

УДК 551.2+551.5(470.5+470.13)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОСТОЧНОГО СЕГМЕНТА УРАЛЬСКОГО ПАЛЕОЗОЙСКОГО ОРОГЕНА В УСЛОВИЯХ АККРЕЦИИ И КОЛЛИЗИИ

© 2014 г. Е. Н. Волчек, В. М. Нечеухин

Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7
E-mail: volchek@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 13.06.2014 г.

Восточный сегмент Уральского палеозойского орогена состоит из зон, резко различающихся между собой структурно-вещественными комплексами. Предполагается, что эти зоны с ассоциациями разных и удаленных геодинамических обстановок формирования сочленены в единую структуру при аккреционно-коллизийных процессах по системе тектонических швов.

Ключевые слова: сегмент, зона, аккреция, коллизия, тектонические швы.

ВВЕДЕНИЕ

В качестве самостоятельной структурной единицы Восточный аккреционно-покровный сегмент Уральского палеозойского орогена был выделен в рассматриваемом объеме при разработке схемы тектоно-геодинамических элементов Урало-Тиманского литосферного сегмента Евразии [8]. В обнаженной части орогена сегмент протягивается от широты Алапаевского габбро-ультрабазитового массива и Гаевского террейна на севере до широты Муслюмовского пояса ультрабазитовых массивов и Челябинского гранитоидного массива на юге. С запада он ограничивается периферией Адуйско-Мурзинского террейна и системой шовных структур. На востоке сегмент перекрыт осадочными отложениями кайнозоя и его граница не ясна, однако он прослеживается, по-видимому, до Красногвардейского террейна.

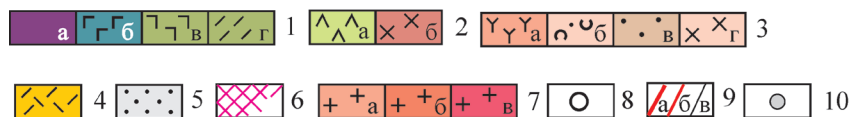
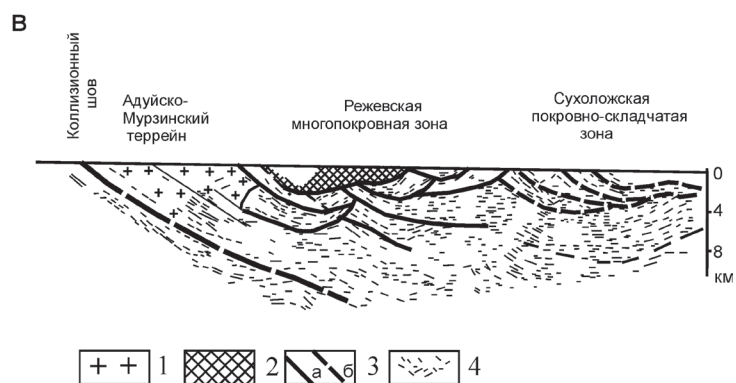
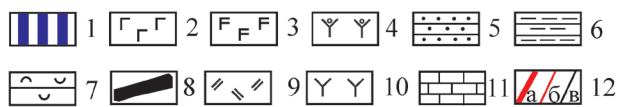
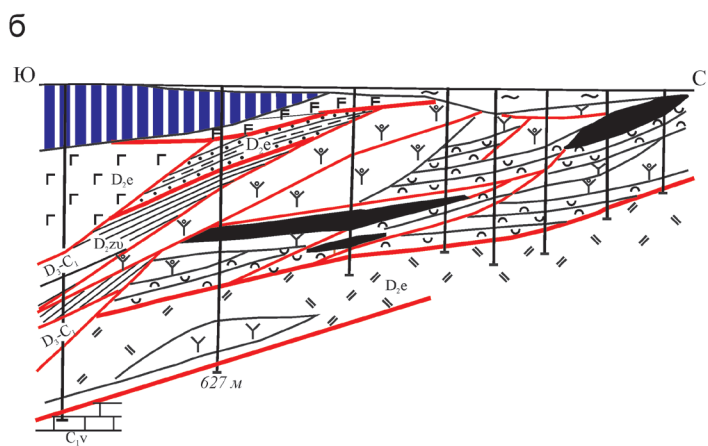
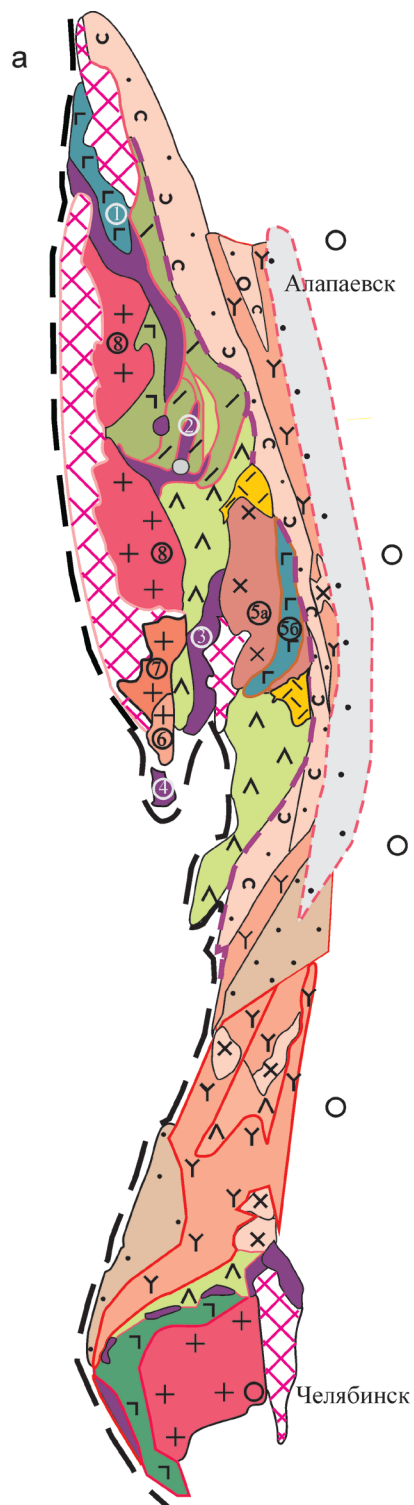
В своей внутренней части сегмент по составу слагающих комплексов и строению включает две резко различающиеся зоны субмеридионального простирания, которые можно обозначить как Алапаевско-Режевская и Сухоложско-Теченская.

СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛАПАЕВСКО-РЕЖЕВСКОЙ ЗОНЫ

Алапаевско-Режевская зона протягивается вдоль Адуйско-Мурзинского террейна. В ее сложении значительная роль принадлежит ультрабазитовым и габбро-ультрабазитовым массивам блокового строения, а также вулканогенным и вулканогенно-осадочным комплексам разной формационной принадлежности (см. рис. 1а).

В северной части сегмента располагается Алапаевский габбро-ультрабазитовый массив, сложенный преимущественно гарцбургитами и апогарцбургитовыми серпентинитами, а в северной части – габброидами, которые во внешнем обрамлении сопровождаются верлит-клинопироксенитовым комплексом. Дуниты и аподунитовые серпентиниты имеют подчиненное развитие. В ассоциации с ультрабазитами залегают спилиты, базальты, кремнистые сланцы. В составе базальтов описаны блоки, сложенные комплексами параллельных долеритовых даек (sheeted dykes complex). Такой набор образований характерен для офиолитовых ассоциаций, отвечающих разрезам океанической коры. Другую группу составляют ультраосновные породы Режевского, Баженовского, Останкинского и ряда более мелких массивов.

Радиологические возрасты известны, прежде всего, для габброидов Алапаевского массива [11]. По монофракциям плагиоклаза, амфибола и породе в целом получены Sm-Nd данные, определяющие возраст 579 ± 42 млн лет. Кроме того, из серпентинит-хромитовых пород Курмановского месторождения выделены зерна цирконов с возрастом, определенным U-Pb методом, 1600–1700 млн лет, 588 ± 16 млн лет и 428.5 ± 8.5 млн лет. Предполагается, что значение 588 ± 16 млн лет, вместе с самарий-неодимовыми определениями, характеризует время становления габбрового слоя океанической коры, а возраст 428.5 ± 8.5 млн лет обусловлен влиянием более поздних метаморфических процессов, в том числе связанных с воздействием гранитных массивов. Следует еще отметить результаты по определению возраста Ключевского ультраосновного массива Sm-Nd методом, которые дали значение 514 ± 17 млн лет [4].



Имеющиеся возрастные датировки для массивов офиолитовой ассоциации этой зоны трудно однозначно интерпретировать, некоторые цифры сложно соотнести с геологическими данными.

Залегающий южнее Рефтинский массив имеет неоднородный состав. В западной части он сложен плагиогранитами, радиологический возраст которых, определенный по зернам циркона методом Кобера, составил 422 ± 19 млн лет [7, 14]. Позднее U-Pb методом (SHRIMP-II) для цирконов из тоналита получены три датировки, наиболее древняя из которых 430 ± 7 млн лет [12]. Эту датировку получившие ее авторы связывают с моментом кристаллизации породы. Восточная периферия массива сложена преимущественно габбро и диоритами, включающими тело габброидов, которое сопровождается полосой параллельных долеритовых даек. На основании этого и ряда других признаков некоторые исследователи относят это тело к габброидам офиолитовой ассоциации, хотя нельзя исключать его принадлежность к образованиям задуговых бассейнов.

К числу крупных структурных образований зоны относится Адуйско-Мурзинский блок, образующий западное ограничение зоны и несущий признаки экзотического континентального террейна [9]. Основание террейна образуется гнейсами и метаморфитами, для которых определяется радиологический возраст

U-Pb методом по цирконам 1600–1800 млн лет. Синколлизионные внутриблоковые гранитоиды, по имеющимся изотопно-радиометрическим данным, формировались в несколько этапов [14–16]. К первому этапу относится образование сложной по составу ассоциации Курманского массива, расположенного в южной части террейна. Массив сложен преимущественно трондьемитами, местами переходящими в гранодиориты, прорванными дайками габбро и диоритов. Расчетный U-Pb возраст цирконов из трондьемитов 405 ± 4 млн лет, из даек габбро – 411 ± 2 млн лет. Ко второму этапу следует отнести формирование тоналит-гранодиорит-гранитной ассоциации расположенного севернее Каменского массива. Возраст гранодиоритов (U-Pb метод по циркону) определяется в интервале 330–250 млн лет, изохронный Rb-Sr возраст по породе 309 ± 36 млн лет, а в целом по цирконам и Rb-Sr отношениям возраст массива составляет 298–309 млн лет. Наконец, третьему этапу соответствует формирование основного объема интратеррейновых гранитоидов с радиологическими возрастами в пределах 256 млн лет и моложе, которые слагают Адуйский и Мурзинский массивы.

