

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОСНОВНЫХ ПЕРИОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТИМАНО-УРАЛЬСКОГО СЕГМЕНТА ЕВРАЗИИ

© 2012 г. В. М. Нечеухин*, В. А. Душин**, Е. Н. Волчек*

*Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7

**Уральский государственный горный университет
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Поступила в редакцию 11.03.2011 г.

В сложении Тимано-Уральского сегмента Евразии участвуют верхнепротерозойская Тимано-Протоазиатская и палеозойская Уральская орогенные системы, палеозойские орогенические пояса, Печорская эпикратонная впадина, а также протерозойские депрессионно-грабеновые ассоциации Русской протоплиты и ассоциации мезозойско-кайнозойской неоплиты. Выделенные системы в пределах сегмента интегрированы в разные возрастные периоды (циклы) в условиях горизонтальных перемещений литосферных плит или их фрагментов.

Ключевые слова: *геодинамические системы, геодинамические ассоциации, орогены, орогенические пояса, плитотектонические циклы.*

ВВЕДЕНИЕ

В качестве Тимано-Уральского сегмента Евразии рассматривается фрагмент литосферы, относящийся к ареалу сочленения Восточно-Европейской плиты и ее палеогеодинамических элементов с палеозойскими образованиями Уральского орогена и прилегающей к нему части Западно-Сибирской плиты. Материалы геодинамических реконструкций этого фрагмента послужили основой к составлению геодинамической карты характеризуемого сегмента [6]. В ней нашли отражение изменения и дополнения с учетом новых данных по геодинамике этого сегмента, выделения новых геодинамических элементов, объема сегмента, в который включены образования Тимана с прилегающими к нему структурами, а также образования Печорской впадины. Вместе с этим, центральное положение Уральского палеозойского орогена в пределах сегмента отразилось на подходах к геодинамическим реконструкциям этого орогена, имевших место на первом этапе исследований. Исследователями этого этапа все примыкающие к Уральскому орогену тектонические образования объединялись в единую геодинамическую систему, имевшую, по их мнению, сквозное развитие от верхнего протерозоя до позднего мезозоя [9, 11, 31 и др.]. Наличие таких представлений можно объяснить тем, что эти исследователи не имели возможностей включать в геодинамические реконструкции верхнепротерозойские образования Тимана с прилегающими структурами, а также палеозойские образования Печор-

ской впадины и Полярного Урала. Эти структурные системы продолжительное время имели недостаточную изученность для выполнения геодинамических реконструкций. Такие материалы были получены позже. Они показали, что в сложении Тимано-Уральского сегмента Евразии участвует несколько геодинамических систем, которые относятся к разным возрастным интервалам, а также отличаются по геодинамике формирования и составу слагающих их структурно-вещественных ассоциаций.

Следует остановиться на некоторых терминологических понятиях, относящихся к предлагаемому сообщению. В частности на том, что в нем используется ряд терминов, которые имеют разное толкование или предлагаются к использованию впервые. Прежде всего, это относится к таким терминам как геодинамические системы, орогены и орогенические пояса. Под *геодинамическими системами авторами понимаются региональные структурно-вещественные элементы земной коры, которые образуются ассоциациями геодинамических режимов и обстановок разного типа, в том числе не связанных эволюционными соотношениями.* Последнее положение подчеркивается использованием понятия “система”, по своей сути альтернативного термину “подвижной пояс”. Этот термин предполагает формирование складчатых сооружений и накопление геологических комплексов в условиях дифференцированных вертикальных перемещений фундамента этих сооружений. В свою очередь понятие система отдает предпочтение проявлению латеральных соотношений между структурно-вещественными ассо-

циями геодинамических режимов и обстановок разного типа, имеющих отличающиеся энергетические и вещественные источники. В их структурном сочленении существенное значение имеют горизонтальные перемещения. Под геодинамическими ассоциациями понимаются совокупности вещественных и структурных образований, относящихся к конкретным геодинамическим режимам и обстановкам на стадии их проявления.

Более конкретное определение в числе геодинамических систем может иметь понятие ороген или орогенная система. В общем виде ороген с позиций плитотектонической геодинамики определяется как “складчато-надвигово-покровное горное сооружение” [32]. Однако такое определение характеризует только структурные особенности орогенов, да и то их части, хотя и очень важной. Имеется необходимость привлечь для определения орогенов также их вещественные и другие элементы. Такая необходимость особенно относится к орогенам, которые формировались в процессе развития океанических бассейнов в пределах океанической литосферы в межплитном или окраинноплитном пространствах. Представляется, что горные сооружения именно этого типа должны рассматриваться в качестве собственно орогенов, или ортоорогенов. В свете всего отмеченного, *орогенные системы или орогены определяются как межплитные или окраинноплитные геодинамические системы планетарного или трансрегионального характера, которые образуются за счет аккреционно-коллизийного сжатия тектонических блоков океанического и континентального происхождения на границах литосферных плит или их фрагментов. Их составными элементами могут являться вовлеченные в структуру этого сооружения краевые части литосферных плит периферии с доаккреционными ассоциациями и продуктами взаимодействия этих плит в обстановках пассивных и активных окраин и коллизии.* Более локальный характер проявления имеют системы структур орогенических поясов.

Как показывают плитотектонические геодинамические реконструкции, в сложении орогенов могут участвовать ассоциации как всего цикла развития океанического бассейна и его периферийного обрамления, так и его части. Это послужило основанием к выделению орогенов полной и неполной геодинамической последовательности формирования [14]. В сложении орогенов с полной геодинамической последовательностью формирования участвуют ассоциации режимов раздвижения, сдвигания и трансформации. Неполная последовательность более характерна для орогенических поясов, в сложении которых отсутствуют или проявлены частично ассоциации ряда этих режимов и обстановок. Существенное отличие ассоциаций, формирующихся в океанических бассейнах на океанической коре и образующихся на кратонах на конти-

нентальной коре, послужило основанием к выделению горных сооружений эпиконтинентального и эпиконтинентального типов [22]. Эти термины применимы и к ассоциациям орогенов, что особенно важно при анализе структурных ансамблей, в сложении которых участвуют покровы ассоциаций обоих типов.

Другие используемые в данной работе геодинамические и плитотектонические термины в основном соответствуют определениям, которые приводятся в тематической и справочной литературе [29 и др.].

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АССОЦИИ СЕГМЕНТА

Палеогеодинамические реконструкции создали основу для вывода об участии в сложении Тимано-Уральского сегмента Евразии геодинамических систем, которые отвечают верхнепротерозойскому, палеозойскому и мезо-кайнозойскому возрастным интервалам. При этом каждая система характеризуется своими рядами геодинамических ассоциаций, которые отражают режимы и обстановки, проявившиеся при ее формировании (рис. 1). Самые ранние геодинамические системы сегмента образуются верхнепротерозойскими ассоциациями Тимано-Протоазиатского орогена и Русской протоплиты.

Верхнепротерозойские ассоциации

Основная часть *Русской протоплиты* складывается внутриплитными депрессионно-грабеновыми ассоциациями. При этом отложения депрессий локализованы в осадочных сериях раннего, среднего и позднего рифея, а грабеновые образования представлены вулканогенно-осадочными накоплениями, выполняющими внутридепрессионные линейные структуры. По литолого-фациальным данным [20], осадочные отложения раннего рифея сложены преимущественно карбонатными и карбонатно-сланцевыми накоплениями мелководных и умеренно-глубоководных фациальных условий, среднего рифея – конгломерато-песчаниковыми и песчано-сланцевыми последовательностями мелководных фаций и позднего рифея – карбонатными и терригенными толщами мелководных и прибрежно-морских условий. По радиологическим данным накопление рифейского разреза соответствует интервалу времени 1.65–0.65 млрд. лет, а границам серий отвечают уровни 1.35 и 1.1 млрд. лет [13].

Линейные структуры грабенов располагаются в пределах развития депрессионных накоплений. Среди отложений раннего рифея находится грабен с накоплениями навыйского трахибазальтового комплекса, а среди отложений среднего рифея – цепочка грабенов с породами машакско-шатакского базальт-риолитового комплекса. В сложении грабенов участвуют также грубообломочные терри-

генные породы и песчаники. По данным изотопной геохронологии (U-Pb метод), продолжительность грабенового вулканизма оценивается интервалом от 1600–1500 млн. лет его ранних этапов до 1350 млн. лет – времени затухания [21].

Строение протоплиты осложняют тектонические блоки, резко отличающиеся внутренним строением и составом. В данном контексте они выделены в качестве прототеррейнов и протоблоков. Тектоническая и геодинамическая природа этих блоков недостаточно ясны, однако выделение их в отдельную группу геодинамических элементов представляется достаточно обоснованным положением. На Южном Урале выделяются Белорецкий и Златоустовский прототеррейны. Они сложены метаморфическими породами с включениями пород с высокостепенными парагенезисами (эклогитов и др.) и имеют тектонические контакты типа крупных внутриплитных сдвигов. Севернее располагаются Тараташский и Уфалейский протоблоки, принадлежность которых к блокам типа прототеррейнов рассматривалась ранее [24]. По периферии прототеррейнов выделяется зона сдвигово-раздвиговых дислокаций, сопровождающаяся цепочкой габбровых интрузий Кусинско-Копанского пояса и Рябиновским гранитным массивом. С востока к ним примыкают массивы Губенских гранито-гнейсов и полоса метавулканитов, ортосланцев и парасланцев Кувашицкого метаморфического комплекса. Габбровые интрузии своей морфологией и залеганием подчеркивают сдвигово-раздвиговую природу вмещающей их зоны разломов. Контакты массивов тектонические, а их строение несет черты зональности и стратификации, характерные для внутриплитных интрузий. U-Pb методами по цирконам и Sm-Nd – по породам и минералам для габбро и гранитоидов устанавливается возраст 1385 млн. лет и для гнейсов – 1330 млн. лет [15].

