

УДК 551.2+551.5(470.5+470.13)

DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-607-629

## Особенности формирования и геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии

В. А. Коротеев<sup>1</sup>, В. М. Нечехин<sup>1</sup>, В. А. Душин<sup>2</sup>, Е. Н. Волчек<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, e-mail: koroteev@igg.uran.ru

<sup>2</sup>Уральский горный университет, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Поступила в редакцию 17.12.2019 г., принята к печати 02.03.2020 г.

**Объект исследования.** В статье рассматриваются особенности формирования Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии. **Материалы и методы.** Работа основана на результатах собственных исследований и обобщении и анализе значительной части доступных материалов по геологии сегмента. По Тиманскому региону были использованы геологические данные В.Г. Оловянишникова, являющегося одним из авторов карты. **Результаты.** Составлена Геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии масштаба 1 : 2 500 000, которая дала возможность обратиться к проблеме строения и формирования северо-западной части Евразийского ареала. Установлено, что в сложении этой части ареала участвуют главным образом геодинамические ассоциации орогенов, орогенных систем и орогенических поясов верхнепротерозойского (рифейского) и палеозойского времени, а также мезозой-кайнозойской неоплиты. Их дополняют образования тектонических систем наложенной впадины и выступов протоплиты. Формирование орогенов, орогенных систем и орогенических поясов связывается с развитием и последующей трансформацией палеоокеанических бассейнов в обстановках аккреции и коллизии. Участвуют в формировании геодинамических элементов сегмента также террейны древней континентальной коры, для которых предложена схема типизации. Приводятся дополнительные к общепринятым условия формирования орогенных элементов сегмента, а также соотношения орогена с глобальными реконструкциями. Обсуждается проблема закрытия вмещающего его океанического пространства.

**Ключевые слова:** ороген, орогенная система, орогенический пояс, эпиконтинентальный тип орогенов, субдукция, аккреция, коллизия, террейн древней континентальной коры, интеграция, геодинамическая модель

### Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках темы № АААА-А19-119072990020-6 государственного задания ИГГ УрО РАН

## Formation features and a geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment of Eurasia

Viktor A. Koroteev<sup>1</sup>, Viktor M. Necheukhin<sup>1</sup>, Vladivir A. Dushin<sup>2</sup>, Elena N. Volchek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterinburg 620016, Russia, e-mail: koroteev@igg.uran.ru

<sup>2</sup>Ural Mining University, 30 Kuibyshev st., Ekaterinburg 620144, Russia

Received 17.12.2019, accepted 02.03.2020

**Research subject.** This article is devoted to the formation features of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment of Eurasia. **Materials and methods.** The research was based on the authors' data and those obtained following a review of available publications on the geology of segmentation. The Timan region was investigated using the geological information obtained by V.G. Olovyanishnikov. **Results.** A geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment with a scale of 1 : 2 500 000 was compiled, which allowed further research into the structure and formation of the north-western part of the Eurasian area. This part was found to be mostly composed of geodynamic associations of orogens, orogenic systems and orogenic belts of the Upper Proterozoic (Riphean) and Paleozoic time intervals, as well as by elements of the Mesozoic-Cenozoic neoplate. These processes were supplemented by the formation of tectonic systems of superimposed depressions and protoplate protrusions. The formation of orogens, orogenic systems and orogenic belts is associated with

**Для цитирования:** Коротеев В.А., Нечехин В.М., Душин В.А., Волчек Е.Н. (2020) Особенности формирования и геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии. *Литосфера*, 20(5), 607-629. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-607-629

**For citation:** Koroteev V.A., Necheukhin V.M., Dushin V.A., Volchek E.N. (2020) Formation features and a geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment of Eurasia. *Litosfera*, 20(5), 607-629. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-5-607-629

the development and subsequent transformation of paleoceanic basins under the conditions of accretion and collision. The terranes of the ancient continental crust also participated in the formation of the segment's geodynamic elements, for which a typification scheme was proposed. The articles present new data on the formation conditions of the segment's orogenic elements and the relationship of the orogeny with global reconstructions, including the problem of closing the surrounding oceanic space.

**Keywords:** *orogen, orogenic system, orogenic belt, epiocceanic type of orogens, subduction, accretion, collision, terrane of the ancient continental crust, integration, geodynamic model*

#### Funding information

*The studies were conducting with accordance the theme No. AAAA-A19-119072990020-6 of the state assignment of the Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS*

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии рассматривается фрагмент литосферы ареала сочленения Русской протоплиты с образованиями Уральского региона и прилегающей части Западно-Сибирской плиты. Материалы реконструкции этого фрагмента послужили основой для составления геодинамической карты характеризуемого сегмента (Геодинамическая карта..., 2009) масштаба 1:2 500 000. Карта коррелируется с геодинамическими картами, которые составлены ранее для восточных частей Евразии (Беличенко и др., 1994). В основу легенды к карте Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента положены те же принципы. Однако в нее внесены изменения и дополнения с учетом новых данных по геодинамике этого сегмента и выделения новых геодинамических элементов, а также включены структуры Тиманского региона и Печорской впадины.

Вместе с этим центральное положение Уральского палеозойского региона в пределах сегмента отразилось на подходах к его геодинамическим реконструкциям, особенно на ранних этапах их выполнения. На этих этапах за истинную принималась идея о том, что все примыкающие к Уральскому региону тектонические образования в интервале от верхнего протерозоя до верхнего палеозоя включительно представляют собой единую геодинамическую систему, которая имела сквозное развитие. Тиманский кряж и прилегающие к нему структуры в эту схему не включались, а связывались с процессами складчатости, захватившими рифейские отложения Русской платформы в зоне ее сочленения с Уральским регионом (Журавлев, Гафаров, 1959; Гафаров, 1963; Пучков 1974; и др.). Сходная схема была принята для тектонической карты Урала, изданной в 1970-х гг. и учтившей ряд мобилистских положений (Тектоническая карта Урала, 1976).

Привлечение к реконструкциям протерозойских образований Тиманского кряжа и прилегающих к нему структур, а также новых данных по

комплексам Полярного Урала дали основания для изменения представлений о геодинамических построениях сегмента. Эти материалы показали, что в сложении Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии участвует несколько орогенов, орогенных систем и орогенических поясов разных возрастных интервалов. Установлена принадлежность к структуре орогена и Тиманского кряжа с окружающими структурами.

Предлагаемая карта составлена на положениях тектоники литосферных плит и входящих в нее научных концепций, прежде всего концепции крупных горизонтальных перемещений литосферных плит, субдукции, аккреции и коллизии. В их рамках находят объяснения условия и основные особенности положения, строения и состава структурных образований, получивших название орогенов, орогенных систем и орогенических поясов.

Первый вариант такой карты был предложен ее основными составителями в начале 2000 г., а окончательный – спустя 10 лет, после внесения в него основной части новых материалов по геодинамической реконструкции Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии. К числу этих новых материалов следует отнести в первую очередь материалы по реконструкции Тиманского кряжа и прилегающих к нему структур. Они показали, что кряж и прилегающие к нему структуры слагают систему типа орогенного пояса, в состав которого входят и образования ряда выступов западного склона Приполярного Урала.

Вместе с этим важные материалы по геодинамическим реконструкциям были получены для Уральской палеозойской орогенной системы и слагающих ее орогенных поясов. В частности, выделены и описаны основные типы аккреционных и коллизионных процессов и особенностей их структурно-вещественного проявления. Значительное внимание было уделено анализу таких структурных образований, как террейны, их природе, роли в формировании орогенных систем и слагающих их орогенных поясов, а также разнотипных структурных элементов.

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УРАЛО-ТИМАНО-ПАЛЕОАЗИАТСКОГО СЕГМЕНТА ЕВРАЗИИ

В сложении Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии основная роль принадлежит геодинамическим элементам орогенов и орогенических поясов, с которыми ассоциируют тектонические структуры, а также элементы мезозойско-кайнозойской неоплиты. Эти элементы, сформировавшиеся в течение протерозойского и палеозойского времени, составили основу геодинамической карты Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии и ее схемы (рис. 1).

Анализ карты сегмента позволил выявить, что его геодинамические элементы имеют разную полноту проявления рядов геодинамической последовательности, полный цикл которой, по Вильсону, включает в себя геодинамические ассоциации от континентального рифтогенеза и океанического спрединга до межплитного столкновения. Не исключается и повторение циклов или их достаточно полных рядов (Коротеев, Нечеухин, 1998). Это явилось основанием для выделения разностей с одной или несколькими рядами геодинамических последовательностей. Первые образуют собственно *орогены*, а вторые – *орогенные системы*. Еще одну группу составляют геодинамические элементы с ассоциациями частей таких рядов, образующие группу *орогенических поясов*.

### ТИМАНО-ПРОТОАЗИАТСКИЙ ОРОГЕН

Верхнепротерозойские ассоциации Тимано-Протоазиатского орогена перекрыты в значительной части палеозойскими образованиями. Они обнажаются в поднятиях западного склона Уральского севера, а также на Тиманском кряже. Часть из них вскрыта глубокими скважинами. Вместе с этим составлена схема тектоно-геодинамических элементов северной части орогена. Материалами для схемы послужили геофизические данные и данные глубокого бурения, опубликованные в работах В.Г. Оловянишникова (1991, 2004, и др.). На поднятиях эти отложения представлены претерпевшими аккрецию ассоциациями океанического бассейна, для которых выявляются параметры океанических и периокеанических образований. Среди океанических комплексов обнаружены зоны сутур, включающие в себя фрагменты офиолитовых ассоциаций. Для плагиогранитов этих ассоциаций определен радиологический возраст 670 млн лет (Душин, 1997; Scarrow et al., 2001). Обнажающиеся на поднятиях Тиманского кряжа осадочные отложения среднего и верхнего рифея по фациально-формационным особенностям отвечают накоплениям пассивных континентальных окра-

ин. Для них установлена характерная для таких геодинамических условий латеральная зональность со сменой от палеократона грубообломочных фаций сначала песчано-карбонатными и далее – песчано-сланцевыми и углеродисто-сланцевыми.

В пределах поднятий западного склона Приполярного Урала выделяется зона, сложенная блоками террейнов с ассоциациями межтеррейновой коллизии. Синколлизийные ассоциации слагают вулкано-интрузивные ареалы и зоны. Доколлагное основание террейнов представлено метаморфическими образованиями гнейсовых куполов и их обрамления, а также осадочными и вулканогенными породами платформенного облика. Изотопный возраст гнейсов – 2.2–1.95 млрд лет (Пыстин, Пыстина, 2001). В прослоях карбонатных пород известны находки древних водорослей раннего протерозоя. Интрузии секут отложения доколлагного основания террейнов, а вулканогенные комплексы выполняют тектонические депрессии. Принадлежность вулканогенно-интрузивных ареалов к коллизийным образованиям основывается на ряде данных. По петрохимическим параметрам интрузии кислого состава отвечают гранитоидам I- и S-типов, более характерным для коллизийных условий. По геохимическим критериям они попадают в поля коллизийных и внутрикратонных образований. Возраст интрузий, определенный по цирконам U-Pb методом, колеблется в интервале 630–510 млн лет (Доордовикские гранитоиды..., 2005).

Отметим, что верхнепротерозойские отложения, обнажающиеся в выступах на Пайхойском поднятии, несут на себе черты ассоциаций краевых поясов активных континентальных окраин. В западном выступе нижние части разреза сложены известняками и апоглинистыми сланцами среднего рифея. Выше выделяются накопления толщи ридзитов и андезитов в ассоциации с филлитовидными сланцами и известняками, которые сменяются туфами риолитов, туфоконгломератов и туфопесчаников венда.

Палеогеодинамические реконструкции позволяют предположить, что к концу кембрия ороген имел северо-западное простирание, а ассоциации его пассивной окраины прослеживаются по периферии Балтийского щита и Арктиды (?).

### УРАЛЬСКАЯ ОРОГЕННАЯ СИСТЕМА

Палеозойские ассоциации Уральского ареала образуют сложное структурное сооружение с рядом особенностей. Одна из них состоит в том, что его ассоциации располагаются на литосфере с реликтами океанического и континентального строения. Их границей является зона Трансуральского коллизийного шва, фиксирующая сочленение фронтальной части океанической литосферы