Внутреннее строение вулканической части Алапаевско-Режевской зоны характеризуется тем, что ее основная часть представлена отдельными блоками, пакетами тектонических пластин, многопокровны-

Рис. 1. Схема геологического строения северной части Восточного сегмента Уральского эпиокеанического орогенного пояса (а), разрез через Сафьяновское месторождение (б) и сейсмо-структурный профиль на широте г. Алапаевск (в).

а. 1–2 – Алапаевско-Режевская зона: 1 – офиолитовые ассоциации океанической коры (а – ультрабазиты, б – габбро, в – базальты, г – кремнистые сланцы), 2 – островодужные комплексы (а – вулканогенные, б – диориты, плагиограниты); 3 – Сухоложско-Теченская зона: комплексы вулканогенно-интрузивного пояса (а – вулканогенные, б – вулканогенно-осадочные, в – осадочные, г – интрузии диоритов и гранодиоритов); 4 – синколлизионные риолиты, 5 – отложения чехла террейнов и композиционных эпиконтинентальных окраин; 6 – древнее основание террейнов; 7 – внутритеррейновые гранитоиды: а – 1-го, б – 2-го, в – 3-го этапов внедрения; 8 – мезокайнозойские отложения неоплиты; 9 – фронтальные (а), межзональные коллизионные (б) и внутризональные аккреционные (в) швы; 10 – местоположение Сафьяновского месторождения. Массивы (цифры в кружках): 1 – Алапаевский, 2 – Режевской, 3 – Баженовский, 4 – Ключевской, 5 – Рефтинский (а – западный, б – восточный), 6 – Курманский, 7 – Каменский; 8 – Адуйско-Мурзинский.
б. Пакеты покровов. 1–3 – верхний: 1 – ультрабазиты, 2 – спилиты, 3 – кератоспилиты; 4–6 – средний: 4 – плагиолипариты, 5 – туфы плагиолипаритов, 6 – туфы андезитов; 7 – нижний: туфы дацитов с прослоями дацитовых лав; 8 – медноколчеданные руды; 9–11 – горизонт подстилающих покровов: 9 – дациты, 10 – кластолавы и туфы плагиолипаритов, 11 – известняки; 12 – границы: а – сложных пакетов, б – отдельных покровов, в – внутривокровных комплексов (по [2] с изменениями и дополнениями).
в. 1 – гнейсы, граниты; 2 – ультрабазиты; 3 – границы покровов (а) и покровно-складчатых структур (б); 4 – сейсмические площадки (по материалам Баженовской геофизической экспедиции).

Fig. 1. Diagram of the geological structure of the northern part of the eastern segment of the Urals epi-oceanic orogenic belt (a), Safyanovka ore deposit cross-section (b) and seismic-structural profile on the latitude of Alapaevsk (b).

а. 1–2 – Alapaevsk-Rezh zone: 1 – ophiolitic association of the oceanic crust (a – ultrabasites, б – gabbro, в – basalts, г – siliceous shales), 2 – island-arc complexes (a – volcanic, б – diorites, plagiogranites); 3 – Sukhoy Log-Techa zone: volcano-intrusive complexes belt (a – volcanic, б – volcanic-sedimentary, в – sedimentary, г – intrusions of diorite and granodiorite); 4 – syncoollision rhyolites, 5 – deposits of cover terranes and composite margins; 6 – ancient base of terranes; 7 – intraterrane granitoids: a – 1st, б – 2nd, в – 3rd stage of intrusion; 8 – Meso-Cenozoic sediments of new plate; 9 – front (a), inter-zonal collision (б) and intra-zonal accretion (в) joints; 10 – location of Safyanovka field. Massifs (numbers in circles): 1 – Alapaevsky 2 – Rezhvskoy, 3 – Bazhenovsky 4 – Kluchevskoy 5 – Reftinsky (a – western, б – eastern), 6 – Kurmansky 7 – Kamensky; 8 – Aduysko-Murzinsky.
б. Packages sheets. 1–3 – upper: 1 – ultrabasites 2 – spilites, 3 – keratospilites; 4–6 – middle: 4 – plagioliparites, 5 – plagioliparite tuffs 6 – andesite tuffs; 7 – lower: dacite tuffs interbedded with dacite lavas; 8 – Cu-pyrite ore; 9–11 – horizons underlying sheets: 9 – dacites, 10 – plagioliparite clastic lavas and tuffs 11 – limestones; 12 – border: a – complex packages, б – separate covers, в – intracover complexes (according [2] with additions).
в. 1 – gneisses, granites; 2 – ultrabasites; 3 – border sheets (a) and fold-thrust structures (б); 4 – seismic grounds (based on the Bazhenovo Geophysical Expedition).