Верхнепротерозойские ассоциации *Тимано-Протоазиатской орогенной системы* перекрыты в значительной части палеозойскими образованиями. Они обнажаются в поднятиях западного склона Приполярного и Полярного Урала, а также на Тиманском кряже. Часть из них вскрыта глубокими скважинами. На поднятиях Полярного Урала эти отложения представлены претерпевшими аккрецию ассоциациями океанического протобассейна, для которых выявляются параметры океанических и периокеанических образований. Вместе с этим среди океанических комплексов выявлены зоны сутур с фрагментами офиолитовых ассоциаций, для плагиогранитов которых определен радиологический возраст 670 млн. лет [8, 36]. Обнажающиеся на поднятиях Тиманского кряжа осадочные отложения среднего и позднего рифея по фациально-формационным особенностям отвечают накоплениям пассивных континентальных окраин. Для них установлена характерная для таких геоди-

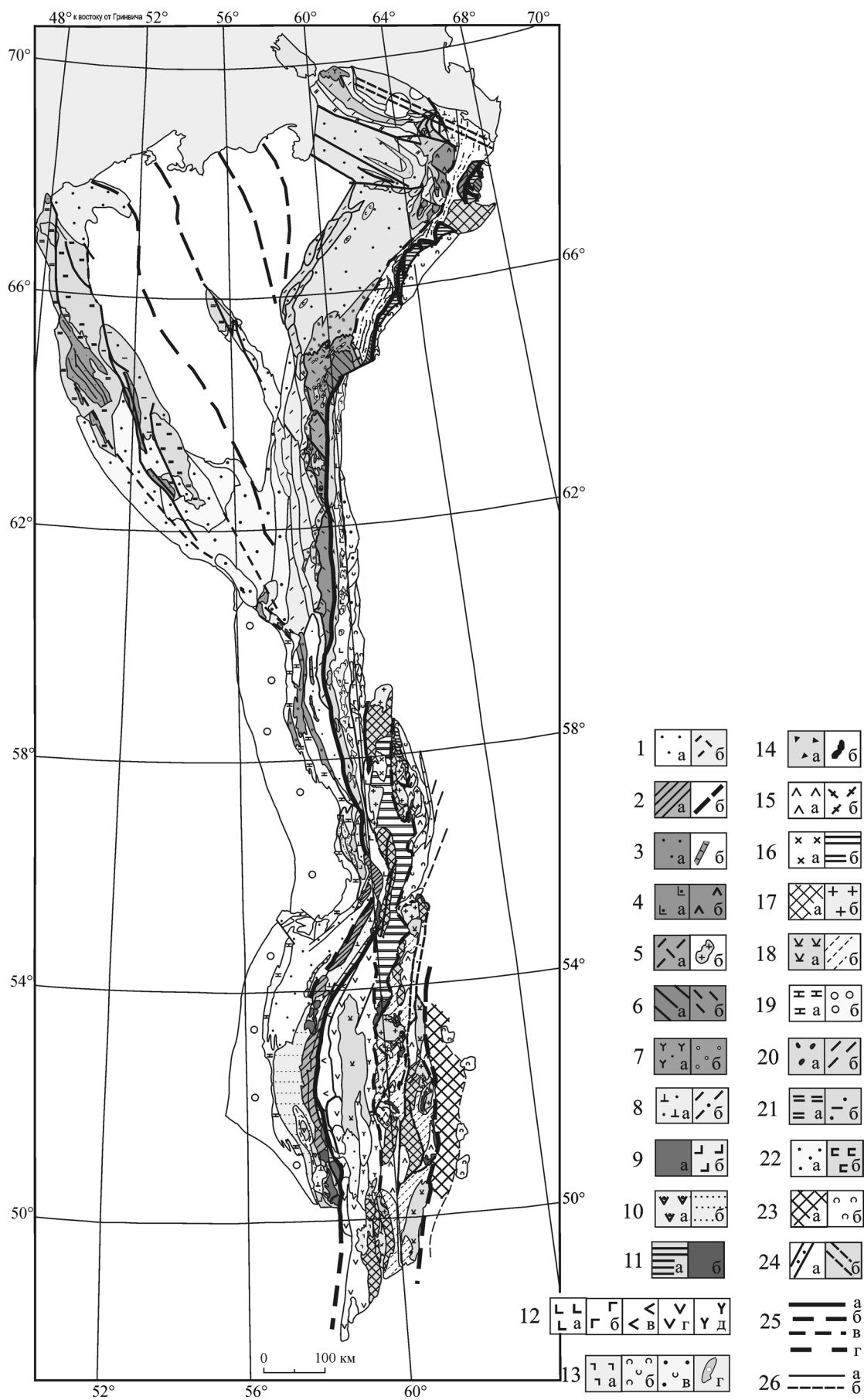
намических условий латеральная зональность со сменой в направлении от палеократона грубообломочных фаций сначала песчано-карбонатными и далее песчано-сланцевыми и углисто-сланцевыми. Вместе с этим, в пределах системы выделяется зона, сложенная блоками террейнов с ассоциациями межтеррейновой коллизии. Доколлагное основание террейнов представлено гнейсами и ассоциирующими с ними осадочными и вулканогенными породами. Коллизионные ассоциации слагают вулканогенно-интрузивные ареалы и зоны, интрузии которых секут отложения доколлагного основания террейнов, а вулканогенные комплексы выполняют вулканотектонические депрессии. Принадлежность вулканогенно-интрузивных ареалов к коллизионным образованиям основывается на ряде данных. В частности, по геохимическим критериям кислые интрузии попадают в поля коллизионных и внутриплитных образований, а по петрохимическим параметрам отвечают гранитоидам I- и S-типов, которые более характерны для коллизионных условий. Их возраст по цирконам (U-Pb метод) колеблется в интервале 630–510 млн. лет [18].

Отметим, что верхнепротерозойские отложения, обнажающиеся в Амдерминском и Едунейском выступах на Пайхойском поднятии, несут черты ассоциаций краевых поясов активных континентальных окраин. В Амдерминском выступе нижние части разреза сложены известняками и апоглинистыми сланцами среднего рифея. Выше выделяются накопления толщи риодацитов и андезитов в ассоциации с филлитовидными сланцами и известняками, которые сменяются накоплениями туфов риолитов, туфоконгломератов и туфопесчаников венда. Разрезы сопоставимы с разрезами краевых поясов активных континентальных окраин. В целом, Тимано-Протоазиатская орогенная система характеризуется составом ассоциаций, отвечающих полной геодинамической последовательности. Палеогеодинамические реконструкции позволяют предположить строение орогена к концу кембрия (рис. 2). Ороген имеет северо-западное простирание, а фрагменты продуктов аккреции Протоазиатского бассейна прослеживаются по периферии Балтийского щита и сопоставимы с ассоциациями складчатых поясов западного обрамления Сибирского кратона [25].

Палеозойские ассоциации

Палеозойский интервал характеризуют геодинамические ассоциации *Уральской орогенной системы* и расположенных по его западной периферии *Талота-Пайпудын-Лемвинского и Сакмаро-Кракинско-Тирлянских поясов систем*. Отдельную систему образуют ассоциации *Печорской впадины*.

Уральская орогенная система включает сектора с ассоциациями литосферы океанического и континентального типов, граница которых образуется



зоной Трансуральского глубинного коллизионного шва (т.н. “Главного Уральского глубинного разлома”), фиксирующего фронтальную часть палеозойской океанической литосферы. Зона шва деструктивно пересекает образования разного возраста и отличающейся геодинамической природы, что определяет ее трансуральский статус. Вместе с этим, вдоль простирания зоны наблюдаются различия в строении, геодинамике формирования, и, вероятно, времени становления. Это послужило основанием для подразделения шва на северный (полярноуральский), средний (среднеуральский и североуральский) и южный (южноуральский) сегменты. При этом средний сегмент, отмечающий непосредственное сочленение континентальной и океанической литосферы, по сейсмоструктурным данным, состоит из двух горизонтов восточного падения, ограниченных глубинными надвигами. В составе залегающего дискордантно на рифейских отложениях нижнего горизонта присутствуют как смятые в сложные складки сланцы и будины палеозойского аллохтона, так и блоки параавтохтона с микрофитолитами позднего рифея. Соответственно, в пределах северного и южного сегментов в зону шва вовлечены отложения прилегающих к ним орогенических поясов, а шов имеет характер пологого обдуктивного надвига. Вместе с этим, на Полярном Урале вдоль этого шва располагаются резко отличающиеся по строению и составу Неркаюский эклогит-амфиболит-гнейсовый, Хордьюский гранулит-базитовый и Марункеуский эклогит-амфиболит-пла-

гиогнейсовый блоки, несущие черты прототеррейнов. Контакты блоков тектонические и осложнены чешуйчато-надвиговыми элементами. В ряде блоков выявлены фрагменты структур субширотного простирания. Радиологический возраст эклогитов из Марункеуского блока по комплексу методов не моложе 1.54 млрд. лет [2].

Располагающиеся к западу от Трансуральского коллизионного шва ассоциации Талота-Пайпудын-Лемвинской и Сакмаро-Кракинско-Тирлянкой поясовых систем связываются с частичной или более полной деструкцией континентальной коры в режимах рифтогенного растяжения. Системы слагаются ассоциациями этих режимов и обстановок с элементами симметрично-поясового размещения, что характерно для условий внутрикратонной рифтогенной деструкции.

Талота-Пайпудын-Лемвинская поясовая система на Полярном Урале слагается в основном ордовикскими кремнисто-сланцевыми и кремнисто-карбонатно-сланцевыми отложениями, которые в осевой его части сменяются сложными по составу и строению образованиями базальт-терригенно-сланцевого комплекса. В сложении комплекса участвуют песчано-сланцевые отложения с горизонтами и пластами базальтов, коагматы которых представлены пластовыми интрузиями и дайками габбро-долеритов и долеритов. По северо-западной периферии пояса выделяются кембрийско-ордовикские вулканогенно-терригенные отложения, близкие по составу к образованиям грабеновых фа-

Рис. 1. Геодинамические системы Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии.