**Рис. 1.** Схематизированная геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии.

**Комплексы и ассоциации выполнения структурных элементов геодинамических систем.**

**Протократон:** 1 – комплексы депрессий: гравелит-песчаниковые (а), карбонат-песчано-сланцевые (б), песчано-сланцевые (в); 2 – комплексы грабенов: трахиандезитовые (а), базальт-риолитовые (б); 3 – комплексы прототеррейнов: эколо-гитсланцевые (а), гнейсово-метасланцевые (б), гнейсово-мигматитовые (в); 4 – комплексы сдвигово-раздвиговых структур: габбровые (а), метаморфические (б). **Рифтогенные пояса:** 5 – вулканогенно-осадочные комплексы внириплитного рифтогенеза с трахибазальтами (а) и базальтами (б); 6 – щелочно-ультрабазитовые массивы (а) и траппоиды (б); 7 – гарцбургитовые (а) и гарцбургит-лерцолитовые (б) комплексы, серпентинитовый меланж (в); 8 – базальт-кремнистые (а) и островодужные вулканогенные комплексы (б); 9 – вулканогенно-кремнисто-сланцевые (а) и вулканогенно-терригенные (б) комплексы рифтогенных раздвигов; 10 – оливинные габбро (а) и вулканомиктовые песчаники надшовных депрессий (б). **Орогенные пояса:** 11 – сутуры с офиолитовыми ассоциациями (а) и океанические базальты (б); 12 – конгломерат-песчаниковые (а) и песчано-сланцевые (б) комплексы пассивной протоокраины; 13 – островодужные вулканы (а), вулканогенно-интрузивные комплексы активной протоокраины (б), вулканы и интрузии синколлизийных ареалов (в); 14 – метаморфиты основания (а) и осадочный чехол (б) террейнов; 15 – терригенные (а) и сланцевые (б) отложения протерозойских краевых прогибов; 16 – ультрабазиты (а) и габбро (б) офиолитовых ассоциаций; 17 – океанические базальты (а) и вулканогенные комплексы разных режимов в покровах (б); 18 – островодужные вулканогенные комплексы ордовика (а), силура (б), среднего девона (в) и среднего-верхнего девона (г); 19 – междугловые вулканомиктовые отложения (а) и постдуговые гранитные интрузии (б); 20 – вулканы (а) и интрузии (б) вулкано-интрузивных поясов корпоративных окраин; 21 – вулканогенно-осадочные (а) и осадочные (б) комплексы синпоясовых депрессий; 22 – вулканогенные (а) и интрузивные (б) комплексы сдвигово-раздвиговых (трансценсивных) структур; 23 – комплексы площадной аккреции и коллизии (а), вулканические комплексы (б) и интрузии (в) вулкано-интрузивных синколлизийных ареалов; 24 – метаморфиты основания (а) и древние блоки (б) террейнов, внутритеррейновые интрузии гранитоидов (в); 25 – гранулит-гнейсовые (а) и гранулит-амфиболитовые (б) комплексы пришовных прототеррейнов; 26 – габбро и диориты (а), плагиограниты и гранитоиды (б) полиформационного пояса, щелочные вулканы коллизии (в); 27 – дунитовые и дунит-клинопироксенитовые массивы (а) и полимиктовые тектониты главного коллизийного шва (б); 28 – терригенно-сланцевые раннепалеозойские (а) и карбонатно-песчано-сланцевые среднепалеозойские (б) отложения и песчано-углеродисто-сланцевые накопления (в) депрессий и чехла террейнов их ансамблей; 29 – метаморфиты (а) и ультрабазиты (б) межорогенной коллизийной зоны казахстанид; 30 – базальты (а) и вулканогенно-интрузивные комплексы (б) активных окраин казахстанид. **Эпикратонная впадина:** 31 – конгломерат-гравелитовые (а) и карбонат-кремнисто-глинистые (б) комплексы деструкции; 32 – кремнисто-сланцевые (а) и карбонатные (б) отложения; 33 – терригенно-карбонатные отложения (а) и базальт-габбровые комплексы (б) ранней активизации; 34 – песчано-аргиллитовые отложения (а) и траппоиды (б); 35 – песчано-карбонатные (а) и песчано-гипс-ангидритовые (б) комплексы; 36 – осадочные отложения чехла мезозойские (а) и кайнозойские (б). **Неоплита:** 37 – осадочно-вулканогенные (а) и осадочные (б) отложения грабенов и впадин. **Геодинамические структурные элементы:** 38 – межорогенные коллизийные швы (а) и Трансуральский коллизийный шов (б); 39 – межпоясовые (а) и межсегментные (б) коллизийные и аккреционно-коллизийные швы; 40 – швы аккреции протерозойских (а) и палеозойских (б) комплексов; 41 – межтеррейновые (а) и притеррейновые (б) аккреционно-коллизийные швы; 42 – аккреционноколлизийные швы границ сложных структурных ансамблей (а) и границ покровов и литоблоков (б); 43 – региональные надвиги зон скупивания (а) и межзональные аккреционно-коллизийные швы под более поздними отложениями (б); 44 – сдвигово-раздвиговые структуры (а) и синсдвиговые деформации протерозойской коллизии (б).

**Тектоно-геодинамическое районирование.**

**I–II – системы верхнепротерозойского плитотектонического цикла.** *Фрагменты выступов Русской протоплиты (I).* *Эпикратонные поднятия депрессионного выполнения:* I<sub>1</sub> – Башкирское, I<sub>2</sub> – Кваркушское, I<sub>3</sub> – Каратауское; внутридипрессионные грабены: I<sub>4</sub> – Машакско-Шатакский, I<sub>5</sub> – Айский. Прототеррейны и протоблоки: I<sub>6</sub> – Таганайско-Златоустовский, I<sub>7</sub> – Белорецкий, I<sub>8</sub> – Тараташский, I<sub>9</sub> – Уфалейский; I<sub>10</sub> – Кусинско-Копанская сдвигово-раздвиговая (трансценсивная) зона. *Тимано-Протоазиатский орогенный пояс (II).* *Поднятия и выступы океанических и островодужных ассоциаций:* П<sub>1</sub> – Оченырское, П<sub>2</sub> – Манитанырское и Енганапейское. Выступы ассоциаций пассивной протоокраины: П<sub>3</sub> – Канин камень, П<sub>4</sub> – Четласский и Цильменский камень, П<sub>5</sub> – Вымская гряда и Очпарма, П<sub>6</sub> – Вогульский выступ, П<sub>7</sub> – Полудов кряж и Колчимский выступ. *Выступы ассоциаций надсубдукционного пояса активной континентальной окраины:* П<sub>8</sub> – Амдерминский, П<sub>9</sub> – Едунейский. Выступы террейнов и ареалов межтеррейновой коллизии: П<sub>10</sub> – Кожимский, П<sub>11</sub> – Маньхамбовский. Депрессии синколлизийного краевого прогиба: П<sub>12</sub> – Серебрянская, П<sub>13</sub> – Сыльцкая.

**III–VII – системы палеозойского плитотектонического цикла.** *Талота-Пайпудын-Лемвинский рифтогенно-эпикратонный пояс (III):* П<sub>1</sub> – Талота-Пайпудынская и П<sub>2</sub> – Лемвинская покровно-складчатые зоны, П<sub>3</sub> – Нундерминский эпикратонный выступ. *Сакмаро-Кракинско-Тирлянский рифтогенно-орогенический пояс (IV):* IV<sub>1</sub> – Сакмаро-Косистекская и IV<sub>2</sub> – Кракинская покровно-складчатые зоны, IV<sub>3</sub> – Тирлянская рифтогенно-деструктивная зона, IV<sub>4</sub> – Присакмаро-Вознесенская зона полиэтапной аккреции и скупивания, IV<sub>5</sub> – Суванянский и IV<sub>6</sub> – Максютковский перемещенные эпикратонные блоки, IV<sub>7</sub> – Зилайская надшовная депрессия; IV<sub>8</sub> – Бардымская покровно-складчатая орогеническая зона. *Уральская орогенная система (V):* Полярноуральский аккреционный сегмент: V<sub>1</sub> – Щучинская и V<sub>2</sub> – Войкарско-Сынынская покровно-надвиговые зоны океанических ассоциаций, V<sub>3</sub> – Войкарский надсубдуктивный пояс, V<sub>4</sub> – Харбейский континентальный террейн, V<sub>5</sub> – Полярноуральский сегмент Трансуральского межплитного шва, V<sub>6</sub> – Марункеуский, V<sub>7</sub> – Хордьюский и V<sub>8</sub> – Неркаюский пришовные террейны. *Тагильский (Средне-Североуральский) аккреционный сегмент:* V<sub>9</sub> – Западнотагильская и V<sub>10</sub> – Восточнотагильская аккреционные зоны островодужных ассоциаций, V<sub>11</sub> – Туринский надсубдуктивный пояс, V<sub>12</sub> – Присалдинский аккреционный шов, V<sub>13</sub> – Туринская надшовная депрессия, V<sub>14</sub> – среднеуральский сегмент Трансуральского межплитного шва; V<sub>15</sub> – пришовная зона полимиктовых тектонитов, V<sub>16</sub> – Северососьвинская внутриплитная депрессия. *Южноуральский аккреционно-коллизийный сегмент.* Западномангитогорская аккреционная мегазона: V<sub>17</sub> – Ирендыкско-Баймакская и V<sub>18</sub> – Учалинско-Сибайско-Гайская зоны островодужных ассоциаций, V<sub>19</sub> – Западномугоджарская аккреционная зона океанических и островодужных ассоциаций, V<sub>20</sub> – межзональный аккреционно-коллизийный шов; V<sub>21</sub> – Южноуральский сегмент Трансуральского межплитного коллизийного шва. *Восточномагнитогорская аккреционная мегазона:* V<sub>22</sub> – Верхнеуральская и V<sub>23</sub> – Домбаровская аккреционные зоны островодужных ассоциаций. *Восточный аккреционно-коллизийно-покровный сегмент:*

V<sub>24</sub> – Режевская и V<sub>25</sub> – Муслумовско-Султановская многопокровные зоны океанических и островодужных ассоциаций, V<sub>26</sub> – Алапаевско-Теченский надсубдукционный пояс; *Восточноуральский аккреционно-блоковый сегмент*: V<sub>27</sub> – Джусинская, V<sub>28</sub> – Киамбаевская, V<sub>29</sub> – Карталинская, V<sub>30</sub> – Еманжелинская, V<sub>31</sub> – Шевченковско-Джетыгоринская и V<sub>32</sub> – Аккермановско-Светлинская многопокровные зоны океанических и островодужных ассоциаций; V<sub>33</sub> – Адамовский, V<sub>34</sub> – Мугоджарский, V<sub>35</sub> – Талдыкский, V<sub>36</sub> – Тастыбутакский, V<sub>37</sub> – Мариинский, V<sub>38</sub> – Качкарский террейны докембрийской континентальной коры с внутритеррейновыми массивами гранитных плутонов; V<sub>39</sub> – Джабыкско-Суундукская и V<sub>40</sub> – Качкарская зона перекрытых палеозойским чехлом террейнов докембрийской континентальной коры и внутритеррейновых гранитных плутонов, V<sub>41</sub> – Кайрактинский синколлизийный межтеррейновый вулкан-интрузивный пояс; V<sub>42</sub> – Карабутацкий и V<sub>43</sub> – Тастыбутакский межтеррейновые аккреционно-коллизийные швы. *Пышминско-Сухтелинская мегазона межсегментной аккреции и коллизии*: V<sub>44</sub> – Пышминско-Чебаркульская и V<sub>45</sub> – Чебаркульско-Сухтелинская зоны аккреции океанических и островодужных ассоциаций и синколлизийных комплексов, V<sub>46</sub> – Муслумовский аккреционно-коллизийный шов, V<sub>47</sub> – Салдинский, V<sub>48</sub> – Адуйско-Мурзинский и V<sub>49</sub> – Ильменогорско-Сысертский террейны древней континентальной коры. *Зоны синколлизийных сдвигово-раздвиговых (трансенсиивных) ассоциаций*: V50 – Центрально-Магнитогорская, V51 – Брединско-Тогузакская, V52 – Иргизская. *Впадины синколлизийного предгорного прогиба*: V53 – Соликамская, V54 – Актюбинская. *Печорская эпиконтинентальная впадина* (VI): VI<sub>1</sub> – Прикожимская зона рифтогенно-грабеновых депрессий, VI<sub>2</sub> – Илычевско-Печорская покровно-надвиговая зона, VI<sub>3</sub> – покровно-надвиговые поднятия гряды Чернышева и гряды Чернова, VI<sub>4</sub> – Колвинское покровно-надвиговое поднятие, VI<sub>5</sub>–VI<sub>8</sub> – впадины: Надтиманская (VI<sub>5</sub>), Притиманская (VI<sub>6</sub>), Косью-Роговская (VI<sub>7</sub>) и Кортаихинская (VI<sub>8</sub>); VI<sub>9</sub> – Пайхойский выступ, VI<sub>10</sub> – Большеземельская и VI<sub>11</sub> – Печорская депрессии неочехла. *Казахстанская орогенная система* (VII): VII<sub>1</sub> – Троицко-Денисовская зона межорогенной аккреции и коллизии, VII<sub>2</sub> – Троицко-Буруктальский шов межорогенной коллизии, VII<sub>3</sub> – Валерьяновский надсубдукционный краевой пояс.

**VIII – Система мезозой-кайнозойского плитотектонического цикла**: VIII<sub>1</sub> – Челябинско-Еманжелинский грабен, VIII<sub>2</sub> – зона Прикарских ленинских резонансных рифтогенеза, VIII<sub>3</sub> – Орская депрессия, VIII<sub>4</sub> – чехол Восточно-Европейской и VIII<sub>5</sub> – Западно-Сибирской платформ.

**Fig. 1.** Schematized geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment of Eurasia.

#### Complexes and associations which fill up the structural element of geodynamical system.

*Protocraton*: 1 – complexes of interplate depressions: gravellite-sandy (a), carbonate sandy-shaly (b) and sandy-shaly (b); 2 – graben complexes: trachandesite (a) and basalt-rhyolite (b); 3 – prototerrain complexes: echlogite-schist (a), gneiss-metaschist (b) and gneiss-migmatite (b); 4 – complexes of strike-slip-extension structures: gabbro (a) and metamorphic (b). *Riftogenic belts*: 5 – volcanogenic-sediment complexes of intraplate rifting with trachibasalts (a) and basalts (b); 6 – alkaline ultrabasite massifs (a) and trappoids (b); 7 – harzburgite (a) and harzburgite-lherzolite (b) complexes, serpentinite melange (b); 8 – basalt-cherty (a) and island-arc volcanogenic complexes (b); 9 – volcanogenic-cherty-schist (a) and volcanogenic-terrigenous (b) complexes of riftogenic extensions; 10 – olivine gabbro(a) and volcanogenic sandstones of supra-sutural depressions (b). *Orogenic belts*: 11 – sutures with ophiolite associations (a) and oceanic basalts (b); 12 – conglomerate-sandy (a) and sandy-shaly (b) complexes of passive protomargin; 13 – island-arc volcanites (a), volcanogenic-intrusive complexes of active protomargin (b), volcanites and intrusions (b) of syncollisional areals; 14 – metamorphites of basement (a) and the terrain sedimentary cover (b); 15 – terrigenous (a) and schist (b) deposits of Proterozoic foredeeps; 16 – ultrabasites (a) and gabbro of ophiolite associations (b); 17 – oceanic basalts (a) and volcanogenic complexes of different regimes in covers (b); 18 – island-arc volcanogenic complexes of Ordovician (a), Silurian (b), Middle Devonian (b), Middle-Upper Devonian (r); 19 – interarc volcanic deposits (a) and post-arc granite intrusions (b); 20 – volcanites (a) and intrusions (b) of volcano-intrusive belts of corporative margins; 21 – volcanogenic-sedimentary (a) and sedimentary (b) complexes of syn-belted depressions; 22 – volcanogenic (a) and intrusive (b) complexes of strike-slip-transverse structures; 23 – complexes of areal accretion and collision (a), volcanic complexes (b) and intrusions (b) of volcanic-intrusive syncollisional areals; 24 – metarocks of basement (a) and ancient blocks (b) of terrains, granitoid intraterrain intrusions (b); 25 – granulite-gneiss (a) and granulite-amphibolite (b) complexes of suture-line prototerrains; 26 – gabbro and diorites (a), plagiogranites and granitoids (b) of polyformational belt, collision alkaline volcanites (b); 27 – dunite and dunite-clinopyroxenite massifs (a) and polymictic tectonites of the main collisional suture (b); 28 – terrigene-schist early Paleozoic (a) and carbonate-sandy-schist middle Paleozoic (b) deposits and sandy-carbon-shaly accumulations (b) of depressions and terrain cover of their ensembles; 29 – metamorphites (a) and ultrabasites (b) of interogenic collisional kazakhstanide zone; 30 – basalts (a) and volcanogenic intrusive complexes of kazakhstanide active margins (b). *Epicraton depression*: 31 – conglomerate-gritstone (a) and carbonate-cherty-clayey (b) destruction complexes; 32 – cherty-shaly (a) and carbonate (b) deposits; 33 – terrigene-carbonate deposits (a) and basalt-gabbro complexes (b) of early activation; 34 – sandy-argillite deposits (a) and trappoids (b); 35 – sandy-carbonate (a) and sandy-gypsum-anhydrite (b) complexes; 36 – the cover sedimentary deposits: Mesozoic (a) and Cenozoic (b). *Neoplate*: 37 – sedimentary-volcanogenic (a) and sedimentary (b) deposits of graben, depressions. *Geodynamical structure elements*: 38 – inter-orogenic collisional sutures (a) and Transuralian collisional suture (b); 39 – interbelt (a) and intersegmental (b) collisional and accretion-collisional sutures; 40 – Proterozoic (a) and Paleozoic (b) complex accretion sutures; 41 – interterrain (a) and subterrain (b) accretion-collisional sutures; 42 – accretion-collisional sutures of complex structural ensembles (a) and cover and lithoblock boundaries (b); 43 – regional thrusts of piling zones (a) and interzonal accretion-collisional sutures under later deposits (b); 44 – strike-slip-extension structures (a) and synstrike-slip deformations of Proterozoic collision (b).