ми структурными ансамблями, структурами покровно-чешуйчатых и чешуйчатых надвигов. Более полно такие особенности строения зоны наблюдаются в ее центральной части, где они вскрыты горными выработками и скважинами Сафьяновского медноколчеданного месторождения, а также отражены на ряде сейсмоструктурных профилей. По материалам работ А.В. Коровко [5], Р.Г. Язевой с соавторами [17] и других исследователей, а также исходя из анализа сейсмоструктурных профилей [8], район месторождения сложен системой тектонических пластин с обратной стратиграфической последовательностью ("ретрошарьяж"). При этом тектонические пластины однотипных геодинамических режимов и обстановок образуют пакеты (см. рис. 1б). Верхний пакет состоит из тектонических пластин, сложенных ультрабазитами и океаническими базальтами с блоками параллельных даек долеритов, что в совокупности характеризует офиолитовую ассоциацию режима океанического спрединга. Ниже располагаются пакеты, образованные тектоническими пластинами, сложенными породами островодужного базальт-риолитового комплекса среднего девона. Вся эта сложная система тектонических пакетов залегает на толще базальтов и андезибазальтов с прослоями вулканогенно-осадочных пород, относящихся к базальт-андезибазальтовой формации позднего девона, ниже которой залегают визейские известняки.

Островодужная природа среднедевонских вулканогенных образований подтверждается петрохимическими параметрами [17]. Кроме того, в настоящее время появилась возможность привлечь геохимические данные, полученные методом ICP-MS в лаборатории физических и химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН. Наиболее полно они изучены нами для вулкаников бассейна р. Пышмы, которые, вероятно, характеризуют блок на южном продолжении Режевской зоны. Здесь наблюдается сложная ассоциация базальтов, андезибазальтов, андезитов, дацитов, риодацитов и риолитов пирокластической, лавовой, жерловой, субвулканической и экструзивной фаций [10]. Среди базальтов эффузивной фации выделяются плагиоклазовые и пироксен-плагиоклазовые разновидности. Андезиты лав являются порфировыми породами с 25–30% вкрапленников плагиоклаза, представленного зональным андезином. Вулканиды относятся к известково-щелочной серии Na- и K-Na типа, умеренной щелочности. По коэффициенту глиноземистости они являются умеренно- и высокоглиноземистыми ($al = 0.8–2.7$). Полученные нами данные о концентрации и степени фракционирования РЗЭ в изученных образцах показали невысокое отношение La/Yb (от 2.8 до 4.5). Спектры распределения РЗЭ демонстрируют преобладание легких лантаноидов над тяжелыми редкими землями и выраженный дефицит европия [2]. По сравнению со средними океаническими толеитами (N-MORB) вулканиды обогащены крупноионными литофильными элементами (Rb, Ba, Sr, Th) и несколько обеднены вы-

сокозрядными (Ta, Nb, Hf, Zr). На дискриминантной диаграмме $Th/Yb-Ta/Yb$, используемой для определения геодинамических обстановок формирования [19], составы изученных образцов попадают в поле пород островных дуг (рис. 2).

Отличительная особенность внутреннего строения Алапаевско-Режевской зоны, таким образом, заключается в том, что слагающие ее комплексы образуют крупные тектонические блоки, покровы, пластины и другие аллохтонные структуры. По материалам геодинамических реконструкций эти комплексы принадлежат к офиолитовой ассоциации океанической палеокоры и образованиям островных палеодуг.

СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СУХОЛОЖСКО-ТЕЧЕНСКОЙ ЗОНЫ

Другой состав слагающих отложений, как и особенности внутреннего строения, характеризуют расположенную восточнее Сухоложско-Теченскую зону. В строении северной части зоны, в бассейнах р. Нейва и Ирбит, участвуют в основном разнофациальные осадочные отложения верхнего девона и сменяющие их к востоку толщи раннекаменноугольного возраста. Верхнедевонские образования представлены ракушечными и массивными известняками, а также туфогенно-осадочными отложениями, содержащими в прослоях известняков фауну фаменского яруса [6]. Местами эти толщи перекрываются лавовыми потоками базальтов. Непосредственный контакт осадочных и вулканогенных образований можно наблюдать в разрезе около с. Писанского. Здесь порфировые базальты слагают короткие потоки, иногда лавы имеют шаровую отдельность. В разрезе распространены долериты. Они образуют силлы с апофизмами в верхнедевонские туфогенно-осадочные отложения и известняки с фауной, что определило их раннекаменноугольный возраст.

Аналогичные вулканиды присутствуют южнее. В бассейне р. Камышенки они залегают среди карбонатно-терригенных и терригенных отложений раннекаменноугольного возраста и представлены лавовыми фациями базальтов и субвулканическими телами и дайками долеритов и габбро-долеритов. Лавы образуют потоки с глыбовой или крупношаровой отдельностью. Дайки в большинстве случаев представлены линейно вытянутыми телами мощностью в несколько метров и пакетами, состоящими из серии сближенных тел мощностью 0.5–1.5 м, ориентированных в северо-восточном направлении. Встречаются следы активного воздействия даек на вмещающие породы. Мало-мощные тела долеритов равномернозернистые, а в более мощных телах наблюдается смена мелкозернистых разновидностей крупнозернистыми от периферии к центру.