1–7 – верхнепротерозойские системы, ассоциации: 1–2 – *Русская протоплита*: 1 – депрессионные (а), грабенов (б); 2 – прототеррейнов (а), сдвигово-раздвиговых зон (б). 3–7 – *Тимано-Протоазиатская орогенная система*: 3 – пассивной перикратонной окраины (а), рифтогенной деструкции (б); 4 – океанические (а), островодужные (б); 5 – межтеррейновой коллизии вулканогенные (а) и интрузивные (б); 6 – доколлагного основания террейнов метаморфогенные (а), терригенно-осадочные (б); 7 – активной протоокраины (а) и предгорной впадины (б). 8–23 – палеозойские системы, ассоциации: 8–10 – *эпикратонные и эпиконтинентальные орогенические пояса*: 8 – рифтогенной деструкции (а), эпикратонного бассейна (б); 9 – эпиконтинентального раздвижения гарцбургит-лерцолитовые (а), базальто-кремнисто-сланцевые (б); 10 – эпиконтинентальные (а), надшовной депрессии (б); 11–19 – *Уральская орогенная система*: 11 – океанической коры дунит-гарцбургит-габбровые (а), дунит-гарцбургитовые и гарцбургитовые (б); 12 – островодужные вулканогенные и вулканогенно-осадочные (а – O_{2-3} , б – O_3-S_1 , в – D_{1-2} , г – D_2 , д – D_{2-3}); 13 – надсубдукционные островодужных интрузий (а) и активных композиционных континентальных окраин вулканогенно-осадочные (б), вулканогенно-осадочные и осадочные (в), литоблоки дунит-клинопироксенитовых комплексов зоны тектонитов (г); 14 – полимиктовых тектонитов шовных зон межплитной коллизии (а) и серпентинитовых протрузий и меланжа зон аккреционно-коллизионного сгущивания (б); 15 – литоблоков океанических и островодужных комплексов зон аккреции (а) и вулканогенно-интрузивных ареалов межблоковой и межтеррейновой коллизии (б); 16 – межсегментной коллизии вулканогенно-интрузивные (а) и аккреционного основания (б); 17 – террейнов древней континентальной литосферы (а) и внутритеррейновых гранитоидов (б); 18 – сдвигово-раздвиговых структур (а) и постаппакреционных депрессий и чехла террейнов (б); 19 – депрессий синколлизонного предгорного прогиба карбонатно-песчано-сланцевые (а) и молассовые (б); 20–22 – *Печорская эпикратонная орогеническая впадина*: 20 – депрессионно-рифтогенные терригенные (а), эпиконтинентального бассейна осадочные (б); 21 – внутрикратонной палеозойской активизации вулканогенно-интрузивные (а), осадочные (б); 22 – синколлизонных депрессий молассовые (а), мезозойской активизации (б); 23 – *Казахстанская орогенная система*, межорогенной коллизии (а) и надсубдуктивного вулканогенно-интрузивного пояса (б). 24 – мезозойско-кайнозойские геодинамические элементы: грабены и депрессии (а), зоны региональных лениаментов (б). 25–26 – структурно-геодинамические элементы: 25 – Трансуральский межплитный коллизионный шов (а), межорогенные коллизионные швы (б), коллизионные швы протерозойского орогена под палеозойскими отложениями (в), коллизионные швы зон межсегментной коллизии и зон развития структурных ансамблей (г); 26 – межблоковые (а) и межзональные (б) аккреционные швы.

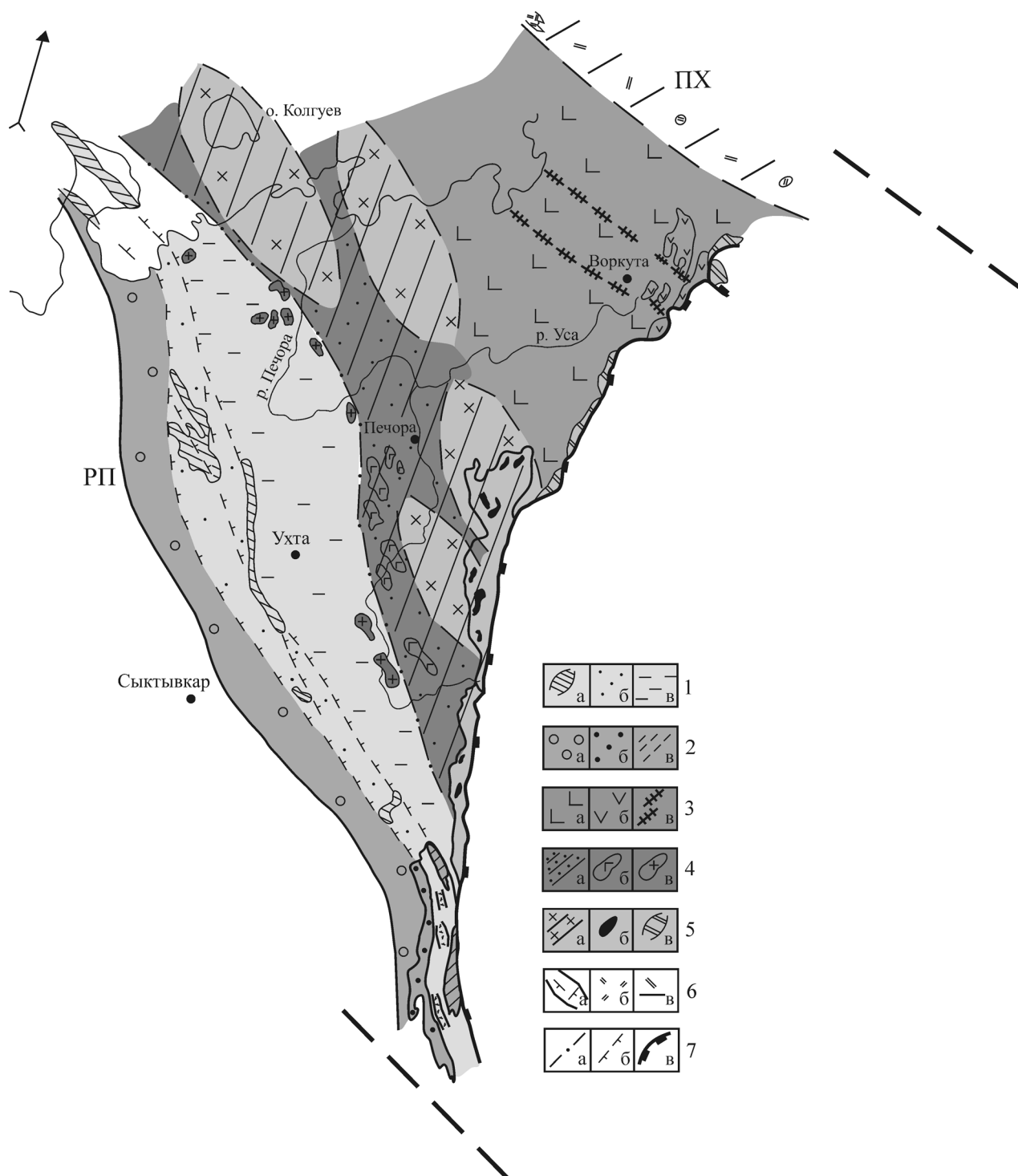


Рис. 2. Палеотектоно-геодинамическая схема Тимано-Протоазиатского орогена со снятым палеозоем.

1 – пассивная протоокраина и ее осадочные отложения поднятий Тиманского кряжа (а) и зон песчано-терригенных (б) и сланцево-кремнистых отложений (в); 2 – краевой прогиб и зоны выполняющих его отложений терригенной молассы под палеозойскими образованиями (а) и молассы (б) и базальт-кремнисто-сланцевых отложений (в) на поднятиях; 3 – область ультрабазит-базитовых комплексов океанического протобассейна (а) и зоны их выходов в структурах поднятий (б) и в древних сутурах (в); 4 – главная шовная зона и локализованные в ней базальт-кремнисто-сланцевые комплексы (а), интрузии габброидов (б) и гранитоидов (в); 5 – террейны континентальной протокры (а) и вулкано-интрузивные ареалы межтеррейновой коллизии (б), прототеррейны эклогит-амфиболитового и гранулит-амфиболитового составов (в); 6 – вулканогенные и вулканогенно-интрузивные комплексы рифтогенных грабен (а) и активной континентальной окраины на выступах (б) и под палеозойскими осадочными отложениями (в); 7 – шовная зона сочленения области межтеррейновой аккреции и океанического протобассейна (а), синколлизивно-аккреционные надвиги на пассивной протоокраине (б), палеозойский Трансуральский коллизийный шов (в).

ций. На поднятиях присутствуют риолиты и трахириолиты пайпудынского комплекса с возрастом 482.4 ± 1.1 и 492 ± 2.8 млн. лет (U-Pb метод) [5, 33].

Сакмаро-Кракинско-Тирлянская поясовая система протягивается по периферии террейнов Южного Урала, а с востока ограничивается Суванякским и Эбетинским континентальными блоками. В сложении системы участвуют в основном ассоциации эпиконтинентального рифтогенного растяжения и эпикоеанического раздвижения, проявляющие черты симметрично-зонального размещения к ее осевой части и смены по простиранию пояса. Полный ряд ассоциаций рифтогенного растяжения и эпикоеанического раздвижения проявлен в сложении южной, Сакмаро-Косистекской, зоны. Здесь к ним отнесены залегающие на Эбетинском выступе накопления базальт-андезит-риолитовой и трахибазальтовой формаций и их эпикластиты с фауной тремадока, а также грабеновые образования. Последние включают терригенный и карбонатно-терригенно-трахибазальтовый комплексы и комплекс субщелочных базальтоидов позднего кембрия–раннего ордовика, а также сланцево-флишевые отложения и оливин-базальтовый комплекс раннего-среднего ордовика. Их аналогами в северной части пояса возможно являются вулканогенно-терригенные отложения позднего венда–кембрия (?) верхней части разреза аршинской свиты Тирлянской депрессии. Разрез сложен терригенными породами и сланцами с горизонтами субщелочных оливиновых базальтов, характерных для ранних этапов эпикратонного растяжения.

Ассоциации обстановок эпикоеанического раздвижения отчетливо тяготеют к осевой части пояса и составляющих его зон. В Сакмаро-Косистекской зоне они начинаются толщей океанических базальтов и пород базальт–кремнисто-сланцевого комплекса с телами серпентинитов, слагающими смятые в синформы тектонические пластины. Базальты относятся к натриевой серии с умеренными содержаниями окиси титана и содержаниями рубидия и стронция, а также редких элементов, характерных для океанических толеитов. Эта ассоциация, несущая черты континентально-склоновых накоплений, прослеживается вдоль всей Сакмаро-Кракинской части пояса, а севернее совмещается с вулканогенными отложениями ордовика Присакмаро-Вознесенской зоны. Выше по разрезу она сменяется карбонатными отложениями раннего девона, а весь разрез несет черты континентально-склоновых накоплений. Вместе с этим, к средней, Кракинской зоне, имеющей черты более полной деструкции континентальной коры, приурочены ультраосновные массивы Крака и массив Узьян. Массивы сложены гарцбургитами с телами и полосами шпинелевых и плагиоклазовых лерцолитов, что сближает их с массивами гарцбургит-лерцолитового типа, более типичными для краевых бассейнов. К такому типу

близки также Нуралинский и Миндякский массивы Присакмарско-Вознесенской зоны. Особенности массивов Крака, Миндякского и Нуралинского является наличие в их составе гранатовых пироксенов, что характерно для внутрикоровых массивов. К южной части пояса приурочены Хабаровинский и Кемпирсайский ультраосновные массивы. Их залегание в зоне с утоненной континентальной корой и приуроченность к полосе рифтогенных ассоциаций дают повод к представлениям о внедрении и становлении этих массивов в форме сложных диапиров в условиях рифтогенного растяжения

Другую группу ассоциаций эпикоеанического раздвижения составляют вулканогенные накопления дифференцированных комплексов Сакмаро-Косистекской зоны. Им отвечают базальт-риолитовый, базальт-андезит-риолитовый и риодацит-базальтовый комплексы, слагающие структуры с многопокровным строением. По своим параметрам вулканогенные породы комплексов близки к островодужным ассоциациям. По находкам конодонтов в кремнистых прослоях этих комплексов, они имеют верхнеордовикский возраст. Зилаирская депрессия, завершающая формирование пояса, сложена песчаниками и кремнисто-сланцевыми отложениями. Структурно она занимает надшовное положение, что соответствует образованиям постколлизийной стадии рифтогенных бассейнов.

