

УДК 551.243

ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИЕ И ПАЛЕОЗОЙСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Б.Г. Голионко¹, О.А. Артемова²

¹ Геологический институт РАН, Москва

² Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, Москва

Поступила в редакцию 10.11.16

На основании структурного анализа рассмотрена эволюция Башкирского антиклинория (западная часть Южного Урала), в которой выделяются докембрийский и палеозойский этапы деформаций. На востоке Башкирского антиклинория докембрийский этап устанавливается по степени деформации, голоморфному типу складчатости, в котором, в отличие от палеозойского, складки носят приразломный характер, и существованию нескольких этапов деформаций. Вендский возраст дислокаций (тиманский орогенез) устанавливается по наличию предпалеозойского углового несогласия, датировкам метаморфизма (600–550 млн лет) и присутствию вендских моласс.

Ключевые слова: Башкирский антиклинорий, структурный анализ, тиманский орогенез, асимметричные складки, этапы деформации, вергентность.

Golionko D.G., Artemova O.A. Late Precambrian and Paleozoic deformations of the eastern part of Bashkir Anticlinorium (Southern Urals). Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2016. Volume 91, part 6. P. 3–10.

Structural evolution of Bashkir anticlinorium was studied on the basis of structural analysis. Two main stages, e.g. Late Precambrian and Paleozoic were determined in the structural history of the region. Precambrian stage is established according to the style of deformation holomorphic polyphase type of folding which differs radically from fault contact type of folding in Paleozoic complexes. Vendian age of dislocations (Timan Orogeny) is identified due to the presence of pre-Paleozoic unconformity, Vendian molasses and to dating of metamorphism (600–550 Ma).

Key words: Bashkir Anticlinorium, structural analyses, Timan Orogeny, asymmetric folds, deformation stages, vergence.

Изучение истории формирования структур является важным дополнением к познанию геодинамической эволюции Южного Урала. На территории региона большая часть подобных работ проводилась в конце 1990-х и начале 2000-х гг. и касалась северной части Башкирского антиклинория, а также юга зоны Уралтау (Кузнецов, Езекиа, 2011; Brown et al., 1998; Glasmacher et al., 2001; Hetzel, 1999). Дополнить эти исследования — задача данной работы.

Краткий обзор геологического строения региона

Как известно, главными элементами северной части западного фланга юга Уральского складчато-надвигового пояса являются Предуральский краевой прогиб, Западноуральская внешняя зона складчатости, Башкирский антиклинорий, Зилаирский синклиний и зона антиклинория Уралтау (Пучков, 2000, 2010). С востока эти структуры ограничены Главным Уральским разломом.

Структура западного фланга Уральского складчато-надвигового пояса образует пакет надвигов западной вергентности. Этот пакет сложен каменноугольными и пермскими синорогенными осадками, ниже- и среднепалеозойскими отложениями

континентальной окраины — шельфа и континентального подножья, протерозойскими неметаморфизованными осадками, не испытавшими допалеозойских деформаций, а также архейскими и протерозойскими комплексами, претерпевшими деформации и метаморфизм в докембрийское время. Восточная часть этого пакета перекрыта Кракинскими аллохтонами, расположенными в ядре Зилаирской синформы (Пучков, 2010) (рис. 1).

Башкирский антиклинорий ограничен с запада Предуральским краевым прогибом, с востока — образованиями Зилаирского синклиория, Кракинскими аллохтонами и образованиями зоны Уралтау. Ядро антиклинория сложено раннедокембрийскими метаморфитами и гранитоидами (Тараташский выступ) и налегающей на них мощной стратиграфической последовательностью терригенно-карбонатных отложений рифея. Крылья образованы вендскими и палеозойскими отложениями. Строение антиклинория различается в западной и восточной частях структуры (Кузнецов, 2009а). На западе антиклинория палеозойские отложения начинаются с эйфельского яруса среднего девона (Кузнецов и др., 2014), а на юге — со среднего(?) — верхнего ордовика (Кузнецов и др., 2016), где эти толщи без признаков структурного несогла-