В разрезах средней части зоны среди вулканогенных образований преобладают эффузивы ан-

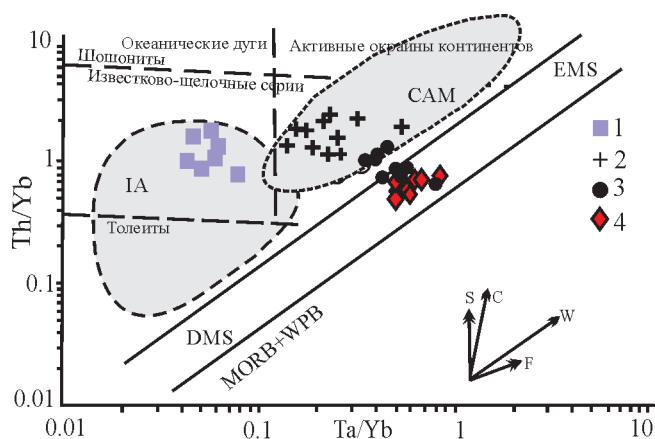


Рис. 2. Диаграмма Th/Yb-Ta/Yb [19] для вулканитов Восточного сектора Среднего Урала.

1 – андезиты южного продолжения Алапаевско-Режевской зоны; 2–4 – Сухоложско-Теченская зона: 2 – андезиты; 3 – базальты; 4 – долериты.

Полями на диаграмме показаны составы базальтов островных дуг (IA), активных континентальных окраин (ACM); DMS – деплетированная мантия, EMS – обогащенная мантия, MORB + WPB – тренд базальтов несубдукционных обстановок. Справа внизу показаны тренды изменения состава пород за счет: субдукционных компонентов (S), контаминации (C), компонентов внутриплитных плюмов (W), фракционирования (F).

Fig. 2. Th/Yb-Ta/Yb [19] for the volcanites of the Middle Urals Eastern Segment.

1 – andesites in southern continuation Alapaevsk-Rezh zone; 2–4 – Sukhoy Log-Techa zone: 2 – andesites; 3 – basalts; 4 – dolerite.

Fields on the chart shows the composition of basalts of island arcs (IA), active continental margin (ACM); DMS – depleted mantle, EMS – enriched mantle, MORB + WPB – the trend of basalts none subduction environments (spreading). On the bottom right showed the trends of rock composition change due to: subduction components (S), contamination (C), the components of intraplate plumes (W), fractionation (F).

дезибазальтового и андезитового состава. Возраст их определен по залеганию среди фаунистически охарактеризованных раннекаменноугольных осадочных отложений, представленных аргиллитами, алевролитами, песчаниками и известняками. В этих толщах присутствуют горизонты вулканогенно-обломочных пород, которые в восточном направлении сменяются континентальными угленосными [13]. В долине р. Исеть лавовые потоки образуют протяженные полосы. По их расположению, наличию пирокластики и другим параметрам здесь намечен центр вулканического извержения и реконструирована вулканическая палеопостройка [6]. Андезиты по составу вкрапленников являются пироксен-плагиоклазовыми. Структура их порфировая. Вкрапленники плагиоклаза представлены зональным андезином.

В южноуральской части зоны преобладают лавы андезитового и андезидацитового состава, часто сопровождающиеся туфами. Они встречаются в виде глыбовых выходов и развалов, образуют скалы и залегают в карбонатно-терригенных толщах, возраст которых определяется верхнедевонской фауной. В состав этих отложений входят глинистые сланцы, песчаники, туфопесчаники, туфоалевролиты, известняки.

Базальтоиды этой зоны характеризуются высокими содержаниями TiO_2 (1.3–2.7%, иногда до 4.2%), общего железа, алюминия. Суммарная щелочность пород колеблется в пределах 2.4–4.8%, при этом содержание калия варьирует в пределах от 0.5 до 1.57%. Отличительной чертой химизма долеритов даек является низкое содержание кремнезема. На TAS-диаграмме (сумма щелочей–кремнезем) точки составов вулканитов группируются на границе раздела ультраосновных и основных пород. Исследуемые образцы, по сравнению с базальтами N-MORB типа, обогащены PЗЭ, La/Yb отношения для этих пород составляют 3.9–7.9. На спайдер-диаграммах в базальтоидах, нормированных по MORB, выражены положительные аномалии Ba, Sr, Ti, Zr и отрицательные Nb и Th. Петрогеохимические параметры пород даек более характерны для комплексов внутриплитных обстановок [1].

Для химического состава андезитов характерно повышенное, по сравнению с аналогичными образованиями среднего девона, содержание окиси калия, умеренная и низкая титанистость (0.9–0.7), коэффициент глиноземистости (al) составляет 1.05–2.18, что позволяет относить их к высокоглиноземистой группе. Геохимические параметры характеризуют их как образования окраинно-континентальных поясов [1]. Породы высокостроениевые, обогащены элементами группы железа (Cr, Ni, Co). Для них типично преобладание лантаноидов над тяжелыми редкими землями и выраженный дефицит европия. Высокое значение отношения крупноионных литофильных элементов к высокозарядным катионам выразилось в наличии отчетливого минимума Ta и Nb на нормализованных многокомпонентных диаграммах. Принадлежность андезитов к образованиям активных континентальных окраин демонстрирует диаграмма Th/Yb-Ta/Yb (рис. 2).