#### Tectonic-geodynamical zoning.

**I–II – Upper Proterozoic plate-tectonic cycle systems.** *Fragments of Russian protoplate benches* (I). Epicraton uplifts of depressional filling: I<sub>1</sub> – Bashkirian, I<sub>2</sub> – Kvarkush, I<sub>3</sub> – Karatau; innerdepressional grabens: I<sub>4</sub> – Mashak-Shatak, I<sub>5</sub> – Ajj. *Prototerrains and protoblocks*: I<sub>6</sub> – Taganai-Zlatoust, I<sub>7</sub> – Beloretsk, I<sub>8</sub> – Taratash, I<sub>9</sub> – Ufalei, I<sub>10</sub> – Kusa-Kopan strike-slip-extension (transpressive) zone. *The Timan-Protoasian orogenic belt* (II). Uplifts and benches of oceanic and island-arc associations: II<sub>1</sub> – Oche-nyrd, II<sub>2</sub> – Manitanyrd and Eyngannape. *Benches of passive protomargin associations*: II<sub>3</sub> – Kanin Kamen', II<sub>4</sub> – Chetlas and Tsilma Kamen, II<sub>5</sub> – Vyma range and Ochparma, II<sub>6</sub> – Vogul bench, II<sub>7</sub> – Poljudov ridge and Kolchim bench. *Benches of suprasubductional belt associations of active continental margin*: II<sub>8</sub> – Amderma, II<sub>9</sub> – Eduneisky. *Benches of inter-terrain collision areals*: II<sub>10</sub> – Kozhim, II<sub>11</sub> – Man'khamba. *Depressions of syncollisional marginal trough*: II<sub>12</sub> – Serebryanka, II<sub>13</sub> – Silvitsa. **III–VII – Paleozoic plate-tectonic cycle systems.**

**III–VII – Paleozoic plate-tectonic cycle systems.** *Talota-Paipudyn-Lemva riftogenic-epicratonic belt* (III): III<sub>1</sub> – Talota-Paipudyn and III<sub>2</sub> – Lemva cover-folded zones, III<sub>3</sub> – Nunderma epicratonic bench. *Sakmara-Kraka-Tirlyan riftogen-orogonical belt* (IV): IV<sub>1</sub> – Sakmara-Kosistek and IV<sub>2</sub> – Kraka cover-folded zones, IV<sub>3</sub> – Tirlyan riftogen-destructive zone, IV<sub>4</sub> – Prisakmara-Voznesenka zone of polystage accretion and piling up, IV<sub>5</sub> – Suvanyak and IV<sub>6</sub> – Maksyut dislocated epicratonic blocks, IV<sub>7</sub> – Zilair suprasutural depression, IV<sub>8</sub> – Bardym cover-folded orogenic zone. *Uralian-orogenic system* (V). *Subarctic accretional segment*: V<sub>1</sub> – Schuchja and V<sub>2</sub> – Voikar-Synya cover-overthrust zones of oceanic associations, V<sub>3</sub> – Voikar supersubductive belt, V<sub>4</sub> – Kharbei continental terrain, V<sub>5</sub> – Transuralian interplate suture's subarctic segment, V<sub>6</sub> – Marunkeuksky, V<sub>7</sub> – Khord'yusky and V<sub>8</sub> – Nerkayus suture-line terrains. *Tagil (Middle-North Uralian) accretional segment*: V<sub>9</sub> – West-Tagilian and V<sub>10</sub> – East-Tagilian accretional zones of island-arc associations, V<sub>11</sub> – Turinsk supersubductive belt, V<sub>12</sub> – Prisdalda accretional suture, V<sub>13</sub> – Turyinsk supersutural depression, V<sub>14</sub> – Middle-Uralian segment of Transuralian interplate suture, V<sub>15</sub> – suture-line zone of polymictic tectonites, V<sub>16</sub> – North-Sos'va interplate depression. *The South-Urals accretion-collisional segment*. *West-Magnitogorsk accretional megazone*: V<sub>17</sub> – Irendik-Baimak and V<sub>18</sub> – UchalySibai-Gai zones of island-arc associations, V<sub>19</sub> – West-Mugodzharian accretional zone of oceanic and island-arc associations, V<sub>20</sub> – interzonal accretion-collision suture, V<sub>21</sub> – South-Urals segment of Transuralian interplate collisional suture. *East Magnitogorsk accretional megazone*: V<sub>22</sub> – Verkhneural'sk and V<sub>23</sub> – Dombarovka accretional zones of island-arc associations. *Eastern accretion-collision-cover segment*: V<sub>24</sub> – Rezh and V<sub>25</sub> – Muslyumovo-Sultanovo multi-cover zones of oceanic and islandarc associations, V<sub>26</sub> – Alapaevsk-Techa supersubductional belt. *East-Uralian accretional-block segment*: V<sub>27</sub> – Dzhusa, V<sub>28</sub> – Kiembraevo, V<sub>29</sub> – Kartaly, V<sub>30</sub> – Emanzhelinsk, V<sub>31</sub> – Shevchenko-Dzhetygara and V<sub>32</sub> – Akkermanovo-Svetloye multi-cover zones of oceanic and island-arc associations, V<sub>33</sub> – Adamovka, V<sub>34</sub> – Mugodzhary, V<sub>35</sub> – Taldyk, V<sub>36</sub> – Tastybutak, V<sub>37</sub> – Mariinsk, V<sub>38</sub> – Kachkar terrains of Precambrian continental crust with interterrain massifs of granite plutons; V<sub>39</sub> – Dzhabyk-Suunduk and V<sub>40</sub> – Kachkar zones of Precambrian terrains of continental crust and interterrain granite plutons overlapped by Paleozoic cover, V<sub>41</sub> – Kairakty synclis-sional interterrain volcano-intrusive belt, V<sub>42</sub> – Karabutak and V<sub>43</sub> – Tastybutak interterrain accretion-collisional sutures. *Pyshma-Sukhtelinsk megazone of intersegment accretion and collision*: V<sub>44</sub> – Pyshma-Chebarkul' and V<sub>45</sub> – Chebarkul'-Sukhtelinsk zones of accretion of oceanic and island-arc associations and syncollisional complexes, V<sub>46</sub> – Muslumovo accretioncollisional suture, V<sub>47</sub> – Salda, V<sub>48</sub> – Adui-Murzinka and V<sub>49</sub> – Ilmenogorsk-Sisert' terrains of ancient continental crust. *Zones of syncollisional strike-slip-extension(transtensive) associations*: V<sub>50</sub> – Central-Magnitogorsk, V<sub>51</sub> – Bredy-Togyzak, V<sub>52</sub> – Irgiz. *Syncollisional submountain basins*: V<sub>53</sub> – Solikamsk, V<sub>54</sub> – Aktubinsk. *Pechora epicontinental basin* (VI): VI<sub>1</sub> – Near-Kozhim zone of riftogenic-graben depressions, VI<sub>2</sub> – Ilych-Pechora coveroverthrust zone, VI<sub>3</sub> – cover-overthrust uplifts of the Chernishov and the Chernov ranges, VI<sub>4</sub> – Kolvinskoye cover-overthrust uplift, VI<sub>5</sub>–VI<sub>8</sub> – Over-Timan (VI<sub>5</sub>), Near-Timan (VI<sub>6</sub>), Kosyu-Rogovka (VI<sub>7</sub>) and Korotaiha (VI<sub>8</sub>) basins; VI<sub>9</sub> – Pai-Khoi bench, VI<sub>10</sub> – Bolshezemelskaya and VI<sub>11</sub> – Pechora neocover depressions. *Kazakhstan orogene system* (VII): VII<sub>1</sub> – Troitsk-Denisovka zone of orogenic accretion and collision, VII<sub>2</sub> – Troitsk-Buruktal suture of interorogene collision, VII<sub>3</sub> – Valeryanovka supersubductional margin belt. **Mesozoic-Cenozoic plate-tectonic cycle systems (VIII)**: VIII<sub>1</sub> – Chelyabinsk-Yemanzhelinsk graben, VIII<sub>2</sub> – zone of Near-Karsk leniaments of resonance riftogenesis, VIII<sub>3</sub> – Orsk depression, East-European (VIII<sub>4</sub>) and West-Siberian (VIII<sub>5</sub>) platform covers.

с литосферой континентального типа. По простиранию зона шва имеет различия в строении и составе. Другая особенность состоит в том, что восточная и западная части ареала сложены разными по составу ассоциациями. Все отмеченное дало основание отнести Уральский ареал к типу орогенной системы.

В расположенной к востоку от Трансуральского коллизионного шва части участвуют геодинамические ассоциации, связанные по составу с эволюцией палеозойского океана. Они представлены в основном породами океанической коры и надсубдукционными ассоциациями палеодуг. К западу от межплитного коллизионного шва этому возрастному уровню отвечают накопления палеошельфа пассивной континентальной окраины и впадин краевого прогиба. Этот набор ассоциаций близок к проявлению ряда, характеризующего орогены с ассоциациями полной геодинамической последовательности. Многие особенности ассоциаций и комплексов основных геодинамических режимов и обстановок этой последовательности отражены в серии публикаций, в том числе при участии в них авторов сообщения (Коротеев и др.; 1979; Язева, Бочкарев, 1998). Это позволяет остановиться на них лишь кратко, а более полно описать геодинамические элементы, которые выявлены или получили характеристику в ходе последних исследований.

В качестве примера офиолитовой ассоциации, представляющей океаническую кору Уральского ареала, может рассматриваться разрез средней части Войкаро-Сыннинской зоны на Полярном Урале. Здесь последовательно обнажаются ультрабазиты, полосчатые метагабброиды, секущий их комплекс параллельных даек долеритов, а также шаровые лавы базальтов с прослоями кремнистых сланцев. По геологическим соотношениям для офиолитовой ассоциации принимается ордовикский возраст. Для цирконов из плагиогранитов, завершающих кристаллизацию диабазовых даек, U-Pb методом получен раннеордовикский возраст –  $490 \pm 7$  млн лет (Хаин и др., 2008). В других габбро-ультрабазитовых массивах, участвующих в сложении Уральской орогенной системы, последовательность такого характера проявляется лишь частично. Основное значение приобретают пояса и отдельные тела протрузий и зоны меланжа, имеющие вторичное тектоническое залегание в основании крупных покровов, на фронтах надвигов, в швах аккреции и коллизии.

В сложении Уральской орогенной системы большую роль играют ассоциации надсубдукционных палеодуг и сочетающиеся с ними образования задуговых и междугловых бассейнов. Вместе с этим изучение островодужных сооружений позволило выделить в их сложении комплексы ранних, развитых и зрелых стадий, отвечающих стади-



ям эволюции магматизма островных дуг в современных океанах. К характерным продуктам ранней стадии относятся марианит-бонинитовые и базальтовые комплексы. Первые выявлены в ограниченном ряде мест, в то время как базальтовые комплексы развиты широко в нижней части разрезов палеодуг. Они представлены базальтами толеитовой серии, содержащими редкие дайки дацитов. Развитая стадия характеризуется широким проявлением комплексов известково-щелочной серии в сочетании с комплексами толеитовой серии. Основное значение в сложении серий имеют породы базальт-андезибазальтового, андезибазальтового и андезитового составов, а также базальт-риолитовых, андезито-дацитовых и дацитовых пород. Коммагматами вулканогенных накоплений 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 в себя условия аккреционного сгущивания и частичной коллизии с надвиганием ассоциаций островных дуг на края континентов и террейнов.

Задуговые и междугловые бассейны в пределах системы имеют разные масштабы проявления. В пределах северной и средней частей Тагильской структуры полоса комплексов, отнесенных к образованиям задуговых бассейнов, выделяется вдоль границы сочленения западной и восточной островных палеодуг. Они представлены осадочными и вулканогенно-осадочными отложениями раннего силура. Характерны флишеидные толщи, сложенные вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, кремнистыми и углеродисто-кремнистыми алевролитами с прослоями базальтов и андезитов, конгломератов, гравелитов. Присутствуют карбонатные и терригенно-карбонатные породы, туффы.

На Южном Урале комплексы, характерные для задуговых бассейнов, проявлены в виде отдельных зон в сочетании со структурами палеодуг. Крупные зоны таких комплексов на севере и юге этой структурной зоны представлены преимущественно накоплениями дацитов и андезитов. Имеют развитие комагматичные им плагиограниты, кварцевые диориты и диориты. Комплексы междугловых бассейнов образуют протяженные участки накоплений ритмично-слоистых вулканомиктовых песчаников верхних частей разрезов среднего и верхнего девона. Они частично перекрывают структуры палеодуг или образуют их периферию. В нижней части их разрезов выявляется толща вулканомиктовых конгломератов, в составе обломков которых присутствуют базальты и кислые породы. В верхних частях разрезов появляются горизонты аргиллитов, кремнистых аргиллитов и кремни-

стых пород и аргиллитов, а на периферии локализуются толщи известняков.

Следует отметить, что, как показывают реконструкции, аккреция и коллизия сопровождаются в ряде зон проявлением площадных и линейных сдвигово-раздвиговых (транстенсивных) деформаций и отвечающих им ассоциаций. Наиболее значимыми представляются Магнитогорская и Иргизская структуры, в основании которых известны системы даек кислого и основного составов как показатели процессов растяжения в этих структурах. В составе вулканических комплексов структуры сочетаются образования толеитовых, известково-щелочных и субщелочных серий, что также достаточно характерно для сдвигово-раздвиговых структур. Полоса ассоциаций такого состава прослеживается вдоль коллизионного шва, продолжающего Иргизскую структуру в северном направлении.