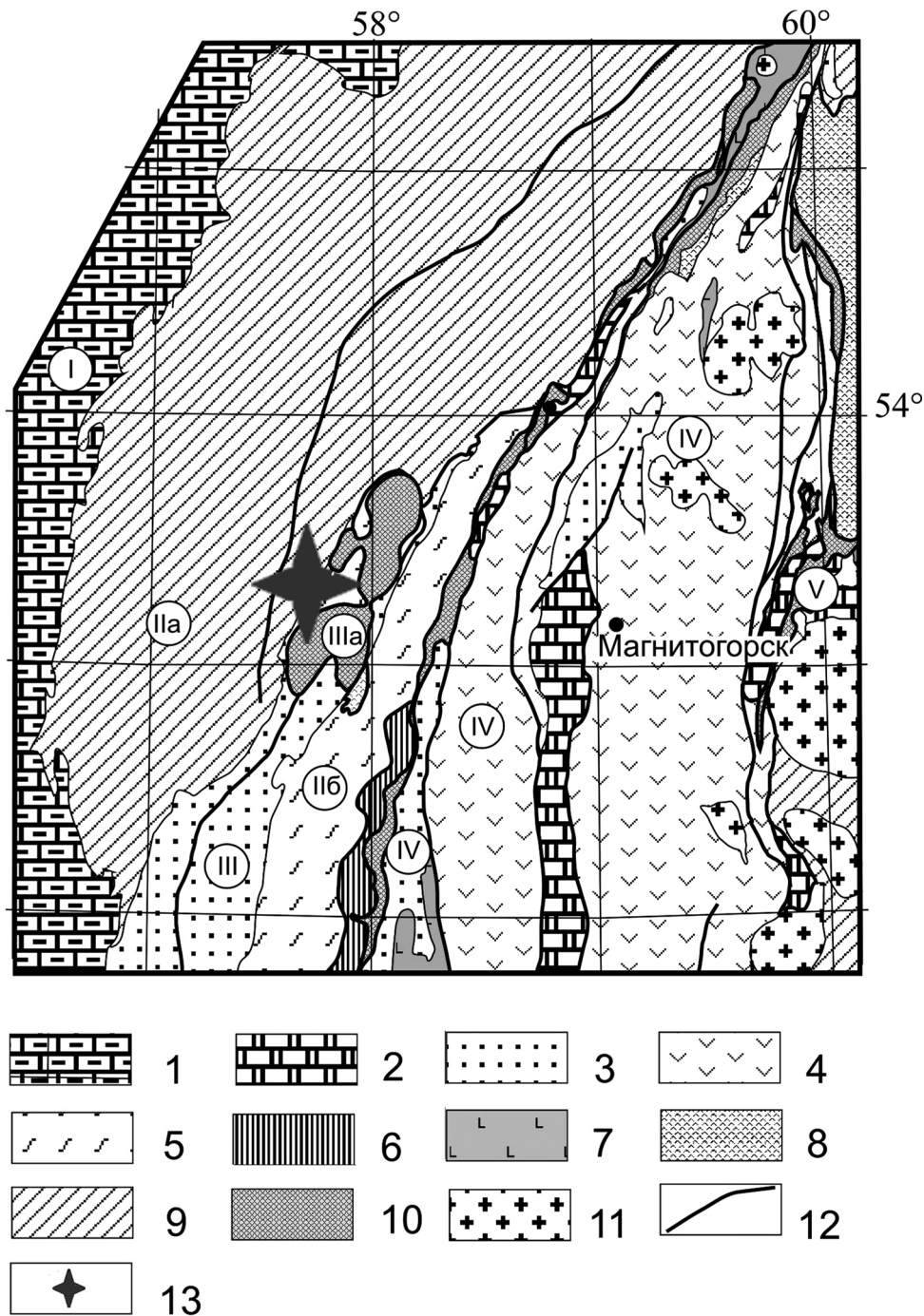


Рис. 1. Схема распространения основных структур и комплексов в северо-западной части Южного Урала, по (Рязанцев и др., 2012, с сокращениями и упрощением): 1 – нижнекаменноугольно-среднепермские флиш, молассы и карбонатные отложения; 2 – каменноугольные карбонатные и терригенно-карбонатные отложения; 3 – граувакки фаменского яруса верхнего девона; 4 – девонские вулканогенные и вулканогенно-осадочные островодужные толщи и нижнекаменноугольные рифтогенные вулканы; 5 – верхнедевонско-палеозойские кварцито-сланцы суваянского комплекса; 6 – эцлогит-глаукофан-сланцевый максютковский комплекс; 7 – ниже-среднедевонские вулканы и ассоциирующие комплексы параллельных даек; 8 – осадочные, туфогенные и вулканогенные толщи ордовика, силура и девона; 9 – докембрийские комплексы фундамента и ордовикско-среднедевонские терригенно-карбонатные чехлы пассивной континентальной окраины; 10 – мафит-ультрамафитовые комплексы и серпентинитовый меланж; 11 – средне-верхнепалеозойские гранитоиды; 12 – тектонические границы; 13 – район работ. Римскими цифрами в кружках обозначены: I – Предуральский краевой прогиб; II – Центрально-Уральская мегазона: Башкирский антиклинорий (IIa), зона Уралтау (IIб); III – Зилаирский синклиний, Кракинский аллохтон (IIIa); IV – Магнитогорская мегазона; V – Восточно-Уральская мегазона

