

Палеоширотное положение Восточно-Уральского микроконтинента и Магнитогорской дуги в Уральском океане

В. С. Буртман, А. В. Дворова, С. Г. Самыгин

Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., д. 7, e-mail: vburtman@gmail.com

Поступила в редакцию 11.09.2019 г., принята к печати 27.03.2020 г.

Объект исследований. Породы палеозойского Восточно-Уральского микроконтинента и Магнитогорской островной дуги занимают значительную часть территории Южного и часть Среднего Урала. Западный Урал сложен породами окраины древнего Балтийского континента и шарьированных на него океанических пород. В Восточном Урале и Зауралье распространены породы аккреционных комплексов окраины Уральского океана, океанической коры, симатических островных дуг и Восточно-Уральского микроконтинента, в Денисовской тектонической зоне обнажены породы океанической коры Уральского океана и Казахстанского палеозойского континента. Магнитогорская симатическая островная дуга возникла в раннем девоне в Уральском океане недалеко от Балтийского континента. Она развивалась от эмского до фаменского века. В фаменском веке произошла коллизия Магнитогорской дуги с Балтийским континентом. Восточно-Уральский микроконтинент в докаменноугольное время находился в Уральском океане. В турнейское время произошла аккреция Восточно-Уральского микроконтинента с Балтийским континентом. По другую сторону океана, на краю Казахстанского континентального массива, в раннем–среднем девоне и раннем карбоне был активен вулканический пояс над зоной субдукции. К середине башкирского века субдукция под Балтийский и Казахстанский континенты поглотила большую часть коры Уральского палеоокеана и Балтика (вместе с Восточно-Уральским микроконтинентом) пришла в соприкосновение с Казахстанским континентом. В результате коллизии сиалических террейнов в московском веке на территории будущего Урала на окраине Балтийского материка началось формирование покровно-складчатого орогена. **Материалы и методы.** В работе использованы данные изучения палеомагнетизма пород, отвечающие современным требованиям, полученные несколькими исследователями в 2000–2018 гг. **Результаты.** Определены палеоширотные положения Восточно-Уральского микроконтинента: в среднем ордовике ($5.3 \pm 7.4^\circ$) и раннем–среднем силуре ($8.2 \pm 7.2^\circ$). В раннем–среднем девоне определены палеоширотные положения уральской окраины Балтийского палеоконтинента ($7.7 \pm 3.7^\circ$), Магнитогорской островной дуги ($3.2 \pm 3.1^\circ$), уральской окраины Казахстанского палеоконтинента ($20.6 \pm 3.8^\circ$). **Заключение.** По палеомагнитным данным, в раннем–среднем девоне расстояние между палеоширотами окраин Балтийского и Казахстанского континентов было не менее 600 км, если они находились в одном полушарии, и более 2300 км – если в разных полушариях. Сближение этих террейнов было обусловлено субдукцией коры Уральского океана до его закрытия, которое произошло в турнейском веке.

Ключевые слова: палеомагнетизм, Южный Урал, микроконтинент, островная дуга, палеоширота, палеотектоническая реконструкция

Источник финансирования

Исследования проведены по плану ГИН РАН, тема № 0135-2019-0055

Latitudes of the Eastern Ural microcontinent and Magnitogorsk island arc in the Paleozoic Ural Ocean

Valentin S. Burtman, Ariadna V. Dvorova, Sergey G. Samygin

Geological Institute of RAS, 7 Pyzhevsky line, Moscow 119017, Russia, e-mail: vburtman@gmail.com

Received 11.09.2019, accepted 27.03.2020

Research subject. Rocks of the Paleozoic Eastern Ural microcontinent and Magnitogorsk island arc occupy a significant part of the Southern Urals and some part of the Middle Urals. The Western Urals are composed of rocks of the ancient Baltic continent and overthrust oceanic rocks. In the Eastern Urals and Trans-Urals rocks of the accretion complexes, oceanic crust, island arcs, the Eastern Ural microcontinent and the Kazakhstan Paleozoic continent are widespread. Rocks are exposed in the Denisov tectonic zone. The Magnitogorsk simatic Island Arc originated in the Ural Ocean, near the Baltic

Для цитирования: Буртман В.С., Дворова А.В., Самыгин С.Г. (2020) Палеоширотное положение Восточно-Уральского микроконтинента и Магнитогорской дуги в Уральском океане. *Литосфера*, 20(6), 842–850. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-6-842-850

For citation: Burtman V.S., Dvorova A.V., Samygin S.G. (2020) Latitudes of the Eastern Ural microcontinent and Magnitogorsk island arc in the Paleozoic Ural Ocean. *Litosfera*, 20(6), 842–850. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-6-842-850

continent, in the early Devonian, developing from the Emsian to the Famennian. A collision between the Magnitogorsk arc and the Baltic continent occurred in the Famennian century. In the pre-Carboniferous age, the Eastern Ural microcontinent was located in the Ural Ocean. In the Tournaisian period, the Eastern Ural microcontinent accreted with the Baltic continent. The Kazakhstan continental massif was located on the other side of the Ural Ocean. The volcanic belt above the subduction zone was active on the edge of the Kazakhstan continent in the Early–Middle Devonian and in the Early Carboniferous. A subduction under the Baltic and Kazakhstan continents consumed most of the crust of the Ural Ocean by the middle of the Bashkir century. As a result, the Baltic continent (together with the Eastern Ural microcontinent) came into contact with the Kazakhstan continent. The formation of folded orogen began in the Moscow century following the collision of sialic terrains. *Materials and methods.* The research was based on the relevant data obtained by several researchers in 2000–2018 on rock paleomagnetism. *Results.* The paleolatitudinal positions of the Eastern Ural microcontinent were determined, comprising $5.3 \pm 7.4^\circ$ in the Middle Ordovician and $8.2 \pm 7.2^\circ$ in the Early–Middle Silurian. The respective paleolatitudinal positions for the Early–Middle Devonian comprised: the Ural margin of the Baltic paleocontinent ($7.7 \pm 3.7^\circ$), the Magnitogorsk island arc ($3.2 \pm 3.1^\circ$) and the Ural margin of the Kazakhstan paleocontinent ($20.6 \pm 3.8^\circ$). *Conclusion.* According to the analysed paleomagnetic data, in the Early–Middle Devonian, the distance between the latitudes of the margins of the Baltic and Kazakhstan continents was not less than 600 km provided they were in the same hemisphere, and more than 2,300 km provided they were in different hemispheres. The convergence of the terrains was associated with the subduction of the Ural Ocean crust before its closure, which occurred in the Tournaisian century.

