

Научная статья

УДК 553.41: 552.11

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-8

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИКА И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ САКМАРСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. М. Косарев, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина, Г. Т. Шафигуллина

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, amkosarev@mail.ru

Сакмарская структурная зона, выделенная Л. С. Либровичем в 1929 г. на западном склоне Южного Урала, представляет собой меридионально вытянутый линзовидный, сложно построенный тектонический блок, расположенный в центре Зилаирского синклиория. Цель работы — выяснение строения, геологической и палеогеографической истории формирования разновозрастных и разнофациальных комплексов Сакмарской зоны. На основе анализа опубликованных и архивных материалов и собственных наблюдений проведено обобщение стратиграфических, структурных особенностей, а также данных химического состава вулканитов и строения осадочных и вулканогенных комплексов северной части этой зоны. На основе описания литологических особенностей отложений от кембрия до фамена проведены палеогеографические реконструкции. С точки зрения сдвиговой тектоники получили объяснение структурные особенности северной части Сакмарской зоны. Палеогеографические условия формирования отложений от кембрия до верхнего девона соответствуют условиям окраинного моря, современным аналогом этих обстановок могут служить окраинные моря Южно-Китайского региона. Последовательность геодинамических событий развития Сакмарского окраинно-морского бассейна отражает полный цикл Вильсона — от раскрытия окраинно-океанического пространства при рифтогенезе в кембрии, ордовике и силуре до его закрытия через механизмы субдукции в силуре и раннем-среднем девоне и коллизии в позднем девоне. Структура Сакмарской зоны рассматривается как горстовидная синсдвиговая «цветочная» структура, выведенная на поверхность из-под средне-верхнепалеозойских отложений Зилаирского синклиория, в результате бокового сжатия в позднеколлизийную стадию и реактивированная на неотектоническом этапе.

Ключевые слова: ордовик, силур, девон, окраинное море, палеоокеан, офиолиты, вулканогенные породы, аккреционный комплекс, серпентиниты, субдукция, сдвиги

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГ УФИЦ РАН по темам FMRS-2022–0011, FMRS-2022–0010, FMRS-2022–0015.

Для цитирования: Косарев А. М., Горожанин В. М., Горожанина Е. Н., Шафигуллина Г. Т. Геология, геодинамика и структурные особенности северной части Сакмарской зоны (Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. № 2. С. 90–116. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-8

For citation: Kosarev A. M., Gorozhanin V. M., Gorozhanina E. N., Shafigullina G. T. (2024) Geology, geodynamics and structural features of the northern part of the Sakmara Zone (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 2. P. 90 — 116. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-2-8

© А. М. Косарев, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина, Г. Т. Шафигуллина, 2024

Original article

GEOLOGY, GEODYNAMICS AND STRUCTURAL FEATURES OF THE NORTHERN PART OF THE SAKMARA ZONE (SOUTHERN URALS)

A. M. Kosarev, V. M. Gorozhanin, E. N. Gorozhanina, G. T. Shafigullina

Institute of Geology, UFRS RAS, 16/2 K. Marx st., Ufa 450077, Russia, amkosarev@mail.ru

Sakmara structural zone, identified by L. S. Librovič in 1929 on the western slope of the Southern Urals, is a meridionally elongated lens-shaped, complex tectonic block located in the center of the Zilair synclinorium and limited from the west and east by regional faults. The goal is to clarify the structure, geological and paleogeographic history of the formation of complexes of different ages and different facies of the Sakmara zone. Based on an analysis of published and archival materials and our own observations, a study was carried out of the composition and structure of sedimentary and volcanogenic complexes in the northern part of this zone. It is shown that there is a stratigraphically complete section of sediments from the Cambrian to Famennian. From the point of view of strike-slip tectonics, the structural features of the northern part of the Sakmara zone have been explained. Paleogeographical and geodynamic reconstructions were carried out. The paleogeographic conditions for the formation of sediments from the Cambrian to the Upper Devonian correspond to the conditions of the marginal sea; the modern analogue of these settings can be the marginal seas of the South China sea region. The established sequence of geodynamic events in the development of the marginal marine basin reflects the complete Wilson cycle — from the opening of the marginal oceanic space during rifting in the Cambrian, Ordovician and Silurian to its closure through the mechanisms of subduction in the Silurian and Early-Middle Devonian and collision in the Late Devonian. Structurally, the Ordovician-Silurian and Devonian sediment complexes of the Sakmara zone are not allochthonous — thrown over from the Magnitogorsk zone and the MUF. The structure of the Sakmara zone is considered as a horst-like synstrike-slip “flower” structure, brought to the surface from under the Middle-Upper Paleozoic deposits of the Zilair synclinorium, as a result of lateral compression in the late collisional stage and reactivated at the neotectonic stage.

Keywords: Ordovician, Silurian, Devonian, marginal sea, paleocean, ophiolites, volcanic rocks, accretation complex, serpentinites, subduction, strike-slip faults

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the State Assignment of IG UFIC RAS (FMRS-2022–0011, FMRS-2022–0010, FMRS-2022–0015).

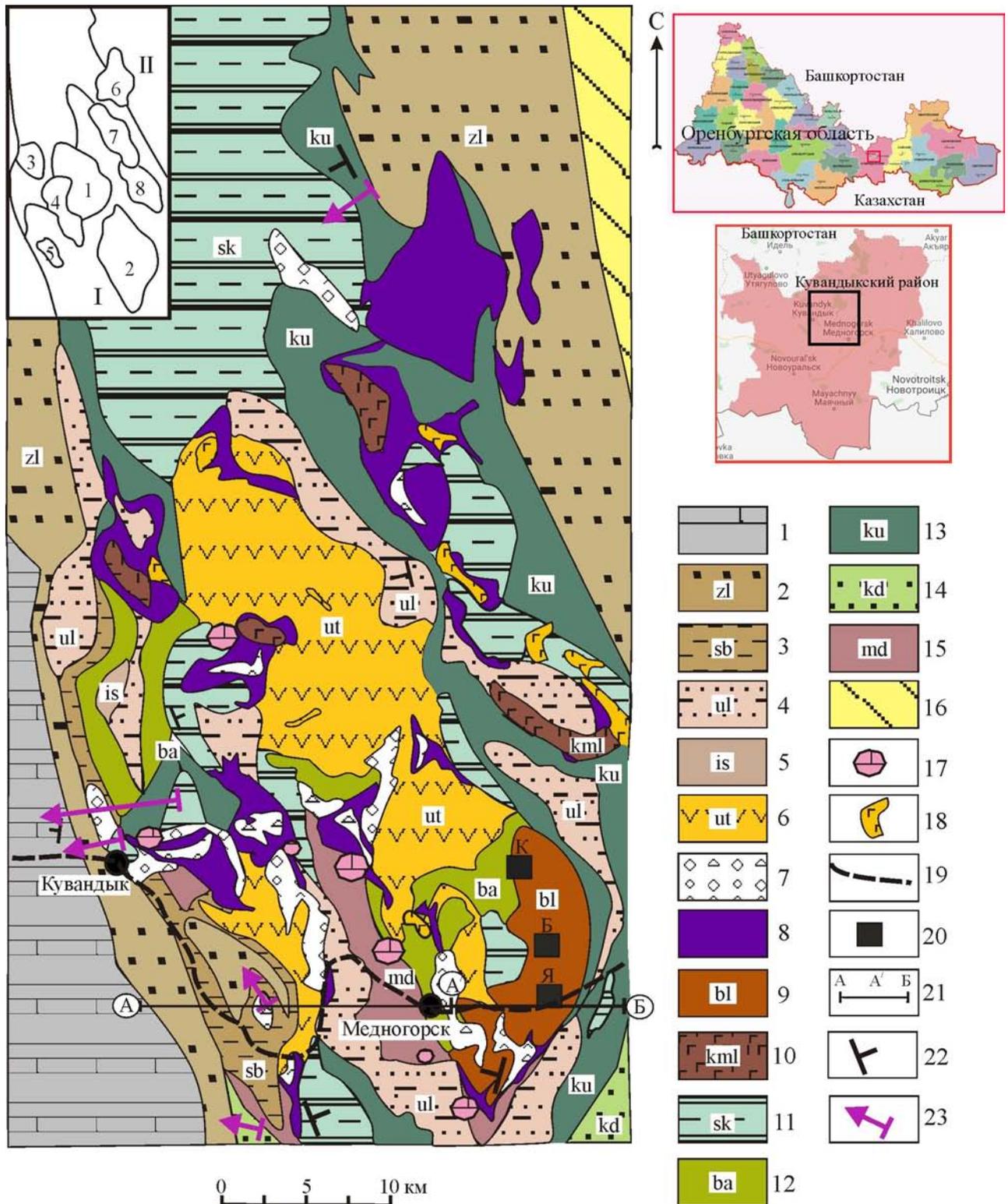
Введение

Южный Урал включает структурно-фациальные зоны окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП) на западе и палеоокеанические зоны на востоке, разделенные Главным Уральским разломом (ГУР). С точки зрения тектоники литосферных плит, история развития Южного Урала в палеозое прошла полный цикл Вильсона, начинавшегося с образования кембрийской рифтовой континентальной зоны, океанической впадины в ордовике и силуре, возникновении зоны субдукции в позднем силуре и закрытием океанического пространства в результате коллизии платформы с восточными континентами — Сибирским и Казахстанским [Пучков, 2000, 2010].

Сакмарская зона расположена в зоне сочленения палеоконтинентальной окраины ВЕП с палеоокеаническими структурами восточного склона Южного Урала и включает тектонизиро-

ванные разнофациальные осадочные и вулканогенные комплексы от кембрия до верхнего девона. Считается, что Сакмарская зона представляет собой офиолитовый аллохтон или покров, который перемещен из восточных зон и надвинут на пассивную окраину ВЕП во время Уральского орогенеза [Камалетдинов, 1974; Руженцев, 1976; Самыгин, 1980; Рязанцев и др., 2005, 2008; и др.]. По другим данным Сакмарский аллохтон образовался в результате закрытия рифтогенной структуры окраинного моря, формирования островной дуги и последующего скучивания и «выдавливания» пород офиолитовой ассоциации и островодужных комплексов на соседние зоны [Серавкин, Родичева, 1990; Иванов, 1998; Кориневский, 2020].

Структура Сакмарской зоны часто рассматривается как система тектонических пластин, надвинутых друг на друга, смятых и прорванных телами серпентинитового меланжа в процессе шарьирования [Хворова и др., 1978]. В Сакмарской



зоне и зоне ГУР выделены тектонические пластины, сложенные серпентитами, которые имеют пологое, крутое или субвертикальное положение [Серавкин и др., 2003; Зайков и др., 2001, 2009]. Механизм образования тектонических пластин (или тектонических клиньев) является предметом дискуссий. Возможно, то, что рассматривается как тектоническая пластина, является фрагментом пласта, смятого в крутые приразломные антиклинальные складки, сорванные по осевой поверхности.

По нашим наблюдениям, сложная тектоническая структура Сакмарской зоны, состоящая из мозаики ромбовидно-линзовидных блоков с разновозрастными осадочными и вулканогенными породами и серпентинитами, имеет в целом ромбовидную форму (рис. 1). Это может свидетельствовать о сдвиговом механизме формирования структуры по типу дуплексов сжатия [Горожанина и др., 2017]. Позднепалеозойские сдвиговые дуплексы и позднеэмские микросдвиги [Серавкин и др., 2001], характерны также для строения примыкающей с востока зоны ГУР и Магнитогорской зоны [Серавкин и др., 2003; Знаменский, Знаменская, 2006].

Разломы, ограничивающие блоки (на рис. 1 не показаны), диагностируются по резкой смене

отложений, в обнажениях зоны разломов проявлены в виде зон повышенной трещиноватости и обычно задернованы, часто по зонам разломов протекают ручьи и речки.

В задачу исследования входило выяснение структурных особенностей района и их геодинамической позиции.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ САКМАРСКОЙ ЗОНЫ

Осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы северной части Сакмарской зоны

Характеристика стратиграфических подразделений северной части Сакмарской свиты приводится по данным В. А. Маслова, И. А. Смирновой, В. Т. Тищенко, И. Б. Серавкина и др. [Стратиграфия..., 1993; Серавкин, Родичева, 1990; Иванов, Пучков, 1984, 1991; Рязанцев и др., 2005, 2007, 2008; Белова и др., 2010; Рязанцев, Толмачева, 2016]. При описании отложений выделялись признаки, указывающие на палеогеографические условия их формирования.

Рис. 1. Схематическая геологическая карта северной части Сакмарской зоны [Серавкин, Родичева, 1990] с упрощениями.

Условные обозначения: 1 – флиш нижнего карбона, 2 – флиш зилаирской свиты верхнего девона, 3 – кремнисто-глинистые породы сарбайской свиты среднего-верхнего девона, 4 – осадочные породы улутауской свиты среднего девона, 5 – базальты ишмуратовской свиты среднего девона (D_2ef_2), 6 – вулканиты утягуловской свиты девона (D_2ef_1), 7 – обломочные комплексы акчуринской свиты нижнего девона (D_1e_1), 8 – серпентиниты и гипербазиты, 9 – дациты и базальты силурийской блявинской свиты (S-D), 10 – базальты карамолинской свиты (S-D), 11 – углистые сланцы сакмарской свиты (S-D), 12 – вулканиты баулульской свиты ордовика, 13 – алевриты и аргиллиты кураганской свиты среднего-верхнего ордовика, 14 – породы кидрясовской свиты нижнего ордовика, 15 – породы медногорской свиты кембрия, 16 – метаморфические породы зоны Уралтау, 17 – блоки кембрийских известняков, 18 – выходы интрузивных пород, 19 – линия железной дороги, 20 – положение рудных месторождений (К – Комсомольское, Б – Блявинское, Я – Яманкасы), 21 – линия разреза А' – Б на рис. 2 и разреза А-Б на рис. 3, 22 – элементы залегания, 23 – линии изученных разрезов.

Врезка: Краевые поднятия автохтона: I – Кувандык-Рысаевское, II – Катралинско-Юмагузинское; 1 – Утягуловская синклиналь, 2–8 – синформы: 2 – Блявинская, 3 – Новосакмарская, 4 – Рамазано-Псянчиновская, 5 – Восточно-Кувандыкская, 6 – Катралинская, 7 – Ямано-Кураганская, 8 – Имеллинская.

Fig. 1. Schematic geological map of the northern part of the Sakmara zone [Seravkin, Rodicheva, 1990] with simplifications.

Legend: 1 – flysch of the Lower Carboniferous, 2 – flysch of the Zilair Formation of the Upper Devonian, 3 – siliceous-clayey rocks of the Sarbay Formation of the Middle-Upper Devonian, 4 – sedimentary rocks of the Ulutau Formation of the Middle Devonian, 5 – basalts of the Ishmuratov Formation of the Middle Devonian (D_2ef_2), 6 – volcanics of the Utyagulovsky Formation of the Middle Devonian (D_2ef_1), 7 – clastic complexes of the Akchura Formation of the Lower-Middle Devonian (D_1e_1), 8 – serpentinites and hypermafic rocks, 9 – dacites and basalts of the Silurian Blyavinsky Formation (S-D), 10 – basalts of the Karamolinsky Formation (S-D), 11 – carbonaceous shales of the Sakmara Formation (S-D), 12 – volcanics of the Baulus Formation of the Ordovician, 13 – siltstones and mudstones of the Kuragan Formation of the Middle-Upper Ordovician, 14 – rocks of the Kidryasovo Formation of the Lower Ordovician, 15 – rocks of the Mednogorsk Formation of the Cambrian, 16 – metamorphic rocks of the Uraltau Zone, 17 – blocks of Cambrian limestone, 18 – outcrops of intrusive rocks, 19 – railway line, 20 – position of ore deposits (K – Komsomolsk, B – Blyavinsky, Y – Yamankasy), 21 – section line A' – B in Fig. 2 and sections A-B in Fig. 3, 22 – bedding elements, 23 – lines of studied sections.

Inset: Regional uplifts of the autochthon: I – Kuvandyk-Rysaevskoe, II – Katralinsko-Yumaguzinskoe; 1 – Utyagulovskaya syncline, 2–8 – synforms: 2 – Blyavinsky, 3 – Novosakmarskaya, 4 – Ramazano-Psyanchinovskaya, 5 – East Kuvandykская, 6 – Katralinskaya, 7 – Yamano-Kuragansky, 8 – Imellinsky.

Геодинамическая обстановка определена с учетом опубликованных данных и авторских материалов [Косарев, 2015; Косарев и др., 2023].

Кембрийские комплексы представлены осадочными породами тереклинской свиты и высокотитанистыми вулканитами медногорского комплекса, с редкими телами интрузивных габбро-сиенитов, включают блоки известняков с археоциатами (рис. 2, а). Возраст тереклинской свиты определяется по составу археоциат в линзах известняков [Стратиграфия..., 1993]. Блоки археоциатовых известняков и вулканитов кембрийского возраста рассматриваются как олистолиты, залегающие в терригенных породах, в которых определены акритархи ордовикского возраста. В разрезе у д. Рысаево, в кремнистых прослоях среди оливиновых базальтов (см. рис. 2, б) медногорского комплекса найдены конодонты верхнего кембрия [Пучков, 2000]. *Палеогеографические условия* отложений, отнесенных к кембрию, рассматриваются как мелководно-морские в зоне континентального рифта. Линзы рифогенных известняков, вероятно, представляют собой остатки карбонатного шельфа на островных поднятиях вулканогенной природы. *Палеогеодинамическая позиция* — субконтинентальная рифтогенная [Иванов, 1998].