сия (структурно согласно) залегают на верхнедевонских породах. Восточная часть Башкирского антиклинория, отделенная от западной части Зюраткульским разломом, сложена рифейскими и

вендскими шельфовыми отложениями, зонально-метаморфизованными вплоть до эцлогитовой (белорецкий метаморфический комплекс) фации (Пучков, 2010). Эти комплексы с угловым несогласием

перекрыты шельфовыми палеозойскими отложениями в возрастном интервале от среднего ордовика (Горожанина и др., 2014; Якупов и др., 2002) до верхнего девона. Бативальные палеозойские отложения, с возрастным интервалом средний ордовик – франкий ярус (Якупов и др., 2002), слагающие нижнюю пластину Кракинского аллохтона, надвинуты на шельфовые образования. В отличие от западной части структуры, на востоке отложения рифея и венда смяты в складки в предсредне(?)–позднеордовикское время (Пучков, 2010).

Результаты структурных и геохронологических исследований, проведенных в белорецком комплексе (Glasmacher et al., 2001), свидетельствуют о проявлении в истории региона как неопротерозойской (тиманской), так и палеозойской эпох диастрофизма. Эти же материалы позволили выделить Белорецкий блок (сложенный белорецким метаморфическим комплексом) как одноименный метаморфический террейн, который в венде не участвовал в строении окраины Восточно-Европейской платформы.

Результаты структурных наблюдений

Складчатые структуры рифейских и вендских толщ, распространенных на юге восточной части Башкирского антиклинория (рис. 1), изучены нами в долинах рек Белая и Кага. Рифейские отложения, распространенные в долине р. Кага, относятся к инзерской свите позднерифейского возраста (Пучков, 2010; Maslov, 2004) и представлены метаморфизованными песчаниками и алевролитами. В долине р. Белая напротив с. Набиево исследованы структурные особенности отложений, представленных метапесчаниками и металевролитами, принадлежащими (Пучков, 2010) урюкской свите венда.

В целом в изучаемом районе можно выделить несколько генераций складок. Складки первой генерации F_1 – это, как правило, очень редко встречающиеся, сильно сжатые изоклиналильные структуры с параллельными крыльями, иногда ассоцииру-

ющие и парагенетически связанные с замкнутыми колчановидными складками (рис. 2). Эти структуры деформированы всеми более поздними пликативными и дизъюнктивными дислокациями (рис. 3). Размах крыльев складок редко превышает 10–30 см. Складки деформированы иногда довольно прихотливым образом. Как правило, ранние складки являются полностью переориентированными. В единичных, наименее деформированных структурах этого этапа удается установить, что оси складок простираются почти поперек более поздних структур и обладают субширотной ориентировкой шарниров. Отметим, что эти данные неплохо совпадают с результатами структурных исследований в Белорецком блоке (Glasmacher et al., 2001), а также в южной части поднятия Уралтау (Кузнецов, Езекья, 2011), где также установлены ранние складки с субширотной ориентировкой шарниров. В то же время стоит упомянуть, что количество наблюдений за структурами раннего этапа деформации оказалось недостаточным для статистического анализа, требующего как минимум 30 замеров на каждом объекте.

Последующие две генерации пликативных дислокаций доминируют в структуре района и представлены асимметричными зизагообразными складками западной и восточной вергентности. Складки обеих генераций сходны по морфологии. Для них характерны резко ундулирующие шарниры, что указывает, по-видимому, на высокую степень деформации. Однако, несмотря на искривление шарниров, настоящие колчановидные складки никогда не наблюдались в пликативных структурах этих этапов складкообразования.