### ТАЛОТА-ПАЙПУДЫН-ЛЕМВИНСКИЙ И САКМАРО-КРАКИНСКО-ТИРЛЯНСКИЙ ОРОГЕНИЧЕСКИЕ ПОЯСА

Располагающиеся к западу от Трансуральского коллизионного шва ассоциации Талота-Пайпудын-Лемвинского и Сакмаро-Кракинско-Тирлянского орогенических поясов связываются с развитием малых бассейнов в условиях частичной или более полной деструкции континентальной коры в режимах рифтогенного растяжения. Пояса слагаются ассоциациями этих геодинамических режимов и обстановок, которые проявляют элементы симметрично-поясового размещения, что подчеркивает их связь с внутрикратонной рифтогенной деструкцией.

#### Талота-Пайпудын-Лемвинский орогенический пояс

Талота-Пайпудын-Лемвинский пояс складывается в основном ордовикскими кремнисто-сланцевыми и кремнисто-карбонатно-сланцевыми отложениями, которые в его осевой части сменяются сложными по составу и строению образованиями базальт-терригенно-сланцевого комплекса. В сложении последнего участвуют песчано-сланцевые отложения с горизонтами и пластами базальтов. Их комагматы представлены пластовыми интрузиями и дайками габбро-диабазов и долеритов. По северо-западной периферии пояса выделяются кембрийско-ордовикские вулканогенно-терригенные отложения, близкие по составу к образованиям грабеновых фаций. На локальных поднятиях присутствуют липариты и трахилипариты Пайпудынского комплекса с возрастом, определенным U-Pb методом,  $482.4 \pm 1.1$  и  $492 \pm 2.8$  млн лет (Шишкин и др., 2004; Волчек, 2004). Отложения пояса нарушены и деформированы надвигами и покровами.



### Сакмаро-Кракинско-Тирлянский орогенический пояс и Бардымская зона

Сакмаро-Кракинско-Тирлянский орогенический пояс на Южном Урале, несущий, судя по составу слагающих ассоциаций, связь с эволюцией эпикоеанического малого бассейна, протягивается вдоль периферии Белорецкого и Златоустовского террейнов, а на востоке ограничивается Суванякско-Максютовским и Эбетинским континентальными блоками.

В сложении пояса наиболее полно проявлены ассоциации обстановок эпиконтинентального рифтогенного растяжения и эпикоеанического раздвижения, которые несут черты симметрично-зонального размещения относительно осевой части рифтогенного растяжения. Вместе с этим ассоциации выделенных геодинамических обстановок характеризуются закономерной сменой по простиранию пояса.

Самый полный ряд геодинамических ассоциаций обстановок растяжения и раздвижения проявлен в сложении южной Сакмаро-Косистекской зоны. К ранним накоплениям в зоне относятся серии базальт-андезит-риолитовой и трахибазальтовой формаций, залегающие на Эбетинском выступе. В составе матрикса эпикластов установлена фауна тремадока (Руженцев, Самыгин, 2004). Их аналогом по западной периферии пояса можно считать вулканогенно-терригенные отложения позднего венда-кембрия (?) верхней части разреза Тирлянской депрессии, представленной терригенными породами и сланцами, включающими в себя горизонты основных вулканитов и дайки субщелочных оливиновых базальтов, характерных для ранних этапов эпикратонного растяжения.

В еще большей степени растяжению соответствуют ряды грабеновых образований Сакмаро-Медногорской зоны. Они включают в себя карбонатно-терригенно-трахибазальтовый и терригенный комплексы и комплекс щелочных базальтоидов кембрия-нижнего ордовика, а также сланцево-флишевые отложения и оливин-базальтовый комплекс нижнего-среднего ордовика. Образования этих комплексов в разной полноте распространены в пределах западной и восточной периферии зоны.

Образования обстановок раздвижения отчетливо тяготеют к осевой части пояса и составляющих его зон. В Сакмаро-Медногорской зоне они начинаются толщей пород базальт-кремнисто-сланцевого комплекса с телами серпентинитов, слагающими смятые в синформы тектонические пластины. Базальты относятся к натриевой серии с умеренными содержаниями окиси титана, рубидия и стронция, а также редких элементов, характерных для океанических толеитов. Эта ассоциация с перерывами прослеживается вдоль всей Сакмаро-Кракинской части пояса. Севернее она совмещается с вулканогенными отложениями ордовика Присакмаро-Воз-

несенской зоны, содержащими тела серпентинитов и меланжа. К образованиям раздвижения следует отнести накопления кремнисто-сланцевого комплекса, располагающегося преимущественно по западной и восточной периферии пояса. В Кракинской зоне этому уровню отвечают накопления глинистых и кремнисто-глинистых сланцев, которые выше по разрезу сменяются карбонатными отложениями нижнего девона. Весь разрез имеет черты континентально-склоновых накоплений.

К средней Кракинской зоне, сохранившей признаки полной деструкции континентальной коры, приурочены ультраосновные массивы Крака и Узьян. Массивы ассоциируют с кремнисто-сланцевыми отложениями и смяты в синформы, включающие полосы серпентинитового меланжа разной ширины. Их центральная часть сложена гарцбургитами, которые содержат удлиненные тела шпинелевых и плагиоклазовых лерцолитов. Это позволило выделить данные массивы в группу с лерцолитовым типом разреза, которые более характерны для краевых бассейнов (Савельева, 1987). К такому типу близки также Нуралинский и Миндякский массивы Присакмарско-Вознесенской зоны. Особенностью массивов Крака, Миндякского и Нуралинского является наличие в их составе гранатовых пироксенитов, которые описаны в полосе меланжа массивов Северный и Южный Крака, а также внутри массива Узьянский Крака (Русин, 2002). Предполагается, что эта и другие особенности сближают массивы зоны Крака с внутрикоровыми массивами.

К южной части пояса приурочены Хабарнинский и Кемпирсайский ультраосновные массивы. Их залегание в зоне с утоненной континентальной корой и приуроченность к полосе рифтогенных ассоциаций способствовали появлению представлений о внедрении и становлении этих массивов в условиях рифтогенного растяжения в форме сложных диапиров.

Другую группу образований раздвижения составляют вулканогенные накопления дифференцированных комплексов Сакмаро-Магнитогорской зоны. Им соответствуют базальт-риолитовый, базальт-андезит-риолитовый и риодацит-базальтовый комплексы, которые слагают блоки с многопокровным строением. По своим параметрам вулканогенные породы комплексов близки к островодужным ассоциациям, а по находкам конодонтов в кремнистых прослоях этих комплексов имеют верхнеордовикский возраст (Борисенок и др., 2004). Зилаирская депрессия, завершающая формирование пояса, сложена вулканомиктовыми песчаниками и кремнисто-сланцевыми отложениями.

На северном продолжении пояса расположена Бардымская зона, образования которой деформированы в систему покровных и чешуйчато-надвиговых структур. В их сложении участвуют комплексы траппоидов, трахибазальт-трахитовой и

базальт-андезибазальтовой формаций, а также кимберлитоподобных ксенотуфобрекчий жерловой фации и серии даек с составами от лимбургитов до трахитов. Кимберлитоподобные эруптивные брекчии состоят преимущественно из обломков оливин-пироксеновых пикритовых, пикрит-базальтовых и трахибазальтовых порфиритов. Индикаторными для внутрикратонного растяжения являются породы щелочно-ультрабазитовой формации Суроямского массива.

Структурное положение Бардымской зоны позволяет полагать, что она является фрагментом Сакмаро-Кракинско-Тирлянского пояса, а, судя по составу слагающих ее ассоциаций, – фиксирует элемент выклинивания этого пояса в теле древнего кратона.

### ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕЗОЗОЙ-КАЙНОЗОЙСКОЙ НЕОПЛИТЫ

С завершением аккреционно-коллизийных процессов Уральский ороген включился в плитный геодинамический режим, будучи составной частью Евразийского кратонного пространства. Временной интервал этого режима включает в себя формирование ассоциаций мезозойского резонансного рифтогенеза, охватывающего время от раннего триаса до средней юры, и накопления плитного неочехла, начало которого приурочено к уровню поздней юры. Мезозойский рифтогенез отнесен к типу резонансного на основании намечающейся связи ассоциаций этого этапа с процессами внутрикратонного растяжения основания Западно-Сибирской плиты.

Участие мезозойских образований в сложении Уральского орогена установлено достаточно давно. Прежде всего они известны в форме осадочных отложений. Вместе с этим накапливаются данные о развитии магматических интрузивных комплексов триас-юрского интервала, устанавливаемых по геологическим и, особенно, по радиологическим определениям. Имеются основания связывать их с процессами рифтогенеза в пределах Западно-Сибирской плиты и рассматривать в качестве резонансных явлений последнего.

Осадочные комплексы мезозоя, относящиеся к уровню всего триаса и нижней и средней юры, выполняют преимущественно многочисленные узкие грабены (Еманжелинско-Коркинский, Волчанский и др.) и реже ареальные депрессии (Орская депрессия). В составе осадочных отложений грабенов преобладают песчано-аргиллит-глинистые, часто угленосные накопления, конгломераты, алевролиты. В ряде случаев присутствуют также вулканические накопления, сложенные базальтами, долеритами, андезитами, липаритами. В депрессиях, преимущественно юрского возраста, основная роль принадлежит конгломератам, гравийно-галечным породам, песчаникам, аргиллитам, глинам.

Магматические интрузивные внедрения и вулканические комплексы мезозойского рифтогенеза объединяются в группы траппов, щелочно-ультрабазитовых и ультрабазитовых внедрений, кислых субщелочных и щелочных интрузий; трахибазальт-трахиандезит-трахитовых вулканитов.

Комплексы дифференцированных траппов относятся к раннетриасовому уровню и локализируются преимущественно в грабенах, реже в составе депрессий. Они известны на Приполярном и Полярном Урале, а также в Зауральской части орогена. В сложении раннемезозойских дифференцированных траппов участвуют покровы базальтов и риолитов, силлы и дайки долеритов и габбро-долеритов, малые интрузии и дайки гранит-порфиров и риолит-порфиров.

Щелочно-ультрабазитовые и ультрабазитовые комплексы установлены в ряде ареалов проявления. Они выявлены преимущественно в пределах западной части Уральского орогена и частично в его восточной части. Комплексы имеют характерные особенности состава и соответствующие радиологические возрасты. Щелочно-ультрабазитовые породы представлены образованиями агпайтовой лампроитовидной серии, а в ультраосновных к ним принадлежат и образования лампрофировой серии. Интрузивные тела калиевых ультрабазитов секут раннетриасовые отложения, и их предполагаемый возраст принимается как ранне-среднеюрский. Единичное определение для лампроитов на Кваркушском поднятии дало радиологический возраст 170–198 млн лет (данные Ю.Д. Смирнова). Более подробная характеристика по радиологическим возрастам имеется для лампроитов Магнитогорской полосы на Южном Урале. По комплексу методов, K-Ar и Pb-Sr, для них измерены радиологические возрасты в диапазоне 198–240 млн лет, что отвечает интервалу от среднего триаса до ранней юры (данные Т.Н. Сурина). К этой же формационной группе следует отнести, по-видимому, калиевые габброиды триас-юрского возраста, а также щелочно-базит-ультрабазитовые массивы, установленные в единичных точках Кожимско-Ляпинского выступа и на Полярном Урале. Для отдельных щелочно-базит-ультрабазитовых массивов K-Ar и Sm-Nd методами определены возрасты  $210 \pm 9$ ,  $195 \pm 5$  и  $190 \pm 5$  млн лет (Душин и др., 2014).

К другому типу щелочно-ультрабазитовых пород относятся пирокласты лампроитовидного состава, которые установлены на западном склоне Урала под наименованием “туффузиты”. Эти образования слагают ветвящиеся жилы и экструзивные тела, приуроченные к зонам пологих надвигов. Породы претерпели интенсивные преобразования, но несут черты образований лампроитовидного состава. Судя по геологическим соотношениям, они предположительно относятся к мезозойскому уровню, хотя это требует подтверждения другими методами.

Еще одну группу мезозойских магматических образований составляют комплексы кислых субщелочных и щелочных интрузий, выявленных преимущественно в западном секторе Приполярного Урала. Более детально описаны комплексы в пределах Маньхамбовского магматического ареала. Они представлены здесь щелочными кварцосодержащими сиенитами и аляскитовыми гранитами, в ассоциации с которыми находятся карбонаты с калий-аргоновым радиологическим возрастом  $213 \pm 7$  млн лет. Вместе с этим в пределах Харбейского блока древних гнейсов Полярного Урала известны микропегматитовые граниты, а также гранитоподобные и сиенитоподобные метасоматиты, имеющие калий-аргоновый радиологический возраст 245 млн лет, что отвечает раннему триасу.

Наконец, следует отметить проявление мезозойского вулканизма, которому соответствуют выявленные на Полярном Урале сложные трахибазальт-трахиандезит-трахитовые серии с K-Ar датировками 230–160 млн лет и трахит-базанитовые накопления с датировками  $107 \pm 7$  млн лет Sm-Nd методом и  $81.3 \pm 8.5$  млн лет Rb-Sr изохроной (Душин и др., 2014). Вулканогенные комплексы этих уровней тяготеют к разломам северо-западного простирания, в частности к региональному Карскому разлому.

Возможно, триас-юрский магматизм имеет более широкое развитие как по масштабам, так и составу продуктов. Особенно это относится к восточному сегменту, где его трудно выделить из объема палеозойского магматизма. Однако приведенные данные дают полное основание для вывода об активном проявлении внутриплитных геодинамических процессов в пределах Уральского орогена и прилегающих к нему территорий.

В позднем мезозое, начиная со среднеюрского уровня, Уральский ороген включается в плитную систему. По восточной периферии орогена чехол развивался со стороны Западно-Сибирской платформы. Мощность последнего закономерно увеличивается в сторону платформы от 0 до 250 м в достаточно узкой полосе от обнаженной части орогена и далее на восток быстро достигает величины в 1.3–1.5 км. В сложении чехла выделяются плитные ассоциации двух различающихся по составу и условиям накопления горизонтов. Нижний горизонт отвечает среднеюрско-нижнеолигоценному интервалу и складывается преимущественно прибрежно-морскими и морскими отложениями. Отложения представлены глинами, аргиллитами, алевролитами, кварцевыми и кварцево-глауконитовыми песчаниками, мергелями и другими характерными накоплениями мелководных морских бассейнов. Злегающий выше горизонт включает в себя отложения среднеолигоценно-миоценового и плиоцен-четвертичного интервалов, которые представлены исключительно континентальными накоплениями. Среди них преобладают галечники, песча-

ники, разнообразные аллювиальные, аллювиально-озерные и аллювиально-речные отложения.