Ордовикские осадочные комплексы включают отложения кидрясовской, кураганской свит и кремнистые отложения с прослоями вулканитов баулуской свиты.

Кидрясовская свита ($C_3-O_1 kd$) сложена аркозовыми песчаниками, глауконитсодержащими кварц-полимиктовыми песчаниками, полимиктовыми гравелитами, чередующимися с алевролитами, глинистыми и кремнистыми сланцами, мощностью 300–400 м, содержащими фауну трилобитов, граптолитов и брахиопод тремадокского яруса нижнего ордовика [Стратиграфия..., 1993]. В разрезе у д. Кидрясово в прослоях массивных песчаников отмечается косая однонаправленная слоистость, сдвоенные тонкие нитевидные слои приливно-отливного типа, лепешки аргиллитов (см. рис. 2, в, г). Среди аксессуарных минералов в составе песчаников, в тяжелой фракции содержится хромит, обогащенный Mn [Исаев и др., 1984], иногда сконцентрированный в отдельных прослоях. *Палеогеографические условия*: отложения кидрясовской свиты формировались в мелководно-морской зоне с приливно-отливным влиянием [Хворова и др., 1978; Горожанина и др., 2017].

Кураганская свита ($O_{2-3} ku$) представлена кремнисто-глинистыми сланцами и алевролитами

(туффидами) пестрого серо-зеленого и вишнево-красного цвета, согласно залегающими на породах кидрясовской свиты [Стратиграфия..., 1993]. Отложения датированы по фауне граптолитов, конодонтов, трилобитов [Стратиграфия..., 1993; Пучков, 2000]. Выходы глинисто-кремнистых сланцев кураганской свиты прослеживаются вдоль восточных крыльев Утягуловской и Блявинской структур, по берегам рек Сакмары, Кураган и Блява (в районе ст. Блява). К северу от г. Кувандык по правобережью р. Сакмара у пос. Новокурский отложения, представленные глинистыми и туфогенно-глинистыми аргиллитами и алевролитами с характерной вишнево-красной и фиолетово-зеленой окраской, с прослоями базальтов с шаровой отдельностью, по находкам конодонтов отнесены к новокурской толще верхней части кураганской свиты [Рязанцев и др., 2005]. *Палеогеографические условия* определяются как глубоководные (свыше 1000 м), соответствующие батинальной и абиссальной зонам океана [Хворова и др., 1978; Самыгин, 1980]. *Палеогеодинамическая позиция* — рифтогенная океаническая, базальты по составу соответствуют нормальным базальтам СОХ [Рязанцев, 2012].

Баулуская свита ($O_{2-3} ba$) датируется по находкам конодонтовой фауны [Иванов, Пучков 1984] в разрезах северной части Сакмарской зоны, в западном борту Блявинского карьера и на Комсомольском месторождении, соответствует среднему — верхнему отделам ордовика. Свита сложена осадочно-вулканогенными породами, включает прослойки пиллоу-лав базальтов среди серо-зеленых и вишнево-красных «туффитов», аналогичных кураганской свите, имеет мощность 50–200 м [Стратиграфия..., 1993]. *Палеогеографические условия* соответствуют глубоководной зоне океанической впадины. *Палеогеодинамическая позиция* определена по составам базальтов, которые соответствуют базальтам СОХ [Рязанцев, 2012; Косарев, 2015].

Силурийские осадочные вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы включают отложения сакмарской, карамолинской (дергаишской) и блявинской свит и представлены тремя типами разрезов — осадочным углеродисто-кремнистым (сакмарская свита), вулканогенно-кремнистым (кремнисто-базальтовым), который включает дергаишскую и карамолинскую свиты [Стратиграфия..., 1993; Пучков, 2000] и вулканогенным базальт-риодацитовым с прослоями тефроидов, туфов и кремнистых пород, представляющий блявинскую свиту.

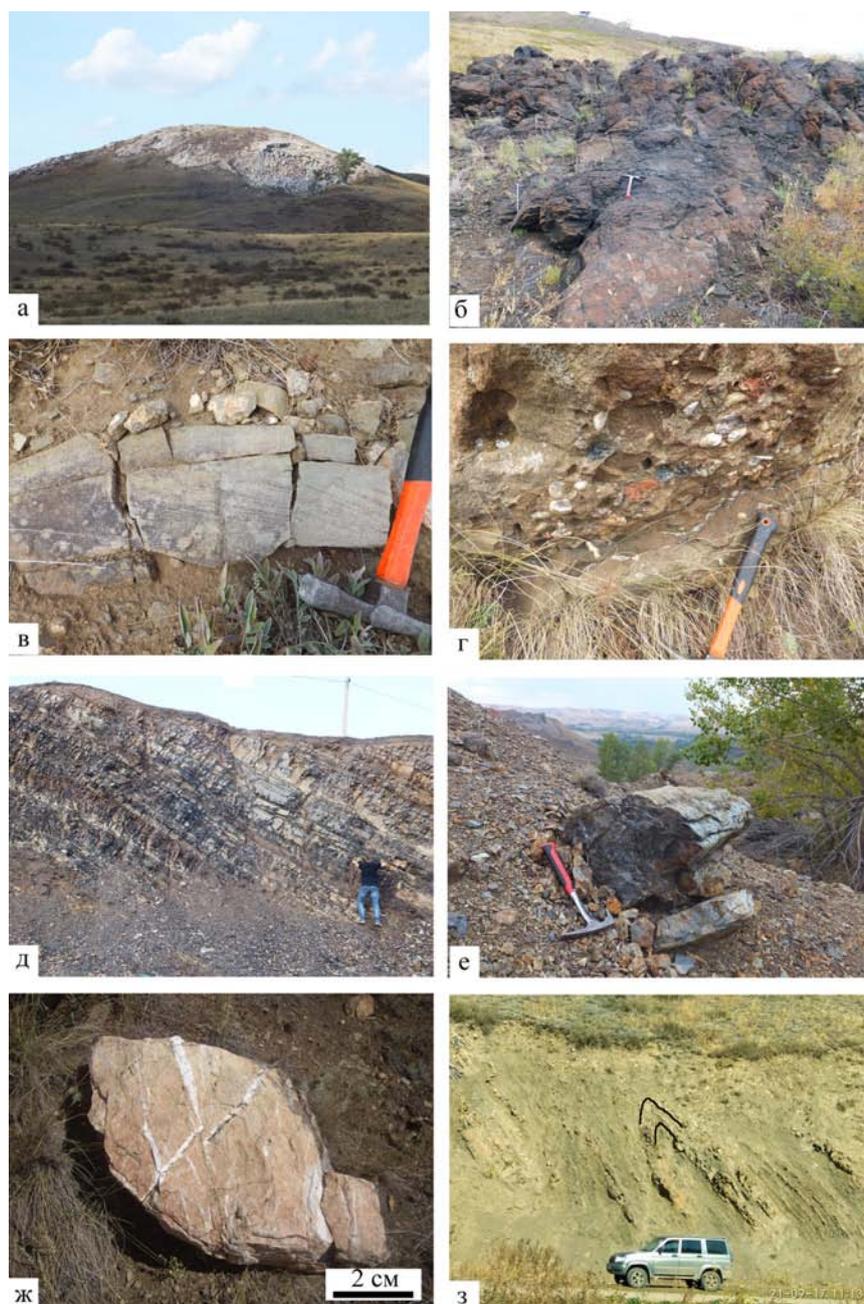


Рис. 2. Фотографии пород и обнажений в северной части Сакмарской зоны (Кувандыкский район)

Условные обозначения: а – выходы кембрийских известняков к северу от д. Кидрясово (холм Шапка Мономаха); б – фрагмент лавовых выходов субщелочных базальтов медногорской свиты у д. Рысаево; в, г – породы кидрясовской свиты: песчаники с крестовой слоистостью (в) и пестрые гравелиты (г), выходы на хребте к югу от д. Кидрясово; д – толща черных углисто-глинистых сланцев сакмарской свиты в карьере на окраине г. Кувандык; е – кремни сарбайской свиты с оползневыми складками – рулетами, карьер Рысаево; ж – ромбовидная сетка кварцевых прожилков в песчаниках кидрясовской свиты; з – складки западной вергентности в глинисто-карбонатной толще иткульовской свиты нижнего карбона на окраине г. Кувандык (у моста через р. Сакмара).

Fig. 2. Photographs of rocks and outcrops in the northern part of the Sakmara zone (Kuvandyk region)

Legend: a – outcrops of Cambrian limestone north of the village of Kidryasovo (Shapka Monomakha hill); б – fragment of lava outcrops of subalkaline basalts of the Mednogorsk formation near the village of Rysaev; в, г – rocks of the Kidryasovo Formation: sandstones with cross-bedding (в) and variegated gravelstones (г), outcrops on the ridge south of the village of Kidryasovo; д – thickness of black carbonaceous shales of the Sakmara Formation in a quarry on the outskirts of the city of Kuvandyk; е – cherts of the Sarbay Formation with landslide folds – rolls, Rysaev quarry; ж – romb-shaped network of quartz veinlets in the sandstones of the Kidryasovo Formation; з – folds of western vergence in the clayey-carbonate sequence of the Itkulovo Formation of the Lower Carboniferous on the outskirts of the city of Kuvandyk (near the bridge over the Sakmara River).

Сакмарская свита ($S-D_1 sk$) сложена характерными черными углисто-кремнисто-глинистыми сланцами с граптолитами, с редкими прослоями кварцевых песчаников, алевролитов, мраморизованных черных известняков. Возраст по граптолитам соответствует интервалу от лландовери до лохковского яруса [Тищенко, Черкасов, 1985; Рязанцев, 2012]. Отложения залегают согласно на аргиллитах кураганской свиты. Мощность 100–300 м. В черте г. Кувандык, в большом карьере отложения представлены толщей углеродистых черных и серых рассланцованных кремнистых аргиллитов (см. рис. 2, д). В породах присутствуют отпечатки граптолитов, реликты радиолярий, глобулы глауконита, зерна кварца, фрамбоидальный пирит, содержание углерода в породе достигает 10% [Тюрин и др., 2022]. *Палеогеографические условия* формирования высокоуглеродистых отложений, к которым относятся черные сланцы сакмарской свиты, определяются эпохами трансгрессий и регрессий, обусловленных сменой климата [Конюхов, 2015]. Регрессия моря, связанная с хирнантским оледенением в конце ордовика, сменилась трансгрессивным повышением уровня моря при потеплении климата в силуре, что способствовало накоплению в окраинных морях однотипных глинисто-кремнистых, часто углеродистых осадков, перекрывших разнофациальные комплексы ордовика. На глубоководные условия осадконакопления в окраинно-морском бассейне указывают многие авторы [Хворова и др., 1978; Самыгин, 1980; Горожанина и др., 2017; Тюрин и др., 2022].

Кармолинская ($S-D_1 kml$) свита. Вулканогенно-кремнистый тип разреза, представленный пиллоулавами и лавобрекчиями оливиновых базальтов с прослоями кремней и глинисто-кремнистых сланцев, отнесен к дергаишской свите [Стратиграфия..., 1993], породы залегают согласно на вулканогенных породах баулуской свиты, датированы лландоверийским ярусом по находками граптолитов в прослоях черных мраморизованных известняков [Стратиграфия..., 1993]. Возрастным аналогом дергаишской свиты являются вулканогенно-кремнистые образования кармолинской свиты. По наличию фациального замещения кармолинской толщи кремнистыми породами сакмарской свиты возраст первой принят как силурийско-раннедевонский [Вулканизм..., 1992]. Базальты западной и южной стенок Блявинского карьера отнесены соответственно к баулуской и дергаишской свитам [Стратиграфия..., 1993]. Базальты южной

стенки Блявинского карьера с прослоями сланцев с граптолитами, представляется более логичным включать в состав кармолинской свиты [Косарев и др., 2023, 2024], так как дергаишская свита выделена В. Т. Тищенко в пределах Магнитогорской мегазоны, в районе д. Мазово.

Блявинская свита ($S-D_1 bl$) распространена преимущественно на Блявинском и Комсомольском рудных полях и является рудовмещающей колчеданное оруденение и подрудной частью разреза. Блявинская свита подразделяется на три толщи: 1 — нижняя, базальт-риодацитовая, возможно, вмещает рудное тело Яманкасинского колчеданного месторождения, базальты относятся к типу низкотитанистых островодужных [Бельков, 1978; Даниленко, 1991]; 2 — средняя толща, преимущественно кислого состава, полифациальная, рудовмещающая для Блявинского и Комсомольского месторождений [Кропачев и др., 1968]; 3 — верхняя надрудная сложенная низкотитанистыми островодужными эффузивными базальтами, андезибазальтами и туфами. Верхний контакт третьей надрудной толщи с базальтами кармолинской толщи в южной стенке Блявинского карьера, содержащими в прослоях кремнистых пород граптолиты силура, имеет тектонический характер [Бельков, 1978; Даниленко, 1991; Вулканизм..., 1992].

Колчеданные руды, залегающие в дифференцированных вулканитах блявинской свиты содержат трубочки вестиментифер, что указывает на связь оруденения с «черными курильщиками», образующимися при высачивании серосодержащих растворов на морском дне. Сопоставление яманкасинских рудных отложений с силурийскими вестиментиферовыми образованиями Валенторского колчеданного месторождения Тагильской зоны [Масленникова, Масленников, 2007] свидетельствует в пользу силурийского возраста рудовмещающих пород [Серавкин, Родичева, 1990; Кориневский, 1992]. *Палеогеографические условия* формирования отложений кармолинской (дергаишской) свиты определяется по наличию кремнисто-глинистых сланцев среди пиллоулав как глубоководные морские. *Палеогеодинамическая позиция* вулканитов определяется по их составу [Косарев и др., 2023], она связана с началом субдукции в окраинно-океанической зоне. Дифференцированные вулканиты блявинской свиты (яманкасинской толщи) содержат сульфидные руды, образованные в результате действия «черных курильщиков» [Масленникова, Масленников, 2007].

Девонские осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы включают отложения акчуринской, чанчарской, утягуловской, ишмуратовской, улутауской, сарбайской, киинской (егиндинской) и зилаирской свит.

Акчуринская свита (толща) ($D_1 ak$) (аналоги — кызылфлотская, айтпайская на юге Сакмарской зоны в Актюбинской области) залегает выше блявинской свиты (в разрезе по р. Херсонка [Хворова и др., 1978]. Характерно присутствие комковатых кремней со складками подводного оползания, кремнеобломочных брекчий, гравелитов и песчаников, среди олистолитов встречаются блоки пражско-эмских биогермных известняков [Хворова и др., 1978; Стратиграфия..., 1993]. Кремнеобломочные брекчии И. В. Хворовой отнесены к эдафогенным отложениям. В обломочном материале установлены глыбы и гальки гипербазитов и серпентинитов, обломки черных сланцев и фтантов из подстилающей сакмарской свиты, глыбы известняков и кремни с фауной конодонтов. Свита распространена в обрамлении Блявинской и Утягуловской структур, в окрестностях г. Кувандыка и ассоциирует с выходами серпентинитов.

Чанчарская свита $D_1 ch$ сложена глыбовыми вулканическими брекчиями, с прослоями туфопесчаников, блоками известняков, согласно залегает на акчуринской свите. Щелочные и субщелочные породы, входящие в состав глыб имеют шошонитовый состав, свидетельствующий о надсубдукционной обстановке их формирования. Отложения распространены по берегам р. Кураган между д. Рысаево и г. Кувандыком, мощность до 500 м. Возраст определен по фауне конодонтов [Артюшкова, 2014], относящимся к ниже-среднеэмскому подъярису (иргизлинский, вязовский горизонты). *Палеогеографические условия* определяются как глубоководные морские. *Палеогеодинамическая позиция* соответствует отложениям, формировавшимся на островодужном склоне глубоководного желоба [Самыгин, 1980] и аккреционной призмы, где сгруживались породы океанического дна [Зайков и др., 2009].

Утягуловская свита ($D_2 ut$) сложена вулканитами базальт-андезит-дацитового ряда и низкотитанистыми порфиоровыми базальтами с редкими прослоями кремней. Возраст свиты определен по находкам конодонтов [Стратиграфия..., 1993] в прослоях кремней среди базальтов (в окрестностях г. Кувандыка) как поздний-эмс ранний эйфель (по МСШ), или бийский горизонт платформ. Породы свиты широко распространены

в пределах Утягуловской синклинали, мощность свиты свыше 1000 м. Палеогеографические условия — отложения формировались в результате деятельности подводных вулканов в глубоководной зоне. Палеогеодинамическая позиция — надсубдукционная, островодужная [Самыгин, 1980].

Ишмуратовская свита ($D_2 is$) сложена преимущественно вулканогенными породами — базальтами с прослоями яшм и риодацитами. Возраст свиты определен по находкам конодонтов в яшмах среди базальтов как поздний эйфель [Артюшкова, 2014]. Свита является возрастным аналогом карамалыташской свиты Магнитогорской зоны. *Палеогеографические и геодинамические условия* — глубоководный рифтогенный бассейн субконтинентального типа, так как базальты относятся к высокотитанистому типу.