Более ранние складки F_2 представлены асимметричными структурами западной вергентности (рис. 4). Они наблюдались в береговых обрывах р. Белой в районе с. Набиево, где короткие крылья складок имеют опрокинутое и/или крутое (45–80°) западное, а длинные – пологое (12–40°) восточное падение. Доминирующие ориентировки шарниров субмеридиональные. Для них характерна резкая

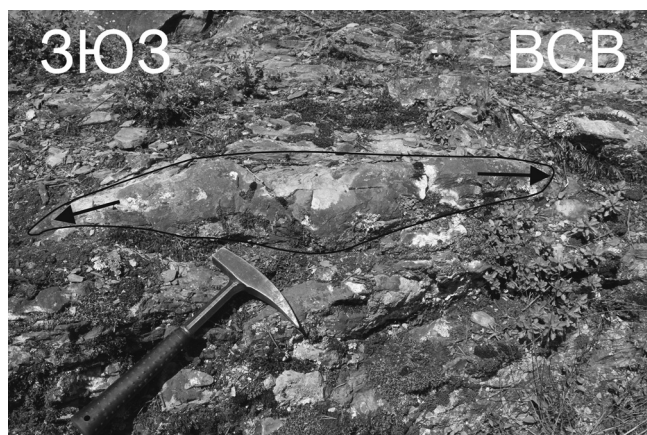


Рис. 2. Замковая зона ранней колчановидной складки субширотного простирания, стрелки – направления погружения шарнира

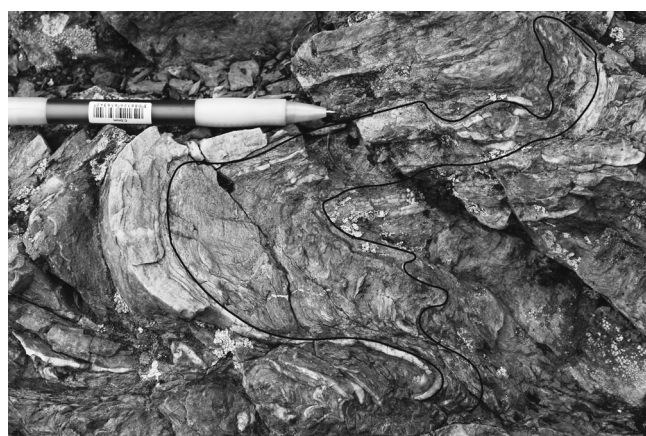


Рис. 3. Деформированная ранняя изоклиналильная складка



Рис. 4. Асимметричные складки западной вергентности F_2 , долина р. Белой напротив с. Набиево

ундуляция в северных и южных румбах. Углы падения шарниров меняются от 3 до 60° (рис. 5).

Складки F_3 восточной вергентности в районе с. Кага, вероятно, являются более поздними по отношению к складкам, характеризующимся западной вергентностью (рис. 6). Здесь складчатые структуры с западной вергентностью отделены от складок с восточной вергентностью зоной тектонитов мощностью около 0,5 м. По-видимому, относительные перемещения по этой зоне были невелики, так как литологический состав пород в висячем и лежащем крыльях (блоках) сходен.

На левом берегу р. Кага резко преобладают складки восточной вергентности с крутопадающими ($45-85^\circ$) восточными и пологопадающими ($14-40^\circ$) западными крыльями (рис. 7), при этом отмечаются и складки западной вергентности. Преобладают сжатые, иногда вплоть до изоклинальных, структуры. Иногда отмечаются срывы по осевым плоскостям этих складок, выраженные зонами милонитизации. Ориентировки шарниров складок характеризуются разбросом, причем доминируют ориентировки в северо-восточных и юго-западных румбах, углы падения меняются от

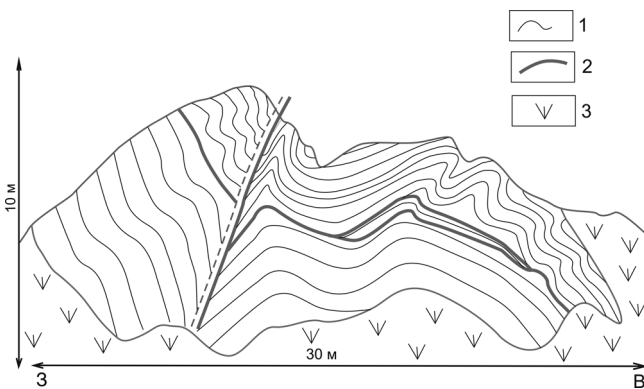


Рис. 6. Соотношение складок восточной и западной вергентности в районе с. Кага: 1 – линии, показывающие положение слоистости в складчатых структурах; 2 – тектонические контакты; 3 – задернованные участки