В пределах Русской палеоплиты позднепалеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения плитного чехла представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, конгломератами и другими осадочными отложениями.

## ПЕЧОРСКАЯ НАЛОЖЕННАЯ ВПАДИНА

Самостоятельную палеозойскую геодинамическую систему образует Печорская эпикратонная впадина, развивавшаяся на верхнепротерозойском аккреционно-коллизиионном основании. Впадина выполнена преимущественно терригенными и карбонатно-сланцевыми и карбонатными отложениями (Тимонин, 1998). Состав этих отложений и особенности их локализации достаточно полно отражают ее внутрикратонное положение и геодинамику формирования в обстановках внутриплитного растяжения на ранних этапах с накоплением рифтогенно-грабеновых и депрессионно-грабеновых комплексов, эпикратонного бассейна и внутриплитной активизации на последующих этапах. В условиях коллизии отложения депрессии подверглись надвиговым и покровно-надвиговым деформациям, а палеограбены унаследованно 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 в пределах впадины локализованы в узких линейных депрессионных структурах. Одной из таких структур является Ижма-Омринская грабеновая депрессия, локализованная по периферии Тиманского поднятия. Другая такая депрессия выделяется по восточной периферии плиты, протягиваясь вдоль краевых поднятий с верхнепротерозойскими образованиями и обозначена как Верхнепечорско-Кожимский грабен. Структурно между грабенами располагается Печоро-Ильчское плато, на котором отсутствуют верхнекембрийско-раннеордовикские отложения. Комплексы депрессионно-грабеновых обстановок выполняют более обширные депрессии типа авлакогенов и трогов, соответствуя интервалу времени от среднего ордовика до нижнего девона. К наиболее крупной относится обширная Печоро-Колвинская депрессия, которая занимает центральную часть впадины, сужаясь на север и широко открываясь в пределах восточной части плиты, а также к поднятиям по периферии впадины. На нижележащих грабеновых отложениях среднеордовикско-нижнедевонские депрессионно-грабеновые накопления залегают с заметным стратиграфическим и пространственным несогласием. По своему строению и составу отложений Печоро-

Колвинская депрессия приближается к внутрикратонному трогу, а периферийные депрессии имеют черты фрагментов пассивной палеошельфовой окраины. С этим связано, по-видимому, преобладание в их сложении карбонатных отложений и появление эвапоритовых образований.

С уровня среднего девона в процессы осадконакопления условий эпиконтинентального бассейна вовлекается весь ареал Печорской палеоструктуры. В частности, в этот ареал вовлекаются палеоструктуры Тиманского поднятия, а также палеоподнятия ее северо-западной Большеземельской части. Отложения ранней стадии этого интервала, начинающие собственно образования эпиконтинентального бассейна, слагаются преимущественно комплексами кварцевых и олигомиктовых песчаников и конгломератов с редкими прослоями алевролитов, глин и углей. Они выполняют центральные части впадины, а также осложняющие ее ареальные депрессии и линейные трог, в которых залегают горизонтально или образуют пологие складки и моноклинали. 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 палеозойская кремнисто-терригенная формация, сложенная песчано-сланцевыми толщами.

В свою очередь, средне-верхнедевонский интервал соответствует условиям активной внутриплитной тектоно-магматической 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 приурочена к уровню среднего девона, в то время как интрузивные внедрения распространены по всему девонскому разрезу от нижнего до верхнего девона включительно. Пространственно базальтовые излияния и ассоциирующие с ними туфовые и субвулканические фации, а также интрузивные внедрения вскрыты скважинами во многих частях плиты. Между тем их естественные выходы выявлены на Тимане и по восточной и северо-восточной ее периферии.

На разных участках Северного, Среднего и Южного Тимана разрезы, включающие в себя базальтовые излияния и их фациальные разности, начинаются или континентальными крупнообломочными отложениями, или излияниями траппоидных базальтов, которые достигают мощностей в первые десятки и сотни метров. Выше располагается ритмично-слоистая толща пород мощностью несколько сотен метров, сложенная преимущественно песчаниками, алевролитами и глинами с про-

слоями вулканических туфов, туфоконгломератов, конгломератов и карбонатных пород. Вскрытые скважинами в основной части Печорского палеобассейна вулканогенные породы образуют горизонты среди осадочных пород, а также интервалы, в которых имеет место переслаивание лав, туфов и туфитов с этими породами. Силлы образуют межпластовые и внутрипластовые внедрения, а интрузии – согласные и секущие тела. По петрохимическим параметрам вулканы трапповых излияний и их пирокластические фации относятся к пикробазальтам, базальтам, андезибазальтам, трахиандезитам. Сопутствующие покровам субвулканические тела представляют собой силлы и дайки габбро-диабазов, диабазов, долеритов, кварцевых долеритов. На Пай-Хое и о-ве Вайгач развита преимущественно интрузивная фация основного магматизма в виде интрузий и силлов габбро-диабазов с радиологическими возрастными, определенными по К-Аг методу, от  $382 \pm 20$  до  $344 \pm 19$  млн лет (Юшкин и др., 1972). Породы интрузий и силлов отвечают пикритовым диабазам, нормальным габбро-диабазам и диабазам, диоритам и гранодиоритам. Интрузии и силлы несут черты внутрикамерной и кристаллизационной дифференциации.

В особую фацию следует выделить трубки взрыва, выявленные на Вольско-Вымской гряде Среднего Тимана. Они выполнены туфобазальтами, для которых U-Pb методом определен возраст 400 млн лет, и щелочными лампрофирами с возрастом  $390 \pm 14$  млн лет (Мальков, Холопова, 1995). Это может указывать на то, что образование диаатрем с базальтовым и щелочно-базальтовым выполнением несколько предшествовало излиянию траппов.

Пермскому интервалу развития Печорской палеоструктуры отвечают отложения, которые свидетельствуют о коллизионных геодинамических условиях, охвативших эту впадину и западную периферию палеозойского орогена. Нижние части пермского разреза синколлизионных впадин северо-восточной периферии Печорской впадины, Косью-Роговской и Кортаихинской слагаются накоплениями горизонтов конгломератов и чередующихся отложений песчаников, алевролитов и аргиллитов, объединяемых в комплексы сероцветной терригенной формации нижней молассы. Во впадинах восточной и юго-западной части плиты, Верхнесыньинской и Верхнепечорской, в нижних частях разрезов преобладают темно-серые аргиллиты с прослоями мергелей, глинистых известняков и алевролитов. Выше по разрезу нижнюю молассу сменяют отложения полимиктовой терригенной формации. На всей площади распространения формация представлена комплексами, сложенными песчаниками, алевролитами и аргиллитами, а также терригенно-угленосными и галоген-терригенными накоплениями. В составе синкол-

лизионных накоплений верхней перми основная роль во впадинах принадлежит красноцветно-сероцветным полимиктовым песчаникам, аргиллитам, мергелям, глинам и терригенно-угленосным отложениям.

## РУССКАЯ ПРОТОПЛИТА

Самая ранняя геодинамическая система сегмента образуется протерозойскими ассоциациями Русской протоплиты и осложняющими ее строение блоками прототеррейнов. Протерозойские осадочные отложения Русской протоплиты, локализуемые в сериях нижнего, среднего и верхнего рифея, по своим формационно-фациальным и другим параметрам отвечают ассоциациям внутриплитных депрессий. На уровнях нижнего и среднего рифея их формирование нарушалось образованием внутридепрессионных грабенов. По данным литолого-фациальных исследований (Маслов, 1997, 1999, и др.), осадочные отложения нижнего рифея, содержащие в основании горизонт базальных отложений айской свиты, в своей главной части представлены карбонатными и карбонатно-сланцевыми накоплениями мелководных и умеренно-глубоководных фациальных условий. В свою очередь, серия среднего рифея сложена главным образом конгломерат-песчаниковыми и песчано-сланцевыми последовательностями мелководных фаций. Наконец, каратауская серия верхнего рифея характеризуется 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 радиологические уровни 1.35 и 1.1 млрд лет (Коротев и др., 1997). Для осадочной серии верхнего рифея меняются зоны сноса, которые смещаются на юго-запад, и фациальная зональность, приобретающая северо-западное направление, что согласуется с тиманскими простираниями.

Комплексы внутридепрессионных грабенов выполняют линейные структуры, располагающиеся среди депрессионных ассоциаций. Среди отложений нижнего рифея находится грабен с накоплениями навыйшского трахибазальтового комплекса, а среди отложений среднего рифея – цепочка отдельных грабенов с породами машакско-шатакского базальт-риолитового комплекса. В сложении грабенов участвуют также грубообломочные терригенные породы и песчаники. В тектоническом отношении навыйшский комплекс выполняет локальный грабен, а машакско-шатакский, сложенный базальтами и риолитами в лавовой, субвулканической и дайковой фациях, приурочен к полосе грабеновых структур восточной части Башкирского выступа. По данным изотопной геохронологии (U-Pb метод), общая продолжительность грабенового вулканиз-

ма оценивается интервалом от 1.6–1.5 млрд лет для его ранних этапов до 1.35 млрд лет для времени затухания (Краснобаев и др., 2008).

Строение Русской протоплиты осложняется системой тектонических блоков, резко различающихся внутренним строением и составом. В данном контексте они выделены в качестве прототеррейнов и протоблоков. Тектоническая и геодинамическая природа этих блоков недостаточно ясны и требуют дополнительных исследований. Однако выделение в отдельную группу геодинамических элементов представляется достаточно обоснованным. В зоне Урал-Тау, примыкающей с востока к Башкирскому выступу, выделяются по строению и составу Белорецкий и Златоустовский блоки. Севернее располагаются Тараташский и Уфалейский тектонические протоблоки. Вероятная принадлежность двух последних по набору критериев к группе аналогов террейнов древней континентальной коры рассмотрена в ряде работ (Нечеухин, 1997; Краснобаев и др., 1998; Нечеухин и др., 2000). К прототеррейнам отнесены Белорецкий и Златоустовский блоки. Они сложены метаморфическими породами с зонами развития высокобарических парагенезисов (эклогитов и др.) и имеют тектонические контакты типа крупных внутриплитных сдвигов. В строении Белорецкого террейна выявлены различающиеся по простиранию дорифейские и позднерифейские структурные элементы, что позволяет предполагать его крупные горизонтальные перемещения в интервале между этими структурными преобразованиями (Glasmacher et al., 1999).

По западной периферии Златоустовского и Белорецкого прототеррейнов на Южном Урале выделяется зона развития сдвигово-раздвиговых (транстенсивных) дислокаций. Зона сопровождается цепочкой габбровых интрузий Кусинско-Копанского пояса и Рябиновским гранитоидным массивом. По-видимому, с метаморфическими процессами в этой зоне связано также образование гранито-гнейсов Губенской полосы, а также метавулкаников и орто- и парасланцев Кувашского метаморфического комплекса, слагающих ее восточную часть. Кусинско-Копанский пояс складывается цепочкой пластовых и дайкообразных габброидных интрузий. Морфологией и залеганием интрузии подчеркивается сдвигово-раздвиговая природа вмещающей их зоны разломов. Контакты массивов тектонические, а их внутреннее строение несет черты зональности и стратификации, характерные для внутриплитных интрузий. По данным комплексных исследований методами U-Pb по циркону и Sm-Nd по породам и минералам, радиологические возрасты, габбро и гранитоидов – 1385 млн лет и гнейсов – 1330 млн лет (Краснобаев и др., 2006). Формирование габбро и гранитоидов, с одной стороны, и гнейсов, с другой, происходило, вероятно, последовательно в близком временном диапазоне.

## СТРОЕНИЕ И ГЛУБИННЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕГМЕНТА

Для анализа строения земной коры Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента и рассмотрения его глубинных структурных элементов существенное значение имеют материалы сейсмоструктурных профилей. В настоящее время сегмент пересечен значительным числом профилей разного типа. Особое значение имеют профили комплексных геофизических исследований с использованием МОВ, который дает сведения как о горизонтальных, так и наклонных и пологопадающих сейсмических границах. Большая часть таких профилей сосредоточена в пределах Уральского орогена, где они многократно пересекают его центральную часть, а на отдельных профилях захватывают геодинамические и тектонические образования его периферий. На Среднем Урале к ним относятся пересечения на широте городов Верх. Тура и Асбест, дополненные рядом коротких профилей. Существенное значение имеет также профиль “Уралсейс-95” на Южном Урале, выполненный в рамках международной программы “Европроба”.

Представление о строении земной коры значительной части сегмента основано на результатах комплексных геофизических исследований на Верхнетуринском и Сарановском профилях, образующих Верхнетуринское пересечение. Их может дополнить короткий Северососьвинский профиль, пройденный несколько севернее.

Верхнетуринское пересечение и составляющие его Верхнетуринский и Сарановский сейсмические профили последовательно пересекают Кваркушский выступ Русской плиты, Тагильский сегмент с системой слагающих его островодужных поясов, а также разделяющую их зону Трансуральского коллизионного шва. В восточной части профиль захватывает Салдинский террейн.

В пределах Кваркушского поднятия на сейсмическом профиле выделяется прежде всего депрессия, соответствующая основной части глубинной структуры, которая на поверхности воспринимается и обозначается как “антиклинальное поднятие”. Депрессионная структура характеризуется пологим западным и более крутым восточным бортами. Граница восточного борта срезает сейсмоструктурный рисунок прилегающего к нему с востока клиновидного выступа, который имеет горизонтально-слоистое внутреннее строение, расширяющееся на глубину, и образует основание Трансуральского коллизионного шва. На западном борту границы депрессии менее деструктивны к сейсмоструктурному рисунку вмещающих пород. Верхняя часть депрессии осложнена серией надвигов, число и интенсивность которых увеличиваются с приближением к клиновидному выступу.

Зона Трансуральского коллизионного шва имеет характер наклонно погружающегося горизонта тонкосланцеватого сложения. Границы горизонта срезают сейсмические рисунки граничащих с ним структур, в том числе в ее основании. В целом по своему строению зона проявляет черты крупного глубинного надвига.

Расположенная к востоку от шва Тагильская зона имеет сложное строение, хотя в целом по сейсмоструктурному рисунку она соответствует пологой синформе. При этом западное крыло синформы срезается структурой коллизионного шва, а восточное – сложной границей Салдинского террейна. Салдинский террейн, образуя восточную периферию зоны, внутри имеет горизонтально-слоистое строение, которое подчеркивается сейсмическими границами. Восточная часть синформы надвинута на западную часть по пологому надвигу.