Keywords: paleomagnetism, South Urals, microcontinent, island arc, paleotectonic reconstruction

Funding information

The studies were carried out according to the plan of the GIN RAS, theme No. 0135-2019-0055

ВВЕДЕНИЕ

Породы палеозойского Восточно-Уральского (Мугоджарского) микроконтинента и Магнитогорской островной дуги занимают значительную часть территории Южного Урала и часть Среднего Урала. На этой территории распространены палеозойские породы, имеющие разное происхождение (рис. 1). Западный Урал сложен породами окраины древнего Балтийского (Восточно-Европейского) палеоконтинента и шарьированных на него океанических пород. В Восточном Урале и Зауралье распространены породы коллизионно-аккреционных комплексов окраины Уральского океана, океанической коры, симатических островных дуг и Восточно-Уральского микроконтинента. В Денисовской тектонической зоне обнажены породы океанической коры Уральского океана и Казахстанского палеозойского континента (Нечухин, Волчек, 2015).

В статье по палеомагнитным данным определено палеоширотное положение Восточно-Уральского микроконтинента в ордовике и силуре, Магнитогорской океанической островной дуги – в девоне. Обсуждены соотношения между определенными палеоширотами, представления о геодинамике Южного Урала в палеозое и положение Восточно-Уральского и Магнитогорского террейнов на палеотектонических реконструкциях.

ГЕОДИНАМИКА ЮЖНОГО УРАЛА

Палеозойские тектонические события, на территории Южного Урала, происходили у окраины Балтийского континента и в Уральском океане. Уральским океаном называют океаническое пространство, которое до карбона разделяло древний Бал-

тийский континент и относительно молодой композитный Казахстанский континент. Многие исследователи считают, что Уральский океан возник в ордовике в процессе раскола Евросибирского континента (Перфильев, 1979; Хаин, 2001; Смирнов и др., 2006; Пучков, 2010). Согласно другой точке зрения (Самыгин, Руженцев, 2003; Руженцев, Самыгин, 2004; Самыгин, Буртман, 2009), территория Уральского океана с неопротерозоя до карбона была частью мирового океана.

В тремадоке на окраине Балтийского континента был сформирован рифтогенный океанический Сакмарский бассейн (рис. 2, 3). От Уральского палеоокеана он был отделен поднятием, сложенным породами аккреционных комплексов и имеющим сиалический фундамент. К среднему ордовика это поднятие эволюционировало в Губерлинскую надсубдукционную вулканическую дугу. Зона субдукции была на ее океанической стороне. В раннем девоне в Сакмарском глубоководном бассейне начинаются процессы тектонического скучивания, появляются внутрибассейновые поднятия и продукты их разрушения в виде микстит-олистоострововых горизонтов и толщ. В позднем девоне Сакмарский бассейн был закрыт.

В раннем девоне в океане, вероятно недалеко от Губерлинской дуги, возникла зона субдукции с падением в сторону открытого океана. С ней связано формирование Магнитогорской симатической островной дуги (или системы дуг), которая развивалась в течение 45 млн лет – от эмса по фамен. Фронт надсубдукционного вулканизма смещался в этой дуге в направлении погружения зоны субдукции, магматические серии эволюционировали от толеитовой (с бонинитами) к известково-щелочной и затем к щелочной и субщелочной. Определения возраста островодужных интрузивных по-

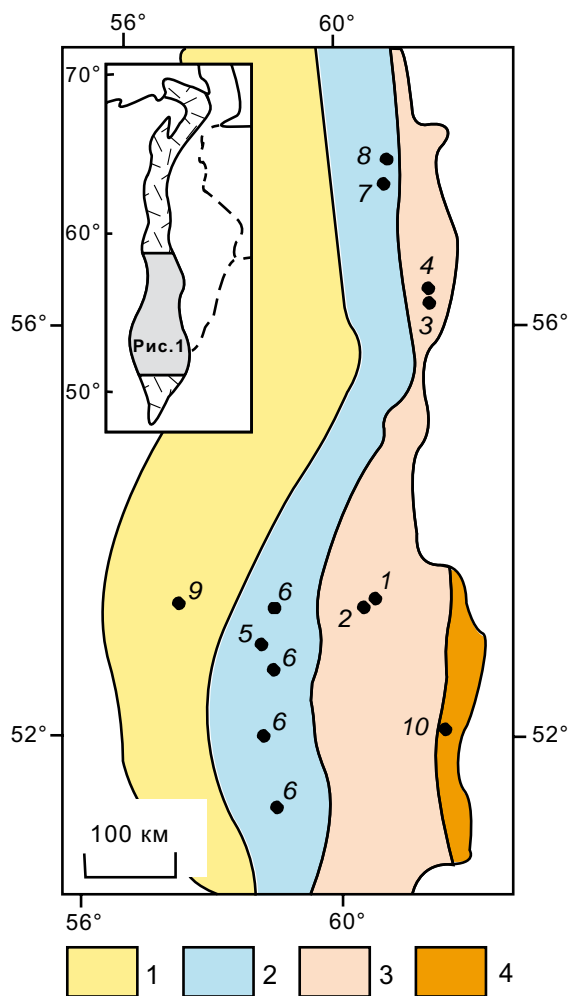


Рис. 1. Положение участков палеомагнитных исследований.

1 – Западный Урал, сложенный породами Балтийского палеоконтинента и шарьированных на него океанических пород; 2 – Магнитогорская тектоническая зона, породы палеозойских симатических островных дуг; 3 – Восточно-Уральский палеозойский микроконтинент; 4 – Денисовская тектоническая зона, сложенная породами Казахстанского палеоконтинента. Границы между тектоническими зонами – тектонические.

1–10 – участки палеомагнитных исследований: 1 – Тогузак, 2 – Варна, 3 – Багаряк, 4 – Полднево, 5 – Сибай, 6 – Магнитогорск, 7 – Ошчепково, 8 – Коптелово, 9 – Кага, 10 – Тобол.

Fig. 1. The position of areas of paleomagnetic research.