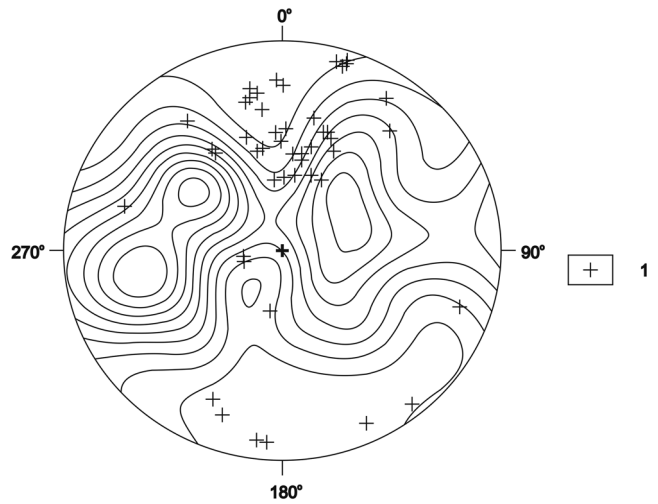


Рис. 5. Стереограмма элементов залегания полюсов слоистости и шарниров складок второй генерации F_2 в районе с. Набиево, равноугольная проекция, верхняя полусфера: изолинии – полюса слоистости, 1 – шарниры складок

5 до 45° (рис. 8). С этими асимметричными складками местами связан кливаж осевой плоскости. Наиболее отчетливо этот кливаж наблюдался на правом берегу р. Кага в 0,5 км выше слияния с р. Белая. Здесь кливаж осевой плоскости является крутопадающим (азимут падения 270° , угол падения $50-70^\circ$) и при пересечении со слоистостью, падающей в северо-восточных румбах под углом 40° , обуславливает образование грубой карандашной отдельности деформированных пород.

Наиболее поздними деформационными структурами рифейско-вендского комплекса в изученном районе являются малоамплитудные взбросы западной вергентности. Они секут все вышеописанные структуры. В пределах поля развития белорецкого комплекса отмечается (Glasmacher et al., 2001) реактивация основных разломов восточной части антиклинория.

Структуры палеозойских комплексов восточного крыла Башкирского антиклинория устроены гораздо проще структур, наблюдаемых в рифейско-вендском комплексе.



Рис. 7. Асимметричные складки восточной вергентности F_3 , долина р. Кага напротив с. Кага

На левом берегу р. Кургашлы (правый приток р. Белая) шельфовые ордовикские породы смяты в асимметричные открытые складки западной вергентности с более крутопадающими (30–72°) западными и пологими (25–40°) восточными крыльями (рис. 9). Структуры характеризуются невысокой степенью сжатости и округлыми замками. Шарниры полого падают в северных и северо-западных румбах (рис. 10). Отмечается грубый кливаж осевой плоскости. Локальность развития этих структур связана, по-видимому, с их приразломным характером. На правом берегу р. Белая, несколько выше устья ее левого притока – р. Кага отчетливо виден стратиграфический контакт рифейских и ордовикских отложений. По этому контакту моноклинально погружающиеся в восточных румбах ордовикские песчаники, слагающие базальные уровни палеозойского разреза, резко несогласно налегают на складчатые структуры F_2 (рис. 11), в которые деформированы породы, относимые к верхнему рифею.

Надстраивающие здесь базальную ордовикскую пачку силурийские сланцы (алевро-аргиллиты) характеризуются развитием интенсивного кливажа, падающего в восточных румбах под углом 35–60°. Как правило, кливаж залегает более круто, чем слоистость, падающая в тех же румбах. Иногда наблюдается субпараллельное залегание кливажа и слоистости. Складчатые структуры, проявленные в силурийских алевро-аргиллитах, представлены единичными мелкими (размах крыльев около 20 см) открытыми асимметричными приразломными складками восточной вергентности, в которые смят проявленный в этих породах вышеупомянутый кливаж.

Батиальные ордовикские отложения распространены восточнее, в пределах Кракинских аллохтонов (Горожанина и др., 2014; Пучков, 2010). Эти отложения представлены флишоидной сухоялдской толщей среднего–верхнего ордовика (Якупов и др., 2002). Развитые здесь складки относятся к асимметричным структурам западной вергентности с более пологим (24–40°) восточным крылом и более крутым (45–80°) западным. Кроме того, здесь отмечаются сжатые изоклинальные складки, опрокинутые на запад (рис. 12). Складчатые структуры нарушены соскладчатыми взбросами западной вергентности.