Улутауская свита ($D_2 ul$) состоит из ритмично переслаивающихся вулканомиктовых песчаников, алевролитов, гравелитов с прослоями глинисто-кремнистых пород, распространена в обрамлении Утягуловской и Блявинской структур, согласно перекрывает базальты ишмуратовской свиты, мощность до 300 м [Стратиграфия..., 1993]. *Палеогеографические условия* глубоководной зоны отражает присутствие кремнистых и глинистых прослоев, ритмичность указывает на действие турбидитовых потоков.

Сарбайская свита ($D_2-D_3 f sb$) представляет собой конденсированный кремнистый разрез, сложена кремнями, радиоларитами, кремнистыми аргиллитами, мощность 30–50 м. В Рысаевском карьере отложения представлены черными плитчатыми кремнями и углисто-кремнистыми сланцами (см. рис. 2, е) с конодонтами живет-франского уровня (рысаевская толща) [Артюшкова, 1991]. *Палеогеографически* кремнистые осадки относятся к глубоководной зоне — пелагиали. Они формировались в ходе мировой трансгрессии в авулканический этап тектонического затишья [Самыгин, 1980; Иванов, Пучков, 1984; Рязанцев и др., 2005].

Зилаирская свита ($D_3 zl$) сложена глинистыми аргиллитами и алевролитами зеленовато-серого табачного цвета с прослоями граувакковых песчаников, распространена в обрамлении Сакмарской зоны, датирована по находкам конодонтов верхнего франа-фамена в Рысаевской синклинали, мощность около 400 м [Стратиграфия..., 1993]. *Палеогеографические и палеогеодинамические условия* соответствуют глубоководной впадине с терригенной турбидитовой седиментацией,

отложения формировались в наложенных впадинах во время коллизии Магнитогорской дуги и Восточно-Европейского континента [Brown et al., 2006; Пучков, 2000, 2010; Рязанцев, 2001; Горожанина и др., 2015].

Палеовулканические комплексы Медногорского рудного района

Медногорский палеовулканогический комплекс (*S₂-D₁ md*) кембрийского возраста представлен базальтами умереннощелочной серии. Большая часть вулканитов представлена долерито-базальтами эффузивной фации, содержащими на границах лавовых потоков прослойки песчаников и конглобрекций. Сумма $K_2O + Na_2O$ в базальтах составляет (в мас. %) 4.35–6.8, при преобладании Na_2O (2.7–3.05) над K_2O (0.87–1.5). Характерны высокая железистость ($FeO+Fe_2O_3$) 13.15–18.7%, повышенные TiO_2 (2.06–3.25%), MnO (0.92%), Zr (128–142 г/т), Nb (6.6–12.5 г/т). По сравнению с базальтами MORB эти базальты содержат пониженные количества Cr , Ni , умеренные — Co , повышенные — Nb , V , Ba , La , Yb . На диаграмме $Zr/Y — Nb/Y$ [Fitton et al., 1997] габбро-сиениты близки к позиции рециклингового плюма (REC) [Косарев, 2015]. Присутствие плюмовых магматических пород маньхамбовского комплекса кембрийского возраста отмечалось на Среднем и Полярном Урале [Пучков, 2018].

Баулуский палеовулканический комплекс (*O₁₋₂ ba*) представляет рифтогенно-субокеаническую существенно базальтоидную формацию. Изученные фрагменты баулусского комплекса сложены пиллоу-базальтами умереннотитанистого типа (TiO_2 1.03–1.74 мас. %), толеитовой и умереннощелочной серий. По геохимическим характеристикам (диаграмма $Nb/Yb — Th/Yb$) базальты баулусского комплекса отвечают океаническим базальтам (EMORB) типа и соответствуют субокеаническому типу с островодужным уклоном, что позволяет сопоставлять их с базальтами океанического типа поляковского комплекса (O_2) в Учалинском районе Вознесенско-Присакмарской зоны [Семенов, 2000; Косарев, 2015].

Карамолинский палеовулканический комплекс (*S₁-D₁ kml*) выделен в Медногорском рудном районе в качестве толщи [Серавкин, Родичева, 1990; Вулканизм ..., 1992]. Разрез с прослоями кремнисто-глинистых пород, содержащих граптолиты силура, расположен в южной стенке Блявинского карьера. По содержаниям TiO_2 (1.5–2.0 мас. %)

карамолинские базальты сопоставимы с океаническими базальтами баулусского комплекса. Они обнаруживают сходство с базальтами OPB и с базальтами внутриплитного типа, присутствующими среди базальтов нижней части бурибайского вулканического комплекса (TiO_2 –1.5%) [Косарев и др., 2022]. В период формирования карамолинского комплекса, происходило взламывание океанической коры, внедрение протрузий ультрабазитов, их разрушение на морском дне и образовании эдафогенных брекчий. Подобные процессы характерны для глубоководных желобов в период заложения и активной фазы зон субдукции [Мурдмаа, 1987]. Химические составы базальтов южного борта Блявинского карьера, включенных в карамолинскую свиту, в координатах $Nb/Yb — Th/Yb$ [Косарев и др., 2023] находятся в поле II (переходном от океанического к островодужному, вблизи стандарта в поле I базальтов EMORB). На диаграмме $Zr/Y — Nb/Y$ [Fitton et al., 1997] эти базальты расположены в поле плюмового источника, а на диаграмме $Y — Nb$ [Холоднов и др., 2021] в поле II вблизи стандарта EMORB.

Блявинский палеовулканический комплекс (*S₂ — D₁ bl*) известен в южной и юго-восточной стенках Блявинского карьера. В верхней части карьера (уступы 1–6) залегают базальты карамолинской толщи, содержащей граптолиты [Кропачев и др., 1968]. Ниже карамолинских базальтов, на 7 уступе, в юго-восточном углу карьера, вблизи тектонической зоны залегают базальты с содержаниями TiO_2 0.8–1.2 мас. % и геохимическими особенностями, характерными для островодужных базальтов. Они относятся к надрудной пачке базальтов, которая более четко выделяется на Комсомольском колчеданном месторождении [Кропачев и др., 1968; Бельков, 1978; Даниленко, 1991 и авторские материалы]. По наблюдениям И. Б. Серавкина, в нижней части надрудного разреза, в юго-восточном углу карьера, низкотитанистые базальты налегают на кислые вулканические породы с тектоническим контактом. В надрудной зоне проходит зона разрывного нарушения (надвига), отделяющего толщу ордовик-силурийских (баулуская и карамолинская свиты) базальтов с умеренными и высокими концентрациями TiO_2 (0.88–2.3 %) от рудовмещающей толщи базальтов с низкими концентрациями TiO_2 (0.20–0.55 %). Последние переслаиваются с кислыми обломочными породами (туфами, брекчиями и тефроидами), слагающими блявинскую свиту (S_2 - D_1) [Даниленко, 1991]. В итоге можно сказать, что интерпретация геологического

разреза Блявинского колчеданного рудного поля, в качестве фрагмента лежащей складки с запрокинутым нижним крылом [Рязанцев и др., 2005] соответствует фактическому материалу. Однако, кремнистые породы, залегающие выше рудных залежей Блявинского месторождения и содержащие ордовикские конодонты, вряд ли датируют рудные тела, так как залегают в тектоническом клине [Косарев и др., 2023].

Чанчарский палеовулканический комплекс (D_1c_1ch), перекрывает отложения *акчуруинской свиты* (D_1ak), сложенной кремнисто-обломочными эдафогенными брекчиями и конглобрекчиями. Чанчарский комплекс соответствует умеренно-щелочной островодужной шошонитовой серии [Кориневский, 1971; Бочкарев, Язева, 2000; Федоров и др., 2017], мощность которой в казахской части Сакмарской зоны оценивается в 700–1300 м.

Утягуловский палеовулканический комплекс (D_2efut) базальт-андезит-риодацитового состава наиболее представлен в Утягуловской и Блявинской структурах [Вулканизм..., 1992]. Пиллоу-базальты в его составе представлены афировыми, пироксен-плагиофировыми реже пироксен-порфирированными типами. Среди андезитовых и трахиандезитовых порфиритов наиболее распространены пироксен-плагиоклазовые, реже роговообманково-плагиоклазовые разновидности. Вулканиды кислого состава представлены пироксен-роговообманковыми плагиоклазовыми порфиритами. По петрохимическим материалам [Вулканизм..., 1992] вулканиды утягуловского комплекса относятся к островодужному типу известково-щелочной реже толеитовой серии. Отличия утягуловских вулканидов от рудоносных толщ ивановского комплекса зоны ГУР затрудняют реализацию геодинамической модели с тектоническим перебросом толщ вулканидов из Западно-Магнитогорской зоны в Сакмарскую зону.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Сакмарская структурная зона выделена Л. С. Либровичем в 1929 г. и представляет собой меридионально вытянутый линзовидный сложно построенный тектонический блок, расположенный в центре Зилаирского синклинория и ограниченный с запада и востока региональными разломами, возможно, глубинного заложения [Сидоренко и др., 1964].

Структурные особенности северной части Сакмарской зоны

Структура Сакмарской зоны рассматривалась в работах разных авторов [Сидоренко и др., 1964; Камалетдинов, 1974; Хворова и др., 1978; Сенченко, 1976; Руженцев, 1976; Самыгин, 1980; Серавкин, Родичева, 1990; Иванов, 1998; и др.]. Сложное тектоническое строение этой зоны вызвало различные взгляды на ее образование. До развития идей тектоники плит Сакмарская зона рассматривалась как горстовидный блок, выведенный на поверхность из-под средне-верхнепалеозойских отложений Зилаирского синклинория, в результате бокового сжатия [Келлер, 1949; Леоненко, 1955; Эз и др., 1965]. Позднее эта зона стала рассматриваться как аллохтон, перемещенный по надвигам на значительное расстояние из восточных зон через зону Уралтау, и представляющий собой массу тектонически совмещенных разнофациальных комплексов [Кропачев, 1970; Пейве и др., 1971; Руженцев, 1976]. Сакмарская зона в более поздних публикациях рассматривается как аллохтон, состоящий из пластин батиальных, океанических, и островодужных комплексов, запрокинутых и надвинутых на зилаирский флиш с востока [Самыгин, 1980; Пучков, 2000; Рязанцев и др., 2005; Голионко, Георгиевский, 2023].

Все авторы отмечают тектонические границы и дивергентную структуру зоны. Западная граница зоны проходит по разлому восточного падения, отделяющего сланцы силура от терригенных пород зилаирской свиты. В породах фиксируются складки западной вергентности [Сидоренко и др., 1964; Эз и др., 1965; Сенченко, 1976; Хворова и др., 1978]. Разлом рассматривается как надвиг или взбросо-надвиг [Келлер, 1949; Сидоренко и др., 1964; Эз и др., 1965]. Вблизи зоны разлома породы нижнего карбона смяты в запрокинутые на запад узкие линейные складки (см. рис. 2, 3). Восточная граница проходит по разлому, отделяющему сланцы кураганской свиты от пород зилаирской свиты, и имеющему западное падение. В породах и ранее отмечались складки восточной вергентности [Сидоренко и др., 1964; Хворова и др., 1978; Сенченко, 1976;].

В северной части зоны, в верховьях р. Вазям, в поле выходов пород зилаирской свиты [Чибрикова, 1977], была пробурена скважина 1, которая на гл. 437 м вскрыла толщу углисто-кремнистых сланцев, отнесенных к силуру и прослеженную до глубины 2130 м. Это послужило основанием

считать, что Сакмарская зона имеет горстовидное строение [Сенченко, 1976]. К. С. Иванов [1998] рассматривает Сакмарскую зону как тектоническую мегабрекчию, или аккреционную призму, где в скученном состоянии находятся породы разных геодинамических обстановок. Предполагается, что разнофациальные комплексы пород окраинного Сакмарского моря могли быть надвинуты (обдурованы) на край Восточно-Европейского континента на западе и на сиалический блок (террейн) Уралтау на востоке [Кориневский, 2020]. При этом отмечается, что отложения фаменского флиша зилаирской свиты согласно залегают на отложениях нижнего-среднего палеозоя. Надвиговый характер контактов наблюдается лишь в краевых частях зоны [Сидоренко и др., 1964; Эз и др., 1965; Кориневский, 2020].

В ряде работ рассматривается палеогеодинамическая история развития Сакмарской зоны [Хворова и др., 1978; Самыгин, 1980; Иванов, 1998; Пучков, 2000; Кориневский, 2020]. Современная структурная позиция разных комплексов в литературе отражена недостаточно. Отмечается складчатая структура, проявленная в чередовании широких брахисинклиналей и узких антиклиналей. Выделены крупные Блявинская, Ишмуратовская, Утягуловская и Шайтантауская брахисинклинали и разделяющие их антиклинальные поднятия: Медногорское, Кураганское, Чураевское [Сидоренко и др., 1964]. В целом зона имеет синклинальное строение с антиклинальным поднятием в центре [Эз и др., 1965]. Вдоль западной границы зоны расположена серия субмеридиональных узких крутых антиклинальных складок (Кидрясовская и др.), которые осложнены субмеридиональными нарушениями сбросами и взбросами [Сидоренко и др., 1964]. В окварцованных песчаниках кидрясовской свиты наблюдаются ромбовидная сетка кварцевых прожилков (см. рис. 2, ж).

Структурные особенности Медногорского рудного района

В западной части Сакмарской зоне на правом берегу р. Сакмары ордовикские и девонские отложения смяты в изоклиналильные складки, оси которых запрокинуты на запад. Изоклиналино-складчатая структура хорошо выражена в среднедевонских отложениях, но столь же напряженные складки наблюдаются и в эффузивах баулуской свиты по многочисленным прослоям кремней. Залегание девонских толщ на ордовикских отложениях согласное. В центральной части Сакмарской

зоны на поверхность выведен офиолитовый комплекс, в кровле его сохранились смятые в сложные складки породы сакмарской свиты и карамолинской толщи. Изоклиналильные складки в силурийских породах ориентированы круто, иногда запрокинуты на запад. На породах офиолитовой ассоциации со структурным несогласием залегают брекчии акчуринской свиты. Восточнее выходов офиолитов осевые плоскости изоклиналильных складок, в которые смяты силурийские отложения, запрокинуты к востоку.

Разрез вдоль шоссе Кувандык-Медногорск дает информацию о структуре юго-западного фланга Блявинской структуры. Он состоит из трех отрезков. На западном участке отмечается изоклиналильная складчатость в сланцах кураганской свиты, с наклоном осевых поверхностей к западу. Установлено резкое несогласие толщи верхнедевонских кремнистых пород на подстилающих отложениях. Центральный отрезок представлен разрезом вдоль линии железной дороги к западу от г. Медногорска. Обращает внимание высокая дислоцированность пород медногорской свиты, проявлен будинаж диабазов и долеритов, а также глинистых сланцев содержащихся в прослоях. На восточном участке, западнее железнодорожного тоннеля встречена зона надвига с плоскостями скольжения в серпентинитах с глыбами черных сланцев внутри серпентинитов. В зоне надвига установлен тектонический клин кремнистых пород сакмарской свиты.

Для выяснений внутренней структуры северной части Сакмарской зоны нами приведен разрез на широте Блявинской синклинали (рис. 3, а). За основу интерпретации разреза взяты данные из работы И. Б. Серавкина [Серавкин, Родичева, 1990; Косарев и др., 2024]. Блявинская структура представляет собой асимметричную синформу, в которой залегают ордовикские, силурийские и девонские вулканогенные комплексы. В обрамлении Блявинской синклинали наблюдаются выходы серпентинитов в ассоциации с выходами кремней и глыбовых отложений акчуринской свиты (рис. 3, б). В восточном крыле Блявинской структуры установлены три надвиговые зоны, которые имеют северо-западное падение под углами 40–55°. Осевые плоскости большинства складок запрокинуты на восток. С востока Блявинская синформа по надвигу граничит с отложениями кураганской свиты. Структура восточного краевого поднятия, обнаженного по железной дороге к востоку от ж.д. станции Блява, представлена

серией крутых, падающих к северо-западу складчато-надвиговых структур. В восточном крыле складки устанавливается запрокинутое на восток залегание пород.

На обновленной и по новому интерпретированной структурной схеме Сакмарской зоны (рис. 4) [Вулканизм ..., 1992; Косарев и др., 2023] показаны разломы (I — I, II — II), расположенные на границе нижне-среднепалеозойских вулканогенных и вулканогенно-осадочных свит и терригенно-известковистых формаций представленных зилаирской свитой флишеидного состава, и карбонатных формаций нерасчлененных. Краевые разломы (I — I, II — II) имеют север-северо-западную ориентировку (аз. пр. 10°), элементы кулисного строения и встречное падение [Серавкин, Родичева, 1990]. Западный разлом (I-I) погружается на восток-северо-восток под углом 45°. Восточный разлом (II-II) погружается на запад-юго-запад под углом 50° под комплексы Утягуловско-Блявинской синклинальной зоны. Эти разломы на структурной схеме И. Б. Серавкина [Вулканизм ..., 1992] показаны надвигами встречного падения. На юго-западе

и северо-востоке площади располагаются краевые поднятия: Кувандык-Рысаевское и Катралинско-Юмагузинское. Намечается структурная зона разрывных нарушений III-III север-северо-восточного простирания, аз. пр. 10–15°. Одна из таких зон ограничивает поле выходов кембро-девонских вулканогенных и вулканогенно-осадочных формаций от поля распространения монотонных кремнистых пород сакмарской свиты на северном ограничении Утягуловской синклинали. Эта зона обнаруживает кулисное строение с фрагментами, характерными для левосдвиговых разрывных нарушений. По широте кулисная зона составляет около 4–5 км. Фрагменты разломов и выходы серпентинитов в пределах этой зоны занимают секущее положение относительно толщ зилаирской свиты, что свидетельствует об их проявлении в послезилаирский период. На линии разлома I — I имеет место перегиб тектонической зоны по аз пр. 20–45°. В северо-восточной части этой разрывной зоны с ней совпадает северо-западный контакт Катралинской синформы серпентинизированных ультрабазитов.