1 – the Western Urals, composed of rocks of the Baltic continent and oceanic rocks overthrust on it; 2 – Magnitogorsk tectonic zone, the rocks of Paleozoic simatic island arcs are distributed; 3 – East Ural Paleozoic microcontinent zone; 4 – Denisovskaya tectonic zone composed of rocks of the Kazakhstan continent. The boundaries between tectonic zones are tectonic.

1–10 – areas of paleomagnetic studies: 1 – Toguzak, 2 – Varna, 3 – Bagaryak, 4 – Poldnevoe, 5 – Sibai, 6 – Magnitogorsk, 7 – Oshchepkovo, 8 – Koptelovo, 9 – Kaga, 10 – Tobol.

род (по цирконам) находятся в интервале 352–393 млн лет (Ферштатер и др., 2007). Появление Магнитогорской дуги отделило от океанической акватории Присакмаро-Вознесенский бассейн. Спрединг океанической коры в этом бассейне закончился к среднему девону. В фаменском веке происходит последовательная коллизия Балтийского континента с Губерлинской и затем с Магнитогорской дугами, закрываются Сакмарский и Присакмаро-Вознесенский бассейны. Это привело к формированию покровно-складчатого сооружения, нарастившего уральский край Балтийского континента.

В докаменноугольное время в Уральском океане находился Восточно-Уральский микроконтинент, который имеет неопротерозойский фундамент (Нечухин и др., 2000; Пучков, 2010). В раннем и среднем палеозое на этом микроконтиненте отлагались терригенные, карбонатные и кремнистые породы, в ордовике извергались базальты. В турнейское время произошла аккреция Восточно-Уральского микроконтинента с Балтийским континентом. У новой внешней границы Балтики возникла зона субдукции и на новой окраине континента – пояс надсубдукционного магматизма. Интрузивные породы этого пояса, комагматичные вулканитам, имеют Rb-Sr и U-Pb возрасты в пределах визейского века (Тевелев и др., 2006; Ферштатер и др., 2007).

По другую сторону Уральского океана в позднем ордовике произошло объединение сиалических террейнов (Кокчетау-Иссыккульского, Сырдарьинского и Актау-Джунгарского) и создан Казахстанский континент. В раннем–среднем девоне на уральском краю Казахстанского континента был активен вулканический пояс, в пределах которого роль формаций с более щелочными и калиевыми породами возрастала в направлении внутрь Казахстанского континента (Курчавов, 2004). В позднем девоне субдукция под этот континент временно прекратилась и возобновилась в раннем карбоне над более крутой зоной субдукции. Валерьяновский вулканический пояс над этой зоной субдукции был активен с раннего визе по ранний башкирский.

В раннем карбоне началось сближение Балтики (вместе с Восточно-Уральским микроконтинентом) и Казахстанского континента. К середине башкирского века двусторонняя субдукция под континенты поглотила большую часть коры Уральского палеоокеана и эти континенты пришли в непосредственное соприкосновение. Около океанической сутуры находился пояс макромеланжа и смятия, в который были включены сланцы, содержащие глаукофан (Косарев и др., 2001), – свидетели высокого давления в процессе коллизии. В результате коллизии сиалических террейнов в московском веке на окраине Балтийского материка на территории будущего Урала началось формирование покровно-складчатого оротена.

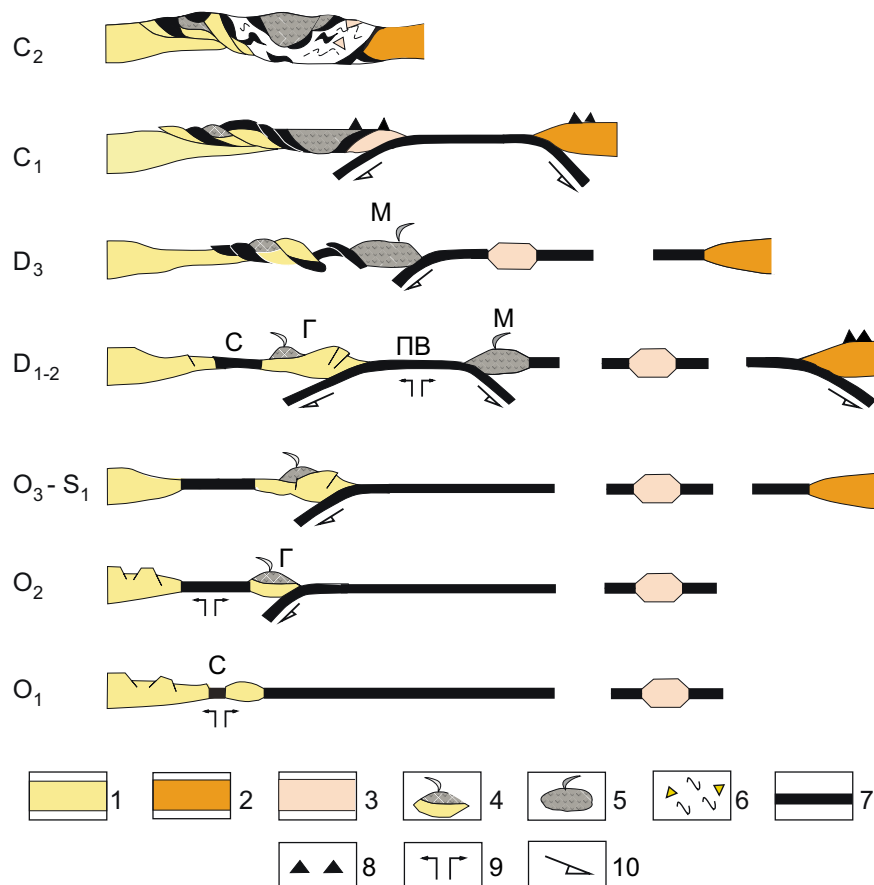


Рис. 2. Геодинамические профили для Южного Урала.

1–3 – сиалическая земная кора: 1 – Балтийского палеоконтинента, 2 – Казахстанского палеоконтинента, 3 – Восточно-Уральского микроконтинента; 4, 5 – вулканические островные дуги: 4 – сиалические, 5 – симатические; 6 – позднепалеозойский коллизионный мегамикстит; 7 – океаническая кора; 8–10 – активность процессов: 8 – вулканизм в окраинно-континентальном магматическом поясе, 9 – спрединг океанической коры, 10 – субдукция. Г – Губерлинская дуга, М – Магнитогорская дуга, ПВ – Присакмаро-Вознесенский бассейн, С – Сакмарский бассейн.