Сжатые складки наблюдаются вблизи подошвы офиолитового аллохтона. При удалении от него преобладают пологие открытые асимметричные складки с размахом крыльев до 0,5 км, их шарниры полого падают в северных и южных румбах (рис. 13).

Складки в шельфовом и батиальном комплексах палеозоя имеют сходную морфологию и вергентность и различаются лишь степенью сжатости, которая объясняется тем, что батиальный комплекс приурочен к нижней тектонической пластине в па-

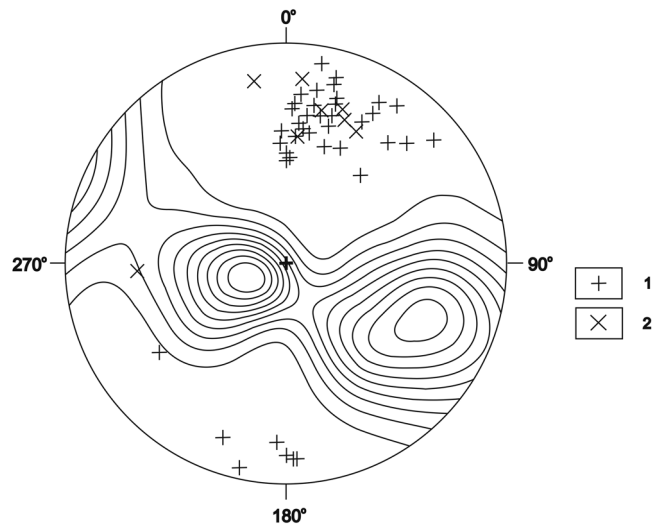


Рис. 8. Стереограмма элементов залегания полюсов слоистости и шарниров складок третьей генерации F_3 в районе с. Кага, равноугольная проекция, верхняя полусфера: изолинии – полюса слоистости; 1 – шарниры складок; 2 – линейность

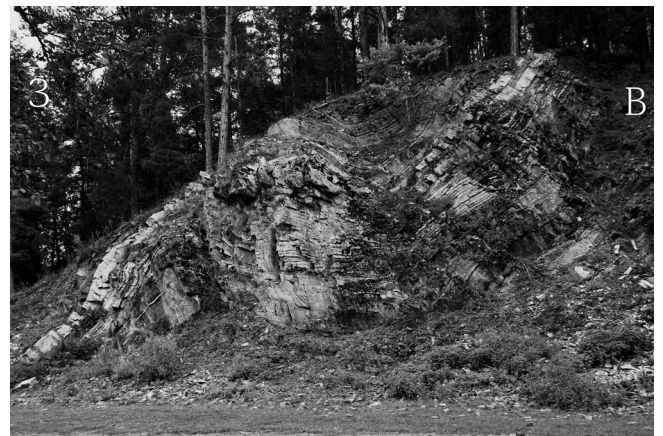


Рис. 9. Складки в ордовикских шельфовых отложениях у с. Кургашлы

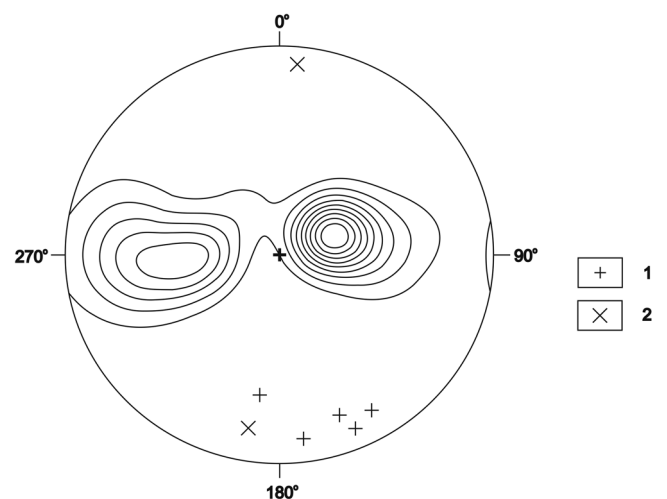


Рис. 10. Стереограмма элементов залегания полюсов слоистости и шарниров складок в ордовикских отложениях у с. Кургашлы, равноугольная проекция, верхняя полусфера: изолинии – полюса слоистости; 1 – шарниры складок; 2 – линейность



Рис. 11. Моноклинально погружающиеся в восточных румбах ордовикские песчаники, слагающие базальные уровни палеозойского разреза, резко несогласно налегающие на верхнерифейские породы, деформированные складчатыми структурами F2



Рис. 12. Складки в батиальных отложениях ордовика в долине р. Сухоляд

кете Кракинского аллохтона (Пучков, 2010). Все это позволяет отнести складки, отмеченные как в шельфовом, так и в батиальном комплексе к единому этапу складкообразования F_4 . Тот факт, что интенсивность проявления складчатых деформаций в палеозойских комплексах изучаемого района резко возрастает при приближении к крупным разрывным нарушениям, позволяет отнести все эти складки к приразломному типу.