Центральная область самого северного Северососьвинского сейсмоструктурного профиля МОВ имеет характер моноклинали, которая восточнее сменяется несогласно залегающими осадочными и вулканогенно-осадочными отложениями депрессии, слагающими систему чешуйчато-надвиговых структур. В западной части профиля выделяется мощная сланцевая полоса сочленения Тагильской вулканогенной зоны с допалеозойскими образованиями Кваркушского выступа, осложненная интрузивным массивом габбро.

Строение и структурные особенности земной коры межсегментного сочленения характеризуются Асбестовским пересечением. Пересечение в западной части захватывает фрагменты Бардымской зоны, Кваркушского выступа и Тагильской структуры с коллизионным швом. Восточнее оно проходит через систему выступов докембрийских метаморфических пород и мигматито-гнейсовых и гранито-гнейсовых комплексов, которые трактуются как террейны древней континентальной коры. С ними ассоциируют внутриблоковые гранитоидные массивы и разделяющие их структуры. Глубинные части пересечения имеют более сложное строение.

Строение фрагментов Бардымской зоны и Кваркушского выступа можно представить по недостаточному информативным данным профиля. Большее представление об этом дают сейсмоструктурные данные по фрагменту Тагильской структуры с элементом коллизионного шва. В частности, Тагильская структура, по этим данным, имеет строение синформы, центральная часть которой образуется гранитным массивом, переходящим на глубине в зону гранито-гнейсов. Трасструктурный коллизионный шов образует западный борт синформы.

Основная часть пересечения, как было отмечено, проходит через выступы докембрийских пород, гранито-гнейсовых комплексов и гранитных массивов. При этом выступы соответствуют, как правило, отдельным тектоническим блокам, которые

ограничены по глубине и имеют субгоризонтально-слоистое строение. Периферия многих блоков осложнена чешуйчатыми надвигами и покровами палеозойских пород, бескорневыми литопластинами ультрабазитов, ультрабазит-габбровых и серпентинитовых тел.

В свою очередь, между блоками по сейсмическим элементам выделяются системы крутопадающих структур восточного и западного падения, обычно выполаживающиеся или исчезающие с глубиной. На поверхности им отвечают узкие зоны деформированных и метаморфизованных пород и серпентинитов. Отмеченные особенности строения таких зон, их положение между тектоническими блоками, наличие по периферии блоков и литопластин вулканогенных пород и ряд других признаков свидетельствуют о том, что они соответствуют швам коллизионного сочленения и сутурам.

Для анализа строения и структурных особенностей земной коры южной части сегмента могут служить материалы сейсмоструктурного профиля “Уралсейс-95”, выполненного в рамках международной программы “Европроба”. Профиль начинается в пределах Передового прогиба и Башкирского выступа, пересекает Кракинскую зону и Магнитогорскую структуру и заканчивается в Троицкой зоне Казахстанской структурной системы. Сейсмоструктурные исследования выполнены с использованием метода ОГТ с вибрационным и взрывным источниками, данные которых подверглись отдельной интерпретации (Berzin et al., 1996; Глубинное строение..., 2001). Согласно этим данным, по сейсмоструктурным особенностям в сложении этой части сегмента можно выделить две главные части. Одна из них располагается к западу, а вторая – к востоку от зоны глубинного коллизионного шва.

Структурная область, расположенная к западу от Трансуральского глубинного коллизионного шовного надвига, характеризуется сочетанием пологопадающих сейсмических площадок с четырьмя системами тектонических блоков, захватывающих палеозойские и допалеозойские образования. Первые два блока, включающие в себя структуры предгорных депрессий и Башкирский выступ, характеризуются чертами слабого взаимного надвигания и сменяются к западу ненарушенной корой Восточно-Европейского кратона. Следующие блоки, отвечающие Кракинской и Суваньякско-Миндякской сутурам, отличаются значительными деформациями земной коры на всю вскрываемую глубину. Их границы деструктивны по отношению к внутренним сейсмическим системам и отделяются от восточной структурной части с другим строением земной коры слабопроявленным, но достаточно выделяющимся швом.

Совершенно другие особенности строения земной коры и соотношения ее глубинных элементов

выявляются по сейсмоструктурным данным для структурной области, расположенной к востоку от межплитного коллизионного шва. Сразу от границы шва выделяется значительная часть этой области, характеризующаяся системами сейсмических площадок, которые объединяются в пологопадающие в восточном направлении сейсмоструктурные линейные элементы. Можно с достаточным основанием предполагать, что эти элементы отражают структурный рисунок надвиговой тектоники. Она прослеживается до широт Джабыкского гранитоидного массива, по сейсмоструктурным данным состоящего из верхней гранитной и нижней гнейсовой частей. На широте массива к восточной сейсмоструктурной системе на глубине присоединяется структурная система сейсмических площадок и линейных элементов западного падения. Эта система прослеживается до поверхности, где ей отвечает аккреционно-коллизионная структура, фиксирующая аккреционно-коллизионное сочленение Уральского и Казахстанского орогенов.

Имеется основание рассматривать выявленный пример аккреционно-коллизионного сочленения двух орогенов как и подвиг одного орогена под другой, в качестве нового, малоизученного геодинамического процесса в рамках тектоники литосферных плит. Несомненно, его необходимо учитывать при геодинамических и тектонических реконструкциях практических рекомендаций.

#### РОЛЬ АККРЕЦИОННЫХ И КОЛЛИЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ ОРОГЕННЫХ СИСТЕМ СЕГМЕНТА

По материалам реконструкций, аккреционные и коллизионные процессы в орогенических системах Урало-Тиманского сегмента Евразии представлены несколькими типами. В частности, аккреционные процессы представлены двумя типами. Результат проявления одного типа аккреции выражается в простом сочленении структурно-вещественных ассоциаций однотипных обстановок при их причленении к периферии древнего кратона. В свою очередь, проявление другого типа сопровождается формированием структурных образований более сложного характера. К ним относятся многопокровные структурные ансамбли и системы чешуйчато-надвиговых покровов. В сложении этих структурных образований участвуют, как правило, покровы с комплексами разных геодинамических режимов и обстановок.

В обстановках коллизии вместе с сопровождающими ее структурными элементами имеет место проявление синколлизийных магматизма и метаморфизма. Этому способствуют примеры увеличения мощностей земной коры за счет ее тектонического скупивания, устанавливаемые по геофизи-



ческим данным, в частности по материалам сейсмоструктурных исследований. Значительную роль при коллизионных процессах играют террейны континентальной коры.

Процессы коллизии характеризуются проявлением в швах столкновения синколлизийного магматизма и метаморфизма, а также увеличением мощности земной коры за счет ее скучивания. Коллизионные процессы и их структурно-вещественные ассоциации характерны для Уральской орогенной системы, особенно в ее восточной периферии. По составу находящихся в коллизионном столкновении блоков и зон имеются основания выделить межзональный, межблоковый, межсегментный и межорогенный типы коллизии, а также межплитную коллизию. По данным реконструкций, процессы коллизионного столкновения разных типов захватывают значительный интервал геодинамики формирования этой системы. В частности, на Южном Урале межблоковый тип проявляется в нижнем-среднем девоне при столкновении отдельных блоков сложного Мугоджарского террейна, а межорогенный тип коллизии имел место, вероятно, после среднего карбона. Еще более сложный характер имеет межплитная коллизия, сопровождавшая формирование Трансуральского коллизионного шва. Как можно судить по строению шва и абсолютному и относительному времени образования глаукофансланцевого комплекса, его формирование охватывало геологический интервал от ордовика до раннего карбона. Соответственно, можно полагать, что разные типы коллизии проявлялись в течение значительной части геодинамического цикла формирования орогена, а не были приурочены к его отдельной, в том числе конечной, стадии.

Между тем устанавливается, что в современном геологическом сложении как верхнепротерозойской, так и палеозойской геодинамических систем проявляется зональное размещение аккреционных и коллизионных структурно-вещественных ассоциаций. Однако такая зональность имеет в этих системах различающиеся соотношения с их другими геодинамическими элементами. Это связано, скорее всего, с особенностями плитотектонической геодинамики формирования этих систем. В частности, в пределах Тиманского орогена коллизионные ассоциации располагаются вдоль коллизионной шовой зоны и в латеральном отношении в сторону палеоокеанического бассейна их сменяют образования пассивной протоконтинентальной окраины. В свою очередь, в сторону палеоокеанического бассейна они сменяются ассоциациями аккреции этого бассейна. По материалам геодинамических реконструкций, рассмотренных в работе В.Г. Гецен (1991), участвующие в процессах коллизии этой системы континентальные террейны соответствуют блокам деструкции Русской палеоплиты.

В противоположность охарактеризованной зональности в пределах Уральской орогенной системы вдоль Главного коллизионного шва, отмечающего границу пассивной континентальной окраины, располагается зона находящихся в аккреционном скучивании палеоостроводужных ассоциаций. В свою очередь, ассоциации, находящиеся преимущественно в коллизионном скучивании, в сложении которых существенная роль принадлежит континентальным террейнам, сменяют образования аккреции в сторону океанического палеобассейна. Как свидетельствуют геологические и геохронологические данные, а также материалы палеомагнитических исследований, континентальные террейны палеозойской геодинамической системы не могут быть отнесены к фрагментам деструкции Русской протоплиты. В этом отношении они принадлежат к типу экзотических террейнов и соответствуют, скорее всего, фрагментам деструкции литосферных плит, расположенных восточнее, включая литосферные плиты Восточной Гондваны.

Аккреционные и коллизионные процессы, таким образом, создают в конечном счете структурный каркас орогенных геодинамических систем Урало-Тиманского ареала. Палеорекострукции этих процессов и их типизация позволяют получить более полное представление о плитотектонической геодинамике формирования этих систем и, соответственно, всего сегмента.

#### ГЕОДИНАМИКА СЕГМЕНТА И РАЗВИТИЕ ПРОБЛЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ОРОГЕННЫХ СИСТЕМ

Приведенные материалы об особенностях строения Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии и структурных и возрастных соотношений слагающих его элементов позволяют выявить основные черты геодинамики формирования этого сегмента. Сложность геодинамики выделенного фрагмента литосферы состоит в том, что, с одной стороны, он представляет собой структурную единицу земной коры, в которой интегрированы разновозрастные и различающиеся по строению тектонические и геодинамические системы, с другой стороны, каждая из этих систем характеризуется своими рядами вещественных и структурных ассоциаций. Таким образом, для выявления геодинамики формирования сегмента имеется необходимость учитывать как минимум две координаты. Одну из них составляют процессы геодинамики слагающих сегмент разновозрастных систем, которые определяются с разными по положению энергетическими источниками этих процессов, а вторую – процессы интеграции этих систем в состав сегмента. В связи с тем, что процесс формирования Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента

Евразии объединяет эти две координаты, он сопровождается рядом особенностей, которые выявлены для слагающих его орогенов и орогенных систем. Эти особенности позволили, с одной стороны, объединить орогены и орогенные системы сегмента в отдельную группу, а с другой стороны, дать характеристику этим особенностям.

Геодинамические реконструкции показали, что участвующие в сложении сегмента образования как Тиманского орогена, так и особенно Уральской орогенной системы содержат структурно-вещественные ассоциации, относящиеся к ассоциациям палеоокеанических бассейнов. Как свидетельствуют актуалистические сопоставления, индикаторное значение имеют прежде всего вулканические серии океанического спрединга с офиолитовыми ассоциациями океанической коры. Их дополняют в разной степени дифференцированные вулканические, а также вулканогенно-интрузивные серии субдуктивных обстановок, аккреции и коллизии. Достаточно подробная характеристика этих образований, а также положения и размещения их в сложении орогенов и орогенных систем содержатся в предыдущих разделах. Отмеченные особенности дают основание отнести орогены и орогенные системы, участвующие в сложении характеризуемого сегмента, к образованиям эпикоеанического типа (от греч. *epi* – после), формирующиеся за счет трансформации океанических бассейнов и их ассоциаций. В этом отношении они составляют альтернативу орогенам, которые образуются при коллизионном столкновении кратонов, а также внутрикратонным складчатым системам и имеют иные характеристики, в том числе по рудной специализации. Имеются основания считать, что орогены и орогенные системы эпикоеанического типа формируют отдельную группу в геодинамической типизации орогенных систем (Нечуехин, 1997).

Итак, сформулируем основные выводы.

1. Высказанное положение дает основание сделать первый вывод об особенностях геодинамики формирования орогенов и орогенных систем характеризуемого сегмента. *Орогены и орогенные системы сегмента имеют признаки образований эпикоеанического типа, формирование которых связывается с трансформацией океанических бассейнов и слагающих их ассоциаций*

Для реконструкции формирования Уральской орогенной системы принципиальна проблема наличия на начальной стадии образования океанического бассейна режима внутрикратонного рифтогенеза. По мнению ряда исследователей, такой режим в верхнем протерозое проявился на Русской протоплите. Последовательно увеличивая интенсивность и масштабы, он завершился разрывом земной коры протоплиты с образованием океанического бассейна и впоследствии орогенной систе-

мы. Очевидно, что при таком развитии событий следует предполагать проявление как минимум двух геологических последствий.

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

В частности, верхнепротерозойские магматические комплексы на восточной периферии протоплиты имеют ограниченные масштабы проявления и практически затухают на уровне среднего рифея, а в их размещении отсутствуют элементы характерной для структур раздвига латеральной зональности. Еще меньшее подтверждение имеет второе последствие. Как по материалам реконструкций, так и по геофизическим данным, на восточной периферии орогена отсутствует крупная компактная континентальная масса, отвечающая фрагменту палеократона. Одновременно устанавливается, что в южной части Уральской орогенной системы сочленяется с Казахстанским орогеном, сформировавшимся в течение раннего и среднего палеозоя. Вместе с этим по восточной периферии Полярного и Среднего Урала, по геофизическим данным, под мощным чехлом мезозойско-кайнозойских отложений выявляются Ханты-Мансийский и Уват-Тавдинский террейноподобные выступы, в сложении которых участвуют гнейсы, амфиболиты, гранитоиды и другие горные породы, тогда как в сложении Русской палеоплиты преобладают осадочные отложения. Перечисленные же ассоциации более характерны для древних континентальных террейнов, которые присутствуют в обнаженной части орогена. Между тем геодинамическая природа отмеченных континентальных масс, как и их внутреннее строение, требуют дальнейших исследований. Они могут представлять собой как древние микроконтиненты, так и агломерации древних континентальных террейнов.