Геодинамические ассоциации расположенной севернее Бардымской зоны представлены кембро-ордовикскими и силурийскими магматическими и терригенными образованиями, которые проявляют признаки связи с обстановками внутриплитной рифтогенной деструкции. Распространенная в ее восточной части толща конгломератов, аркозовых песчаников и кварцитов по набору пород близка к грабеновым фациям обстановок рифтогенного растяжения. Среди магматических образований индикаторными для внутрикратонного растяжения являются породы щелочно-ультрабазитовой формации Суроямского массива, а также накопления кимберлитоподобных ксенотуфобрекчий жерловой фации и серии даек с составами от лимбургитов до трахитов. Положение зоны и состав ее ассоциаций позволяют полагать, что она является, скорее всего, фрагментом Сакмаро-Кракинско-Тирлянской системы и фиксирует элемент выклинивания этого пояса в теле древнего кратона.

В сложении сегмента *Уральской орогенной системы*, расположенного к востоку от Трансуральского коллизийного шва, участвуют в основном ассоциации океанической коры и энсиматических островных палеодуг с сопровождающими их элементами, а также краевых поясов активных аккреционно-композиционных окраин и коллизии. К западу от шва этому возрастному уровню отвечают ассоциации палеошельфа и впадин кра-

евого прогиба. Этот набор ассоциаций близок ряду, характерному для систем с ассоциациями полной или почти полной геодинамической последовательности. Многие особенности комплексов основных геодинамических режимов и обстановок этой последовательности отражены в публикациях. Это позволяет остановиться на них лишь кратко, а более полно охарактеризовать геодинамические ассоциации, которые выявлены последними исследованиями.

В качестве достаточно выраженного примера офиолитовой ассоциации, характеризующей строение океанической коры, в пределах Уральской системы может рассматриваться разрез Войкаро-Сыньинской зоны на Полярном Урале. Здесь последовательно обнажаются ультрабазиты и продукты их преобразования, толща полосчатых метагабброидов и габбро-амфиболитов, секущий их комплекс параллельных даек долеритов, а также накоплений базальтовых лав с прослоями кремнистых сланцев, сочетающийся с дунит-пироксенитовым комплексом. Толща габбро-амфиболитов по простиранию и по разрезу участками сменяется плагиогнейсами. Для цирконов из плагиогранитов, завершающих кристаллизацию долеритовых даек, U-Pb методом получен раннеордовикский возраст 490 ± 7 млн. лет (данные Е.В. Хаина с соавторами), который принимается для всей офиолитовой ассоциации. Вместе с этим имеют место данные о наличии в сложении Войкаро-Сыньинской офиолитовой ассоциации скоплений хромитовой и оливиновой минерализации, которые содержат зерна циркона с датировками 585.3 ± 6 млн. лет [26]. Эти данные свидетельствуют, скорее всего, о возрастной неоднородности исходного мантийного материала и офиолитовой ассоциации. В других габбро-ультрабазитовых массивах системы последовательность такого характера проявляется лишь частично. Основное значение приобретают имеющие вторичное тектоническое залегание пояса и отдельные тела серпентинитовых массивов, а также зоны серпентинитового меланжа. Как правило, они подстилают покровы, локализованы на фронтах надвигов, в швах аккреции и других тектоно-геодинамических элементах.

Существенная роль в сложении Уральской орогенной системы принадлежит ассоциациям энсиматических островных дуг, которые получили описание в значительном числе публикаций [34 и др.]. Элементом развития исследований явилось выделение в островодужных образованиях задуговых и междугловых бассейнов, а также ранних, развитых и зрелых стадий, сопоставимых с рядами магматизма островных дуг в современных океанах. К характерным образованиям ранней стадии развития островных дуг относятся марианит-бонинитовые и базальтовые комплексы. Развитая стадия характеризуется широким проявлением комплексов известково-щелочной серии в со-

четании с комплексами толеитовой серии. Основное значение в сложении серий имеют породы базальт-андезибазальтового, андезибазальтового и андезитового составов, а также пород базальт-риолитовых, андезито-дацитовых и дацитовых составов. Заметная роль принадлежит вулканогенно-осадочным, осадочным и терригенно-осадочным отложениям. Комагматами вулканитов являются габбровые, габбро-плагиогранитные, диоритовые и гранодиорит-диоритовые интрузивные комплексы. Наконец, для зрелой стадии характерно проявление субщелочного и щелочного вулканизма, в частности, вулканизма шошонитовой серии, и продуктов гранитоидного магматизма. Это связано с тем, что зрелая стадия включает условия аккреционного сучивания и надвигания ассоциаций островных дуг на края микроконтинентов и террейнов.

В пределах системы марианит-бонинитовые комплексы выявлены в ограниченном ряде мест, в то время как базальтовые комплексы, слагающие нижние части островодужных разрезов, развиты широко. Основная роль принадлежит комплексам развитой стадии, в то время как комплексы ранней и зрелой стадий отмечаются в ограниченном количестве. В частности, в заметных количествах комплексы ранней стадии известны только в пределах восточной полосы островодужных ассоциаций. Здесь они представлены накоплениями массивных и шаровых лав базальтов, включающими редкие дайки дацитов. Полоса комплексов сходного состава выделяется по восточной периферии габбровых массивов Платиноносного пояса. Комплексы зрелой стадии выделены в пределах западной полосы островодужных ассоциаций, где они представлены андезит-дацит-риолитовыми накоплениями, с которыми ассоциируют диоритовые и гранодиоритовые интрузии.

Выделение ассоциаций задуговых и междугловых бассейнов основывается на особенностях их формационного состава и положения в островодужных ассоциациях. Комплексы задуговых бассейнов располагаются в тыловых частях островодужных последовательностей, а в их составе преобладают андезитоидные и риолит-дацит-андезитовые серии, сопровождаемые иногда комплексами долеритовых даек. В свою очередь, ассоциации междугловых бассейнов характеризуются развитием вулканических, туфогенно-терригенно-осадочных, терригенно-сланцевых, карбонатно-терригенных, кремнистых и карбонатных комплексов, характеризующих постепенное замыкание междуглового пространства. На Северном и Среднем Урале вулканические накопления задуговых бассейнов выполняют систему вулканотектонических депрессий и кальдер, которые образуют протяженную зону. В их сложении основная роль принадлежит породам риолит-дацит-андезитовой серии, с которыми ассоциируют интрузии габбро, диоритов и гра-

нодиоритов. Возраст серии по конодонтам определяется в интервале поздний ордовик–ранний силур. В качестве зоны развития ассоциаций задугового бассейна на Южном Урале выделяется баймак-бурибаевская зона, сложенная в нижней части базальтовыми и андезибазальтовыми накоплениями, а в верхней – преимущественно андезидацитовыми и дацитовыми комплексами.

В качестве еще одного геодинамического элемента островодужных образований выделяются зоны развития комплексов, которые выполняют палеоструктуры типа междуговых и внутридуговых бассейнов. На Северном и Среднем Урале полоса комплексов междуговых бассейнов выделяется вдоль границы сочленения западной и восточной островных палеодуг. Они выполняют цепочку депрессий и представлены осадочными и вулканогенно-осадочными отложениями раннего силура. Характерным элементом отложений является флишидная толща, сложенная ритмично слоистыми вулканомиктовыми песчаниками и гравелитами, алевролитами, кремнистыми и углисто-кремнистыми алевролитами с прослоями базальтов и андезитов, вулканомиктовых конгломератов и гравелитов. В разрезах присутствуют карбонатные и терригенно-карбонатные отложения, а также накопления туфов и туффигов андезитового и дацитового составов. На Южном Урале комплексы, характерные для междуговых бассейнов, имеют более широкое распространение. К ним отнесены накопления ритмично-слоистых вулканомиктовых песчаников верхних частей среднего девона. Выше разрез сменяется отложениями аргиллитов, кремнистых аргиллитов и кремнистых пород с лавами и прослоями туфов андезитов и дацитов, а также песчаников и известняков позднего девона. Разрез завершается накоплениями позднедевонско-раннекаменноугольных флишидов и аргиллитов. Вся полоса отложений и вмещающих их палеоструктур тяготеет к границе сочленения западной и восточной зон островодужных ассоциаций.

Становление системы включает развитие процессов аккреции и коллизии, возникающих при сочленении и столкновении крупных литосферных блоков, зон и других элементов. Аккреция отмечается латеральным сочленением отдельных зон, в то время как коллизия сопровождается также образованием синколлизийных комплексов. Это связано с проявлением при коллизии процессов магматизма и метаморфизма, а также тектонических дислокаций. Уральскую систему характеризуют образования межблоковой, межсегментной и межплитной коллизии, а также межорогенной коллизии. Типы коллизии выделены по составу находящихся в столкновении комплексов, месту в цикле формирования орогена и другим параметрам [23].

Активное участие в коллизии принимают континентальные террейны. Они представлены выступа-

ми и выходами гнейсовых и мигматит-гнейсовых комплексов, ассоциирующих с гранитоидными массивами. По геологическим и сейсмоструктурным данным выступы гнейсовых и мигматит-гнейсовых комплексов, вместе с массивами гранитоидов, слагают крупные тектонические блоки, основная часть которых проявляет характерные для коры континентального типа черты субгоризонтально-слоистого строения (рис. 3а). Элементы этого строения срезаются границами блоков. Ограничивающие блоки шовные зоны, как правило, не прослеживаются на глубину, что могло бы характеризовать их как “глубинные разломы”. По строению выделяются простые и сложные террейны, а также супертеррейны. Данными цирконовой геохронологии для террейнов определяется раннедокембрийское (2.2–1.65 млрд. лет) и позднедокембрийское (1.2–0.60 млрд. лет) время образования гнейсов и мигматито-гнейсов. Это позволяет предполагать раннедокембрийский возраст для их субстрата. Вместе с этим, приведенные данные позволяют сделать вывод, что террейны докембрийской континентальной коры восточной области аккреции орогена в своей значительной части не могут быть связаны с деструкцией Русской протоплиты верхнепротерозойского времени и соответствуют типу экзотических террейнов, являясь фрагментами деструкции, более удаленных от места аккреции литосферных плит.

Геодинамические обстановки сдвига-раздвигового растяжения (транстенсии) и сдвигового сжатия (транспрессии) получили свое признание и плитотектоническую трактовку при всестороннем изучении условий коллизии. Как показывает моделирование таких обстановок и практические исследования, они возникают в условиях столкновения блоков литосферы разного происхождения (континентальных, океанических, композитных) и сопровождаются, как правило, процессами магматизма и метаморфизма [19]. Характерной чертой магматизма этих обстановок является тесное сочетание толеитовых и субщелочных серий.