Граница сочленения западной и восточной зон сектора структурно осложняется присутствием некообразных и дайкообразных тел ультракалевых риолитов и трахириолитов. Тела прорывают вулканогенно-осадочные толщи среднепозднедевонского возраста, и рядом исследователей они относятся к образованиям липаритовой формации турнейско-визейского возраста. Предполагается, что формирование пород формации происходило на континентальной коре значительной мощности [3]. По полученным авторами геохимическим параметрам их формирование происходило при мощности коры 20–30 км, что отвечает коре переходного типа [18].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенные данные позволяют предположить основные особенности геодинамики становления структуры Восточного сегмента Уральского орогена.

Прежде всего, требует объяснения разный характер строения и резко отличающийся состав геодинамических ассоциаций в сложении зон сегмента. Как показывают материалы изучения и геологических съемок, в строении Алапаевско-Режевской зоны преобладают блоковые, покровные, покровно-надвиговые, надвиговые структуры. Проявлены здесь также многопокровные структуры, часто с обратной “ретрошарьяжной” стратиграфической последовательностью. Наиболее полно такая структура вскрыта карьером Сафьяновского медноколчеданного месторождения, в пределах которого многопокровная структура в верхней части сложена покровами ультрабазитов и базальтоидных пород ордовика, а в нижней части – кислыми вулканитами среднего девона. В целом строение зоны достаточно характерно для зон активной площадной аккреции. В таких случаях геологические образования покровов и блоков в значительной степени теряют первичные возрастные и эволюционные соотношения, хотя и сохраняют общую территорию распространения.

В противоположность этому расположенная восточнее Сухоложско-Теченская зона имеет поясово-складчатое строение. Слагающие ее вулканогенные и осадочные толщи в значительной части сохраняют первичное строение и эволюционные соотношения. По западной периферии зоны развиты верхнедевонские вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения, которые эволюционно сменяются каменноугольными карбонатными, карбонатно-осадочными и карбонатно-песчано-сланцевыми толщами с включениями угленосных пород. В свою очередь, среди вулканогенных образований реконструируются сохранившиеся вулканические центры и постройки, поля развития субвулканических и дайковых тел. Отмечается надвигание отложений этой зоны на отложения западной зоны, сопровождавшееся формированием субвулканических и дайковых тел ультракалийевых риолитов по аккреционно-коллизийному шву.

Резкое различие Алапаевско-Режевской и Сухоложско-Теченской зон проявляется также и в типе выполняющих их геодинамических ассоциаций. Как было показано в предыдущих разделах, признаки этих ассоциаций в разной степени проявляются, в частности, при анализе формационных, петрохимических и особенно геохимических параметров пород, слагающих западную и восточную зоны. Порода Алапаевско-Режевской зоны соответствуют ассоциациям, характерным для океанического спрединга и островодужных обстановок, а геодинамические ассоциации Сухоложско-Теченской зоны отвечают образованиям обстановок краевых поясов и частичного чехла континентальных террейнов.

Однако, как показывают материалы по современным океаническим бассейнам, ассоциации островодужных обстановок и обстановок краевых поясов территориально значительно удалены и для своего формирования требуют разных геодинамических условий. Островодужные ассоциации формируются при внутриокеанической субдукции в условиях пододвигания океанической коры под океаническую (субдукция типа А), а краевые пояса при пододвигании океанической коры под континентальную или фрагменты композиционной коры (субдукция типа Б), которые характеризуют восточную периферию Уральского орогена. Соответственно образуются и разного характера латеральные зональности, проявляющиеся в этих геодинамических обстановках. В становлении структуры Восточного сегмента существенная роль принадлежит террейнам, представляющим собой фрагменты деструкции более древних литосферных плит. Сегмент проявляет черты автономного структурного образования.

Особое значение для формирования сегмента имеет Адуйско-Мурзинский террейн, образующий его западную периферию. Для образований его метаморфогенно-мигматит-гнейсового основания получены изотопно-геохронологические значения возраста в пределах среднепротерозойского интервала 1.6–1.8 млрд лет. Основание, в свою очередь, осложнено интрузиями гранитоидов, образование которых большинство исследователей связывают с коллизионными процессами палеозойского времени. При этом внедрение гранитоидов в интертеррейновых условиях проявлялось как минимум в три этапа на уровнях 400, 300 и 250 млн лет. Этим этапам соответствуют, по-видимому, и стадии усиления интенсивности процессов коллизии и аккреции.

В целом процессы аккреции и коллизии, как показывают приведенные материалы реконструкций, формируют общее строение сегмента. На раннем этапе преобладают процессы аккреционного скупывания с образованием покровных, покровно-блоковых, блоковых и надвиговых структур, которые характеризуют Алапаевско-Режевскую зону, располагающуюся по восточной периферии Адуйско-Мурзинского террейна. Террейн в данном случае играл роль фрагмента континентальной окраины. Однако эти процессы слабо проявились в поясово-складчатой структуре, расположенной восточнее, – Сухоложско-Теченской зоне, значительная часть которой не находилась в ареале влияния Адуйско-Мурзинского террейна.