Fig. 2. Geodynamic profiles for the Southern Urals.

1–3 – sialic crust: 1 – the Baltic continent, 2 – the Kazakhstan continent, 3 – the East-Ural microcontinent; 4, 5 – volcanic island arcs: 4 – sialic, 5 – somatic; 6 – Late Paleozoic collisional mixites; 7 – oceanic crust; 8–10 – activity of processes: 8 – volcanism in the marginal continental magmatic belt, 9 – spreading of the oceanic crust, 10 – subduction. Г – Guberlyan Arc, М – Magnitogorsk Arc, ПВ – Priskamara-Voznesensk Basin, С – Sakmara Basin.

ПАЛЕОШИРОТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Определения палеошироты основаны на результатах изучения палеомагнетизма пород, в результате которого была выделена высокотемпературная доскладчатая компонента намагниченности. Это первичная компонента, которая возникает в магматических породах во время их остывания, в осадочных породах – в процессе седиментации. Изучение первичной палеомагнитной компоненты позволяет определить палеоширотное положение территории, на которой происходил процесс магматизма или накопление осадка. В таблице приведены результаты исследования ордовикских и силурийских пород Восточно-Уральского микроконтинента,

та, девонских пород Магнитогорской островной дуги и ближних окраин Балтийского и Казахстанского палеоконтинентов, которые отвечают современным требованиям к результатам палеомагнитных исследований. Эти данные были получены в 2000–2018 гг. несколькими группами исследователей.

Восточно-Уральский микроконтинент

Породы микроконтинента распространены на территории, которая простирается вдоль Урала на 1300 км при ширине до 150 км. Палеомагнетизм пород микроконтинента изучен на четырех участках. На Южном Урале на участке Тогузак (см. рис. 1,

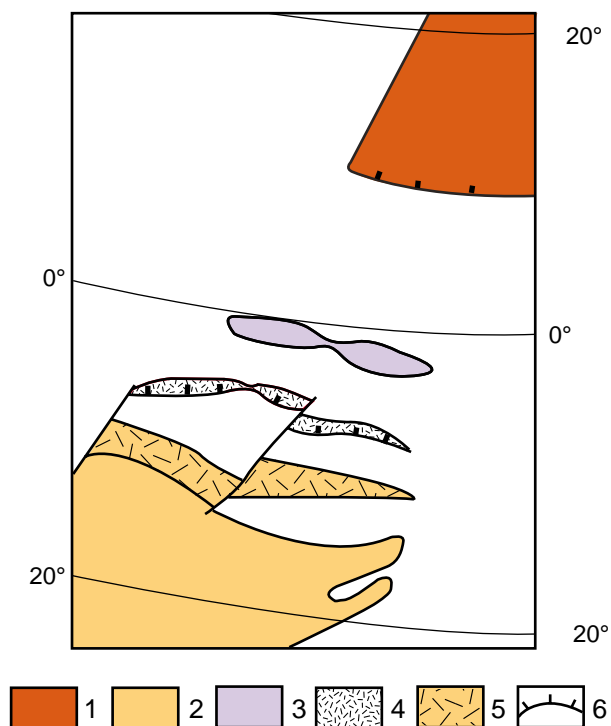


Рис. 3. Вариант положения Восточно-Уральского микроконтинента и Магнитогорской дуги в Уральском океаническом бассейне в среднедевонское время (390–380 млн лет) – фрагмент палеотектонической реконструкции (Самыгин и др., 2015).

1–3 – сиалическая кора: 1 – Казахстанский палеоконтинент (К), 2 – Балтийский палеоконтинент, 3 – Восточно-Уральский микроконтинент; 4 – Магнитогорская вулканическая островная дуга; 5 – зона аккреции. Г – Губерлинская дуга, ВУ – Присакмаро-Вознесенский бассейн, С – Сакмарский бассейн.

Fig. 3. The variant of the position of the East Ural microcontinent and the Magnitogorsk arc in the Ural ocean basin in the Middle Devonian time (390–380 Ma). It is a fragment of the paleotectonic reconstruction (Samygin et al., 2015).

1–3 – sialic crust: 1 – Kazakhstan continent (K), 2 – Baltic continent, 3 – East Ural microcontinent; 4 – Magnitogorsk volcanic island arc; 5 – accretion zone. Г – Guberlin arc), ВУ – East Ural microcontinent, ПВ – Prisakmara-Voznesensk Basin, С – Sakmara Basin.

уч. 1) изучен палеомагнетизм алевролитов и песчаников (Буртман и др., 2000) из толщи, содержащей брахиоподы, трилобиты, и гастроподы среднеордовикского возраста (Анцигин, 1985). По полученным данным, в среднем ордовике средняя часть Восточно-Уральского микроконтинента находилась в интервале широт 0–13° (табл. 1).

Палеомагнетизм силурийских пород изучен на трех участках. На Южном Урале на участке Варна (см. рис. 1, уч. 2) изучен палеомагнетизм песчаников из толщи углеродисто-глинистых и кремнистых сланцев, песчаников, алевролитов и аргилли-

тов (Буртман и др., 2000), содержащих граптолиты позднего лландовери и конодонты раннего венлока (Пучков, 2000; Тевелев, Кошелева, 2002). На Среднем Урале на участке Багаряк (см. рис. 1, уч. 3) изучен палеомагнетизм туфопесчаников (Буртман и др., 2000), туфоалевролитов и аргиллитов, содержащих граптолиты позднего лландовери (Шурыгина, Милицина, 1996). Вблизи от него, на участке Полднево (см. рис. 1, уч. 4), изучен палеомагнетизм базальтов, андезитобазальтов, туфов и алевролитов из толщи, содержащей граптолиты позднего лландовери – раннего венлока (Свяжина и др., 2008). По палеомагнитным данным, полученным на участках 2–4, средняя палеоширота Восточно-Уральского микроконтинента в лландовери–венлоке находилась в интервале 1–15° (см. табл. 1).