К наиболее значимой структуре этого типа относится Центрально-Магнитогорская мегазона на Южном Урале. Ее образование может быть связано с обстановкой столкновения при косо-направленной коллизии Восточно-Уральского аккреционного мегаблока с расположенными западнее островодужными образованиями. Коллизия сопровождалась проявлением сдвигово-раздвиговых деформаций и формированием рифтовых депрессий и региональных разломов. Это отразилось в строении мегазоны и составе слагающих ее комплексов. Вулканогенные накопления мегазоны локализируются в виде полос развития позднедевонского базальтового и раннекаменноугольных трахириолит-базальтового и базальт-трахиандезит-трахириолитового комплексов, выполняющих рифтогенно-грабеновые струк-

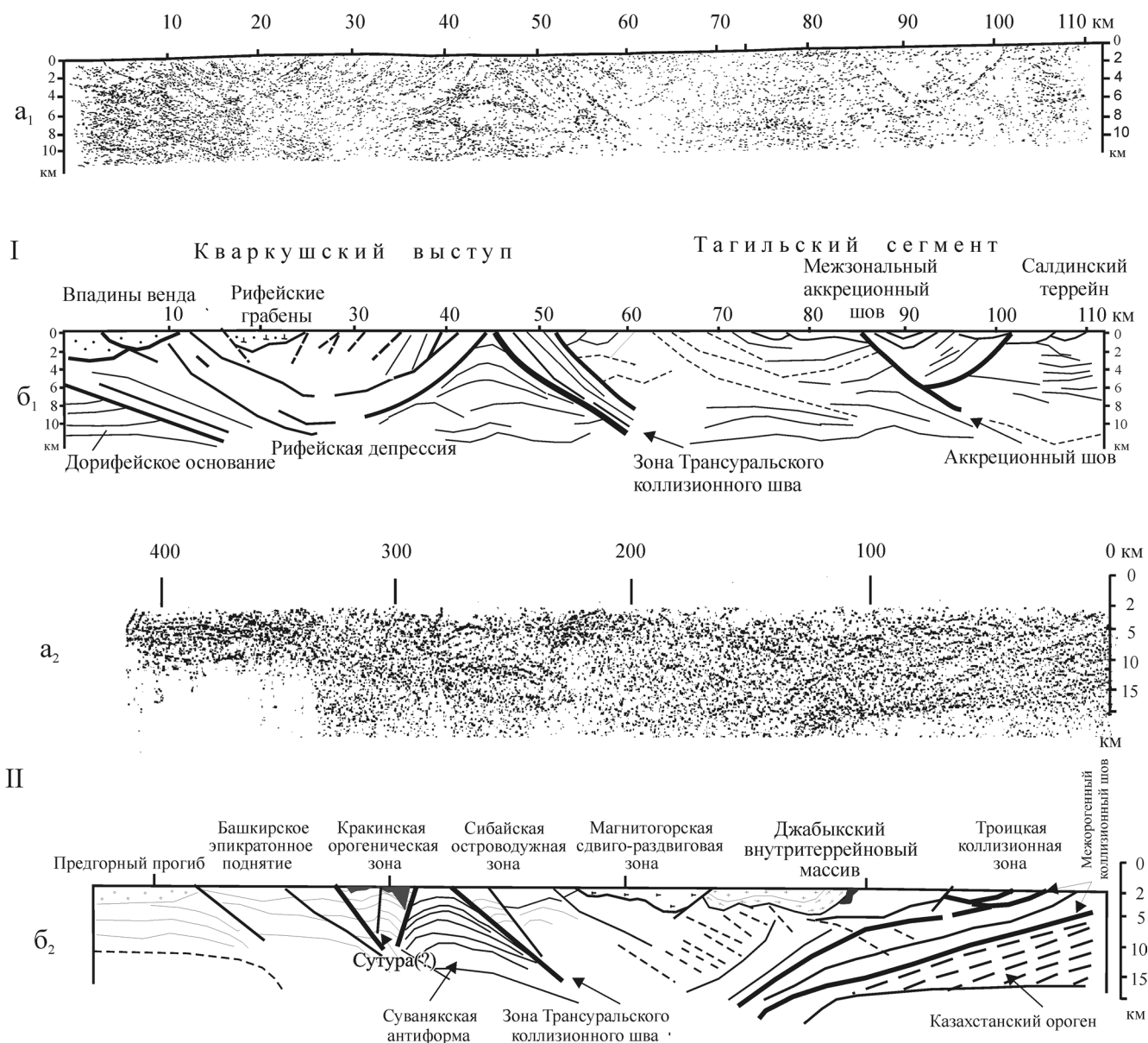


Рис. 3. Сейсмоструктурные разрезы земной коры по линиям профилей на широте г. Красноуральска (I) на Среднем Урале и вдоль профиля “Уралсейс-95” (II) на широте г. Магнитогорска на Южном Урале.

a_1 – сейсмические разрезы (по материалам Баженовской экспедиции); a_2 – вибросейсмический разрез (по данным [35]); b_1 , b_2 – сейсмоструктурные схемы строения земной коры по линиям профилей.

туры растяжения. С вулканитами ассоциируют раннекаменноугольные известняки и вулканомиктовые песчаники. Присутствуют также граносиенитовые и монцогаббро-граносиенитовые интрузии. Выявляется приуроченность даек и субвулканических тел трахитовых и трахириолитовых порфиров к разрывным нарушениям субмеридионального простирания, фиксирующих, по-видимому, структуры коллизионного растяжения. В составе магматических комплексов мегазоны сочетаются образования толеитовых, известково-щелочных и субщелочных серий, что достаточно характерно для кол-

лизионного рифтогенеза. Вулканогенные накопления включают шаровые лавы субмаринных фациальных условий; в свою очередь наличие известняков и песчаников свидетельствует о связи их с мелководными бассейнами. По рубидий-стронциевым отношениям магматические породы попадают в поле областей с повышенными мощностями земной коры. Увеличение мощности коры связано, скорее всего, с процессами аккреционного скупивания, выявляемого на сейсмоструктурных профилях.

К проявлениям образований синколлизионных сдвигово-раздвиговых дислокаций отнесе-

ны раннекаменноугольные вулканогенные комплексы Иргизской зоны, а также позднедевонско-раннекаменноугольные вулкано-интрузивные серии Варненской зоны. Обе зоны тяготеют к коллизионному шву сочленения фрагментов среднепалеозойских островных дуг с аккреционными блоками. Иргизская зона сложена базальтами, содержащими полосы долеритовых даек структур растяжения. В свою очередь, в Варненской зоне на девонско-каменноугольном уровне развиты габбровые и габбро-диоритовые интрузии, выполняющие структуры сколового растяжения. Интрузии сопровождаются вулканическими породами андезибазальтового состава.

Самостоятельную геодинамическую систему образует Печорская эпикратонная впадина, развивавшаяся на верхнепротерозойском аккреционно-коллизионном основании. Впадина выполнена преимущественно терригенными, карбонатно-сланцевыми и карбонатными отложениями [30]. Состав этих отложений и особенности их локализации отражают ее внутрикратонное положение и геодинамику формирования. В обстановках внутриплитного растяжения на ранних этапах происходило накопление рифтогенно-грабеновых и депрессионно-грабеновых комплексов, на последующих этапах – комплексов эпикратонного бассейна и внутриплитной активизации. В условиях коллизии отложения депрессии подверглись надвиговым и покровно-надвиговым деформациям, а палеограбены унаследовано заполнились пермской и раннетриасовой молассой. Все эти особенности формирования и строения Печорской впадины послужили основанием к отнесению ее к типу эпикратонной орогенической впадины.

Терригенные комплексы рифтогенно-грабеновых обстановок раннего растяжения позднекембрийско-раннеордовикского интервала в пределах впадины локализованы в узких линейных грабенах, располагающихся по периферии Тиманского поднятия и краевых поднятий с позднепротерозойскими образованиями. В свою очередь, комплексы депрессионно-грабеновых обстановок интервала времени от среднего ордовика до раннего девона выполняют обширные депрессии типа авлакогенов и трогов. На нижележащих грабеновых отложениях эти комплексы залегают со стратиграфическим и пространственным несогласием. По строению и составу выполнения депрессии приближаются к внутрикратонным трогам, а их периферийные части несут черты пассивных палеошельфовых окраин. С этим связано, по-видимому, преобладание в их сложении карбонатных отложений и появление эвапоритовых образований.

С уровня среднего девона в процессы осадконакопления условий внутрикратонного бассейна вовлекается весь ареал Печорской структуры, а также структуры Тиманского поднятия и палеоподня-

тий ее Большеземельской части. Отложения ранней стадии этого интервала слагаются преимущественно комплексами кварцевых и олигомиктовых песчаников и конгломератов с редкими прослоями алевролитов, глин и углей. В следующую стадию происходит накопление преимущественно карбонатных и карбонатно-сланцевых комплексов, а верхние части разрезов слагаются известняками и доломитами с горизонтами красноцветных и сероцветных аргиллитов, песчаников, мергелей, что позволяет выделить карбонатно-терригенную формацию. На Пай-Хое на этом уровне развита кремнисто-терригенная формация.

В свою очередь, средне-раннедевонский интервал соответствует условиям активной внутриплитной тектономагматической активизации. Она выразилась в излияниях базальтовых лав и накоплении их туфов, а также в развитии интрузивных внедрений основного состава. При этом основная часть излияний базальтовых лав и их туфовых фаций приурочены к уровню среднего девона, в то время как интрузивные внедрения распространены по всему девонскому разрезу. Базальтовые излияния и ассоциирующие с ними туфовые и субвулканические фации, а также интрузивные внедрения вскрыты скважинами во многих частях впадины. Их естественные выходы выявлены на Тимане и по восточной и северо-восточной периферии этой структуры. Разрезы, включающие базальтовые излияния и их фациальные разности, начинаются или континентальными крупнообломочными отложениями, или излияниями траппоидных базальтов, которые достигают мощностей первых десятков и сотни метров. Выше располагается ритмичнослоистая толща пород мощностью несколько сотен метров, сложенная преимущественно песчаниками, алевролитами и глинами с прослоями вулканических туфов, туфоконгломератов, конгломератов и карбонатных пород. Вулканогенные породы образуют горизонты среди осадочных пород, а также интервалы, в которых имеет место переслаивание лав, туфов и туффитов с этими породами. Силлы образуют межпластовые и внутрипластовые внедрения, а интрузии – согласные и секущие тела. По петрохимическим параметрам вулканы относятся к пикробазальтам, базальтам, андезибазальтам, трахиандезитам. Сопутствующие покровам субвулканические тела представлены силлами и дайками габбро-диабазов, диабазов, долеритов, кварцевых долеритов. На Пай-Хое и о. Вайгач развита в основном интрузивная фация основного магматизма в виде интрузий и силлов габбро-диабазов с K-Ag возрастами от 382 ± 20 до 344 ± 19 млн. лет (данные Н.П. Юшкина с соавторами). Интрузии и силлы несут черты внутрикамерной и кристаллизационной дифференциации. В особую фацию следует выделить трубки взрыва, выявленные на Среднем Тимане. Они выполнены туфобазальтами, для которых U-Pb методом

определен возраст 400 млн. лет, и щелочными лампрофитами с возрастом 390 ± 14 млн. лет (данные Б.А. Малькова).