Геодинамическая модель формирования рассматриваемого сегмента Уральского палеозойского орогена может быть представлена в следующем изложении (рис 3). К востоку от Адуйско-Мурзинского террейна и его аналогов обособился фрагмент океанического бассейна с корой океанического типа вендского возраста, что может свидетельствовать о ее унаследованности от более раннего палеобассейна. В среднем девоне на ней сформировалась зона

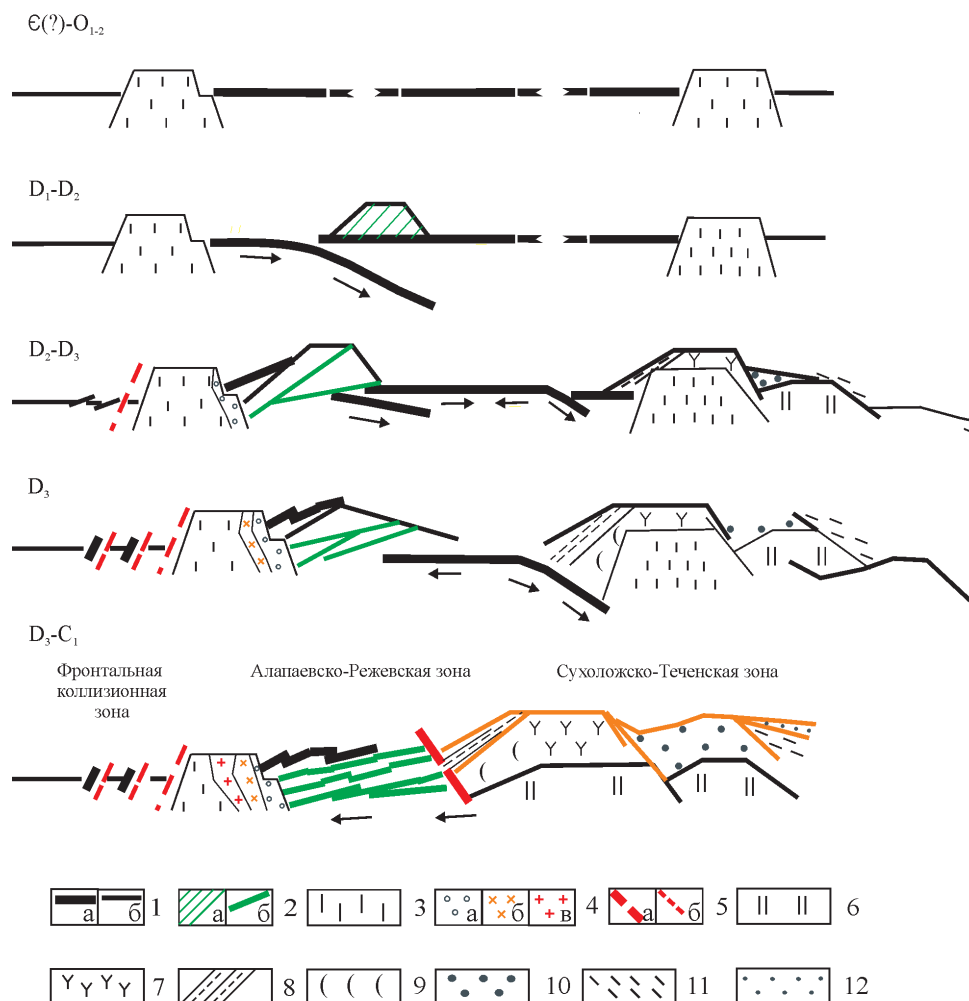


Рис. 3. Схема геодинамического развития Восточного сегмента по линии многопокровного разреза.

1 – океаническая кора режима спрединга (а) и трансформированная при аккреции (б); 2 – островодужные комплексы над-субдуктивные (а) и трансформированные при аккреции (б); 3 – террейны допалеозойской континентальной литосферы; 4 – интертеррейновые граниты 1-го (а), 2-го (б) и 3-го (в) этапов палеозойской коллизии; 5 – коллизийные швы межзонные (а) и фронтальные (б); 6 – континентальная кора композиционная; 7–10 – комплексы краевого пояса: 7 – андезит-дацит-риодацит-риолитовые с комагматическими интрузиями диоритов и гранодиоритов, 8 – терригенно-сланцевые, 9 – вулканогенно-осадочные, 10 – вулканогенно-осадочные и осадочные тыловых зон растяжения; 11 – карбонатно-песчано-сланцевые комплексы чехла континентальных террейнов; 12 – песчано-сланцевые отложения кайназойского чехла неоплиты.

Fig. 3. Schematic geodynamic evolution of the Eastern Segment on the cut line multicover succession.

1 – oceanic crust spreading regime (a) and transformed during accretion (б); 2 – island-arc over-subduction (a) and transformed during accretion (б); 3 – before-Paleozoic continental lithosphere terrains; 4 – inter-terrain granites 1st (a), 2nd (б) and 3d (в) stages of the Paleozoic collision; 5 – collision sutures interzonal (a) and frontal (б); 6 – compositional continental crust; 7–10 – marginal zone complexes: 7 – andesite-dacite-rhyolite-rhyodacite with comagmatic intrusions of diorite and granodiorite, 8 – terrigenous shale, 9 – volcano-sedimentary, 10 – volcanogenic-sedimentary and sedimentary in rear stretching zones; 11 – carbonate-sand-shale complexes of continental terrains cover; 12 – sand-shale deposits Cenozoic neo-plate cover.