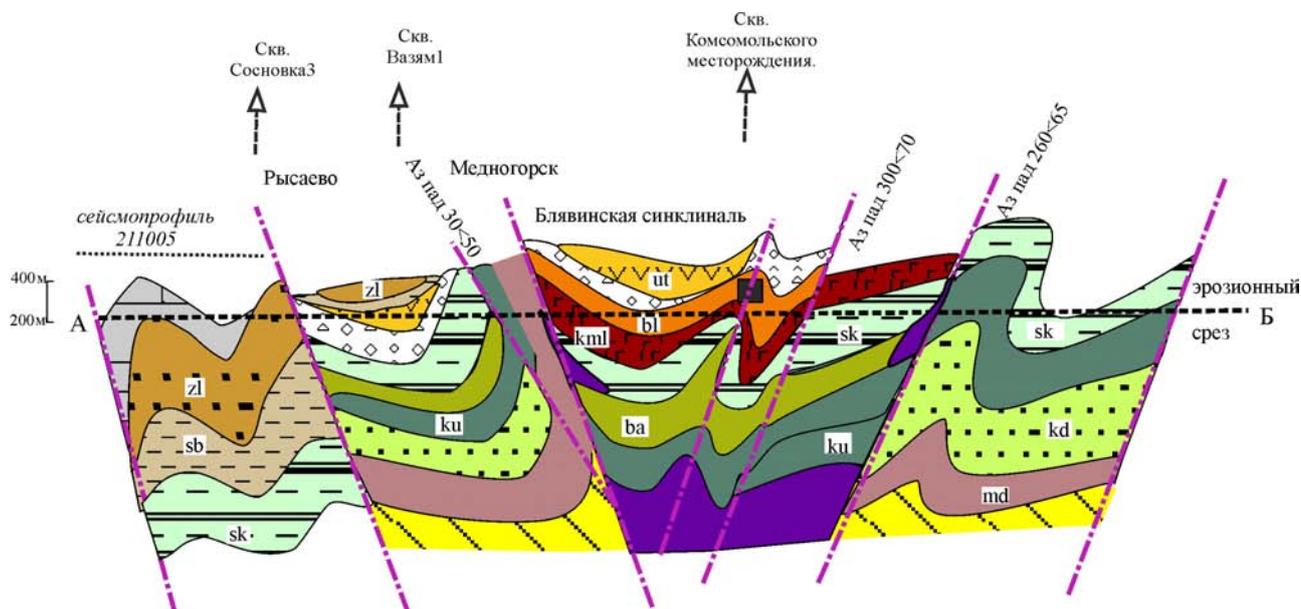


Рис. 3. Предполагаемый геологический разрез через южную часть Сакмарской зоны (по линии А — Б на рис. 1). Составлен Е. Н. Горожаниной по материалам И. Б. Серавкина [Серавкин, Родичева, 1990], и на основе анализа данных бурения (вынесено положение скважин Сосновка 3 и Вазям 1, расположенных севернее), и по сейсмическим материалам (данные ООО «ВолгоУралНИПИГАЗ», 2011 г.)
Условные обозначения см. рис. 1.

Fig. 3. Supposed geological section through the southern part of the Sakmara zone (along line A — B in Fig. 1). Compiled by E. N. Gorozhanina based on materials from I. B. Seravkin [Seravkin, Rodicheva, 1990], and based on the analysis of drilling data (the position of the Sosnovka 3 and Vazyam 1 wells, located to the north), and seismic materials (data from VolgoUralNIPIGAZ LLC, 2011)

For symbols, see fig. 1.

В средней части Сакмарской зоны между пограничными разломами I-I и II-II намечается три структурные зоны северо-западного простирания 1-1, 2-2, 3-3 (см. рис. 4). Эти зоны образованы цепочками синформ (аз. пр. 280–350°). Центральная зона (2-2) образована двумя синформами: Утягуловская синклиналь (У) и Блявинская синформа (Б). По длинной оси СЗ простирания они составляют 20 км и 15 км. По форме указанные структуры похожи на деформированные слабо обжатые ромбы. Вдоль границ Блявинской синформы трассируются тела серпентинитов и выходы пород акчуринской свиты. На границах Утягуловской синклинали серпентиниты редки, но везде фиксируется стратиграфическое несогласие [Вулканизм..., 1992]. В юго-восточной части Утягуловской синклинали намечается разрывное нарушение северо-восточного (аз. пр. 60°) направления.

Ромбовидная форма Блявинской синформы и Утягуловской синклинали может быть связана с проявлением левосдвиговых, включая микросдвиговые деформаций северо-западной ориентировки субпараллельной разломам I-I и II-II. В соседних структурных зонах синформы более мелкие, но почти везде отмечается присутствие серпентинитов в ассоциации с отложениями акчуринской свиты и удлиненная каплевидная или эллипсоидальная (сигмовидная) апоромбовидная форма. В краевой восточной зоне 1-1 выделяются Ямано-Кураганская

и Имеллинская синформы (см. рис. 4), длинные оси синформ образуют левую кулису, что указывает на наличие сдвиговых север-северо-западных напряжений при их образовании. Присутствие тел (протрузий) серпентинитов в рассматриваемых апоромбовидных структурах говорит в пользу того, что это были дуплексы растяжения.

ОБСУЖДЕНИЕ

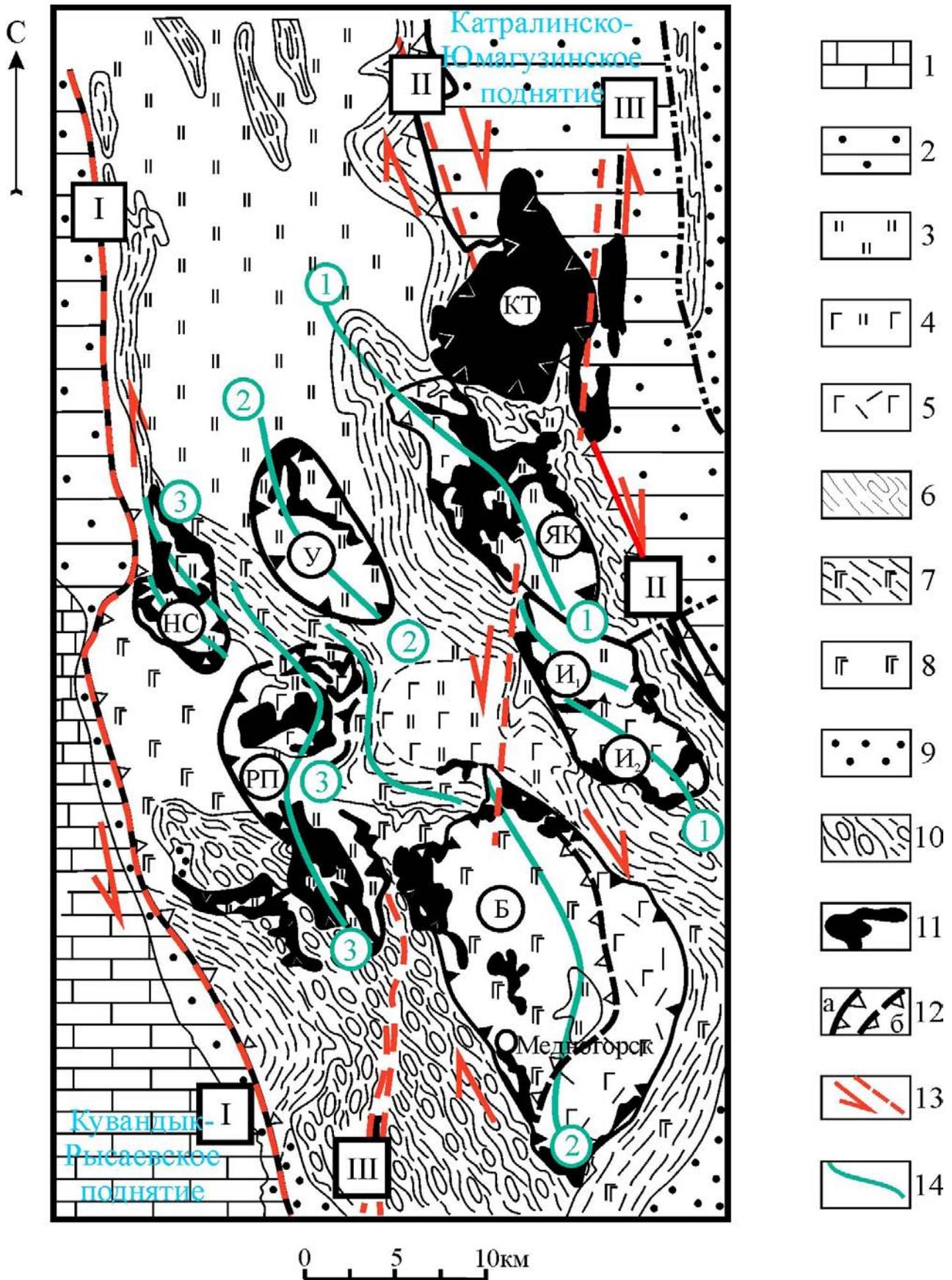
Палеовулканические комплексы Сакмарской зоны описаны в составе единого Кракинско-Медногорского палеовулканического пояса [Серавкин, Родичева, 1990; Косарев и др., 2023], который является северной частью Сакмарской зоны Урала. На западе пояс сочленяется с Восточно-Европейской платформой (ВЕП), а на востоке с Уралтауским антиклинорием и зоной ГУР. Особенностью пояса является, то, что слагающие его вулканические комплексы по составу в общем виде сопоставимы с вулканитами, присутствующими в разрезах Магнитогорского мегасинклинория. Отмечается большая роль тектонических контактов между стратиграфическими подразделениями, что послужило основой для разработки модели краевого Сакмарского аллохтона [Абдулин, 1973; Абдулин и др., 1977; Руженцев, 1976; Перфильев, 1979], в которой предполагается тектонический переброс вулканогенных толщ из Западно-Магнитогорской в Сакмарскую зону. Значительная

Рис. 4. Структурная схема расположения досреднедевонских комплексов северной части Сакмарской зоны Урала [Серавкин, Родичева, 1990] с дополнениями А. М. Косарева

Условные обозначения: 1-2 – осадочные формации обрамления Сакмарской зоны, «снятые» на ее территории: 1 – карбонатная (нерасчлененная $C_{1,2}$), 2 – флишевая зилаирской свиты ($D_3fm - C_{1,t}zl$), 3-11 – формации досреднедевонского этапа: 3 – кремнистая, сакмарской свиты ($S - D_1sk$), 4 – кремнисто-базальтовая, карамолинской свиты ($S - D_1kml$), 5 – риолит-базальтовая, блявинской свиты ($S - D_1bl$), 6 – терригенная алевро-пелитовая, кураганской свиты ($O_{1,2}ku$), 7 – базальт-терригенная, кураганской свиты ($O_{1,2}ku$), 8 – трахибазальтовая, баулуской свиты ($O_{1,2}ba$), 9 – терригенная грабеновая, кидрясовской свиты ($C - O_1kd$), 10 – карбонатно-терригенно-трахибазальтовая, медногорской свиты ($C - O_1md$), 11 – серпентиниты и гипербазиты; 12 – надвиги установленные (а) и предполагаемые (б); 13 – разломы сдвига-надвигового типа (I-I – Кувандыкский, II-II – Юмагузинский, III-III – Катралинский) и направление движений по ним; 14 – осевые зоны ромбовидных и эллипсоидных структур СЗ ориентировки (1-1 – Ямано-Кураганская-Имеллинская, 2-2 – Утягуловская-Блявинская, 3-3 – Новосакмарская-Рамазано-Псянчиновская). Структуры: КТ – Катралинский гипербазитовый массив, У – Утягуловская, ЯК – Ямано-Кураганская, НС – Новосакмарская, РП – Рамазано-Псянчиновская; И1, И2 – Имеллинская, Б – Блявинская.

Fig. 4. Structural and formational diagram of the northern part of the Sakmara zone of the Urals, pre-Middle Devonian complexes [Seravkin, Rodicheva, 1990] with additions by A. M. Kosarev.

Legend: 1-2 – sedimentary formations framing the Sakmara zone, «removed» on its territory: 1 – carbonate (undivided $C_{1,2}$), 2 – flysch of the Zilair Formation ($D_3fm - C_{1,t}zl$), 3-11 – formations of the pre-Middle Devonian stage: 3 – siliceous, Sakmara Formation ($S - D_1sk$), 4 – siliceous-basalt, Karamolinsk Formation ($S - D_1kml$), 5 – rhyolite-basalt, Blyavinsk Formation ($S - D_1bl$), 6 – terrigenous silty-pelitic, Kuragan Formation ($O_{1,2}ku$), 7 – basalt-terrigenous, Kuragan formation ($O_{1,2}ku$), 8 – trachybasalt, Baulus formation ($O_{1,2}ba$), 9 – terrigenous graben, Kidryasovo formation ($C - O_1kd$), 10 – carbonate-terrigenous-trachybasaltic, Mednogorsk Formation ($C - O_1md$), 11 – serpentinites and hypermafic rocks; 12 – established (a) and suspected (b) thrusts; 13 – strike-slip type faults (I-I – Kuvandyksky, II-II – Yumaguzinsky, III-III – Katralinsky) and the direction of movement along them and the direction of movement along them; 14 – axial zones of structures (1-1 – Yamano-Kuraganskaya-Imellinskaya, 2-2 – Utyagulovskaya-Blyavinskaya, 3-3 – Novosakmarskaya-Ramazano-Psyanchinovskaya). Structures: KT – Katralinsky hyperbasic massif, U – Utyagulovsky, YK – Yamano-Kuragansky, NS – Novosakmarsky, RP – Ramazano-Psyanchinovsky; I1, I2 – Imellinsky, B – Blavinsky.



группа исследователей сделала выводы, что, несмотря на некоторое сходство вулканогенно-осадочных и вулканических комплексов Магнитогорской зоны со сходными формациями Сакмарской зоны, существуют и заметные их различия, что свидетельствует об автономном развитии Сакмарско-Медногорско-Кракинского пояса [Самыгин, 1980; Иванов, Пучков, 1984; Формирование ..., 1986; Вулканизм..., 1992; Кориневский, 2020].

Если рассматривать выходы серпентинитов в обрамлении синформ не как подстилающие тектонические пластины слои, а как блоки, входящие в осадочные оползневые образования (микститы, олистостромы) ачуринской свиты, но претерпевшие сдвиговые деформации в более позднее (позднепалеозойское) время, то эти образования получают определенную стратиграфическую и палеогеографическую позицию. Они отражают активную сейсмичность при развитии субдукции океанической коры окраинного моря под островные дуги. На фронте субдукции (внутреннем склоне желоба) формировалась аккреционная призма, сложенная офиолитами, которая активно разрушалась, поставляя материал в глыбовые оползневые отложения. Можно предположить, что первоначальное положение аккреционной призмы не сохранилось. Возможно, часть комплексов надсубдукционной аккреционной призмы, включающей выходы гарцбургитовых массивов, находится в южных частях Сакмарской зоны. В зоне ГУР к комплексам разрушения предостроводужной аккреционной призмы относится ишкининская толща [Зайков, Мелекесцева, 2005] раннего-среднего девона. Это уровень более широкого распространения олистостромовых отложений и серпентинитокластовых брекчий, связанных с размывом аккреционной призмы, содержащей протрузии ультрабазитов. Они практически повсеместно перекрывали нижележащие субокеанические толщи.

В среднем девоне формировались вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы утягуловской и ишмуратовской свит с характерными геохимическими признаками надсубдукционных и субконтинентальных комплексов. Перекрытие вулканитов кремнисто-глинистыми ритмитами улутауской свиты указывает на завершение субдукционных процессов.

Последующая общемировая морская трансгрессия в позднем девоне (франский век) фиксируется кремнистыми породами сарбайской и егиндинской свит (аналоги актауской и мукасовской свит соседних районов) [Артюшкова, Маслов, 2022].

Это указывает на заполнение окраинно-морских впадин глубоководными кремнистыми илами.