Пермскому интервалу развития впадины отвечают отложения, объединяемые в нижней части в комплексы сероцветной нижней молассы, а в верхней части – в накопления полимиктовой терригенной формации. На всей площади распространения формация представлена комплексами, сложенными песчаниками, алевролитами и аргиллитами, а также терригенно-угленосными и галоген-терригенными накоплениями. В верхней перми основная роль принадлежит красноцветно-сероцветным полимиктовым песчаникам, аргиллитам, мергелям, глинам и терригенно-угленосным отложениям.

Мезозойско-кайнозойские ассоциации

Ассоциации мезозойско-кайнозойского интервала в пределах впадины имеют разную степень проявления и состав. Они представлены осадочными накоплениями, с которыми ассоциируют траппы. Известны также локальные щелочно-ультрабазитовые внедрения, кислые субщелочные и щелочные интрузии. Накопления кайнозоя отвечают ассоциациям неоплитного чехла.

ГЕОДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ СЕГМЕНТА

Приведенные материалы об особенностях строения Тимано-Уральского сегмента Евразии и структурных и возрастных соотношений слагающих его элементов позволяют выявить основные черты геодинамики формирования этого сегмента. Сложность выявления геодинамики такого крупного фрагмента литосферы состоит в том, что, с одной стороны, он представляет структурную единицу земной коры, а с другой – состоит из разновозрастных и отличающихся по строению систем. Соответственно каждая из этих систем характеризуется, как показано в предыдущих разделах, своими рядами вещественных и структурных ассоциаций, которые определяют геодинамику их формирования. Таким образом, для выявления геодинамики формирования сегмента имеется необходимость учитывать, как минимум, две координаты. Одну из них составляет геодинамика слагающих сегмент разновозрастных систем, а вторую – процесс интеграции этих систем в состав этого сегмента.

Раннюю группу геодинамических систем сегмента образуют системы верхнепротерозойского интервала, представленные образованиями Русской протоплиты и Тимано-Протоазиатского орогена. При этом, как было показано, рифейские и вендские осадочные ассоциации выступов протоплиты по формационно-фациальным характеристикам, составу, структурным условиям залегания и другим

параметрам несут признаки связи с проявлением внутриплитных депрессионно-грабеновых обстановок. На сейсмоструктурных профилях депрессии достаточно полно проявляют свое строение, хотя и рассматриваются в качестве поднятий (рис. 3а). В более широком плане они образуют единую систему с авлакогенами Восточно-Европейской платформы. В свою очередь грабены лишь усложняют строение депрессий. Они приурочены, как правило, к их основанию, свидетельствуя о проявлении процессов внутриплитной деструкции на ранних этапах формирования этих депрессий, что имеет место и для депрессий внутренних частей Русской протоплиты [1].

Начальные этапы геодинамики формирования Тимано-Протоазиатской орогенной системы связаны с возникновением в начале среднего рифея режима растяжения и раздвига в пределах северо-восточной части Восточно-Европейской плиты. Он сопровождался перикратонным опусканием периферии возникшего после раздвига края кратона и установлением здесь режима пассивной континентальной окраины. Индикатором режима растяжения являются массивы лампрофиров, известные на ряде поднятий этой окраины. Растяжением захватывалась, вероятно, и северная часть Кваркушского поднятия протоплиты, показателем чего являются известные здесь системы грабенов, выполненные субщелочными вулканитами. Одновременно на пассивной окраине накапливались преимущественно осадочные отложения, несущие черты латеральной фациальной зональности.

К последующим этапам растяжения относится локализация на северо-восточной периферии протоплиты системы континентальных террейнов и расположенного еще восточнее океанического бассейна. Его восточная периферия была образована, по видимому, крупным микроконтинентом, получившим название континента Арктида [4, 17]. Предполагается, что его фрагментами после распада в палеозое являются архипелаги Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, а также острова Новая Земля, Вайгач, Пай-Хойско-Ямальный мегаблок и ряд других.

В течение позднего рифея и раннего венда в пределах Протоазиатского океана установились геодинамические условия океанического спрединга, а также обстановок субдукции, сопровождавшихся образованием островодужных ассоциаций и ассоциаций краевых поясов на пайхойской активной окраине. Закрытие палеоокеана сопровождалось процессами гиперколлизии с накоплением синколлизийной молассы [16]. В этом отношении Тимано-Протоазиатская орогенная система относится к системам с проявлением полной геодинамической последовательности.

Другую группу геодинамических систем сегмента образуют системы палеозойского интервала. Эта группа включает Уральскую орогенную си-

стему, системы Талота-Пайпудын-Лемвинского и Сакмаро-Кракинско-Тирлянско орогенических поясов с Бардымской орогенической зоной и Печорскую эпикратонную впадину.

Для построения геодинамической модели формирования Уральской орогенной системы принципиальным моментом является оценка наличия или отсутствия на начальной стадии образования палеозойского океанического бассейна режима внутрикратонного рифтогенеза. Как предполагается в ряде существующих моделей, такой режим в интервале верхнего протерозоя захватывал внутреннюю часть Русской протоплиты и, последовательно увеличивая интенсивность и масштабы, привел к раздвигу и полному разрыву земной коры протоплиты с образованием палеозойского океанического бассейна, а в последующем эпикратонического орогена. Очевидно, что при таком развитии событий следует предполагать проявление как минимум двух геологических последствий.

Первое последствие должно состоять в присутствии по западной периферии орогена значительных по масштабам проявления ассоциаций, характерных для внутрикратонного рифтогенеза, с комплексом признаков этого режима. Кроме параметров формационно-фациальных и петролого-геохимических, к ним, в качестве главных особенностей, следует отнести наличие латеральной зональности в размещении комплексов этих ассоциаций, а также увеличение масштабов их проявления во времени. В качестве другого последствия следует считать необходимость наличия по восточной периферии орогена перемещенной части подвергшегося раздвигу кратона. Однако материалы реконструкций и их анализ показали отсутствие последствий, которые должны выявляться в случае связи образования палеозойского океанического бассейна с проявлением режима внутрикратонного рифтогенеза и полным раздвигом палеократона.

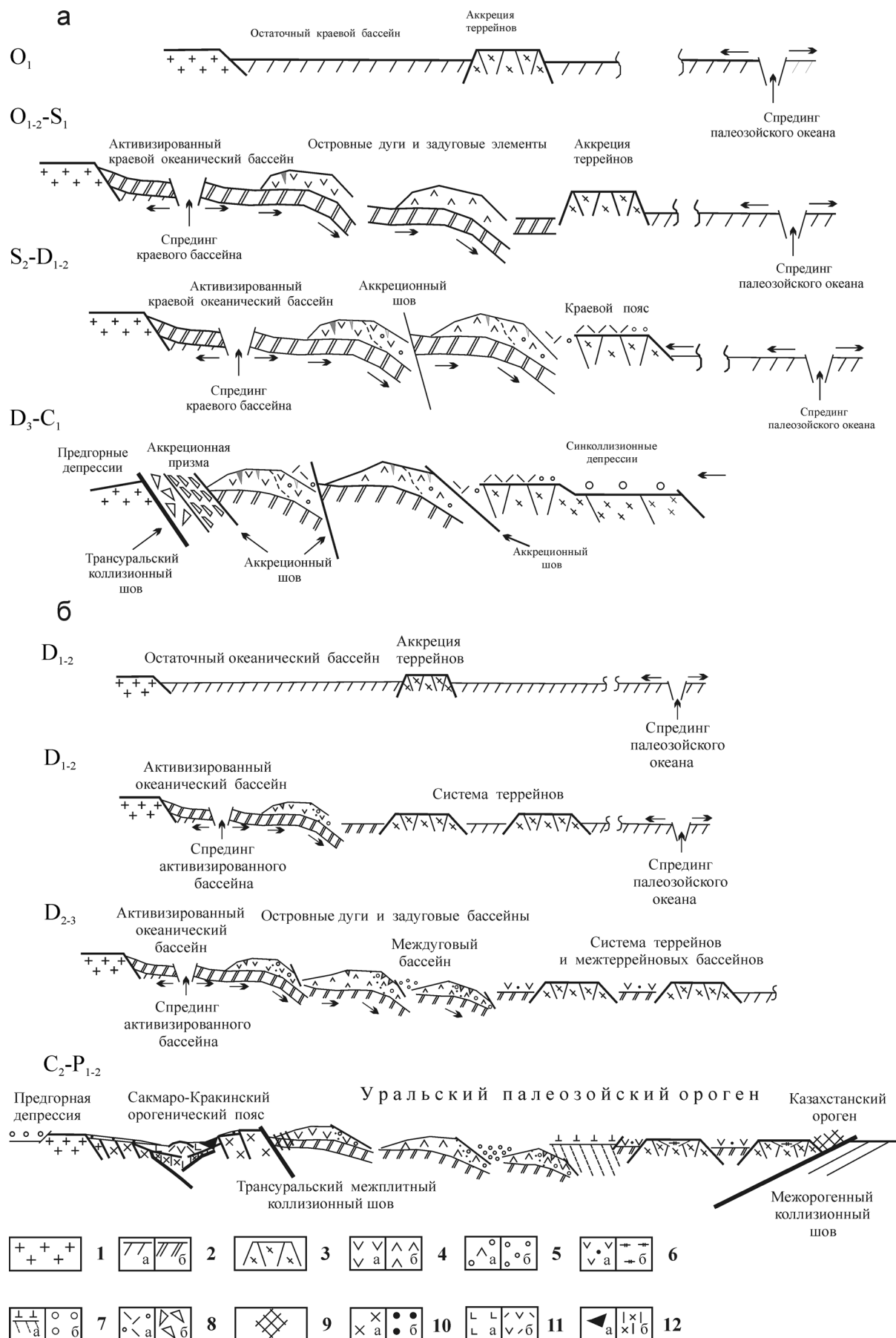
В частности, верхнепротерозойские магматические комплексы имеют ограниченные масштабы проявления и практически затухают на уровне начала среднего рифея, а в их размещении отсутствуют элементы латеральной зональности. Одновременно в северо-восточной части протерозойской плиты на уровне среднего рифея развиваются процессы активизации мантии и раздвижения протоплиты, которые должны сконцентрировать всю глубинную энергию. Еще меньшее подтверждение имеет второе последствие. Как по материалам реконструкций, так и по геофизическим данным на восточной периферии орогена отсутствует крупная континентальная масса, отвечающая палеократону. Вместе с этим, в южной части Уральский ороген сочленяется с Казахстанским, который формировался в течение раннего и среднего палеозоя. Сочленение имело место, скорее всего, в позднепермское время, когда, по-видимому, и произошло закрытие океани-

ческого пространства, которое существовало между Уральским орогеном и казахстанидами (рис. 3б). В свою очередь, по восточной периферии Полярного и Среднего Урала по геофизическим данным под чехлом мезозойско-кайнозойских отложений выявляются крупные континентальные массы, которым отвечают Ханты-Мансийский и Уват-Тавдинский выступы [3, 7]. По материалам редких скважин, в их сложении участвуют гнейсы, амфиболиты, гранитоиды и другие горные породы. Такие ассоциации характерны для древних континентальных террейнов, которые присутствуют в обнаженной части орогена. Вместе с этим, геодинамическая природа отмеченных континентальных масс, как и внутреннее строение, требуют дальнейших исследований. Они могут представлять как древние микроконтиненты, так и агломерации древних континентальных террейнов.