Все отмеченное позволяет предполагать, что *ранние этапы Уральской орогенной системы развивались в другом режиме и, скорее всего, не имели проявления в сложении протоплиты.*

2. Геодинамические реконструкции показали, что в сложении сегмента участвуют как орогены и орогенные системы с полной или почти полной геодинамической последовательностью, так и орогенные пояса с сокращенной последовательностью. В системах с полной или почти полной последовательностью выделяются ассоциации всех геодинамических режимов и обстановок цикла Вильсона. Соответственно, в сложении орогенных поясов с сокращенной последовательностью отсутствуют ассоциации части режимов и геодинамических обстановок (Нечеухин, 1996; Коротеев, Нечеухин, 1998). Такое положение влияет на методологию геодинамических реконструкций, а также позволяет сделать третий вывод об особенностях геодинамики формирования орогенов и орогенных поясов данного сегмента.

3. *В сложении сегмента участвуют орогенные системы и орогенные пояса с полными и неполными рядами ассоциаций геодинамической последовательности. Этим он отличается от принятых представлений об однотипности содержания циклов.*

К одной из сложных относится проблема закрытия океанических бассейнов. По общепринятой схеме такой процесс связывается со столкновением фрагментов древнего кратона, образовавшихся при его разрыве в режиме гиперколлизии. Однако, как было показано в предыдущем разделе, в пределах восточной периферии Уральской орогенной системы такой фрагмент не устанавливается. Вместо процесса столкновения фрагментов древнего кратона, по геологическим и геофизическим данным, устанавливается столкновение Уральской орогенной системы с образованиями Казахской орогенной области в режиме активной коллизии, что привело к закрытию океанического палеобассейна.

Данное положение позволяет сделать четвертый вывод об особенностях геодинамики формирования орогенов и орогенных систем данного сегмента:

4. *Закрытие океанических бассейнов происходит не только по схеме столкновения постдеформационных фрагментов древнего кратона в режиме гиперколлизии, но и по другим схемам, включая схему коллизионного столкновения двух или более разных орогенов.*

Все материалы позволяют считать, что строение литосферы сегмента связано с многоэтапной интеграцией. Под этим понимается процесс объединения отдельных литосферных фрагментов разных условий формирования и состава в цельный крупный литосферный блок.

Как показывают материалы реконструкций, главную основу структуры Евразийского сегмента составляют литосферные фрагменты Русской платформы, Тиманского и Уральского оро-

генов, Талота-Пайпудын-Лемвинского и Сакмаро-Краинско-Тирлянского орогенных поясов. Интеграция этих литосферных блоков обусловлена, как свидетельствуют палеомагнитные и сейсмоструктурные данные, взаимными перемещениями отдельных блоков, сопровождаемыми их аккрецией и столкновениями. При этом имеет место вовлечение части одной системы и ее фрагментов в структуру другой системы, нередко с изменением структурного положения этих фрагментов.

Достаточно показательно строение зоны сочленения южной части Уральской и Казахской орогенных систем. В этой зоне выявляется отчетливое пододвигание одной системы под другую и, соответственно, надвигание другого литосферного блока. Это приводит не только к формированию зоны коллизионного шва, но и к увеличению мощности земной коры и к другим изменениям.

Примером другого типа сочленения литосферных блоков может служить зона соединения Русской платформы и Тиманского орогена. В этой зоне имеет место вовлечение в структуру орогена фрагмента платформы, что сопровождалось изменением его структурного положения. Вовлечение отмечено формированием синколлизионных вулканогенно-интрузивных ареалов верхнего протерозоя.

Материалы реконструкций содержат и другие менее выраженные зоны интеграционных сочленений, например бескорневые выступы метаморфических пород с древними допротерозойскими возрастными на Полярном Урале и другие объекты.

Приведенные данные и имеющиеся модельные построения позволяют сделать пятый вывод об особенностях геодинамики формирования орогенов и орогенных систем данного сегмента:

5. *Интеграционные процессы могут сопровождаться не только аккреционным сближением орогенов и орогенных систем, но и вовлечением части одной системы в структуру другой системы, а также взаимным вовлечением отдельных фрагментов этих систем, нередко с изменением доинтеграционного их структурного положения и соотношения.*

## ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕГМЕНТА И ЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В ГЛОБАЛЬНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

В пределах Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии выполнен значительный объем геологических, геофизических, в том числе сейсмоструктурных, изотопно-геохимических и других исследований, проводимых при геодинамических реконструкциях. Результатом явилась разработка геодинамических моделей формирования для разных частей сегмента (Палеогеодинамические ассоциации..., 2009). Вместе с тем более изучен в этом плане Южный Урал, особенно геологические объ-

екты, прилегающие к зоне сейсмического пересечения “Уралсейс-95”, выполненного по международной программе. Сейсмический профиль пересечения захватывает не только центральную часть Уральской системы, но и ее западную и восточную периферии, а также западную часть Казахстанской системы. Стало очевидным, что наиболее целесообразно именно это пересечение использовать для разработки геодинамической модели формирования сегмента.

По предлагаемой модели, формированию центральной части Уральской орогенной системы предшествует образование Кракинской зоны как составного элемента Сакмаро-Кракинско-Тирлянского орогенического пояса по схеме “сквозьлитосферного косо́го сдвига”. Оно включало в себя процессы растяжения и рифтогенного раздвижения периферии Русской протоплиты, что относится, по-видимому, к началу кембро-ордовика и силура. Формирование Южноуральской части Уральской системы происходит, как следует из материалов геодинамических реконструкций, во время всего палеозоя.

Предлагаемые в работе региональные модели имеют, несомненно, закономерную связь с элементами глобальных реконструкций. В основе таких реконструкций лежит анализ палеомагнитных измерений, дополняемых геологическими и геофизическими материалами. Анализ этих данных имеет своей конечной задачей реставрировать меняющееся во времени взаимное положение континентов и океанов, а также входящих в их состав геодинамических элементов. Однако следует отметить, что предлагаемые разными авторами схемы глобальных реконструкций существенно различаются и не могут рассматриваться как полностью достоверные построения. Тем не менее, сопоставляя разные схемы и учитывая геологические материалы региональных реконструкций, можно принять некоторые положения глобальных реконструкций для составления общей картины.

При этом, исходя из нашей задачи и материалов региональных реконструкций, представляется необходимым рассмотреть положение в глобальных построениях Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии и интегрированных в его пределах геодинамических систем. Наибольший интерес представляют глобальные реконструкции для уровней конца верхнего протерозоя, среднего и верхнего девона, ранне- и среднекаменноугольного интервалов.

Основные особенности формирования Евроазиатского сегмента и слагающих его геодинамических элементов, выявленные в ходе приведенного анализа глобальных реконструкций, включают как минимум два положения. Первое состоит в том, что этот сегмент и слагающие их геодинамические элементы на всех этапах глобаль-

ных процессов локализуются по периферии Русской протоплиты, входящей в Восточно-Европейский кратон (Балтии). Не менее важное второе положение состоит в том, что формирующиеся системы как верхепротерозойского, так и особенно палеозойского интервалов всегда отделялись от восточных и южных кратонов неактивизированным океаническим пространством. На севере между орогенными системами и Сибирским кратоном оно принадлежало Прото- и Палеоазиатскому океанам, входившим на разных этапах в состав Панталассы и Палеопацифики. На юге между Уральской орогенной системой и континентами Западной Гондваны такую роль выполнял океан Палеотетис.

В окончательном становлении Евроазиатского сегмента решающее значение имели располагавшиеся восточнее фрагменты литосферы и их перемещения. Являвшийся на востоке наиболее крупным фрагментом допалеозойской литосферы Кокчетавский блок, по данным палеомагнитных реконструкций, в палеозое претерпел перемещение от Восточной Гондваны до Южноуральского сегмента Уральского орогена. Это перемещение сопровождалось образованием по периферии блока систем разновозрастных вулканических поясов и других геодинамических элементов, вошедших в состав сформировавшейся Казахстанской орогенной области. В результате на уровне, вероятно, позднего палеозоя произошло столкновение Уральского и Казахстанского орогенов, что определило закрытие не только остаточных океанических бассейнов по периферии Русской протоплиты, но и располагавшихся восточнее океанических пространств. На северном продолжении в столкновении с орогенной системой участвовали Ханты-Мансийский и Уват-Тавдинский террейноподобные блоки, также переместившиеся с востока. Это совпадает с материалами региональных геодинамических моделей и дает основание рассматривать Евроазиатский сегмент как окраинноплитное образование.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В составе Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии интегрированы геодинамические системы и ассоциации, относящиеся к верхнепротерозойскому, палеозойскому и мезозойско-кайнозойскому периодам. Каждая система содержит различающиеся 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 Приполярно-Полярной части сегмента объединяются в Тимано-Протоазиатскую орогенную систему северо-западного простираения.

Фрагменты ассоциаций системы прослеживаются по краю Восточно-Европейской платформы. В свою очередь, аналоги этих ассоциаций предполагаются на периферии Сибирского кратона, что позволяет предположить присутствие образований системы в основании Западно-Сибирской платформы.

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

Уральская орогеническая система палеозойского времени имеет субмеридиональное простирание, а входящий в ее сложение Трансуральский коллизионный шов деструктивен по отношению к верхнепротерозойской орогенной системе и геодинамическим элементам выступов Русской протоплиты. Систему характеризуют ассоциации полной геодинамической последовательности. Она включает в себя ассоциации океанической палеокоры, островных палеодуг и задуговых и междуговых палеобассейнов, а также ассоциации активных композиционных континентальных окраин. Существенную роль в сложении 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 характеризованного сегмента депрессионно-грабеновыми накоплениями Русской протоплиты и выделенными в ее составе ассоциациями прототеррейнов, а также ассоциациями сдвигово-раздвиговых протоструктур.

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

В результате анализа и обобщения этих материалов была составлена Геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии масштаба 1 : 2 500 000, которая позволила получить представление об особенностях строения и развития северо-западной части Евразийского ареала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беличенко В.Г., Скляр Е.В., Добрецов Н.Л., Томурто-гоо О. (1994) Геодинамическая карта Палеоазиатского океана. Восточный сектор. *Геология и геофизика*, **35** (7-8), 29-40.
- Борисенок Д.В., Рязанцев А.В., Дубинин С.В., Калинина Е.А. (2004) Верхнеордовикский вулканогенный колчеданосный комплекс в структуре Сакмарского аллохтона на Южном Урале. *Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России*, **2**. Сыктывкар: Геопринт, 79-80.
- Волчек Е.Н. (2004) Геодинамические обстановки кисло-го вулканизма западного сектора Севера Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 145 с.
- Гафаров Р.А. (1963) Строение докембрийского фундамента севера Русской платформы по данным региональных геофизических исследований. М.: ГИН АН СССР 212 с.
- Геодинамическая карта Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии масштаба 1 : 2 500 000 (В.М. Нечехин, В.А. Душин, В.Г. Оловянишников). (2009) Екатеринбург, УГГУ.
- Гецен В.Г. (1991) Модель развития земной коры Северо-Востока Европейской платформы в позднем докембрии. Сыктывкар: Геопринт, 28 с.
- Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект "Уралсейс"). (2001) Тверь: Геос, 288 с.
- Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралид-тиманид (Н.Б. Кузнецов, А.А. Соболева, О.В. Удорткина, М.В. Герцева). (2005) Сыктывкар: Геопринт, 100 с.
- Душин В.А. (1997) Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора Севера Урала. М.: Недра, 213 с.
- Душин В.А., Остроумов В.Р., Малюгин А.А., Сердюкова О.П., Чурсин А.В., Попова О.М., Козьмин В.С. (2014) Потенциальная алмазоносность Полярного Урала. Екатеринбург: УГГУ, 200 с.
- Журавлев В.С., Гафаров Р.А. (1959) Схема тектоники северо-востока Русской платформы. *Докл. АН СССР*, **128**(5), 1023-1025.
- Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. (1979) Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. Л.: Наука, 129 с.
- Коротеев В.А., Краснобаев А.А., Нечехин В.М. (1997) Геохронология и геодинамика верхнего протерозоя Севера Евразии. *Рифей Севера Евразии*. Екатеринбург: УрО РАН, 28-36.
- Коротеев В.А., Нечехин В.М. (1998) Магматические и метаморфические ассоциации полной геодинамической последовательности. *Магматизм и геодинамика*. Екатеринбург: УрО РАН, 10-22.
- Краснобаев А.А., Беа Ф., Ферштатер Г.Б., Монтеро П. (2006) Цирконы и проблема докембрия в главном гранитном поясе Урала (Кожубаевский метаморфический комплекс). *Докл. АН*, **408**(3), 370-374.
- Краснобаев А.А., Нечехин В.М., Давыдов В.А., Соколов В.Б. (1998) Цирконовая геохронология и проблема террейнов Уральской аккреционно-складчатой системы. *Уральский минералогический сборник*, (8). Миасс: ИМин УрО РАН, 196-206.
- Краснобаев А.А., Русин А.И., Русин И.А. (2008) Цирконология перидотит-гранатового пироксенит-дуניתового комплекса Узянский Крак (Ю. Урал). *Струк-*