В фамене кремнистые осадки егиндинской свиты согласно перекрываются флишем зилаирской свиты [Стратиграфия..., 1993], которая маркирует начало «мягкой» коллизии (дуга — континент) восточных дуг с окраиной Балтики [Пучков, 2000, 2010]. Это означает прекращение процессов спрединга и субдукции и накопление дистального флиша в Сакмарском окраинном море. Франские кремнистые осадки (мукасовская свита, кремни новоусмановской толщи, «ибрагимовский» горизонт) и перекрывающие их зилаирские флишевые отложения распространены по обе стороны Уралтау [Артюшкова, Маслов, 2022]. Сказанное может означать, что метаморфические комплексы пород зоны Уралтау были погружены (затоплены) и не выходили на поверхность во фране. В то же время, присутствие обломков метаморфических пород в зилаирских песчаниках указывает на источник сноса с «кордильеры» Уралтау, образовавшейся в фамене в виде аккреционного поднятия на стадии коллизии дуги с континентом [Willner et al., 2002; Мизенс, Свяжина, 2007].

Геодинамические реконструкции. Проведенный анализ геологических данных по северной части Сакмарской зоны показал, что здесь имеется разрез отложений от кембрия до фамена. Рифтогенез кембрий-ордовикского этапа (по типу Красноморского рифта), отражает начальную стадию раскрытия океанического пространства [Пучков, 2000], но раскол, по-видимому, проходил не по окраине Восточно-Европейского континента (или Лаврусии), а по границе с предполагаемым древним (венд-кембрийским) палеостроводужно-микроконтинентальным блоком [Самыгин, 1980; Мизенс, Свяжина, 2007]. В серии публикаций рассматривается существование доордовикской эпиконтинентальной островной дуги или микроконтинента, впоследствии во время Уральского орогенеза, придвинутого и аккретированного к пассивной окраине Восточно-Европейской платформы [Самыгин и др., 2005; Мизенс, Свяжина, 2007; Рязанцев и др., 2008; Кузнецов и др., 2017; Голионко и др., 2023].

Стратиграфически выдержанная последовательность разнофациальных комплексов пород Сакмарской зоны указывает на смену геодинамических обстановок, отражающих полный цикл Вильсона [Пучков, 2000; Иванов, 1998]. Этот цикл включает этапы континентального рифтогенеза (медногорский комплекс) и последующего рас-

крытия океанического пространства (баулусский комплекс), затем постепенного его закрытия в процессе субдукции (силурийско-раннедевонские карамолинский и блявинский, девонские утягуловский и ишмуратовский комплексы) до закрытия в позднем девоне (зилаирская свита) в результате коллизии этих дуг с континентом или микроконтинентом.

Вулканические комплексы, слагающие разрез палеозойского возраста в пределах Сакмарской и Магнитогорской зон обнаруживают в своём строении элементы цикличности. Крупные циклы, выделяемые нами [Косарев, Шафигулина, 2024] представляют собой формационные ряды с направленной эволюцией химизма вулканитов от начала цикла к его завершению. Характер эволюции составов формаций или комплексов определяется режимом субдукции океанической литосферы. Начальные этапы циклов отражают относительно небольшие глубины зон магмообразования в мантийном клине (30–50 км) [Авдейко и др., 2006] и высокие степени плавления мантийного субстрата (25–50%) [Косарев и др., 2005, 2006]. Вулканиты этих этапов принадлежат толеитовой островодужной и бонинитовой петрогенетической сериям. Последующая эволюция вулканизма ведёт к формированию вулканитов толеитовой островодужной и известково-щелочной серий. Завершает цикл вулканизм известково-щелочной и шохонитовой серий с характерной высокой калиевостью, повышенной общей щелочностью, низкими степенями плавления мантийного субстрата в зоне магмообразования и большими глубинами (70–100 км) погружения кровли слэба [Авдейко и др., 2006; Богатилов и др., 2010].

В Сакмарской зоне крупный колчеданоносный вулканический цикл (часть цикла Вильсона) завершается трахибазальт-трахитовым чанчарским комплексом (D_1e_1). Возрастной и формационный аналог чанчарского комплекса — мостостревский базальт-латит-трахитовый комплекс, — открыт в зоне ГУР [Тищенко, 1971]. В районе д. Репино в Оренбургской области, на восточном берегу р. Елшанки мостостроевский комплекс залегает на эдафогенных серпентинитовых брекчиях со стратиграфическим контактом, а пререкрывается брекчиями бонинито-базальтов баймак-бурибаевской свиты [Стратиграфия ..., 1993; Косарев, 2007].

Отсутствие в зоне ГУР возрастных и формационных аналогов блявинского (S_1-D_1) комплекса свидетельствует в пользу относительной автохтонности практически всех комплексов Сакмарской

зоны и их последующего сгущивания в результате коллизионных процессов.

Современными аналогами этих условий могут служить окраинные моря Южно-Китайского региона [Родников и др., 2011], сочетающие условия рифтогенеза на континентальном основании и образования зон растяжения с океанической корой. Здесь же происходит формирование зон субдукции и коллизии дуга-микроконтинент (о. Тайвань) на границе окраинного моря и океана [Fuh et al., 1997; Brown et al., 2006; Wakita et al., 2013], а также окраинные бассейны Западно-Тихоокеанского региона [Изосов и др., 2020].

Структурные особенности северной части Сакмарской зоны. В островодужную и коллизионную стадию (вероятно, при столкновении континентов в конце палеозоя) проявляются сдвиго-надвиговые напряжения [Знаменский, Знаменская, 2006], сформировавшие Новосакмарско-Ромадановскую, Утягуловско-Блявинскую, Ямано-Курагановско-Иммелинскую сдвиговые зоны С-З ориентировки с образованием ромбовидных структур с выходами офиолитовых комплексов (см. рис. 4). Их особенностями являются следующие черты структуры: 1 — отсутствие в зонах 1–3 (см. рис. 4) магистральных амплитудных разломов; 2 — умеренный характер расщепления, позволяющий диагностировать вулканические и тифогенные брекчии, а также реликты вестиментифер [Масленников, 1999], субвулканические и экструзивные тела и дайки; в углисто-кремнистых сланцах и в известковистых алевролитах сохраняются граптолиты, а в кремнистых породах — конодонты [Стратиграфия ..., 1993; Рязанцев и др., 2005, 2008; Артюшкова, 2014]; 3 — несовершенная форма офиолитовых ромбовидных, каплевидных и эллипсовидных фрагментов (синформ в под зонах 1–1, 2–2 и 3–3 (см. рис. 4), свидетельствующая об относительно слабой деформированности и «эмбриональном» характере сдвиговых зон.

Серия финальных событий, завершающих крупный вулканический цикл, включает эклогитизацию пород слэба, излом слэба, заложение сдвиговой тектонической зоны, сопряжённой с крутопадающим фрагментом слэба [Авдейко и др., 2006] и образование slabwindow (окно в слэбе). Окно в слэбе — это область внедрения астеносферного вещества, которое даёт начало новому крупному циклу вулканизма и интрузивного магматизма. В Сакмарской зоне завершение ордовик-силур-раннедевонского цикла фиксируется формированием чанчарского шохонитового комплекса. На восточ-

ном фланге Уралтауской антиформы происходит заложение сдвиго-надвиговой зоны ГУР, вслед за которой формируется толеит-бонинитовый бурибаевский (D_1e_2) комплекс (рис. 5), открывающий новый этап формирования Западно-Магнитогорской фронтальной островной дуги.

В завершение силурийско-раннеэмского цикла формируются чанчарский и мостостроевский вулканические комплексы. Происходит заложение Главного Уральского сдвиго-надвига.

На поздних этапах развития Сакмарской зоны формируется катралинская левосдвиговая север-северо-восточная зона (III-III) и северо-западные сдвиго-надвиги I-I и II-II, по которым кембрийско-девонские толщи были надвинуты на верхнекаменноугольные свиты. В результате

возникли структуры пальмового дерева с встречной вергентностью осевых плоскостей складчатых структур в северной части Сакмарской зоны (см. рис. 3). Прямолинейность пограничных зон разломов, может указывать на их сдвиговый характер и подновление на неотектонической стадии развития региона.

В изученных разрезах (см. рис. 1) стратиграфическая последовательность вертикальной смены комплексов сохранена [Горожанина и др., 2017]. Отмечаются также согласные контакты, например согласное залегание углеродистых сланцев сакмарской свиты на аргиллитах кураганской свиты (разрез Новокурский), аргиллитов зилаирской свиты на франских кремнистых сланцах верхней части сарбайской свиты (разрез Рысаево) (рис. 6). В целом

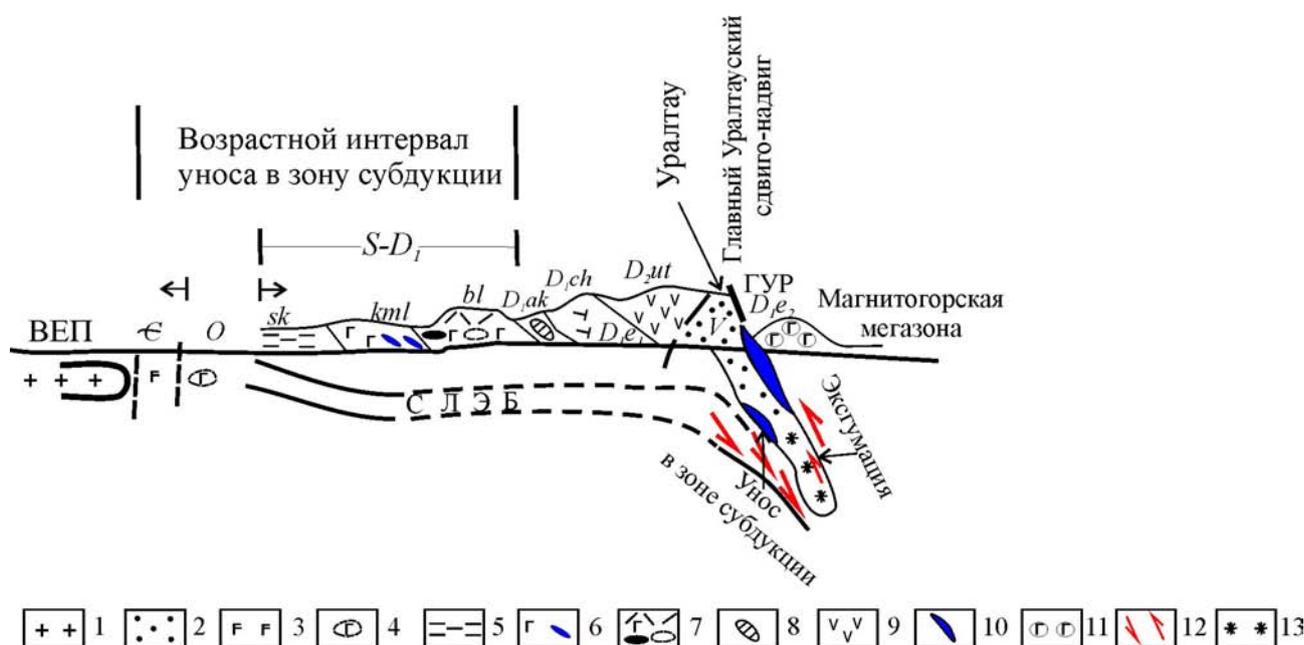


Рис. 5. Геодинамическая модель ранне-среднепалеозойского вулканизма в Сакмарской, Уралтауской и Вознесенско-Присакмарской (ГУР) зонах. Составлен с использованием материалов [Chemenda et al., 1997, Пучков, 2000, 2010, Ковалев и др., 2011, Косарев и др., 2023]

Условные обозначения: 1 – Восточно-Европейская плита (БЕП), 2 – терригенно-метаморфические породы уралтауского комплекса (V), 3 – базальты траппоидные медногорской свиты (€), 4 – пиллоу-базальты баулусского комплекса и его аналогов (O), 5–7 – отложения S-D₁: 5 – углисто-глинистые кремнистые сланцы (преобладающие) сакмарской свиты (S-D₁ sk), 6 – пиллоу-базальты с протрузиями ультрабазитов карамолинской свиты (S-D₁ kml), 7 – базальт-риодацитовая с телами колчеданных руд, блявинская свита (S-D₁ bl), 8 – кремнисто-обломочная акчуринская свита (D₁ ak), 9 – базальт-андезит-дацитовая утягуловская свита (D₂ ef ut), 10 – тела протрузивных ультрабазитов, 11 – базальты, бониниты, риодациты бурибайского комплекса (D₁e₂br), 12 – направления перемещения вещества в зоне субдукции, 13 – эклогитизированные породы уралтауского комплекса.

Fig. 5. Geodynamic model of Early-Middle Paleozoic volcanism in the Sakmara, Uraltau and Voznesensk-Prisakmar (GUR) zones. Compiled using materials [Chemenda et al., 1997, Puchkov, 2000, 2010, Kovalev et al., 2011, Kosarev et al., 2023]

Legend: 1 – East European Plate (БЕП), 2 – terrigenous-metamorphic rocks of the Uraltau Complex (V), 3 – trappoid basalts of the Mednogorsk Formation (€), 4 – pillow basalts of the Baulus complex and its analogues (O), 5–7 – deposits S-D₁: 5 – carbonaceous-clayey siliceous shales (dominant) of the Sakmara Formation (S-D₁ sk), 6 – pillow basalts with protrusions of ultrabasites of the Karamolinsk Formation, 7 – basalt-rhyodacite with bodies of sulfide ores, Blavinskaya Formation, 8 – siliceous-clastic Akchura Formation (D₁ ak), 9 – basalt-andesite-dacite Utyagulovka Formation (D₂ ef ut), 10 – bodies of protrusive ultrabasites, 11 – basalts, boninites, rhyodacites of the Buribay Complex (D₁e₂br), 12 – directions of movement of matter in the subduction zone, 13 – eclogitized rocks of the Uraltau Complex.

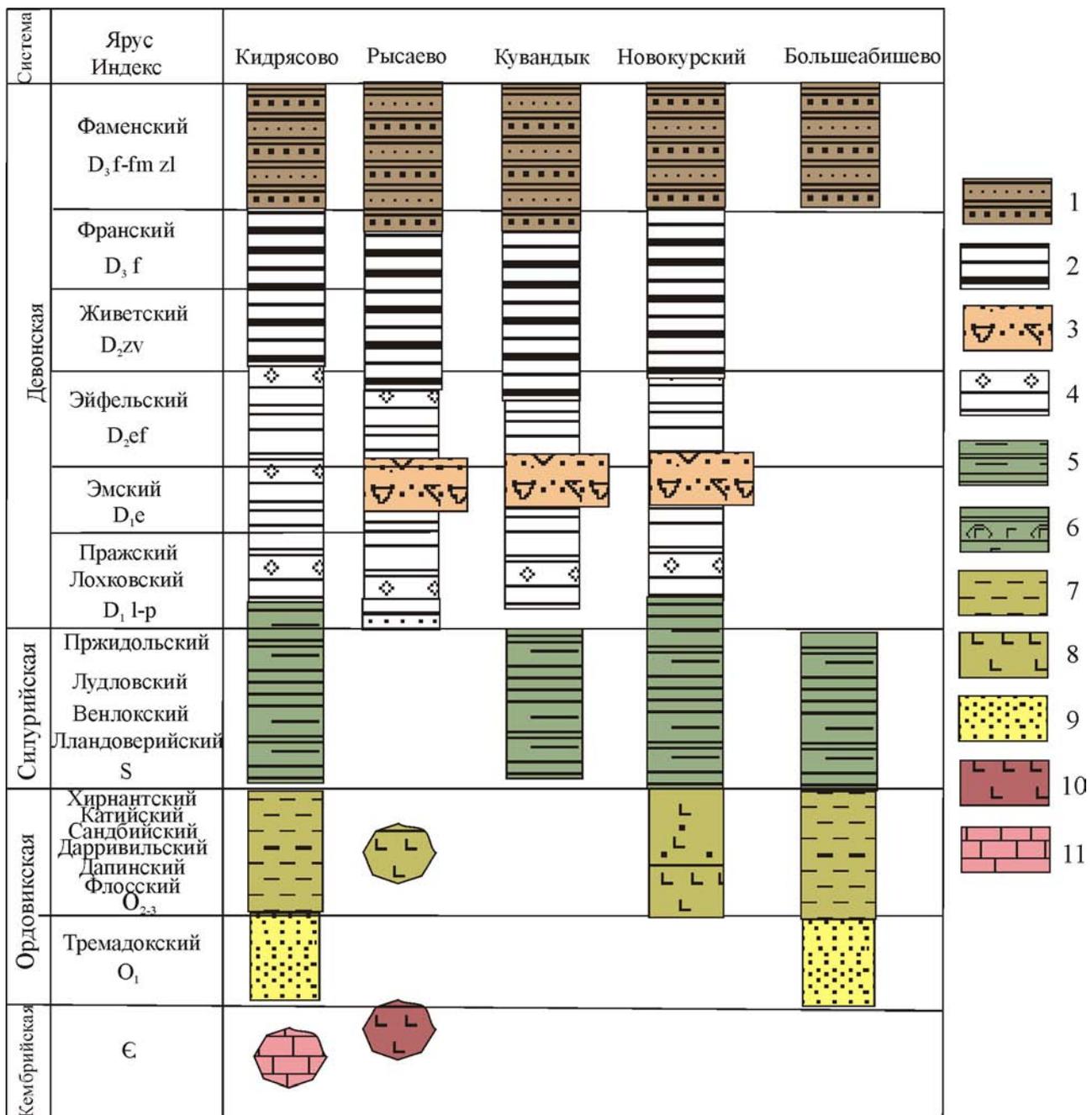


Рис. 6 Схема сопоставления отложений в изученных разрезах Сакмарской зоны. Кружками показаны осадочные и магматические комплексы, находящиеся в составе олистостромовых горизонтов

Условные обозначения: 1–4 – девон (1 – верхний девон, зилайская свита, флиш, 2 – средний – верхний девон, сарбайская свита, кремни, 3 – нижний-средний девон, олистостромовый комплекс, 4 – нижний-средний девон, акчуринская свита, кремни, кремнеобломочные брекчии, песчаники); 5–6 – силурийские породы (5 – сакмарская свита, 6 – дергайшская (карамолинская) свита); 7–9 – ордовикские породы (7–8 – кураганская свита, туфоаргиллиты и алевролиты, 9 – кидрясовская свита, кварцевые и аркозовые песчаники и гравелиты); 10–11 – породы кембрия (10 – лавы и туфы, 11 – археоциатовые известняки).