Все отмеченное позволяет предполагать, что наиболее приемлемой схемой геодинамического развития палеозойского океанического бассейна и формирования Уральского орогена является схема так называемого унаследованного развития [27, 28]. В основе этой схемы находятся представления, что в раннем и среднем палеозое к востоку от Восточно-Европейской плиты существовало обширное океаническое пространство, которое было унаследовано от Протоазиатского океанического бассейна. В палеозое часть этого бассейна была отчленена системой террейнов и активизирована, что сопровождалось проявлением режима вторичного океанического спрединга, а также геодинамических обстановок субдукции с накоплением островодужных ассоциаций и вулканоплутонических и осадочных ассоциаций активных композиционно-континентальных окраин. Значительное участие в сложении восточной периферии орогена континентальных террейнов обусловило интенсивное проявление здесь коллизионных процессов и формирование сложных аккреционно-коллизионных структурных ансамблей.

В соответствии с изложенными данными выстраиваются геодинамические модели для Среднего и Южного Урала (рис. 4а, б). При этом закрытие океанического пространства для Южного Урала связывается со столкновением Уральского и Казахстанского орогенов, что не противоречит глобальным реконструкциям (рис. 5а, б). Для Среднего Урала это закрытие может быть связано со столкновением орогена с Ханты-Мансийским и Уват-Тавдинским микроконтинентами композиционно-го типа.

Вместе с этим разный геологический возраст океанических ассоциаций, наличие между северными и южными сегментами Уральского орогена зоны коллизионного сочленения, а также присутствие по восточной периферии этих сегментов поясов террейнов древней континентальной ко-



ры позволяют высказать мнение, что их формирование могло быть связано с разными океаническими бассейнами. Можно достаточно обоснованно предполагать, что формирование как Тимано-Протоазиатского орогена, так и северных сегментов Уральского орогена связаны с развитием систем океанических бассейнов Палеоарктической части Панталассы, в то время как южные сегменты орогена соотносятся с бассейнами Палеотетиса. Возможно, эти особенности обусловили разные типы закрытия океанических бассейнов в северном и южном сегментах орогена.

Талота-Пайпудын-Лемвинский и Сакмаро-Кракинско-Тирлянский орогенические пояса несут значительное число признаков связи с процессами внутримантийного рифтогенеза с разной полнотой его проявления. К этим признакам относятся: поясово-симметричное размещение слагающих комплексов, наличие дайковых образований в осевых частях первого пояса и наличие ультрабазитов, а также эпиокеанических и эпиостроводужных ассоциаций во втором поясе и ряд других. С учетом всего материала реконструкций следует полагать, что геодинамическая схема формирования этих поясов достаточно полно может быть рассмотрена с позиций модели “сквозьлитосферного косоугольного сдвига” [12, 37]. Такая модель позволяет объяснить многие особенности строения пояса и состава слагающих его ассоциаций. В частности имеет достаточное объяснение значительная протяженность пояса при локализации слагающих его ассоциаций, в том числе мантийного уровня, в пределах узкой зоны, а также особенности вертикальной и латеральной зональности в размещении этих ассоциаций. Имеет свое объяснение и смена по простиранию пояса эпикратонных и эпиокеанических обстановок и их ассоциаций. Это связывается с тем, что в зонах с отличающимися обстановками имеют место разные уровни проникновения в земную кору и литосферу сдвигово-раздвиговых структур. В свою очередь, разные уровни проникновения таких структур на глубину обуславливают смену по простиранию пояса масштабов участия в его сложении ультрабазит-базитовых комплексов. Это, в свою очередь, отражает степень проявления эпиокеанических обстановок в разных частях пояса.

Геодинамика Печорской впадины достаточно полно характеризуется слагающими ее комплексами

и структурами, формировавшимися на эпикратонном аккреционно-коллизийном основании. Ее ранние этапы характеризуются заложением грабенов в бортовых и внутренних частях впадины, которые сменяются обширными депрессиями. Поздние стадии отмечаются накоплением траппов, а заключительные – проявлением складчатонадвиговых структур коллизийного характера.

Геодинамика мезозойско-кайнозойского периода включает проявление режима деструктивного растяжения, отмечающего, вероятно, этап распада палеозойского суперконтинента. В позднем мезозое рифтогенез сменяется процессами надрифтового опускания с накоплением мощного мезозойско-кайнозойского плитного чехла.

Для понимания плитотектонического содержания периодизации процессов формирования геодинамических систем, участвующих в сложении характеризуемого сегмента литосферы, существенное значение имеет та особенность, что в их составе присутствуют системы, в сложении которых участвуют ассоциации геодинамических обстановок полной или почти полной геодинамической последовательности от внутримантийной или межплитной деструкции до гиперколлизии. Как свидетельствуют геодинамические реконструкции, начальные этапы формирования таких систем связаны с деструктивными процессами раздвижения литосферных плит или их агломераций, а конечные – с закрытием океанических пространств или их частей путем сдвижения этих плит, а также их фрагментов. Последовательное сочетание процессов раздвижения и сдвижения литосферных плит или их агломераций с образованием аккреционно-коллизийных орогенных систем с достаточным основанием может рассматриваться как проявление плитотектонических циклов. Очевидно, что процессы раздвижения и сдвижения литосферных плит или их фрагментов предполагают проявление для них крупных горизонтальных перемещений.

В сложении сегмента, как было показано, орогенные системы с ассоциациями полной или почти полной геодинамической последовательности выявляются среди систем верхнепротерозойского и палеозойского периодов или плитотектонических циклов. Вместе с этим, к ранним этапам верхнего протерозоя относятся внутримантийные ассоциации протоплиты, а мезозойско-кайнозойскому интер-

Рис. 4. Геодинамические модели Среднеуральского (а) и Южноуральского (б) сегментов Уральского орогена.

1 – палеократон; 2 – океаническая кора палеокеана (а) и активизированного бассейна (б); 3 – сложный континентальный террейн; 4 – островные дуги раннего (а) и позднего (б) этапов; 5 – задуговые (а) и междуговые (б) бассейны; 6 – зоны частичных раздвигов (а) и внутритеррейновые гранитные плутоны (б); 7 – сдвигово-раздвиговые структуры (а) и депрессии предгорного прогиба (б); 8 – вулкан-интрузивные пояса и синпоисовые осадочные депрессии активных континентально-композиционных окраин (а) и фронтальная часть трансструктурного коллизийного шва (б); 9 – зона межорогенной коллизии; 10–12 – рифтогенный орогенический пояс: 10 – деструктурированная кора кратона (а) и базальт-кремнисто-сланцевые комплексы растяжения (б), 11 – океанические базальты (а) и риолит-дацит-базальтовые комплексы (б), 12 – гарцбургит-лерцолитовые массивы (а) и фрагменты новообразованной коры (б).

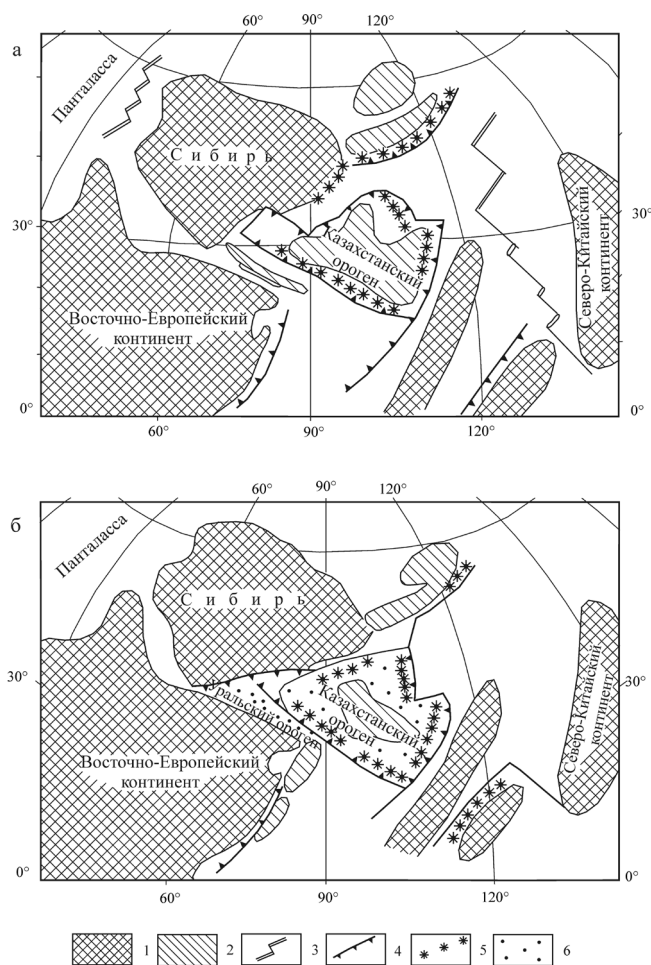


Рис. 5. Глобальные реконструкции для раннего (а) и позднего (б) карбона (по [10], с упрощениями).

1 – континенты, 2 – микроконтиненты и континентальные террейны, 3 – оси спрединга, 4 – зоны субдукции, 5 – зоны вулканизма островных дуг и активных континентальных окраин, 6 – аккреционно-коллизийные орогены.