- турно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов: Материалы Международной научной конференции. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 58-61.
- Мальков Б.А., Холопова Е.Б. (1995) Трубки взрыва и алмазоносные россыпи Среднего Тимана (Отв. ред. Н.П. Юшкин). Сыктывкар: Геопринт, 49 с.
- Маслов А.В. (1997) Осадочные ассоциации рифея стратотипической местности. Екатеринбург: УрО РАН, 220 с.
- Маслов А.В. (1999) Рифейские бассейны седиментации западного склона Южного Урала (фации, основные черты развития). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 339 с.
- Нечеухин В.М. (1996) Плитотектоническая металлогения складчатых систем с позиций тектоники литосферных плит. Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург: УрО РАН, 10-25.
- Нечеухин В.М. (1997) Плитотектоническая схема Уральской аккреционно-складчатой системы. *Ежегодник-1996*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 40-44.
- Нечеухин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. (2000) Террейны древней континентальной коры в аккреционно-коллизонных структурах Урала. *Докл. АН*, **370**(5), 655-657.
- Оловянишников В.Г. (1991) Модель развития земной коры Северо-Востока Европейской платформы в позднем докембрии. Сыктывкар, Коми НЦ УрО АН СССР, 28 с.
- Оловянишников В.Г. (2004) Геологическое развитие Северного Тимана и п-ова Канин. Сыктывкар: Геопринт. 80 с.
- Палеогеодинамические ассоциации и тектоно-геодинамические элементы Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии: объяснительная записка к Геодинамической карте Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии масштаба 1 : 2 500 000 (В.М. Нечеухин, В.А. Душин, В.Г. Оловянишников). (2009) Екатеринбург: УрО РАН, УГГУ, 158 с.
- Пучков В.Н. (1974) Рифтогенные окраины континентов и их реликты в палеозоидах Лавразии. Сыктывкар: ИГ Коми ф-ла АН СССР, 48 с.
- Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. (2001) Модель формирования Уральского сегмента земной коры в раннем протерозое. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН. "Науч. докл.", Вып. 432, 32 с.
- Руженцев С.В., Самыгин С.Г. (2004) Структура и тектоническое развитие области сочленения Восточно-Европейской платформы и Южного Урала. *Геотектоника*, (4), 20-44.
- Русин И.А. (2002) Гранатсодержащие парагенезисы в гипербазитах массива Крака (Южный Урал). *Ежегодник-2001*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 134-138.
- Савельева Г.Н. (1987) Габбро-гипербазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. М.: Наука, 246.
- Тектоническая карта Урала. Масштаб 1 : 1 000 000 (ред. И.Д. Соболев). (1976) Л.: ГУКГ.
- Тимонин Н.И. (1998) Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 240 с.
- Хаин Е.В., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Бургат К.П., Федотова А.А., Ковач В.П., Яковлева С.З., Ремизов Д.Н., Шефер Ф. (2008) U-Pb возраст офиолитовой ассоциации Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал) Докл. АН., **419**(4), 524-529.
- Шишкин М.А., Малых И.М., Матуков Д.И., Сергеев С.А. (2004) Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала. *Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России*. Сыктывкар: Геопринт, **2**, 148-150.
- Юшкин Н.П., Давыдов В.П., Осташенко Б.А. (1972) Магматические образования Центрального Пай-Хоя и их металлогенические особенности. *Вопросы петрографии севера Урала и Тимана*. Сыктывкар, Тр. ИГ. Коми ф-ла АН СССР. Вып. 17, 3-34.
- Язева Р.Г., Бочкарев В.В. (1998) Геология и геодинамика Южного Урала (опыт геодинамического картирования). Екатеринбург: УрО РАН, 204 с.
- Berzin R., Oncken O., Knapp J.H. et al. (1996) Orogenic evolution of the Ural Mountains: Results from an integrated experiment. *Science*, **274**, 200-222.
- Glasmacher U., Giese U., Stroink L., Reynolds P., Alekseev A., Puchov V., Bauer W. (1999) Neoproterozoic terrane at the eastern margin of Baltic – implications for Late Proterozoic paleogeography and structural evolution of SW Urals, Russia. *J. Conf. Abstr. Strasbourg: EUG-10*, **16**(4), 108.
- Scarrow J., Piase V., Fleutelot C., Dushin V. (2001) The late Neoproterozoic Enganepe ophiolite, Polar Urals, Russia: An extension of the Cadomian arc? *Precamb. Res.*, **110**, 255-275.

## REFERENCES

- Belichenko V.G., Sklyarov E.V., Dobretsov N.L., Tomurtogoo O. (1994) Geodynamic map of the Paleo-Asian Ocean. Eastern sector. *Geol. Geofiz.* **35**(7-8), 29-40. (In Russian)
- Berzin R., Oncken O., Knapp J.H. et al. (1996) Orogenic evolution of the Ural Mountains: Results from an integrated experiment. *Science*, **274**, 200-222.
- Borisenok D.V., Ryazantsev A.V., Dubinin S.V., Kalinina E.A. (2004) Upper Ordovician volcanogenic calchopyrite complex in the structure of Sakmarian allochthone in the Southern Urals. *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii* [Geology and mineral resources of the European north-east of Russia]. Syktyvkar, Geoprint Publ., 79-80. (In Russian)
- Doordovikskie granitoidy Timano-Ural'skogo regiona i evolutsiya protouralid-timanid [ Pre-Ordovician granitoids of the Timan-Ural region and the evolution of protouralide-timanides] (N.B. Kuznetsov, A.A. Soboleva, O.V. Udoratina, M.V. Gertseva). (2005) Syktyvkar, Geoprint Publ., 100 p. (In Russian)
- Dushin V.A. (1997) *Magmatizm i geodinamika paleokontinental'nogo sektora severa Urala* [Magmatism and geodynamics of the paleocontinental sector of the North of the Urals]. Moscow, Nedra Publ., 213 p. (In Russian)
- Dushin V.A., Ostroumov V.R., Malyugin A.A., Serdyukova O.P., Chursin A.V., Popova O.M., Koz'min V.S. (2014) *Potencial'naya almazonosnost' Polyarnogo Urala*. [Potential diamond content of the Polar Urals. Ural]. Ekaterinburg. UGGU. 200 p. (In Russian)
- Gafarov R.A. (1963) Stroenie dokembriiskogo fundamenta severa Russkoi platformy po dannym regional'nykh geofizicheskikh issledovaniy [The structure of Precam-

- brian basement of the north of Russian platform on the data of regional geophysical studies]. Moscow, GIN AN USSR, 212 p. (In Russian)
- Geodinamicheskaya karta Uralo-Timano-Paleoaziatskogo segmenta Evrazii masshtaba 1 : 2 500 000 [Geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asiatic segment of Eurasia. Scale 1 : 2 500 000]. (V.M. Necheukhin, V.A. Dushin, V.G. Olovyanishnikov). (2009) Ekaterinburg, Ural Mining and Geological University Publ. (In Russian)
- Getsen V.G. (1991) *Model' razvitiya zemnoi kory Severo-Vostoka Evropeiskoi platformy v pozdnem dokembrii* [Model of the development of Earth's crust of the Northeast of European Platform in the Late Precambrian]. Syktyvkar, Geoprint Publ., 28 p. (In Russian)
- Glasmacher U., Giese U., Stroink L., Reynolds P., Alekseev A., Puchov V., Bauer W (1999) Neoproterozoic terrane at the eastern margin of Baltic – implications for Late Proterozoic paleogeography and structural evolution of SW Urals, Russia. *J. Conf. Abstr. Strasbourg: EUG-10*, 16(4), 108.
- Glubinnoe stroenie i geodinamika Yuzhnogo Urala (proekt "Uralseis") [Deep structure and geodynamics of the Southern Urals ("Uralseis" project)]. (2001) Tver, Geos Publ., 288 p. (In Russian)
- Khain E.V., Sal'nikova E.B., Kotov A.B., Burgat K.P., Fedotova A.A., Kovach V.P., Yakovleva S.Z., Remizov D.N., Shefer F. (2008) U-Pb age of the ophiolite association of the Voikar-Syn'ya massif (Polar Urals) *Dokl. Akad. Nauk*, 419(4), 524-529. (In Russian)
- Koroteev V.A., Dianova T.V., Kabanova L.Ya. (1979) *Srednepaleozoiskii vulkanizm Vostochnoi zony Urala* [Middle Paleozoic volcanism of the Eastern zone of the Urals]. Leningrad, Nauka Publ., 129 p. (In Russian)
- Koroteev V.A., Krasnobaev A.A., Necheukhin V.M. (1997) Geochronology and geodynamics of the Upper Proterozoic of the North of Eurasia. *Rifei severa Evrazii* [Riphean of the north of Eurasia]. Ekaterinburg, UB RAS, 28-36. (In Russian)
- Koroteev V.A., Necheukhin V.M. (1998) Magmatic and metamorphic associations of the complete geodynamic sequence. *Magmatizm i geodinamika* [Magmatism and geodynamics]. Ekaterinburg, UB RAS, 10-22. (In Russian)
- Krasnobaev A.A., Bea F., Fershtater G.B., Montero P. (2006) Zircons and the Precambrian problem in the main granite belt of the Urals (Kozhubaev metamorphic complex). *Dokl. AN*, 408 (3), 370-374. (In Russian)
- Krasnobaev A.A., Necheukhin V.M., Davydov V.A., Sokolov V.B. (1998) Zircon geochronology and the problem of terranes of the Ural accretion-folded system. *Ural'skii Mineralogicheskii Sbornik*, (8), Miass, IMin UB RAS, 196-206. (In Russian)
- Krasnobaev A.A., Rusin I.A., Rusin I.A. (2008) Zirconology of lherzolite-garnet pyroxenite-dunite complex Uzyansky Kraka (Southern Urals). *Strukturno-veshchestvennye komplekсы i problemy geodinamiki dokembriya fanerozoiskikh orogenov: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* [Structural-material complexes and problems of geodynamics of the Precambrian Phanerozoic orogens: proceedings of the International Scientific Conference]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 58-61. (In Russian)
- Mal'kov B.A., Kholopova E.B. (1995) Trubki vzryva i almazonosnye rossypi Srednego Timana [Explosion tubes and diamond placers of Middle Timan] (Ed. N.P. Yushkin). Syktyvkar, Geoprint Publ., 49 p. (In Russian)
- Maslov A.V. (1997) *Osadochnye assotsiatsii Rifeya stratotipicheskoi mestnosti* [Riphean sedimentary associations of stratotype locality]. Ekaterinburg, UB RAS, 220 p. (In Russian)
- Maslov A.V. (1999) *Rifeiskie basseiny sedimentatsii zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (fatsii, osnovnye cherty razvitiya)* [Riphean sedimentation basins of the western slope of the Southern Urals (facies, main features of development)]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 339 p. (In Russian)
- Necheukhin V.M. (1996) Plate tectonic metallogeny of folded systems from the standpoint of lithospheric plate tectonics. *Metallogeniya skladchatykh sistem s pozitsii tektoniki plit* [Metallogeny of folded systems from the standpoint of plate tectonics]. Ekaterinburg, UB RAS, 10-25. (In Russian)
- Necheukhin V.M. (1997) Plate tectonic diagram of the Ural accretion-folded system. *Ezhegodnik-1996*. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 40-44. (In Russian)
- Necheukhin V.M., Krasnobaev A.A., Sokolov V.B. (2000) Terranes of the ancient continental crust in accretionary-collisional structures of the Urals. *Dokl. AN*, 370(5), 655-657. (In Russian)
- Olovyanishnikov V.G. (1991) *Model' razvitiya zemnoi kory Severo-Vostoka Evropeiskoi platformy v pozdnem dokembrii* [Model of the development of the earth's crust in the Northeast of the European Platform in the Late Precambrian]. Syktyvkar, Komy NTs UB AN SSSR, 28 p. (In Russian)
- Olovyanishnikov V.G. (2004) *Geologicheskoye razvitiye Severnogo Timana i poluoostrova Kanin*. [Geological development of Northern Timan and the Kanin Peninsula] Syktyvkar: Geoprint Publ. 80 p.
- Paleogeodinamicheskie assotsiatsii i tektono-geodinamicheskie elementy Uralo-Timano- Paleoaziatskogo segmenta Evrazii: ob'yasnitel'naya zapiska k Geodinamicheskoi karte Uralo-Timano-Paleoaziatskogo segmenta Evrazii masshtaba 1 : 2 500 000 (V.M. Necheukhin, V.A. Dushin, V.G. Olovyanishnikov) [Paleogeodynamic associations and tectonic-geodynamic elements of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment of Eurasia: explanatory note to the Geodynamic map of the Ural-Timan-Paleo-Asian segment of Eurasia of scale 1 : 2 500 000 (V.M. Necheukhin, V.A. Dushin, V.G. Olovyanishnikov)]. (2009). Ekaterinburg, UB RAS, Ural State Mining University Publ., 158 p. (In Russian)
- Puchkov V.N. (1974) *Riftogennnye okrainy kontinentov i ikh relikty v paleozoidakh Lavrazii* [Riftogenic margins of continents and their relicts in the paleozooids of Laurasia]. Syktyvkar, IG Komi Br of AN USSR, 48 p. (In Russian)
- Pystin A.M., Pystina Yu.I. (2001) *Model' formirovaniya Ural'skogo segmenta zemnoi kori v rannem proterozoe* [Model of formation of the Ural Segment of the Earth's Crust in Early Proterozoic]. Syktyvkar, Komi scientific Center of UB RAS, "Nauch. dokl.", 432, 32 p. (In Russian)
- Ruzhentsev S.V., Samygin S.G. (2004) Structure and tectonic development of junction of the East European platform and the Southern Urals. *Geotektonika*, (4), 20-44. (In Russian)
- Rusin I.A. (2002) Garnet-containing paragenesis in ultrabasic rocks of the Kraka massif (Southern Urals). *Ezhe-*



- godnik-2001. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 134-138. (In Russian)
- Savel'eva G.N. (1987) *Gabbro-giperbazitovye komplekсы ofiolitov Urala i ikh analogi v sovremennoi okeanicheskoi kore* [Gabbro-ultrabasite complexes of ophiolites of the Urals and their analogues in the modern oceanic crust]. Moscow, Nauka Publ., 246 p. (In Russian)
- Scarrow J., Piase V., Fleutelot C., Dushin V. (2001) The late Neoproterozoic Enganepe ophiolite, Polar Urals, Russia: An extension of the Cadomian arc? *Precamb. Res.*, **110**, 255-275.
- Shishkin M.A., Malykh I.M., Matukov D.I., Sergeev S.A. (2004) Riolithic complexes of the western slope of the Polar Urals. *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeiskogo severo-vostoka Rossii* [Geology and mineral resources of the European North-East of Russia]. Syktyvkar, Geoprint Publ., (2), 148-150. (In Russian)
- Tektonicheskaya karta Urala. Masshtab 1 : 1 000 000 (red. I.D. Sobolev) [Tectonic map of the Urals. Scale 1: 1 000 000 (Ed. by I.D. Sobolev)]. (1976) L., GUKG Publ. (In Russian)
- Timonin N.I. (1998) *Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v fanerozoie* [Pechora plate: a history of geological development in the Phanerozoic]. Ekaterinburg, UB RAS, 240 p. (In Russian)
- Volchek E.N. (2004) *Geodinamicheskie obstanovki kislogovulkanizma zapadnogo sektora severa Urala* [Geodynamic conditions of acid volcanism in the western sector of the north of the Urals]. Ekaterinburg, UrO RAN 145 p. (In Russian)
- Yazeva R.G., Bochkarev V.V. (1998) *Geologiya i geodinamika Yuzhnogo Urala (opyt geodinamicheskogo kartirovaniya)* [Geology and geodynamics of the Southern Urals (experience of geodynamic mapping)]. Ekaterinburg, UB RAS, 204 p. (In Russian)
- Yushkin N.P., Davydov V.P., Ostashchenko B.A. (1972) Magmatic formations of Central Pai-Khoi and their metallogenic features. *Voprosy petrografii severa Urala i Timana* [Issues of petrography of the North of the Urals and Timan]. Syktyvkar, Proc. IG Komi Br AN USSR **17**, 3-34. (In Russian)
- Zhuravlev V.S., Gafarov R.A. (1959) Tectonic scheme of the northeast of the Russian platform. *Dokl. AN SSSR*, **128**(5), 1023-1025. (In Russian)