Fig. 6. Scheme of comparison of sediments in the studied sections of the Sakmara zone. Circles indicate sedimentary and igneous complexes that are part of olistostrome horizons

Legend: 1–4 – Devonian (1 – Upper Devonian, Zilair Formation, flysch, 2 – Middle – Upper Devonian, Sarbai Formation, cherts, 3 – Lower-Middle Devonian, olistostrome complex, 4 – Lower-Middle Devonian, Akchura Formation, cherts, siliciclastic breccias, sandstones); 5–6 – Silurian rocks (5 – Sakmara Formation, 6 – Dergaish (Karamola) Formation); 7–9 – Ordovician rocks (7–8 – Kuragan Formation, tuff mudstones and siltstones, 9 – Kidryasovo Formation, quartz and arkosic sandstones and gravelites); 10–11 – Cambrian rocks (10 – lavas and tufts, 11 – archaeocyate limestones).

северная часть Сакмарской зоны имеет синклинальное строение с ордовикскими отложениями в краевых частях и силуро-девонскими в центре (см. рис. 1). В западном обрамлении Сакмарской зоны, в породах зилаирской и ямашлинской свит и перекрывающих ее флишоидных комплексов куруильской и иткуловской свит нижнего карбона отмечаются узкие линейные складки с вергентностью на запад (см. рис. 2, 3, рис. 3). Сходный характер складчатых деформаций отмечается и в северной части Сакмарской зоны. Это указывает на совместное смятие отложений Сакмарской зоны и пререкрывающих флишевых комплексов в узкие линейные складки. В северо-восточном обрамлении зоны, в отложениях зилаирской свиты, наблюдаются складки как западной, так и юго-восточной вергентности [Сенченко, 1976; Голионко, Георгиевский, 2023]. Это указывает на поздние и пост-коллизийные процессы смятия отложений.

На современном эрозионном срезе Сакмарская зона представлена серией ромбовидно-сигмовидных блоков, границы которых маркируются выходами серпентинитов и глыбовыми брекчиями девонской акчуринской свиты. Данная структура отражает сдвиговый механизм тектонических смещений с формированием положительных и отрицательных цветочных структур, что видно на примере разреза Блявинской структуры (см. рис. 3, а — б, рис. 4). Первоначальное смятие в симметричные складки с последующим их сдвиганием и нарушением геологической последовательности объясняет синформность ромбовидных блоков.

Пограничные разломы север-северо-западного простирания отделяют Сакмарскую структурную зону с запада и востока, по которым она граничит с флишоидами фаменской зилаирской свиты. Пограничные разломы имеют сдвиго-взбросовую природу, что совпадает с высказанным на ранних этапах исследования Сакмарской зоны о ее горстовидном строении [Келлер, 1949; Эз и др., 1965; Сенченко, 1976]. Внутреннее строение Сакмарской зоны определяется серией ромбовидных блоков дуплексного типа, закономерно образовавшихся в сдвиго-раздвиговой зоне между двумя краевыми разломами.

Примером дивергентной сдвиго-взбросовой структуры «цветочного» типа является строение гряды Чернышева в Северном Приуралье. Эта структура образована в результате выжимания вверх клиновидного блока с синклиналью в центре и антиклиналями, наклоненными в сторону пограничных разломов [Тимонин, 1975].

Сдвигово-надвиговые движения, возможно, происходили как на ранней коллизийной «зилаирской» стадии, так и позднее в палеозойское — раннемезозойское время [Рязанцев, 2001]. Более молодые неотектонические движения оформили современную блоковую структуру. Дискуссионно выделение раннего (позднеостроводужного) этапа малоамплитудных сдвиговых дислокаций.

Выводы

Палеогеографические условия. В северной части Сакмарской зоне выведены на поверхность осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы отложений, формировавших последовательно от кембрия до фамена в условиях окраинного моря, предположительно, отгороженного в пред-силурийское время микроконтинентальным блоком-террейном Уралтау-Эбетинской зоны от основного океана. В результате ордовикского рифтогенеза (кидрясовская песчаниковая свита, кураганская аргиллитовая свиты, баулуская базальтовая свита, новокурская толща) и силурийской трансгрессии (сакмарская свита) этот микроконтинентальный блок мог быть расколот и затоплен. В конце силура и в раннем девоне в образовавшемся океаническом пространстве формировались зоны субдукции с желобом и аккреционной призмой (акчуринская свита), вулканическими дугами (блявинская, утягуловская свиты) и междуговыми прогибами (ишмуратовская и улутауская свиты). Современным аналогом этих обстановок могут служить окраинные бассейны региона Южно-Китайского моря. Франская трансгрессия сопровождалась отложением кремнистых илов (сарбайская свита), как на окраине континента, так и в окраинных морях. В фамене на месте окраинного моря сформировался флишевый трог (зилаирская свита).

Геодинамические обстановки. На примере стратиграфически обоснованной смены разнофациальных комплексов пород Сакмарской зоны устанавливается последовательность геодинамических событий, отражающих развитие полного цикла Вильсона — от раскрытия окраинно-океанического пространства при рифтогенезе в кембрии, ордовике и силуре до его закрытия через механизмы субдукции в силуре и раннем-среднем девоне и коллизии в позднем девоне.

В эволюции вулканизма Сакмарской зоны важным является время завершения островодужного силурийско-раннедевонского цикла, когда сформировался чанчарский шошонитовый

вулканический комплекс. Удивительным является тот факт, что в Вознесенско-Присакмарской зоне в то же время, в раннем эмсе [Артюшкова, 2014] формируется аналог чанчарского комплекса шшонитовый и субщелочной мостостроевский комплекс (D_{1e}). Фрагменты мостостроевского комплекса присутствуют в виде клиппов в эдафогенных брекчиях серпентинитов и в разрезе кремнисто-трахит-латитового состава раннеэмского возраста у д. Репино в Оренбургской области. Здесь они подстилают вулканы баймак-бурибаевской свиты [Стратиграфия ..., 1993].

Ранний эмс — это время заложения сдвиго-надвиговой с протрузиями серпентинизированных ультрабазитов зоны ГУР.

Структурные особенности. Рассмотренный комплекс отложений не является типично аллохтонным — перекинутым из Магнитогорской зоны и ГУР, а рассматривается как горстовидная синсдвиговая цветочная структура, выведенная на поверхность из-под средне-верхнепалеозойских отложений Зилаирского синклинория, в результате бокового сжатия в позднеколлизийную стадию и реактивированная на неотектоническом этапе.

Список литературы:

- Абдулин А. А. Геология Мугоджар (стратиграфия, тектоника, магматизм). Алма-Ата: Наука, 1973. 391 с.
- Абдулин А. А., Авдеев А. В., Сеитов Н. С. Тектоника Сакмарской и Орь-Илекской зон Мугоджар. Алма-Ата: Наука, 1977. 241 с.
- Артюшкова О. В. О конденсированных разрезах девона северной части Самарской зоны на Южном Урале // Палеонтология и стратиграфия девона и карбона Южного Урала. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. 41–45.
- Артюшкова О. В. Девонские конодонты из вулканогенно-кремнистых отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: Дизайн Пресс, 2014. 152 с.
- Артюшкова О. В., Маслов В. А. Разрез девона Восточно-Зилаирской зоны: расчленение и палеонтологическое обоснование по конодонтам // Литосфера. 2022. Т. 22, № 1. С. 14–38. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-1-14-38>
- Белова А. А., Рязанцев А. В., Разумовский А. А., Дегтярев К. Е. Раннедевонские надсубдукционные офиолиты в структуре Южного Урала // Геотектоника. № 4. 2010. С. 39–64.
- Бельков Ю. П. Палеовулканизм рудного поля Комсомольского месторождения и колчеданное рудообразование. Вулканические образования Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 121–127.
- Бочкарев В. В., Язева Р. Г. Субщелочной магматизм Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 256 с.
- Вулканизм Южного Урала (И. Б. Серавкин, А. М. Косарев, Д. Н. Салихов и др.). М.: Наука, 1992. 197 с.
- Голионко Б. Г., Георгиевский А. А. Структурная эволюция южной части зоны распространения суваньякского метаморфического комплекса и его обрамления (Южный Урал) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2023. Т. 68, № 3. С. 553–579. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.307>
- Голионко, Б. Г., Кузнецов, Н. Б., Страшко, А. С., Романюк, Т. В., Новикова, А. С., Дубенский, А. С., Шешуков, В. С., Ерофеева, К. Г. К вопросу о палеотектонической принадлежности протолита суваньякского метаморфического комплекса (Южный Урал) по результатам U-Th-Pb зерен детритового циркона // Геодинамика и тектонофизика, 2023. Т. 14, № 2. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0693>
- Горожанина Е. Н., Горожанин В. М., Золотарев Д. Г. Окраинно-морские осадочные комплексы Сакмарской зоны Южного Урала: состав, палеогеографические условия формирования и современное структурное положение // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания. 2017. Т. 1. М.: ГЕОС. С. 106–111.
- Даниленко С. А. О химизме надрудных базальтов Комсомольского месторождения. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1991. С. 116–121.
- Зайков В. В., Масленников В. В., Зайкова Е. В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 315 с.
- Зайков В. В., Мелекесцева И. Ю., Артемьев А., Юминов А. М., Симонов В. А., Дунаев А. Ю. Геология и колчеданное оруденение южного фланга Главного Уральского разлома. Миасс: ИМин УРО РАН, 2009. 376 с.
- Зайков В. В., Мелекесцева И. Ю. Кобальт-медно-колчеданные месторождения в ультрамафитах аккреционной призмы Западно-Магнитогорской палеоостровной дуги // Литосфера. 2005. № 3. С. 73–98.
- Знаменский С. Е., Знаменская Н. М. Позднеколлизийные транспрессивные и трансенсивные структурные ассоциации Магнитогорского мегасинклинория (Южный Урал) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана. Материалы VI Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. С. 33–34.
- Иванов К. С. Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд лет) и строение Урала: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГиГ УНЦ РАН, 1998. 252 с.
- Иванов К. С., Пучков В. Н. Геология Сакмарской зоны. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1984. 86 с.
- Иванов К. С., Пучков В. Н. Стратиграфия девонских отложений Сакмарской зоны Урала и Мугоджар // Ежегодник-1990. Свердловск: Институт геологии и геохимии УНЦ РАН, 1991. С. 10–14.
- Изосов Л. А., Петрищевский А. М., Емельянова Т. А., Чупрынин В. И., Ли Н. С., Васильева М. А. Модель формирования Западно-Тихоокеанских окраинных морей: вихревая геодинамика, сейсмичность и мантийный апвеллинг // Вулканология и сейсмология. 2020. № 1. С. 49–63.

- Исаев В. А., Малахов И. А., Воронина Л. К. Хромшпинелиды из песчаников кидрясовской свиты нижнего ордовика Южного Урала // Докл. АН СССР. 1984. Т. 278, № 5. С. 1205–1209.
- Камалетдинов М. А. Покровные структуры Урала. М.: Наука, 1974. 230 с.
- Келлер Б. М. Флишевая формация палеозоя в Зилаирском синклинии на Южном Урале и сходные с ней образования. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 172 с.
- Ковалев С. Г., Тимофеева Е. А., Пиндюрина Е. О., Ковалев С. С. Геохимия и условия образования эколгитов максютовского комплекса // Геологический сборник № 9. Юбилейный выпуск. ИГ УНЦ РАН. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 173–185.
- Конюхов А. И. Черные глины и другие отложения, обогащенные органическим веществом, на окраинах материков в раннем и поздне палеозое // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. Геология, 2015. № 4. С. 22–33.
- Кориневский В. Г. Калиевые щелочные базальтоиды эйфеля Сакмарской зоны Мугоджар // Ежегодник — 1970 ИГТ УНЦ АН СССР. Свердловск, 1971. С. 16–19.
- Кориневский В. Г. Возраст рудовмещающей толщи Блявинского медноколчеданного месторождения на Урале // Советская геология. 1992. № 7. С. 24–27.
- Кориневский В. Г. Параавтохтонные палеоокеанические и островодужные комплексы Южного Урала // Литосфера. 2020. Т. 20. № 4. С. 542–556. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-4-542-556>
- Косарев А. М. Умереннощелочной и щелочной вулканизм раннеэмского времени на Южном Урале: геохимические особенности и геодинамические реконструкции // Литосфера. 2007. № 6. С. 54–70.
- Косарев А. М. Геология и геохимические особенности раннепалеозойских вулканитов Сакмарской и Вознесенско-Присакмарской зон на Южном Урале // Литосфера. 2015. № 2. С. 40–64.
- Косарев А. М., Шафигуллина Г. Т. Колчеданная металлогения Южного Урала, геодинамика и структурные особенности // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана и сопредельных территорий. Материалы XV Межрегиональной научно-практической конференции. М.: Издательство «Перо», 2024. С. 106–111.
- Косарев А. М., Пучков В. Н., Серавкин И. Б., Шафигуллина Г. Т. Колчеданосные вулканические комплексы Магнитогорской палеоостроводужной мегазоны на Южном Урале: модели рудно-магматических систем, геодинамические реконструкции // Петрология. 2022. Т. 30, № 1. С. 91–118.
- Косарев А. М., Тимофеева Е. А., Шафигуллина Г. Т., Даниленко С. А. Геодинамические обстановки силурийско-раннедевонского вулканизма на севере Сакмарской зоны (Южный Урал) // Геологический вестник. 2023. № 3. С. 59–73. DOI: 10.31084/2619–0087/2023-3-6
- Косарев А. М., Шардакова Г. Ю., Минибаева К. Р. Эволюция вулканизма и геодинамические обстановки в Сакмарской зоне Южного Урала в раннем палеозое // Литосфера. 2024 (в печати).
- Кропачев С. М., Бородаев Ю. С., Гончарова Т. Я. Блявинский рудный район // Палеозойский вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М: МГУ, 1968. С. 97–150.
- Кузнецов Н. Б., Дегтярев К. Е., Романюк Т. В., Рязанцев А. В., Белоусова Е. А., Третьяков А. А. U/Pb-изотопные возрасты и Lu/Hf-изотопно-геохимических систематика обломочных цирконов из ордовикских толщ Кокчетавского массива, Южного Урала и Прикаспия // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию академика Ю. М. Пушаровского. М.: ГЕОС, 2017. Т. 1. С. 208–212.
- Леоненко Н. И. Силурийские отложения Костекского района (Северные Мугоджары) // Труды Лабор. Геол. Угля АН СССР. Вып. 3. М.: Изд-во Академия наук, 1955. С. 116–225.
- Масленников В. В. Седиментогенез, гальмиролиз, и экология колчеданосных палеогидротермальных поле. Миасс: Геотур, 1999. 348 с.
- Масленникова С. П., Масленников В. В. Сульфидные трубы палеозойских черных курильщиков (на примере Урала). Екатеринбург-Миасс: УрО РАН, 2007. 312 с.
- Мизенс Г. А., Свяжина И. А. О палеогеографии Урала в девоне // Литосфера. 2007. № 2. С. 29–44.
- Мурдмаа И. О. Фации океанов. М.: Наука, 1987. 303 с.
- Пейве А. В., Штрейс Н. А., Перфильев А. С., Поспелов И. И. Структурное положение гипербазитов на западном склоне Южного Урала // Проблемы теоретической и региональной тектоники. М.: Наука, 1971. С. 9–21.
- Перфильев А. С. Формирование земной коры Уральской эвгеосинклинали. М.: Наука, 1979. 188 с.
- Пучков В. Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
- Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Пучков В. Н. Плюмы — новое слово в геологии Урала // Литосфера. 2018. Т. 18. № 4. С. 483–499. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-4-483-499
- Родников А. Г., Забаринская Л. П., Рашидов В. А., Сергеева Н. А. Субдукционные процессы и глубинное строение региона Южно-Китайского моря // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Владивосток: ДВГИ, 2011. С. 37–39.
- Руженцев С. В. Краевые офиолитовые аллохтоны. М.: Наука, 1976. 171с.
- Рязанцев А. В. Мезозойские деформации палеозойского Урало-Монгольского пояса // Постколлизийная эволюция подвижных поясов. Тезисы докладов международной научной конференции (VII чтения А. Н. Заварицкого). Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2001. 36 с.
- Рязанцев А. В. Ордовикские структурно-вещественные комплексы западной части Магнитогорской мегазоны и краевых аллохтонов Южного Урала: строение и обста-

новки формирования. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН, 2012. 29 с.