В целом следует отметить, что степень деформации рифейских и вендских пород значительно

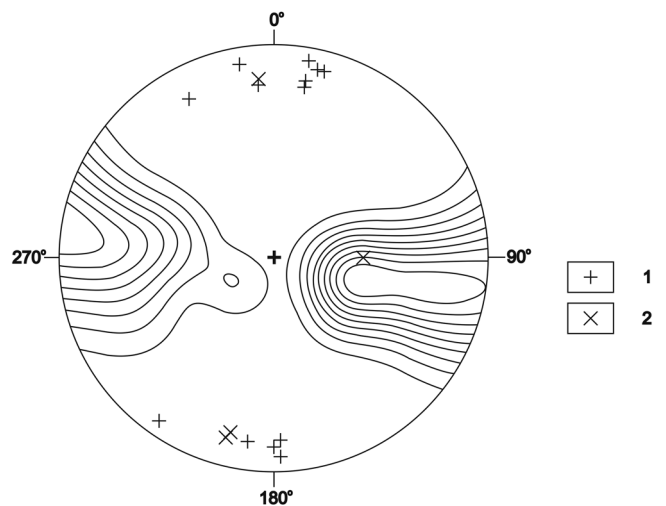


Рис. 13. Стереограмма элементов залегания полюсов слоистости и шарниров складок в батиальных отложениях ордовика в долине р. Сухоляд, равноугольная проекция, верхняя полушара: изолинии – полюса слоистости; 1 – шарниры складок; 2 – линейность

выше, чем шельфовых и батиальных комплексов палеозоя. В палеозойских породах наблюдается лишь один этап деформации, при этом складки восточной vergentности, наиболее поздние в рифейско-вендском комплексе, в палеозое восточной части Башкирского антиклинория отсутствуют.

Обсуждение результатов

Кратко суммируя приведенные выше данные, можно предложить следующую модель структурной эволюции изучаемого района. Наиболее ранний этап деформации D_I выразился в образовании изоклинальных складок F₁ с субширотными ориентировками шарниров. Несмотря на скудность структурных данных, можно предположить, что движения на этом этапе шли поперек современной структуры Башкирского антиклинория. По данным работ, проведенных к северу от района исследований в пределах Белорецкого метаморфического блока (Glasmacher et al., 2001), этап деформаций со сходными ориентировками складчатых структур датируется мезопротерозоем, однако отсутствие геохронологических данных не позволяет напрямую коррелировать эти события.

Различная вергентность складок F₂ и F₃ предполагает, что при их образовании движения происходили сначала в западном, а потом в восточном направлении. Несмотря на это, сходство их морфологии и отсутствие больших смещений между пакетами складок F₂ и F₃ позволяет, как представляется, отнести их к единому в геологическом смысле этапу деформации D_{II}, в течение которого при общем движении в западном направлении наблюдались движения типа back thrust в восточном направлении. Срезание складчатых структур F₂ поверхностью несогласного стратиграфического налегания на них ордовикских отложений делает неоспоримым вывод о доордовикском возрасте этапа деформации D_{II}. Более того, на основании различий в стиле складчатости, проявленной в ордовикских толщах и белорецком комплексе, заклю-

чительный этап метаморфизма которого определяется датировками в интервале 600–550 млн лет, можно говорить не просто о доордовикском, а о поздневендско-кембрийском возрасте деформационного этапа D_{II}. Это позволяет связать этот деформационный этап с эпохой поздневендского тиманского (Пучков, 2010) или раннекембрийского протоуральско-тиманского (Кузнецов, 2009б) орогенеза, обусловившего появление молассовых отложений поздневендского (Пучков, 2010) или кембрийского (Кузнецов, Шаццлло, 2011) возраста. Данные структурного анализа показывают сходство структурной эволюции изучаемого района с областью развития белорецкого метаморфического комплекса, что, как представляется, позволяет подвергнуть сомнению чужеродность Белорецкого блока, по крайней мере, в отношении восточной части Башкирского антиклинория.