Магнитогорская островная дуга

На Южном Урале на участке Сибай (см. рис. 1, уч. 5) изучен палеомагнетизм алевритовых и пелитовых силицилитов бугулугурского горизонта (Буртман и др., 2003), которые содержат конодонты позднего эйфеля (Маслов и др., 1984). Силицилиты лежат на толетовых базальтах и перекрыты кластическими туффитами улутауской свиты, содержащими ископаемую фауну позднего эйфеля и живетского яруса. В работе (Голованова и др., 2018) опубликованы результаты изучения палеомагнетизма пород нижнего и среднего девона, отобранных на нескольких участках Магнитогорской дуги (см. рис. 1, уч. 6, Маг – в табл. 1). На Среднем Урале на участках Ощепково и Коптелово (см. рис. 1, уч. 7, 8) изучены туфопесчаники из терригенно-вулканогенной толщи, содержащей конодонты позднего эмсса – раннего эйфеля (Свяжина и др., 2008). Средняя палеоширота Магнитогорской островной дуги в раннем–среднем девоне, по палеомагнитным данным, была в интервале 0–6° (см. табл. 1).

Окраины палеоконтинентов

На южно-уральской окраине Балтийского палеозойского континента на участке Кага (см. рис. 1, уч. 9) изучен (Буртман и др., 2000) палеомагнетизм кварцевых песчаников ваяншкинской свиты, имеющей эмсский возраст (Чувазов, Шуйский, 2003). По палеомагнитным данным, участок Кага находился в эмссе в интервале палеоширот $7.7 \pm 3.7^\circ$ (см. табл. 1). Палеоширота южно-уральского края Балтийского континента, вычисленная относительно палеомагнитного полюса Балтики, определенного в работе (Torsvik et al., 2012) для времени 400 млн лет (эмсс), находится в интервале $1.1 \pm 4.1^\circ$. Области доверия этих определений, полученных разными методами, частично перекрывают друг друга.

Таблица 1. Данные о высокотемпературной доскладчатой компоненте намагниченности палеозойских пород Южного и Среднего Урала

Table 1. Data on the high-temperature pre-folding component of the magnetization of the Paleozoic rocks of the Southern and Middle Urals

№ уч.	Название уч.	A	N(S)	I°	α95	φ ± Δφ°	K	T	Литература
<i>Восточно-Уральский микроконтинент</i>									
1	Тогузак	O ₂	10	10.5	13.8	5.3 ± 7.4	13.3/3.6	F+	(Буртман и др., 2003)
2	Варна	S ₁₋₂	26	17.8	8.0	9.1 ± 4.5	12.5/9.6	F+ R+	Там же
3	Багаряк	S ₁	40	23.4	5.8	12.2 ± 3.4	16.0/8.7	F+	Там же
4	Полднево	S ₁₋₂	22	7.0	6.8	3.5 ± 3.5	23.2/17.6	F+	(Свяжина и др., 2008)
O ₂ – палеоширота уч. 1 (5.3 ± 7.4°)									
S ₁₋₂ – средняя палеоширота, по данным с уч. 2–4 (8.2 ± 7.2°)									
<i>Магнитогорская островная дуга</i>									
5	Сибай	D ₂	43	10.0	6.7	5.0 ± 3.4	10.2/6.5	F+ R+	(Буртман и др., 2000)
6	Маг	D ₂	(27)	0.3	6.5	0.2 ± 5.7	19.4/10.2	F+ R+	(Голованова и др., 2018)
7	Ощепково	D ₁₋₂	32	3.4	15.3	1.7 ± 7.9	5.2/1.8	F+	(Свяжина и др., 2008)
8	Коптелово	D ₁₋₂	14	11.8	19.4	6.0 ± 10.8	11.8/3.2	F+	Там же
D ₁₋₂ – средняя палеоширота, по данным с уч. 5–8 (3.2 ± 3.1°)									
<i>Уральская окраина Балтийского палеоконтинента</i>									
9	Кага	D ₁	47	15	6.9	7.7 ± 3.7	10.2/5.4	F+ R+	(Буртман и др., 2000)
<i>Уральская окраина Казахстанского палеоконтинента</i>									
10	Тобол	D ₂	31	37	4.8	20.6 ± 3.8	27.9/12.7	F+	Там же

Примечание. A – возраст палеомагнитной компоненты, N(S) – количество образцов (сайтов), данные по которым вошли в статистику, I° – палеомагнитное наклонение, α95 – радиус овала доверия определения наклонения в стратиграфической системе координат, φ ± Δφ° – палеоширота и радиус интервала доверия определения, K – кучности палеомагнитных векторов в стратиграфической/географической системах координат, T – положительные тесты (F+ – тест складки, R+ – тест обращения).

Note. A – age of the paleomagnetic component, N(S) – number of samples (sites) for which data are included in the statistics, I° – paleomagnetic inclination, α95 – radius of the oval of confidence of the paleomagnetic inclination, φ ± Δφ° – paleo-latitude and radius of the confidence interval, K – concentration of paleomagnetic vectors in the stratigraphic/geographical coordinate systems, T – positive tests (F+ – fold test, R+ – reversal test).

На западной окраине Казахстанского палеоконтинента на участке Тобол (см. рис. 1, уч. 10) в зауральской Денисовской тектонической зоне изучены песчаники, алевролиты и аргиллиты, которые чередуются с грубыми кластитами (Буртман и др., 2000). В этой толще найдены брахиоподы, трилобиты, кораллы эйфельского яруса (Литвин, Мамеев, 1961). Участок Тобол находился в среднем девоне в интервале широт $20.6 \pm 3.8^\circ$ (см. табл. 1). Этот результат близок определениям девонской палеошироты по палеомагнитным данным, полученным на других участках Казахстанского палеоконтинента (Буртман, Дворова, 2018).

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Анализ результатов палеомагнитных исследований, проведенных несколькими коллективами исследователей, позволил определить палеоширотные положения Восточно-Уральского микроконтинента в среднем ордовике ($5.3 \pm 7.4^\circ$) и в раннем-среднем силуре ($8.2 \pm 7.2^\circ$) и палеоширотное положение Магнитогорской островной дуги в раннем-среднем девоне ($3.2 \pm 3.1^\circ$). Были определены также палеоширотные положения в раннем-среднем девоне южно-уральской окраины

Балтийского континента ($7.7 \pm 3.7^\circ$) и зауральской окраины Казахстанского континента ($20.6 \pm 3.8^\circ$). В раннем-среднем девоне и раннем-среднем силуре десятки раз происходила смена знака полярности палеомагнитного полюса (Молостовский и др., 2007). Это не позволяет определять по палеомагнитным данным, в каком полушарии находились изученные объекты.