Рязанцев А. В., Толмачева Т. Ю. Ордовикские вулканогенные и плутонические комплексы Сакмарского аллохтона на Южном Урале // Геотектоника. 2016. № 6. С. 23–51.

Рязанцев А. В., Борисенко Д. В., Дубинина С. В., Калинина Е. А., Кузнецов Н. Б., Матвеева Е. А., Аристов В. А. Общая структура Сакмарской зоны Южного Урала в районе Медногорских колчеданных месторождений // Очерки по региональной тектонике. Т. 1: Южный Урал. М.: Наука, 2005. С. 84–135.

Рязанцев А. В., Дубинина С. В., Кузнецов Н. Б., Белова А. А. Ордовикские структурно-формационные комплексы в аллохтонах Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 5. С. 49–78.

Рязанцев А. В., Разумовский А. А., Кузнецов Н. Б., Калинина Е. А., Дубинина С. В., Аристов В. А. Геодинамическая природа серпентинитовых меланжей на Южном Урале // Бюллетень МОИП, отдел Геологический. 2007. Т. 82. № 1. С. 32–47.

Самыгин С. Г. Дифференцированное смещение оболочек литосферы и эволюция формационных комплексов (Урал) // Тектоническая расслоенность литосферы. М.: Наука, 1980. С. 25–63.

Самыгин С. Г., Милеев В. С., Голионко Б. Г. Зона Уралтау: геодинамическая природа и структурная эволюция // Очерки по региональной тектонике. Т. 1: Южный Урал. М.: Наука, 2005. С. 9–35.

Сенченко Г. С. Складчатые структуры Южного Урала. М.: Наука, 1976. 172 с.

Семёнов И. В. Палеоокеанический спрединговый вулканизм Урала и реконструкция параметров Уральского палеозойского океана. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 362 с.

Серавкин И. Б., Знаменский С. Е., Косарев А. М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.

Серавкин И. Б., Знаменский С. Е., Косарев А. М. Главный Уральский разлом на Южном Урале: структура и основные этапы формирования // Геотектоника. 2003. № 3. С. 42–64.

Серавкин И. Б., Родичева З. И. Кракинско-Медногорский палеовулканический пояс. Уфа: ИГ БНЦ УрО АН СССР, 1990. 53 с.

Сидоренко В. В., Байкова В. С., Степанов И. В. Вулканогенно-кремнистая группа формаций Сакмарской зоны на западном склоне Южного Урала. М.: Наука, 1964. 67 с.

Стратиграфия и корреляция среднепалеозойских вулканогенных комплексов основных медноколчеданных районов Южного Урала (Маслов В. А., Черкасов В. Л., Тищенко В. Т., Смирнова И. А., Артюшкова О. В., Павлов В. В.). Уфа: УНЦ РАН, 1993. 217 с.

Тимонин Н. И. Тектоника гряды Чернышева. Л.: Наука, 1975. 130 с.

Тищенко В. Т. Щелочно-базальтоидная формация нижнего девона в южной части западного крыла

Магнитогорского прогиба. *1 симпозиум по вулканизму Южного Урала: тез докл.* Миасс: УНЦ РАН, 1971. С. 43–44.

Тищенко В. Т., Черкасов В. Л. Новые данные по стратиграфии силурийских и нижнедевонских облюзованных в южной (Оренбургской) части западного крыла Магнитогорского прогиба // Биостратиграфия и литология палеозоя Южного и Среднего Урала. БФАН СССР. Уфа, 1985. С. 3–8.

Тюрин, А. М., Сначёв А. В., Коломоец А. В., Суяркова А. А. Углеродистые сланцы силура в контексте перспектив нефтегазоносности (Южный Урал, г. Кувандык) // Нефтегазовое дело. 2022. Т. 20. № 6. С. 6–19. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2022-6-6-19>

Федоров П. В., Кориневский В. Г., Золотарев Б. П. Геохимия раннедевонских калиевых пород Сакмарской зоны Южного Урала // Геохимия. 2017. № 4. С. 314–328. DOI: 10.7868/S0016752517020029

Формирование земной коры Урала (Иванов С. Н., Пучков В. Н., Иванов К. С., Самаркин Г. И., Семенов И. В., Пумпянский А. И., Дымкин А. М., Полтавец Ю. А., Русин А. И., Краснобаев А. А.). М.: Наука, 1986. 248 с.

Хворова И. В., Вознесенская Т. А., Золотарев Б. П., Ильинская М. Н., Руженцев С. В. Формации Сакмарского аллохтона (Южный Урал). М.: Наука, 1978. 232 с.

Холоднов В. В., Шардакова Г. Ю., Пучков В. Н., Петров Г. А., Шагалов Е. С., Салихов Д. Н., Коровко А. В., Прибавкин С. В., Рахимов И. Р., Бородин Н. С. Палеозойский гранитоидный магматизм Урала как отражение этапов геодинамической и геохимической эволюции коллизионного орогена // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12. № 2. С. 225–245. <https://doi.org/10.5800/GT-2021-12-2-0522>

Чибрикова Е. В. Стратиграфия девонских и более древних палеозойских отложений Южного Урала и Приуралья. М.: Наука, 1977. 191 с.

Эз В. В., Гафт Д. Е., Кузнецов Б. И. Морфология и условия образования голоморфной складчатости на примере Зилаирского синклинали Южного Урала. М.: Наука, 1965. 102 с.

Brown D., Spadea P., Puchkov V., Alvarez-Marron J., Herrington R., A. Willner A., Hetzel R., Gorozhanina Y., Yuhlin C. Arc-continent collision in the Southern Urals // Earth Science Reviews. 2006. V. 79. P. 261–287.

Chemenda A., Matte Ph., Sokolov V. A model of Paleozoic obduction and exhumation of high-pressure/ low temperature rocks // Tectonophysics. 1997. V. 276. № 1–4. P. 217–227.

Fitton J. G., Saunders A. D., Norry M. J., Hardarson B. S. and Taylor R. N. Thermal and chemical structure of the Iceland plume // Earth and Planetary Science Letters. V. 153. № 3–4. 1997. P. 197–208. [https://doi.org/10.1016/s0012-821x\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/s0012-821x(97)00170-2)

Fuh S.-C., Liu C.-S., Lundberg N., Reed D. L. Strike-slip faults offshore southern Taiwan: implications for the oblique arc-continent collision processes // Tectonophysics. 1997. V. 274. P. 25–39.

Wakita K., Pubellier M., Windley B. F. Tectonic processes, from rifting to collision via subduction, in SE Asia and the western Pacific: A key to understanding the architecture of the Central Asian Orogenic Belt // Lithosphere. 2013. V. 5. № 3. P. 265–276. <http://lithosphere.gsapubs.org>

Willner A. P., Ermolaeva T., Gorozhanina E. N., Puchkov V. N., Arzhavitina M. Y., Pazukhin V. N., Kramm U., Walter R. Surface signals of arc-continent collision: the detritus of the upper Devonian Zilair Formation in the Southern Urals, Russia // Mounting building in the Uralides: Pangea to the present. Geophysical monograph. 2002. V. 132. P. 183–209.

References:

Abduln A. A. (1973) *Geologiya Mugodzhara* (stratigrafiya, tektonika, magmatizm) [Geology of the Mugodzhary (stratigraphy, tectonics, magmatism)]. Alma-Ata, Nauka Publ., 391 p. (In Russian).

Abduln A. A., Avdeev A. V., Seitov N. S. (1977) *Tektonika Sakmarskoi i Or' — Ilekskoi zon Mugodzhara* [Tectonics of the Sakmara and Or-Ilek zones in Mugodzhara]. Alma-Ata, Nauka Publ., 241 p. (In Russian).

Artyushkova O. V. (1991) On condensed Devonian sections of the northern part of the Samara zone in the Southern Urals. *Paleontologiya i stratigrafiya devona i karbona YUzhnogo Urala* [Paleontology and stratigraphy of the Devonian and Carboniferous of the Southern Urals]. Ufa: BNTS UrO AN SSSR, 41–45. (In Russian).

Artyushkova O. V. (2014) *Devonskie konodonty iz vulkanogenno-kremnistykh otlozhenii Magnitogorskoi megazoni YUzhnogo Urala* [Devonian conodonts from volcanogenic-siliceous deposits of the Magnitogorsk megazone of the Southern Urals]. Ufa: Dizain Press, 152 p. (In Russian)

Artyushkova O. V., Maslov V. A. (2022) Devonian succession in the East-Zilair zone: conodont-based subdivision and paleontological verification. *Lithosfera*, **22** (1), 14–38. (In Russian). doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-1-14-38

Bel'kov Yu. P. (1978). Paleovolcanism of the ore field of the Komsomolskoye deposit and sulfide ore formation. Volcanic formations of the Urals. *Vulkanicheskie obrazovaniya Urala* [Volcanic formations of the Urals]. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR, 121–127. (In Russian).

Bochkarev V. V., Yazeva R. G. (2000) *Subshchelochnoi magmatizm Urala* [Subalkaline magmatism of the Urals]. Ekaterinburg: Russian Academy of Sciences, Urals Branch, 256 p. (In Russian).

Vulkanizm YUzhnogo Urala [Volcanism of Southern Urals] (1992) (I. B. Seravkin, A. M. Kosarev, D. N. Salikhov, S. E. Znamensky, Z. I. Rodicheva, M. V. Rykus, V. I. Snachev). Moscow, Nauka Publ., 197 p. (In Russian).

Golionko B. G., Georgievskii A. A. (2023) Structural evolution of the southern part of the Suvanyak metamorphic complex and its framing (Southern Urals). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta* [Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences], **68** (3), 553–579. https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.307 (In Russian).

Golionko B. G., Kuznetsov N. B., Strashko A. S., Romanyuk T. V., Novikova A. S., Dubenskii A. S., Sheshukov V. S., Erofeeva K. G. (2023) On paleotectonic belonging of the Suvanyak metamorphic complex (Southern Urals) from the U-Th-Pb dating of detrital zircon grains. *Geodynamics and Tectonophysics — Geodinamika i tektonofizika*, **14** (2). https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0693 (In Russian).

Gorozhanina E. N., Gorozhanin V. M., Zolotarev D. G. (2017) Marginal-marine sedimentary complexes of the Sakmara zone of the Southern Urals: composition, paleogeographic conditions of formation and modern structural position. *Tektonika sovremennykh i drevnykh okeanov i ih okrain. Materialy XLIIH Tektonicheskogo soveshchaniya* [Tectonics of modern and ancient oceans and their margins. Materials of the XLIX Tectonic Meeting]. T. 1. Moscow, GEOS, 106–111. (In Russian).

Danilenko C. A. (1991) *O himizme nadrudnykh bazal'tov Komsomol'skogo mestorozhdeniya* [On the chemistry of superore basalts of the Komsomolsk deposit]. Ufa, 116–121. (In Russian)

Zaykov V. V., Maslennikov V. V., Zaykova E. V., Kherrington R. (2001) Rudno-formatsionnyy i rudno-fatsial'nyy analiz kolchedannykh mestorozhdenij Ural'skogo paleookeana [Ore-formation and ore-facial analysis of base metal massive sulphide deposits of the Ural Ocean]. Miass: IMin UrO RAN, 315 p. (In Russian).

Zaykov V. V., Melekestseva I. YU., Artem'ev D. A., Simonov V. A., YUminov A. M., Dunaev A. YU. (2009) *Geologiya i kolchedannoe orudnenie yuzhnogo flanga Glavnogo Ural'skogo razloma* [Geology and massive sulphide mineralization of the southern flank of the Main Ural Fault]. Miass, IMin UrO RAN, 376 p. (In Russian).

Zaikov V. V., Melekestseva I. YU. (2005) Kobal't-mednokolchedannye mestorozhdeniya v ul'tramafitakh akkretionnoy prizmy Zapadno-Magnitogorskoy paleoostrovnoj dugi [Co-Cu-pyrite deposits in ultramafites of the accretionary prism of the West Magnitogorsk paleoisland arc]. *Lithosphere* (Russia), (3), 73–98. (In Russian).

Znamenskii S. E., Znamenskaya N. M. (2006) Late collisional transpressive and transtensive structural associations of the Magnitogorsk megasynclinorium (Southern Urals). *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geologii Bashkortostana. Materialy VI Mezhtsevnogo nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geology, minerals and problems of geocology of Bashkortostan. Materials of the VI Interregional Scientific and Practical Conference]. Ufa, DizainPoligrafServis, 33–34. (In Russian).

Ivanov K. S. (1998). Osnovnye cherty geologicheskoi istorii (1.6–0.2 mlr let) i stroeniya Urala [Main Features of Geological History (1.6–0.2 Ga) and Structure of the Urals]. *Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk v forme nauchnogo doklada*. [Doctor geol. and min. sci. diss.]. Ekaterinburg: IGI UNTS RAN 252 p. (In Russian).

Ivanov K. S., Puchkov V. N. (1984) *Geologiya Sakmarskoi zony* [Geology of the Sakmara zone]. Sverdlovsk: IGG UNTS AN SSSR, 86 p. (In Russian).

Ivanov K. S., Puchkov V. N. (1991) Stratigrafiya devonskih otlozhenii Sakmarskoi zony Urala i Mugodzhara [Stratigraphy of Devonian deposits of the Sakmara zone of the Urals and Mugodzhara]. *Yearbook-1990*. Sverdlovsk, IGI UNTS RAN, 10–14. (In Russian).

Izosov L. A., Petrishchevskii A. M., Emel'yanova T. A., Chuprynin V. I., Li N. S., Vasil'eva M. A. (2020) Model' formirovaniya Zapadno-Tihookeanskih okrainnykh morei: vzhrevaya geodinamika, seismichnost' i mantiyniy apvellings [Model of the formation of the Western Pacific marginal seas: eddy geodynamics, seismicity and mantle upwelling].

Vulkanologiya i seismologiya [Volcanology and Seismology], (1), 49–63. (In Russian).

Isaev V. A., Malakhov I. A., Voronina L. K. (1984) Chrom-spinelids from sandstones of the Kidryasovskaya formation of the Lower Ordovician of the Southern Urals. *Doklady Earth Sciences*, **278** (5), 1205–1209. (In Russian).

Kamaletdinov M. A. Pokrovnye struktury Urala [Integumentary structures of the Urals]. M.: Nauka, 1974. 230 p.

Keller B. M. (1949) Paleozoic flysch formation in the Zilair synclinorium in the Southern Urals and similar formations. *Tr. IG AN SSSR [Proceedings of the Institute of Geol. USSR Academy of Sciences]*. Vyp. **104** (34). Moscow, Izd-vo AN SSSR, 172 p. (In Russian).

Kovalev S. G., Timofeeva E. A., Pindyurina E. O., Kovalev S. S. (2011) Geokhimiya i usloviya obrazovaniya eklogitov maksyutovskogo kompleksa [Geochemistry and conditions for the formation of eclogites of the Maksyutovo complex]. *Geologicheskii sbornik*, (9). Ufa: DizainPoligrafServis, 173–185. (In Russian).

Konyukhov A. I. (2015) Black clays and other organic-rich sediments at continental margins in the early and late Paleozoic. *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. Geologiya*, (4), 22–33. (In Russian).

Korinevskii V. G. (1971) Kalievye shchelochnye bazal'toidy eifelya Sakmarskoi zony Mugodzhar [Potassium alkaline basalts of the Eifelian Sakmara zone Mugodzhar]. *Yearbook — 1970 of the Institute of Geology and Geochemistry of the USSR Academy of Sciences*. Sverdlovsk, 16–19. (In Russian).

Korinevskii V. G. (1992) Voзраст rudovmeshchayushchei tolshchi Blyavinskogo mednokolchenannogo mestorozhdeniya na Urale [Age of the ore-bearing strata of the Blyava copper deposit in the Urals]. *Sovetskaya geologiya*, (7), 24–27. (In Russian).

Korinevskii V. G. (2020) Paraavtohtonnye paleoceanicheskie i ostrovoduzhnye komplekсы YUzhnogo Urala [Parautochthonic paleoceanic and island-arc complexes of the Southern Urals]. *Lithosphere (Russia)*, **20** (4), 542–556. (In Russian). <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-4-542-556>

Kosarev A. M. (2007) [Subalkaline volcanism of the Lower emsian of the southern urals: geochemical peculiarities and geodynamic reconstructions]. *Litosfera*. (2), 54–70. (In Russian).

Kosarev A. M. (2015). Geologiya i geokhimicheskie osobennosti rannepaleozoiskikh vulkanitov Sakmarskoi i Voznesensko-Prisakmarskoi zon na YUzhnom Urale [Geology and geochemical features of Early Paleozoic volcanites of the Sakmara and Voznesensko-Prisakmarian zones in Southern Urals]. *Litosfera*. (2), 40–64. (In Russian).

Kosarev A. M., Shafigullina G. T. (2024) Kolchedannaya metallogeniya YUzhnogo Urala, geodinamika i strukturnye osobennosti // *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geologii Bashkortostana i sopedel'nykh territorij*. Materialy XV Mezhrregional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva: Izdatel'stvo «Pero». P. 106–111. (In Russian).

