McDonough, 1989]. Тренды эволюции составов магм: W – в процессе внутриплитного (мантийного) обогащения литофильными элементами; C – контаминации континентальной коры [Фролова, Бурикова, 1997].

Точки составов: 1 – субщелочных габбро кусьинского комплекса; 2 – трахибазальтов щегровитского комплекса; 3 – метадолеритов и пикритов вильвинского комплекса; 4 – офитового габбродиорита кваркушского комплекса; 5 – габбродолерита журавликовского комплекса; 6 – метабазальта колпаковского комплекса; 7 – гранат-клинопироксеновых гранулитов Салдинского комплекса.



Таким образом, можно проследить определенную зональность неопротерозойских комплексов Среднего Урала: континентальные мелководные осадочные толщи, включающие покровы и потоки субщелочных вулканитов в пределах рифтовых депрессий, сменяются на восток вулканогенно-осадочными разрезами рифтогенной континентальной окраины (колпаковская свита) и далее – океаническими или островодужными вулканическими комплексами, фрагменты которых присутствуют в составе Салдинского и Сысертского метаморфических комплексов и, вероятно, в фундаменте палеозойской Тагильской палеоостроводужной системы. Тренд изменения составов вулканитов указывает на уменьшение мощности земной коры и увеличение степени ее «океаничности» по направлению с запада на восток (в современных координатах). Очевидно, в области неопротерозойской океанической коры располагались дорифейские террейны-микроконтиненты (Мурзинско-Адуйский, Ильменогорский и др.).

По всей вероятности, сближенные в настоящее время блоки, содержащие фрагменты неопротерозойской континентальной, утоненной окраинно-континентальной, океанической (?) и островодужной коры, в раннепалеозойское время были разделены значительными пространствами новообразованной океанической коры, впоследствии поглощенной в зонах субдукции. Структуры, содержавшие в основании блоки допалеозойской коры, имели большую мощность и, соответственно, чаще попадали в состав аккреционных призм. Скорее всего, этим и вызвано реконструируемое по изотопно-геохимическим данным широкое распространение неопротерозойских островодужных и океанических комплексов в нижней коре восточного склона Урала.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант 03-05-64121).

Список литературы

Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралитид-тиманид / Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В. Сыктывкар: Геопринт, 2005. 100 с.

Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с. Кн. 2. 334 с.

Иванов С.Н. О байкалидах Урала // Докл. АН СССР. 1977. Т. 327. № 5. С. 1144-1147.

Карпухина Е.В., Первов В.А., Журавлев Д.З. Петрология щелочного вулканизма – индикатора поздневендского рифтогенеза, западный склон Урала // Петрология. 2001. Т. 9. № 5. С. 480-503.

Костюченко С.Л. Структура и тектоническая модель земной коры Тимано-Печорского бассейна по результатам комплексного геолого-геофизического изучения // Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы. М.: Гео-инвэкс, 1994. С. 121-133.

Краснобаев А.А., Петров Г.А., Давыдов А.Г. и др. Изучение цирконов и некоторые особенности петрологии Салдинского комплекса // Ежегодник-2000. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. С. 191-196.

Краснобаев А.А., Чердниченко Н.В., Давыдов В.А., Калеганов Б.А. Цирконология Салдинского полиметаморфического комплекса: новые данные // Ежегодник-2002 Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 60-65.

Оловянишников В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 164 с.

Петров Г.А. К вопросу о происхождении гранулитов Салдинского комплекса // Ежегодник-2002. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 108-114.

Петров Г.А., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т. Новые данные по геохимии и возрасту допалеозойских магматических комплексов Кваркушско-Каменногорского антиклинория (Средний Урал) // Ежегодник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 274-283.

Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Фриберг М. Салдинский метаморфический комплекс (Средний Урал) – пример метаморфизма, связанного с процессом «magmatic underplating» // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Мат-лы XXXVII Всеросс. тектонического совещ.. Т. 2. Новосибирск: СО РАН, Филиал «Гео», 2004. С. 78-80.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.

Попов В.С., Беляцкий Б.В., Богатов В.И., Петрова А.Ю., Осипова Т.А. Разнообразие источников гранитных магм на Среднем и Южном Урале: Sm-Nd и Rb-Sr изотопные данные // Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые. IX Чтения А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 135-137.

Розен О.М., Бибикина Е.В., Викентьев И.В. и др. Тагильская синформа: фрагмент энсиматической островной дуги силурийского палеоокеана // Результаты бурения и исследований Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4). Вып. 5. Ярославль: ФГУП НПП «Недра», 1999. С. 113-132.