Среднеордовикское палеоширотное положение южно-уральской окраины Балтийского континента, вычисленное относительно положения магнитного полюса 460 млн лет назад (Torsvik et al., 2012), находится в интервале $41.1 \pm 3.6^\circ$. Ранне-среднеордовикская палеоширота $8.5 \pm 1^\circ$ определена палеомагнитными исследованиями для средней части Кокчетау-Иссыккульского террейна Казахстана (Буртман, Дворова, 2019). Сравнение приведенных палеомагнитных данных показывает, что в среднем ордовике расстояние между палеоширотами Восточно-Уральского и Казахстанского сиалических террейнов было небольшим, а расстояние между палеоширотами Восточно-Уральского микроконтинента и изученного участка Балтийского континента – более 3000 км.

Интервалы доверенности определений ранне-среднедевонских палеоширот Магнитогорской

островной дуги и окраины Балтики частично перекрывают друг друга. Возможны два варианта оценки расстояния между палеоширотами этих террейнов. Если террейны были в девоне в разных полушариях, это расстояние исчислялось многими сотнями километров, если в одном полушарии, то их палеошироты были близкими. Описанная выше палеогеодинамика Южного Урала соответствует второму варианту интерпретации результатов палеомагнитных исследований девонских пород (см. рис. 3).

По палеомагнитным данным, в раннем–среднем девоне расстояние между палеоширотами окраин Балтийского и Казахстанского континентов было не менее 600 км, если они находились в одном полушарии, и более 2300 км – если в разных полушариях. Сближение террейнов было обусловлено субдукцией коры Уральского океана, происходившей до его закрытия в турнейском веке.

Восточно-Уральский микроконтинент и Магнитогорская островная дуга показаны на большинстве региональных палинспастических реконструкций, охватывающих террейны будущей Евразии. На реконструкции для позднего ордовика–раннего силура в работах (Куренков и др., 2005; Свяжина, Петров, 2011) положение Восточно-Уральского микроконтинента соответствует данным о позднеордовикской палеошироте микроконтинента. На реконструкции (Самыгин и др., 2015), составленной для среднего–позднего ордовика, Восточно-Уральский микроконтинент находится в интервале 24–30°, в работе (Атлас, 2002), – в интервале 19–23°. Положение микроконтинента на этих реконструкциях удалено на 20° и 15° от палеоширотного интервала, определенного для этого микроконтинента при палеомагнитных исследованиях.

Положение Магнитогорской океанической островной дуги на девонских реконструкциях в работах (Пучков, 2000; Filippova et al., 2001; Куренков и др., 2005; Windley et al., 2007; Свяжина, Петров, 2011; Самыгин и др., 2015) соответствует палеомагнитным данным о ее палеошироте. На реконструкции в работе (Атлас..., 2002) положение этой островной дуги на 10° удалено от палеоширотного интервала, определенного при палеомагнитных исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас литолого-палеогеографических, структурных, палинспастических и геоэкологических карт Центральной Евразии (2002). Алматы: ЦГО, 72 с.
- Анцигин Н.Я. (1985) К стратиграфии ордовика на восточном склоне Урала. *Проблемы геологии докембрия и нижнего палеозоя Урала*. М.: Геолфонд РСФСР, 68–86.
- Буртман В.С., Гурарий Г.З., Дворова А.В. (2003) Положение микроконтинентов Северного Тянь-Шаня и Восточного Урала в ордовике и силуре по палеомагнитным данным. *Геотектоника*, (5), 11–26.
- Буртман В.С., Гурарий Г.З., Дворова А.В., Кузнецов Н.Б., Шипунов С.В. (2000) Уральский палеоокеан в девонское время (по палеомагнитным данным). *Геотектоника*, (5), 61–70.
- Буртман В.С., Дворова А.В. (2018) Казахстанский и Таримский микроконтиненты на девонских палеотектонических реконструкциях. *Литосфера*, **18**(2), 314–321. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-2-314-321
- Буртман В.С., Дворова А.В. (2019) Кокчетай-Иссыккульский террейн Казахстанского палеоконтинента и его палеоширотное положение в ордовике. *Литосфера*, **19**(4), 519–532. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-4-519-532
- Голованова И.В., Данукалов К.Н., Пучков В.Н., Косарев А.М., Сальманов Р.Ю. (2018) Палеомагнитные исследования в девонских и каменноугольных породах Южного Урала: независимый тест представлений о коллизии Магнитогорской островной дуги и пассивной окраины континента Лавруссия. *Докл. АН*, **482**(1), 64–67.
- Косарев А.М., Пучков В.Н., Светлакова А.Н. (2001) Геологическая интерпретация сейсмического профиля Уралсейс (Восточный домен). *Глубинное строение и геодинамика Южного Урала*. Тверь: ГЕРС, 165–171.
- Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А., Лубнина Н.В. (2005) Геодинамические условия формирования палеоспрединовых комплексов Урало-Монгольского пояса. *Очерки по региональной тектонике*. Т. 2. М.: Наука, 201–247.
- Курчаков А.М. (2004) Формационные ряды орогенных вулканических поясов и их значение для палеореконовструкций. *Геология и геофизика*, **45**(12), 1418–1426.
- Литвин П.А., Мамаев Н.Ф. (1961) Объяснительная записка к геологической карте СССР, лист N-41-XXXIII. М.: Госгеолтехиздат, 70 с.
- Маслов В.П., Артющкова О.В., Барышев В.Н. (1984) Стратиграфия рудомещающих девонских отложений Сибайского района. Уфа: ИГ БФАН СССР, 100 с.
- Молостовский Э.Ф., Печерский Д.М., Фролов И.Ю. (2007) Магнитостратиграфическая шкала фанерозоя и ее описание с помощью кумулятивной функции распределения. *Физика Земли*, (10), 15–23.
- Нечехин В.М., Волчек Е.Н. (2015) Тектоно-геодинамическое районирование Урало-Тиманского палеоазиатского сегмента Евразии. *Литосфера*, (6), 5–25.
- Нечехин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. (2000) Террейны древней континентальной коры в аккреционно-коллизонных структурах Урала. *Докл. АН*, **370**(5), 655–657.
- Перфильев А.С. (1979) Формирование земной коры Уральской эвгеосинклинали. М.: Наука, 188 с.
- Пучков В.Н. (2000) Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 146 с.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Дизайн-Полиграф-Сервис, 280 с.
- Руженцев С.В., Самыгин Г.С. (2004) Структура и геологическое развитие области сочленения Восточно-Европейской платформы и Южного Урала. *Геотектоника*, (4), 20–44.
- Самыгин С.Г., Буртман В.С. (2009) Тектоника Урала: сравнение с Тянь-Шанем. *Геотектоника*, (2), 57–77.
- Самыгин Г.С., Руженцев С.В. (2003) Уральский палео-