Kosarev A. M., Puchkov V. N., Seravkin I. B., Shafigullina G. T. (2022) Massive Volcanic Sulfide Complexes of the Magnitogorsk Paleoisland Arc Megazone in the Southern Urals: Model of Ore-Magmatic System, Geodynamic

Reconstructions. *Petrology*, **30** (1), 82–106. DOI: 10.1134/S0869591122010052 (In Russian).

Kosarev A. M., Timofeeva E. A., Shafigullina G. T., Danilenko S. A. (2023) Geodinamicheskoe obstanovki siluriisko-rannedevonskogo vulkanizma na severe Sakmarskoi zony (YUzhnyi Ural) [Geodynamic setting of Silurian — Early Devonian volcanism in the of the Sakmara zone (the Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*, **3**, 59–73. (In Russian) <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2023-3-6>

Kosarev A. M., Shardakova G. Yu., Minibaeva K. R. (2024) Evolution of volcanism and geodynamic settings in the Sakmara zone of the Southern Urals in the Early Paleozoic. *Litosfera –Lithosphere*. (In Russian) (in the press).

Kropachev S. M., Borodaev YU.S., Goncharova T. YA. (1968) Blyavinskii rudnyi raion [Blyava ore district]. Paleozoiskii vulkanizm i kolchedannye mestorozhdeniya YUzhnogo Urala [Paleozoic vulcanism and bubble deposits of the Southern Urals]. Moscow, Moscow State University, 97–150. (In Russian).

Kuznetsov N. B., Degtyarev K. E., Romanyuk T. V., Ryazantsev A. V., Belousova E. A., Tret'yakov A. A. (2017) U/Pb-izotopnye vozrasty i Lu/Hf-izotopno-geokhimicheskih sistematika oblomochnykh tsirkonov iz ordovikskikh tolshch Kokchetavskogo massiva, YUzhnogo Urala i Prikaspiya [U/Pb isotope ages and Lu/Hf isotope-geochemical systematics of detrital zircons from the Ordovician strata of the Kokchetav massif, the Southern Urals and the Caspian region]. Tektonika sovremennykh i drevnih okeanov i ih okrain. Materialy XLIX Tektonicheskogo soveshchaniya, posvyashchennogo 100-letiyu akademika YU.M. Pushcharovskogo [Tectonics of modern and ancient oceans and their margins]. Materials of the XLIX Tectonic Meeting dedicated to the 100th anniversary of Academician Yu. M. Pushcharovsky. Moscow, GEOS. **1**, 208–212. (In Russian).

Leonenok N. I. (1955) Siluriiskie otlozheniya Kos-Istekskogo raiona (Severnye Mugodzhar) [Silurian deposits of the Kos-Istek region (Northern Mugodzhar)]. *Trudy Labor. Geol. Uglya AN SSSR*, vyp. **3**. Moscow, Izd-vo Akademiya nauk, 116–225. (In Russian).

Maslennikov V. V. (1999) Sedimentogenez, gal'miroz i ekologiya kolchedanonosnykh paleogidrotermal'nykh polei [Sedimentogenesis, Halmyrolysis, and Ecology of Paleohydrothermal Massive Sulfide Ore Fields]. Miass, Geotur. **348** p. (In Russian).

Maslennikova S. P., Maslennikov V. V. (2007) Sul'fidnye trubyy paleozoiskikh chernykh kuril'shchikov (na primere Urala) [Sulfide Chimneys of the Paleozoic Black Smokers (by the Example of the Urals)]. Ekaterinburg-Miass, UrO RAN, **312** p. (In Russian).

Mizens G. A., Svyazhina I. A. (2007) O paleogeografii Urala v devone [On the paleogeography of the Urals in the Devonian]. *Litosfera — Lithosphere*, (2), 29–44. (In Russian).

Murdaa I. O. (1987) Fatsii okeanov [Facies of the oceans]. Moscow, Nauka, **303** p. (In Russian).

Peive A. V., Shtreis N. A., Perfil'ev A. S., Pospelov I. I. (1971) Strukturnoe polozhenie giperbazitov na zapadnom sklone YUzhnogo Urala [Structural position of hyperbasites on the western slope of the Southern Urals]. *Problemy teoreticheskoi i regional'noi tektoniki [Problems of theoretical and regional tectonics]*. Moscow, Nauka, 9–21. (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, 188 p. (In Russian).
- Puchkov V.N. (2000). Paleogeodinamika YUzhnogo i Srednego Urala [Paleogeodynamics of the South and Middle Urals]. Ufa: Dauriya. 146 p. (In Russian).
- Puchkov V.N. (2010) Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of Urals (topical questions of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DizainPoligrafServis. 280 p. (In Russian).
- Puchkov V.N. (2018) Plyumy — novoe slovo v geologii Urala [Plumes — a new word in the geology of the Urals]. *Litosfera — Lithosphere*, 18 (4), 483–499. (In Russian) DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-4-483-499
- Rodnikov A. G., Zabarinskaya L. P., Rashidov V. A., Sergeeva N. A. (2011) Subduktivnyye protsessy i glubinnoe stroenie regiona YUzhno-Kitaiskogo morya [Subduction processes and deep structure of the South China Sea region]. *Geologicheskie protsessy v obstanovkah subduksii, kollizii i skol'zheniya litosfernykh plit. Materialy Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Geological processes in settings of subduction, collision and sliding of lithospheric plates]*. Materials of the All-Russian conference with international participation. Vladivostok, DVGI, 37–39. (In Russian).
- Ruzhentsev S. V. (1976) Kraevye ofiolitovye allokhtony [Marginal ophiolitic allochthons]. Moscow, Nauka. 176 p. (In Russian).
- Ryazantsev A. V. (2001) Mezozoiskie deformatsii paleozoid Uralo-Mongol'skogo poyasa [Mesozoic deformations of the paleozooids of the Ural-Mongolian belt]. *Postkollizionnaya evolyutsiya podvizhnykh poyasov [Post-collision evolution of mobile belts]*. Abstracts of reports of the international scientific conference (VII readings by A. N. Zavaritsky). Ekaterinburg, Institut geologii i geokhimii UrO RAN, 36 p. (In Russian).
- Ryazantsev A. V. (2012) Ordovikskie strukturno-veshchestvennye komplekсы zapadnoi chasti Magnitogorskoi megazony i kraevykh allohtonov YUzhnogo Urala: stroenie i obstanovki formirovaniya [Ordovician structural-material complexes of the western part of the Magnitogorsk megazone and marginal allochthons of the Southern Urals: structure and formation conditions]. Author's abstract. *dis. cand. geol. and min. sci.* Moscow, GIN RAN, 29 p. (In Russian).
- Ryazantsev A. V., Borisenok D. V., Dubinina S. V., Kalinina E. A., Kuznetsov N. B., Matveeva E. A., Aristov V. A. (2005) Obshchaya struktura Sakmarskoi zony YUzhnogo Urala v raione Mednogorskikh kolchedannykh mestorozhdenii [General structure of the South Uralian Sakmara zone in the Mednogorsk sulfide deposits area]. *Ocherki po regional'noi tektonike [Essays on Regional Tectonics]*. V. I: YUzhnyi Ural. Moscow, Nauka. 84–135. (In Russian).
- Ryazantsev A. V., Dubinina S. V., Kuznetsov N. B., Belova A. A. (2008) Ordovikskie strukturno-formatsionnye komplekсы v allohtonah YUzhnogo Urala [Ordovician litho-tectonic complexes in allochthons of the southern Urals]. *Geotectonics*. (5), 49–78. DOI: 10.1134/S0016852108050038
- Ryazantsev A. V., Razumovskii A. A., Kuznetsov N. B., Kalinina E. A., Dubinina S. V., Aristov V. A. (2007) Geodinamicheskaya priroda serpentinitovykh melanzhei na Yuzhnom Urale [Geodynamics of serpentinite melanges in the Southern Urals]. *Bulletin of MOIP, Geological Department*. 82 (1), 32–47. (In Russian).
- Samygin S. G. (1980) Differentsirovannoe smeshchenie obolochek litosfery i evolyutsiya formatsionnykh kompleksov (Ural) [Differential Displacement of Lithospheric Shells and Evolution of Lithotectonic Associations in the Urals]. *Tektonicheskaya rassloennost' litosfery [Tektonicheskaya rassloennost' litosfery (Tectonic Delamination of the Lithosphere)]*. Moscow: Nauka. 25–63.
- Samygin S. G., Mileev V. S., Golionko B. G. (2005) Zona Uraltau: geodinamicheskaya priroda i strukturnaya evolyutsiya [Uraltau zone: Geodynamic nature and structural evolution]. *Ocherki po regional'noi tektonike [Essays on regional tectonics]*. Vol. 1. Southern Urals. Moscow: Nauka. 9–35. (In Russian).
- Senchenko G. S. (1976) Skladchatye struktury YUzhnogo Urala [Folded structures of the Southern Urals]. Moscow: Nauka, 172 p. (In Russian).
- Semenov I. V. (2000) Paleookeanicheskie spredingovyye vulkanizm Urala i rekonstruktsiya parametrov Ural'skogo paleozoiskogo okeana [The Urals paleocean spreading volcanism and reconstruction of the Urals paleozoic ocean parameters]. Ekaterinburg: UrO RAN, 362 p. (In Russian).
- Seravkin I. B., Znamenskii S. E., Kosarev A. M. (2001) Razryvnaya tektonika i rudonosnost' Bashkirskogo Zaural'ya [Fault tectonics and ore deposits of the Trans-Uralian Bashkiria]. Ufa: Poligrafkombinat, 318 p. (In Russian).
- Seravkin I. B., Znamenskii S. E., Kosarev A. M. (2003) Glavnyi Ural'skii razlom na YUzhnom Urale: struktura i osnovnye etapy formirovaniya [The main Ural fault in the South Urals: The structure and main evolution phases]. *Geotectonics*. 37 (3), 210–231. (In Russian).
- Seravkin I. B., Rodicheva Z. I. (1990) Krakinsko-Mednogorskii paleovulkanicheskii poyas [Krakino-Mednogorsk paleovolcanic belt]. Ufa: IG BSC Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, 53 p. (In Russian).
- Sidorenko V. V., Baikova V. S., Stepanov I. V. (1964) Vulkanogenno-kremnistaya gruppa formatsii Sakmarskoi zony na zapadnom sklone Yuzhnogo Urala [Volcanogenic-siliceous group of formations of the Sakmara zone on the western slope of the Southern Urals]. Moscow: Nauka, 67 p. (In Russian).
- Stratigrafiya i korrelyatsiya srednepaleozoiskikh vulkanogennykh kompleksov osnovnykh mednokolchedannykh raionov YUzhnogo Urala [Stratigraphy and correlation of middle paleozoic volcanogenic complexes in major copper-pyrite regions of the South Urals]*. (1993) (V. A. Maslov, V. A. Cherkasov, V. T. Tishchenko, Smirnova I. A., Artyushkova O. V., Pavlov V. V.). Ufa: UNTS RAN, 217 p. (In Russian).
- Timonin N. I. (1975) Tektonika gryady Chernysheva [Tectonics of the Chernyshev Ridge]. L., Nauka, 130 p. (In Russian)
- Tishchenko V. T. (1971) Alkaline-basaltoid formation of the Lower Devonian in the southern part of the western wing of the Magnitogorsk trough. *I symposium on volcanism of the Southern Urals*: abstract of reports. Miass: UNTS RAN, 43–44. (In Russian).
- Tishchenko V. T., Cherkasov V. L. (1985) Novye dannye po stratigrafii silurijskikh i nizhnedevonskikh obyura-

zovaniy v yuzhnoj (Orenburgskoj) chasti zapadnogo kryla Magnitogorskogo progiba [New data on the stratigraphy of Silurian and Lower Devonian formations in the southern (Orenburg) part of the western flank of the Magnitogorsk trough]. *Biostratigrafiya i litologiya paleozoya YUzhnogo i Srednego Urala*. BFAN SSSR. Ufa. 3–8. (In Russian).

Tyurin A. M., Snachev A. V., Kolomoets A. V., Suyarkova A. A. (2022) Uglerodistyie slantsy silura v kontekste perspektiv neftegazonosnosti (YUzhnyi Ural, g. Kuvandyk) [Carbonated Silurian Shales in the Context of Prospects for Oil and Gas Potential (Southern Ural, Kuvandyk)]. *Neftegazovoe delo Petroleum Engineering*. **20** (6), 6–19. (In Russian). <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2022-6-6-19>

Fedorov P. V., Korinevskii V. G., Zolotarev B. P. (2017) Geohimiya rannedevonskikh kalievyykh porod Sakmarskoi zony YUzhnogo Urala [Geochemistry of Early Devonian potassium rocks of the Sakmara zone of the Southern Urals]. *Geohimiya*. **4**, 314–328. DOI:10.7868/S0016752517020029 (In Russian).

Formirovaniye zemnoi kory Urala [Formation of the earth's crust of the Urals]. (1986) (Ivanov S. N., Puchkov V. N., Ivanov K. S., Samarkin G. I., Semenov I. V., Pumpyanskii A. I., Dymkin A. M., Poltavets YU. A., Rusin A. I., Krasnobaev A. A.). Moscow: Nauka, 248 p. (In Russian).

Khvorova I. V., Voznesenskaya T. A., Zolotarev B. P., I'inskaya M. N., Ruzhentsev S. V. (1978) Formatsii Sakmarskogo allohtona (YUzhnyi Ural). [Formations of the Sakmara allochthon (Southern Urals)]. Moscow: Nauka. 232 p. (In Russian).

Kholodnov V. V., SHardakova G. YU., Puchkov V. N., Petrov G. A., SHagalov E. S., Salikhov D. N., Korovko A. V., Pribavkin S. V., Rakhimov I. R., Borodina N. S. (2021) Paleozoiskii granitoidnyi magmatizm Urala kak otrazhenie etapov geodinamicheskoi i geohimicheskoi evolyutsii kollizionnogo orogena [Paleozoic granitoid magmatism of the Urals: the reflection of the stages of geodynamic and geochemical. evolution of a collisional orogen]. *Geodynamics and Tectonophysics*. **12** (2), 225–245. (In Russian). <https://doi.org/10.5800/GT-2021-12-2-0522>

Chibrikova E. V. (1977) *Stratigrafiya devonskikh i bolee drevnih paleozoiskikh otlozhenii YUzhnogo Urala i Priural'ya* [Stratigraphy of Devonian and older Paleozoic deposits of the Southern Urals and the Pre-Urals (According to plant Microfossils)]. Moscow: Nauka. 191 p. (In Russian).

Ez V. V., Gaft D. E., Kuznetsov B. I. (1965) *Morfologiya i usloviya obrazovaniya golomorfnoi skladchatosti na primere Zilairskogo sinklinoriya YUzhnogo Urala* [Morphology and conditions for the formation of holomorphic folding using the example of the Zilair synclinorium of the Southern Urals]. Moscow: Nauka, 102 p. (In Russian).

Brown D., Spadea P., Puchkov V., Alvarez-Marron J., Herrington R., A. Willner A., Hetzel R., Gorozhanina Y., Yuhlin C. (2006) Arc-continent collision in the Southern Urals. *Earth Science Reviews*. **79**, 261–287.

Chemenda A., Matte Ph., Sokolov V. (1997) A model of Paleozoic obduction and exhumation of high-pressure/low temperature rocks. *Tectonophysics*. **276** (1–4), 217–227.

Fitton J. G., Saunders A. D., Norry M. J., Hardarson B. S., and Taylor R. N. (1997) Thermal and chemical structure of the Iceland plume. *Earth and Planetary Science Letters*. **153** (3–4), 197–208. [https://doi.org/10.1016/s0012-821x\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/s0012-821x(97)00170-2)

Fuh S.-C., Liu C.-S., Lundberg N., Reed D. L. (1997) Strike-slip faults offshore southern Taiwan: implications for the oblique arc-continent collision processes. *Tectonophysics*. **274**, 25–39.

Wakita K., Pubellier M., Windley B. F. (2013) Tectonic processes, from rifting to collision via subduction, in SE Asia and the western Pacific: A key to understanding the architecture of the Central Asian Orogenic Belt. *Lithosphere*. **5** (3), 265–276. <http://lithosphere.gsapubs.org>

Willner A. P., Ermolaeva T., Gorozhanina Y. N., Puchkov V. N., Arzhavitina M. Y., Pazukhin V. N., Kramm U., Walter R. (2002) Surface signals of arc-continent collision: the detritus of the upper Devonian Zilair Formation in the Southern Urals, Russia. *Mounting building in the Uralides: Pangea to the present*. Geophysical monograph. **132**, 183–209.

Сведения об авторах:

Косарев Александр Михайлович, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. amkosarev@mail.ru

Горожанин Валерий Михайлович, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

Горожанина Елена Николаевна, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). gorozhanin@ufaras.ru

Шафигуллина Гульнара Турдибаевна, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. shafigullina_g@mail.ru

About the authors:

Kosarev Alexandr Michailovich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. amkosarev@mail.ru

Gorozhanin Valerii Michailovich — candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. gorozhanin@ufaras.ru.

Gorozhanina Elena Nikolaevna — candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Gorozhanin@ufaras.ru

Shafigullina Gulnara Turdibaevna, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. shafigullina_g@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024; одобрена после рецензирования 03.06.2024; принята к публикации 22.07.2024

The article was submitted 03.06.2024; approved after reviewing 03.06.2024; accepted for publication 22.07.2024