валу отвечают ассоциации внутрикратонной рифтогенной деструкции и неоплитного чехла. Учитывая индикаторное значение систем с ассоциацией полной или почти полной геодинамической последовательности, а также оценки природы геодинамических ассоциаций мезозойско-кайнозойской неоплиты, имеется основание сделать вывод, что в пределах характеризуемого сегмента Евразии интегрированы системы, как минимум, трех плитотектонических циклов, отвечающих циклам распада и агломерации литосферных плит – *верхнепротерозойского, палеозойского и мезозойско-кайнозойского*.

Геодинамические системы отдельных циклов, как и структурные элементы самих циклов, по данным реконструкций, деструктивны друг к другу и между ними отсутствуют эволюционные соотношения. Так, системы верхнепротерозойского

цикла в современных координатах имеют северо-западные простирания и отчетливо секутся системами палеозойского цикла, имеющими субмеридиональное простирание. В свою очередь геодинамические элементы мезозойско-кайнозойского цикла деструктивно накладываются на системы более ранних циклов. Это может свидетельствовать о том, что системы выделенных циклов связаны с разными конвективными ячейками, которые сменяют во времени друг друга, отличаясь по месту возникновения и проявления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По материалам плитотектонических реконструкций в составе Тимано-Уральского сегмента Евразии интегрированы геодинамические системы и ассоциации, относящиеся к верхнепротерозойскому, палеозойскому и мезозойско-кайнозойскому интервалам времени. Каждая система содержит отличающиеся по количеству и составу ряды структурно-вещественных ассоциаций, которые отвечают геодинамике их формирования во внутриконтинентальных обстановках и обстановках океанических бассейнов. Выступы верхнепротерозойских ассоциаций в пределах приполярной части сегмента объединяются в Тимано-Протоазиатскую орогенную систему северо-западного простирания. Фрагменты ассоциаций системы прослеживаются по краю Восточно-Европейской платформы. В свою очередь, аналоги этих ассоциаций, возможно, присутствуют на периферии Сибирского кратона, что позволяет предполагать наличие образований системы в основании Западно-Сибирской платформы.

Палеозойские ассоциации слагают Уральскую орогенную систему, которая включает западный эпикратонный и восточный эпиокеанический сегменты. Сегменты граничат по зоне межплитного Трансуральского коллизийного шва. К фронтальной структуре шва примыкают в приполярной части Талота-Пайпудыно-Лемвинский эпиконтинентальный, а в южноуральской – Сакмаро-Кракинско-Тирлянский эпиокеанический орогенные пояса. Пояса характеризуются ассоциациями неполных рядов геодинамической последовательности.

Уральская орогенная система палеозойского интервала времени имеет субмеридиональное простирание, а входящий в ее структуру Трансуральский коллизийный шов деструктивен по отношению к верхнепротерозойской орогенной системе и геодинамическим элементам выступов Русской протоплиты. Систему характеризуют ассоциации полной геодинамической последовательности. Она включает ассоциации океанической палеокоры, островных палеодуг и задуговых и междугловых палеобассейнов, а также ассоциации активных композиционных континентальных окраин. Существенную роль в сло-

жении системы играют простые и сложные террейны, являющиеся фрагментами допалеозойских литосферных плит периферии этой системы.

К числу геодинамических образований палеозойского периода относятся также структурно-вещественные ассоциации Печорской эпикратонной впадины, состав и строение которых связывается с условиями внутрикратонного растяжения. Дополняется сложение характеризуемого сегмента депрессионно-грабеновыми накоплениями Русской протоплиты и выделенными в ее составе ассоциациями прототеррейнов, а также ассоциациями сдвигово-раздвиговых протоструктур.

Сложности тектонического анализа систем эпикратонического типа, формировавшихся в условиях широкого проявления аккреционных и коллизионных процессов, явились основанием к предложению методологии выделения тектоно-геодинамических элементов и структурных ансамблей (покровы, блоки, литоблоки и т.д.).

Периодизация формирования геодинамических систем связывается с проявлением плитотектонических циклов, обусловленных процессами раздвижения и сдвижения литосферных плит и их агломераций. Системы циклов находятся в деструктивных соотношениях, что связывается с их принадлежностью к разным конвективным ячейкам, отличающимся по месту возникновения и проявления.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы УрО РАН № 12-У-5-1041.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов Е.М. История геологического развития Восточно-Европейской платформы в позднем протерозое. Дис. ... докт. геол.-мин. наук в виде научного доклада. СПб., 1998. 107 с.
2. Андреичев В.Л. К-Ar, Rb-Sr, Sm-Nb и Pb-Pb изотопно-геохронометрические системы в эклогитах Марункеуского блока (Полярный Урал). Сыктывкар: Геопринт, 2003. 26 с.
3. Берлянд Н.Г. карта глубинного строения земной коры Урала: объяснительная записка. СПб: ВСЕГЕИ, 1993. 120 с.
4. Борисова Т.П., Герцева М.В., Егоров А.Ю. и др. Докембрийский континент Арктида – новые кинематические реконструкции позднедокембрийско-раннепалеозойской коллизии Арктиды и Европы (Балтии) // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Т. 1. М.: ГЕОС, 2003. 68–71.
5. Волчек Е.Н. Геодинамические обстановки кислого вулканизма западного сектора Севера Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 145 с.
6. Геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии / В.М. Нечехин, В.А. Душин, В.Г. Оловянишников. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН–УГГА, 2009.
7. Глубинное строение, тектоника, металлогения Урала / В.М. Нечехин, Н.Г. Берлянд, В.Н. Пучков, В.Б. Соколов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 106 с.
8. Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора Севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
9. Дымкин А.М., Иванов С.Н. Геология Урала // 24 сессия МГК Т. I. Ч. 1. Литосфера. М. Наука, 1984. С. 168–178.
10. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн. 1. 328 с. Кн. 2. 335 с.
11. Иванов К.С. Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд. лет) и строения Урала. Дис. ... докт. геол.-мин. наук в виде научного доклада. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 252 с.
12. Казьмин В.Г., Бяков, А.Ф. Континентальные рифты: структурный контроль, магматизм и раскол континентов // Геотектоника, 1997, № 1. С. 2031.
13. Коротеев В.А., Краснобаев А.А., Нечехин В.М. Геохронология и геодинамика верхнего протерозоя Севера Евразии // Рифей Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 28–36.
14. Коротеев В.А., Нечехин В.М. Магматические и метаморфические ассоциации полной геодинамической последовательности / Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 10–22.
15. Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П. Цирконовый возраст габбро и гранитоидов кусинско-копанского комплекса (Южный Урал). Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 300–303.
16. Кузнецов Н.Б. Кембрийская коллизия Балтики и Арктиды, ороген Протоуралид-Тиманид и продукты его размыва в Арктиде // Докл. АН. 2006. Т. 411, № 6. С. 788–793.
17. Кузнецов Н.Б. Комплексы Протоуралид-Тиманид и позднедокембрийско-раннепалеозойская эволюция восточного и северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН, 2009. 49 с.
18. Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удодатина О.В. Дордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралид-тиманид. Сыктывкар: Геопринт, 2005, 100 с.
19. Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Научный мир, 2004. 612 с.
20. Маслов А.В. Осадочные ассоциации рифея стратотипической местности. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 220 с.
21. Машакский вулканизм: ситуация 2008 // Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов / А.А. Краснобаев, В.И. Козлов, В.Н. Пучков и др. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 61–63.
22. Нечехин В.М. Эпикратонические и эпикратонные палеогеодинамические системы и плитотектоническая металлогения Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии // Геология Урала и сопредельных территорий. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. С. 40–62.
23. Нечехин В.М., Волчек Е.Н., Душин В.А. Типы аккреционных и коллизионных процессов в геодинамических системах Урало-Тимано-Палеоазиатского

- сегмента Евразии // Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 137–144.
24. Нечехин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. Террейны древней континентальной коры в аккреционно-коллизийных структурах Урала // Докл. АН. 2000. Т. 370, № 5. С. 655–657.
 25. Оловянишников В.Г., Седлецка А., Робертс Д. Геодинамика Варангер-Тиманского складчатого пояса // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: мат-лы XIII геологического съезда Республики Коми. Т. 2. Сыктывкар: Геопринт, 1999. С. 39–40.
 26. Савельева Г.Н., Суслов П.А., Ларионов А.Н. Вендские тектоно-магматические события в мантийных комплексах офиолитов Полярного Урала: новые данные U-Pb датирования цирконов из хромититов // Геотектоника. 2007. № 2. С. 23–33.
 27. Самыгин С.Г., Руженцев С.В. Уральский палеоокеан: модель унаследованного развития // Докл. АН. 2003. Т. 392, № 2. С. 226–229.
 28. Самыгин С.Г., Руженцев С.В. Модель тектонического развития области сочленения Палеоконтинентального и Палеоокеанического секторов Южного Урала // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Т. 2. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 47–49.
 29. Структурная геология и тектоника плит / Ред. К. Сейферт. В 3-х томах. М.: Мир, 1990–1991. Т. 1. 315 с. Т. 2. 376 с. Т. 3. 350 с.
 30. Тимонин Н.И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 240 с.
 31. Формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1986. 248 с.
 32. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. М.: Науч. мир, 2003. 346 с.
 33. Шишкин М. А., Малых И. М., Матуков Д. И., Сергеев С. А. Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России. Сыктывкар: Геопринт, 2004. Т. 2. С. 148–150.
 34. Язева Р.Г. Андезитовый вулканизм Урала. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Свердловск: ИГГ УрО АН СССР, 1989. 32 с.
 35. Berzin R., Oncken O., Knapp J. H., et al. Orogenic evolution of the Ural Mountains: Results from an integrated experiment // Sci. 1996. V. 274. P. 200–222.
 36. Scorrow J., Piase V., Floutelot C., Dushin V. The late Neoproterozoic Enganepe ophiolite, Polar Urals, Russia: An extension of the Cadomian is? // Precambrian Research. 2000. V. 110. P. 255–275.
 37. Wernicke B., Burchfiel B. Model of extensional tectonics // Structural Geol. 1982. V. 4. P. 105–115.

Рецензент К.К. Золотов

Geodynamic systems of the main periods of Timan-Uralian segment formation

V. M. Necheukhin*, V. A. Dushin** E. N. Volchek*

*Institute of Geology and Geochemistry Urals Branch of RAS

**Urals State Mine University

In Timan-Uralian segment of the Euro-Asia take part the Upper Proterozoic Timan-Protoasian and Paleozoic Uralian orogenic systems, some Paleozoic orogenic belts, Pechora epicratonic basin as well as Proterozoic graben-depression associations and Mesozoic-Cenozoic formations of Russian Plate. The separated systems are integrated in different age periods (cycles) during horizontal movements of lithospheric plates or their fragments.

Key words: *geodynamic systems, geodynamic associations, orogenes, orogenic belts, plitotektonic cycles.*