- океан: модель унаследованного развития. *Докл. АН*, **392** (2), 226-229.
- Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н., Курчавов А.М. (2015) Тектоническое развитие Казахстана и Тянь-Шаня в неопротерозе и раннем-среднем палеозое. *Геотектоника*, (3), 66-92.
- Свяжина И.А., Петров Г.А. (2011) Миграция террейнов Уральского подвижного пояса и палеозойские аккреционные события на уральской окраине Восточно-Европейского континента. *Литосфера*, (6), 3-13.
- Свяжина И.А., Петров Г.А., Слободчиков Е.А. (2008) Палеомагнетизм, тектоника и геодинамика палеозоя среднеуральского фрагмента Восточно-Уральской мегазоны. *Литосфера*, (4), 22-34.
- Смирнов В.Н., Бороздина Г.Н., Десятниченко Л.И., Иванов К.С., Медведева Т.Ю., Фадеичева И.Ф. (2006) О времени раскрытия Уральского палеоокеана. *Геология и геофизика*, **47**(6), 755-761.
- Тевелев А.В., Кошелева И.А. (2002) Геологическое строение и история развития Южного Урала. М.: Изд. МГУ, 120 с.
- Тевелев А.В., Кошелева И.А., Попов В.С., Кузнецов И.Е., Осипова Т.А., Правикова Н.В., Вострцова Е.С., Густова А.С. (2006) Палеозойды зоны сочленения Восточного Урала и Зауралья. М.: Изд. МГУ, 300 с.
- Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Беа Ф., Монтеро П., Бородин Н.С. (2007) Геодинамические обстановки и история палеозойского интрузивного магматизма Среднего и Южного Урала (по результатам датирования цирконов). *Геотектоника*, (6), 52-77.
- Хаин В.Е. (2001) Тектоника континентов и океанов. М.: Науч. мир, 606 с.
- Чувашов Б.И., Шуйский В.П. (2003) Раннедевонская биота карбонатных платформ востока Русской платформы, Уральского подвижного пояса и Западной Сибири (стратиграфическое, биогеографическое и палеотектоническое значение). *Литосфера*, (2), 3-27.
- Шурыгина М.В., Милицына В.С. (1996) Силурийские отложения по рекам Исток и Багаряк в районе г. Каменск-Уральский на востоке Среднего Урала. *Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала*, **1**. Екатеринбург: УрО РАН, 25-37.
- Filippova I.B., Bush V.A., Didenro (2001) Middle Paleozoic subduction belts: The leading factor in the formation of the Central Asian fold-and-thrust belt. *Russ. J. Earth Sci.*, **3**(6), 1-36.
- Torsvik T.H., Van der Voo R., Preeden U., MacNiocaill C., Steinberger B., Doubrovine P.V., Hinsbergen D.J.J., Domeir M., Gaina C., Tohver E., Meert J.G., McCausland P.J.A., Cocks R.M. (2012) Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics. *Earth Sci. Rev.*, **114**, 325-368.
- Windley B.F., Alexeev D., Xiao W., Kroner A., Badarch G. (2007) Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *J. Geol. Soc. London*, **164**, 31-47.
- Antsygin N.Ya. (1985) To the Ordovician stratigraphy on the eastern slope of the Urals. *Problemy geologii dokembriya i nizhnego paleozoya Urala* [Problems of Precambrian and the Lower Paleozoic geology of the of the Urals]. Moscow, Geolfond of the RSFSR Publ., 68-86. (In Russian)
- Burtman V.S., Dvorova A.V. (2018) Kazakhstan and Tarim microcontinents on the Devonian paleotectonic reconstructions. *Litosfera*, **18**(2), 314-321. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-2-314-321 (In Russian)
- Burtman V.S., Dvorova A.V. (2019) Kokchetau-Issykkul terrain of the Kazakhstan Paleozoic continent and the Ordovician latitude of the continent. *Litosfera*, **19**(4), 519-532. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-4-519-532. (In Russian)
- Burtman V.S., Gurary G.Z., Dvorova A.V. (2003) Position of microcontinents in the Northern Tien Shan and the Eastern Urals in the Ordovician and Silurian from paleomagnetic data. *Geotectonics*, **37**(5) 352-367.
- Burtman V.S., Gurarii G.Z., Dvorova A.V., Kuznetsov N.B., Shipunov S.V. (2000) The Uralian Paleoocean in the Devonian (as inferred from paleomagnetic data). *Geotectonics*, **34**(5), 397-406.
- Chuvashov B.I., Shuiskii V.P. (2003) Early Devonian biota of carbonate platforms of the east of the Russian Platform, the Ural Mobile Belt and Western Siberia (stratigraphic, biogeographic and paleotectonic significance). *Litosfera*, (2), 3-27. (In Russian)
- Fershtater G. B., Krasnobaev A. A., Bea F., Montero P., Borodina N.S. (2007) Geodynamic settings and history of Paleozoic intrusive magmatism of the Middle and Southern Urals (based on the results of zircon dating)). *Geotektonika*, (6), 52-77. (In Russian)
- Filippova I.B., Bush V.A. (2001) Middle Paleozoic subduction belts: The leading factor in the formation of the Central Asian fold-and-thrust belt. *Russ. J. Earth Sci.*, **3**(6), 1-36.
- Golovanova I.V., Danukalov K.N., Puchkov V.N., Kosarev A.M., Sal'manova R.Yu. (2018) Paleomagnetic studies in the Devonian and Carboniferous rocks of the Southern Urals: an independent test of the concept of a collision between the Magnitogorsk island arc and the passive edge of the Laurussia continent. *Dokl. Akad. Nauk*, **482**(1), 64-67. (In Russian)
- Khain V.E. (2001) *Tektonika kontinentov i okeanov* [Tectonics of continents and oceans]. Moscow, Nauchnyi Mir Publ., 606 p. (In Russian)
- Kosarev A.M., Puchkov V.N., Svetlakova A.N. (2001) Geological interpretation of the seismic profile of Uralseys (East domain). *Glubinnoe stroenie i geodinamika Yuzhnogo Urala (proekt Uralseys)* [The deep structure and geodynamics of the Southern Urals (Uralseys project)]. Tver, GERS Publ., 165-171. (In Russian)
- Kurenkov S.A., Didenko A.N., Simonov V.A., Lubnina N.V. (2005) Geodynamic conditions for the formation of paleo-spreading complexes of the Ural-Mongolian belt. *Ocherki po regional'noi tektonike. T. 2* [Essays on regional tectonics, V. 2]. Moscow, Nauka Publ., 201-247. (In Russian)
- Kurchavov A.M. (2004) Formation series of orogenic volcanic belts and their significance for paleoreconstructions. *Geol. Geofiz.*, **45**(12), 1418-1426. (In Russian)
- Litvin P.A., Mamaev N.F. (1961) *Ob'yasnitel'naya zapiska k geologicheskoi karte SSSR, list N-41-XXXIII* [Explan-