с островодужной обстановкой, а по восточной периферии бассейна, на композиционной эпиконтинентальной коре – зона с обстановками краевого пояса. Дальнейшее развитие океанического бассейна связано с горизонтальными перемещениями, в ходе которых происходит сложная глыбово-покровно-надвиговая аккреция ассоциаций океанической коры

и островодужных обстановок по периферии террейна и последующее приращение по коллизийному шву поясово-складчатых структур краевого пояса и сопровождающих его депрессий.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ УрО РАН (проект 12-У-5-2015).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчек Е.Н., Нечеухин В.М. Петрогеохимические особенности вулканогенных пород Сухоложской зоны (восточный сегмент Среднего Урала) и их значение для геодинамических реконструкций // Литосфера. 2012. № 3. С. 146–150.
2. Волчек Е.Н., Слободчиков Е.А., Огородников В.Н. Геология и особенности геохимии вулканитов среднего течения р. Пышмы (восточный склон Среднего Урала) // Ежегодник-2012. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 160, 2013. С. 93–99.
3. Иванов К.С. Ультракалийевые липаритовые порфиры на Урале // Докл. АН СССР. 1979. Т.247, № 4. С. 908–912.
4. Иванов К.С., Смирнов В.Н., Лепихина О.П. О процессе формирования Ключевского ультраосновного массива Урала // Ежегодник-2008. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 156, 2009. С. 258–260.
5. Коровко А.В., Двоеглазов Д.А., Лецев Н.В. и др. Сафьяновское цинково-медное месторождение (Средний Урал) // Геодинамика и металлогения Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 152–153.
6. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. Л.: Наука, 1979. 129 с.
7. Краснобаев А.А., Беа Ф., Феритатер Г.Б., Монтеро П. Возраст, морфология, геохимические особенности цирконов из базитов Урала (офиолиты и Платиноносный пояс) и ассоциированных с ними кислых пород // Геология и металлогения ультрамафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей: мат-лы Междунар. науч. конф. Х чтения А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 211–216.
8. Нечеухин В.М. Методология тектоно-геодинамического анализа и ее реализация в применении к орогеническим геодинамическим системам Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 157. 2010. С. 75–78.
9. Нечеухин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. Террейны в структуре Урала // Докл. АН. 2000. Т. 370, № 5. С. 655–657.
10. Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Сазонов В.Н., Шевалев В.П., Слободчиков Е.А., Дубейковский С.Г. Геологические маршруты по Сухоложскому и Каменскому полигонам. Екатеринбург: УГГА, 2002. 295 с.
11. Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Маслов А.В., Лепихина О.П. Вендский и силурийский этапы офиолитообразования на восточном склоне Среднего Урала // Докл. АН. 2010. Т. 432, № 2. С. 220–226.
12. Смирнов В.Н., Иванов К.С., Лобова Е.В. Результаты U-Pb датирования (SHRIMP) рефтинского габбротоналитового комплекса (Восточная зона Среднего Урала) // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 157. 2010. С. 292–296.
13. Смирнов В.Н., Коровко А.В. Палеозойский вулканизм восточной зоны Среднего Урала // Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 395–420.
14. Феритатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П. и др. Эволюция палеозойского интрузивного магматизма Среднего и Южного Урала // Литосфера. 2005. № 3. С. 57–72.
15. Феритатер Г.Б., Бородин Н.С., Беа Ф., Монтеро П., Холоднов В.В., Прибавкин С.В. Раннедевонский Курманский габбро-гранитоидный массив на Среднем Урале // Ежегодник-2012. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 160. 2013. С. 67–70.
16. Феритатер Г.Б., Шардакова Г.Ю., Краснобаев А.А., Богомолов Е.С., Бережная Н.Г. Rb-St и цирконовый U-Pb возраст Каменского мигматит-плутона (Средний Урал) // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 200–205.
17. Язева Р.Г., Молошаг В.П., Бочкарев В.В. Геология Сафьяновского колчеданного месторождения (Средний Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 72 с.
18. Condie K.C. Archean magmatism and crustal thickness // Geol. Soc. Amer. Bull. 1979. V. 84, № 9. P. 2981–2992.
19. Pearce J.A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins // Continental basalts and mantle xenoliths; papers prepared for a UK Volcanic Studies Group meeting at the University of Leicester / C.J. Hawkesworth, M.J. Norry (eds). Nantwich: Shiva Publ., 1983. P. 230–249.

Рецензент В.Н. Огородников

Features of formation of eastern segment Urals Paleozoic orogen under accretion and collision

E. N. Volchek V. M. Necheuhin

Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

Eastern segment of the Urals Paleozoic orogenic zones consists of sharply differing structural-material complexes. It is assumed that these zones with different associations and remote geodynamic conditions of formation are coupled into a single structure with the accretion and collision processes through the system of tectonic joints.

Keywords: segment, zone, accretion, collision, tectonic sutures.