Розен О.М., Журавлев Д.З. Изотопно-геохимическое исследование силура Тагильской синформы: рифейское океаническое плато в нижней коре Ураль-

ского орогена? // Эволюция тектонических процессов в истории Земли: Материалы XXXVII тектонического совещания. Т. 2. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. С. 111-114.

Ронкин Ю.Л., Ефимов А.А., Лепихина О.П., Попова О.Ю. Платиноносный пояс Урала: Rb-Sr и Sm-Nd ограничения для плагиогранитов Кытлымского массива // Ультрамафит-мафитовые комплексы складчатых областей докембрия. Мат-лы междунар. конф. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. С. 29-31.

Ронкин Ю.Л., Носков А.Г., Журавлев Д.З. Sm-Nd изотопная система Сысертского гнейсово-мигматитового комплекса // Ежегодник-1992. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1993. С. 135-139.

Самыгин С.Г., Милеев В.С., Голионко Б.Г. Зона Уралтау: геодинамическая природа и структурная эволюция // Очерки по региональной тектонике. Т. 1. М.: Наука, 2005. С. 9-35.

Самыгин С.Г., Руженцев С.В. Уральский палеоокеан: модель унаследованного развития // Докл. РАН. 2003. Т. 392. № 2. С. 226-229.

Фролова Т.И., Бурикова И.А. Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с.

Шенгер А.М. Дж., Натальин Б.А., Буртман В.С. Тектоническая эволюция алтаид // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7-8. С. 41-58.

Юдин В.В., Дедеев В.А. Геодинамическая модель Печорской плиты. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР. 1987. Вып. 171. 12 с.

Barberi F., Ferrara G., Santacroce R. A transitional basalt-pantellerite sequence of fractional crystallisation, the Boina centre (Afar rift, Ethiopia) // *J. Petrol.* 1975. № 1. P. 65-78.

Beckholmen M. & Glodny J. Timanian blueschist-facies metamorphism in the Kvarakush metamorphic basement, Northern Urals, Russia // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / Gee D.G. & Pease V. (eds) Geological Society, London, *Memoris*, 2004. P. 125-134.

Beckholmen M., Petrov G., Larionov A. Rifted margins of Baltica in the Scandinavian Caledonides and the Uralides. EUG-10. Abstracts. Cambridge publications. 1999. P. 93.

Echtler H.P., Ivanov K.S., Ronkin Y.L. et al. The tectono-metamorphic evolution of gneiss complexes in the Middle Urals, Russia: a reappraisal // *Tectonophysics*. 1997. V. 276. P. 229-251.

Gee D.G., Pease V. (eds) The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Geological Society, London, *Memoris*, 2004. 255 p.

Linnemann U., Gehmlich M., Tichomirova M. et al. Tectonostratigraphic Events of the Peri-Gondwanan Basement of the Saxo-Thuringian Composite Terrane (Central European Variscides) // *Schr. Staatl. Mus. Min. Geol. Dresden*. 1998. N 9. P. 159-161.

Pease V., Dovzhikova E., Belyakova L., Gee D.G. Late Neoproterozoic granitoid magmatism in the basement to the Pechora Basin, NW Russia: geochemical constraints indicate westward subduction beneath NE Baltica // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / Gee D.G. & Pease V. (eds) Geological Society, London, *Memoris*, 2004. P. 75-85.

Roberts D., Olovyanishnikov V.G. Structural and tectonic development of the Timanian orogen // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / Gee D.G. & Pease V. (eds) Geological Society, London, *Memoris*, 2004. P. 47-57.

Scarraw J.H., Pease V., Fleutelot C., Dushin V. The Late Neoproterozoic Jenganephe ophiolite, Polar Urals, Russia: An extension of the Cadomian arc? // *Precambrian Research*. 2001. N 110. P. 255-275.

Siedlecka A., Roberts D., Nystuen J.P., Olovyanishnikov V.G. Northeast and northwest margins of Baltica in Neoproterozoic time: evidence from Timanian and Caledonian Orogens // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / Gee D.G. & Pease V. (eds) Geological Society, London, *Memoris*, 2004. P. 169-190.

Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for the mantle composition and processes // *Magmatism in the oceanic basins* / Saunders A.D. and Norry M.J. (eds) *Geol. Soc. London. Spec. Publ.* 1989. P. 313-345.

Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust; its composition and evolution. Blackwell, Cambridge, Mass. 1985. 312 p.