REFERENCES

Atlas litologo-paleogeograficheskikh, strukturnykh, palinspasticheskikh i geokologicheskikh kart Tsentral'noi Evrazii [Atlas of lithological-paleogeographic, structural, palinspastic and geokological maps of Central Eurasia]. (2002) Almaty, TsGO Publ., 72 p.

- atory note to the geological map of the USSR, sheet N-41-XXXIII]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 70 p. (In Russian)
- Maslov V.P., Artyushkova O.V., Baryshev V.N. (1984) *Stratigrafiya rudovmeshchayushchikh devonskikh otlozhenii Sibaiskogo raiona* [Stratigraphy of the Ore Devonian deposits of the Sibay district]. Ufa, IG BFAN SSSR, 100 p. (In Russian)
- Necheukhin V.M., Volchek E.N. (2015) Tectonic-geodynamic zoning of the Ural-Timan paleoasian segment of Eurasia. *Litosfera*, (6), 5-25. (In Russian)
- Necheukhin V.M., Krasnobaev A.A., Sokolov V.B. (2000) Terranes of the ancient continental crust in accretion-collision structures of the Urals. *Dokl. Akad. Nauk*, **370**(5), 655-657. (In Russian)
- Perfil'ev A.S. (1979) *Formirovanie zemnoi kory Ural'skoi evgeosinklinali* [Formation of the Earth's crust of the Ural eugeosyncline]. Moscow, Nauka Publ., 188 p. (In Russian)
- Puchkov V.N. (2000) *Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala* [Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals]. Ufa, Dauria Publ., 146 p. (In Russian)
- Puchkov V.N. (2010) *Geologiya Urala i Priural'ya* [Geology of the Urals and Cis-Urals (modern stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny data)]. Ufa, Design-PoligraphServis Publ., 280 p. (In Russian)
- Ruzhentsev S.V., Samygin G.S. (2004) Structure and geological development of the junction area of the East European Platform and the Southern Urals. *Geotektonika*, (4), 20-44. (In Russian)
- Samygin S.G., Burtman V.S. (2009) Tectonics of the Ural Paleozooids in comparison with the Tien Shan. *Geotectonics*, **43**(2), 133-151. DOI: 10.1134/S0016852109020058
- Samygin G.S., Ruzhentsev S.V. (2003) Ural Paleoocean: a model of inherited development. *Dokl. Akad. Nauk*, **392**(2), 226-229. (In Russian)
- Samygin S.G., Kheraskova T.N., Kurchavov A.M. (2015) Tectonic development of Kazakhstan and the Tien Shan in the Neoproterozoic and Early-Middle Paleozoic. *Geotektonika*, (3), 66-92. (In Russian)
- Shurygina M.V., Militsyna V.S. (1996) Silurian deposits along the Istok and Bagaryak rivers in the area of Kamensk-Uralsk in the east of the Middle Urals. *Materialy po stratigrafii i paleontologii Urala*, **1** [Materials on stratigraphy and paleontology of the Urals, **1**]. Ekaterinburg, UB RAS, 25-37.
- Smirnov V.N., Borozdina G.N., Desyatnichenko L.I., Ivanov K.C., Medvedeva T.Yu., Fadeicheva I.F. (2006) On the time of disclosure of the Ural paleocean. *Geol. Geofiz.*, **47**(6), 755-761. (In Russian)
- Svyazhina I.A., Petrov G.A. (2011) Migration of terranes of the Ural mobile belt and Paleozoic accretion events on the Ural margin of the East European continent. *Litosfera*, (6), 3-13. (In Russian)
- Svyazhina I.A., Petrov G.A., Slobodchikov E.A. (2008) Paleomagnetism, tectonics and geodynamics of the Paleozoic of the Middle Ural fragment of the East Ural megazone. *Litosfera*, (4), 22-34. (In Russian)
- Tevelev A.V., Kosheleva I.A. (2002) *Geologicheskoe stroenie i istoriya razvitiya Yuzhnogo Urala* [Geological structure and history of the development of the Southern Urals]. Moscow, MGU Publishing House, 120 p. (In Russian)
- Tevelev A.V., Kosheleva I.A., Popov V.S., Kuznetsov I.E., Osipova T.A., Pravikova N.V., Vostretsova E.S., Gustova A.S. (2006) *Paleozoidy zony sochleneniya Vostochnogo Urala i Zaural'ya* [Paleozooids of the junction zone of the Eastern Urals and Trans-Urals]. Moscow, MGU Publishing House, 300 p. (In Russian)
- Torsvik T.H., Van der Voo R., Preeden U., MacNiocaill C., Steinberger B., Doubrovine P.V., Hinsbergen D.J.J., Domeir M., Gaina C., Tohver E., Meert J.G., McCausland P.J.A., Cocks R.M. (2012) Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics. *Earth Sci. Rev.*, **114**, 325-368.
- Windley B.F., Alexeiev D., Xiao W., Kroner A., Badarch G. (2007) Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *J. Geol. Soc. London*, **164**, 31-47.