Этап деформации D_{III} маркирован в области развития рифейско-вендского комплекса хрупкими деформациями, представленными взбросами западной вергентности, и реактивацией более древних разломов, а в палеозойских комплексах – формированием приразломных складок F₄ и складчатых взбросов и надвигов западной вергентности. Этот этап связан с позднепалеозойской коллизией, окончательно оформившей структуру западного фланга Уральского орогена.

Тематика исследований соответствует научным планам лаборатории геодинамики позднего докембрия и фанерозоя ГИН РАН. Структурно-геологические исследования выполнены в ходе полевых работ на Южном Урале при поддержке РФФИ, проект 14-05-00052.

ЛИТЕРАТУРА

- Горожанина Е.Н., Горожанин В.М., Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В. Особенности состава и строения терригенных отложений ордовика в разрезах юго-востока Русской платформы и Южного Урала // Геол. сб. № 11. Уфа: ДизайнПресс, 2014. С. 97–117.
- Кузнецов Н.Б. Комплексы протоуралит-тиманид и позднедокембрийско-раннепалеозойская эволюция восточного и северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Автореф. дис. ... докт. геол.-минерал. наук. М.: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2009а. 49 с.
- Кузнецов Н.Б. Кембрийская коллизия Балтики и Арктиды – начальный этап «собирания» северной части позднепалеозойско-раннемезозойской Пангеи // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2009б. Т. 84, вып. 1. С. 18–38.
- Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Дегтярев К.Е. и др. Первые результаты U/Pb датирования детритовых цирконов из верхнеордовикских песчаников Башкирского поднятия (Южный Урал) // Докл. АН. 2016. Т. 467, № 5. С. 560–565.
- Кузнецов Н.Б., Езекиа М.Л. Мезоструктурные парагенезы в метаморфических породах поднятия Уралтау (Южный Урал) // Вестн. РУДН. Сер. Инж. исслед. 2011. № 1. С. 37–50.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шаццлло А.В. и др. Первые U/Pb данные о возрастах детритных цирконов из песчаников верхнеэмской такатинской свиты Западного Урала (в связи с проблемой коренных источников уральских алмазных россыпей) // Докл. АН. 2014. Т. 455, № 4. С. 427–432.
- Кузнецов Н.Б., Шаццлло А.В. Первые находки скелетных фосфоритов в куккараукской свите ашинской серии Южного Урала и их значение для определения начала протоуральско-тиманской коллизии // Докл. АН. 2011. Т. 440, № 3. С. 378–383.
- Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
- Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Рязанцев А.В., Белова А.А., Разумовский А.А., Кузнецов Н.Б. Геодинамические обстановки формирования ордовикских и девонских дайковых комплексов офиолитовых разрезов Южного Урала и Мугоджар // Геотектоника. 2012. № 2. С. 65–96.
- Якупов Р.Р., Мавринская Т.М., Абрамова А.Н. Палеонтологическое обоснование схемы стратиграфии палеозоя северной части Зилаирского мегасинклинория. Уфа: ИГ УфНЦ РАН, 2002. 160 с.

Brown D., Alvarez-Marón J., Perez-Estaun A., Oslinski A. Crustal-scale structure and evolution of an arc-continent collision zone in the south Urals, Russia // *Tectonics*. 1998. Vol. 17. P. 158–171.

Glasmacher U.A., Bauer W., Giese U. et al. The metamorphic complex of Beloretsk, SW Urals, Russia – a terrane with poly-phase Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution // *Precambrian Res.* 2001. Vol. 110. P. 185–213.

Hetzel R. Geology and geodynamic evolution of the high-P/low-T Maksytov Complex, southern Urals, Russia // *Geol. Rundschau*. 1999. Vol. 85. P. 577–588.

Maslov A.V. Riphean and Vendian sedimentary sequences of the Timanides and Uralides, the eastern periphery of the East European Craton / Eds. D.G Gee, V.L. Pease // *The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica*. Geol. Soc. London. Mem. 2004. Vol. 30. P. 19–35.

Сведения об авторах: *Голионко Борис Глебович* – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. ГИН РАН, *e-mail:* golbor62@gmail.com; *Артемова Ольга Александровна* – инж. ЦНИГРИ, *e-mail:* kb_artemova@gmail.com