

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТЕКТОНИКЕ И ПАЛЕОГЕОДИНАМИКЕ УРАЛА

© 2024 г. К. С. Иванов

Центрально-Уральская мегазона сложена четырьмя различными формационно-геодинамическими комплексами: 1) рифейские, почти неметаморфизованные осадочные мелководные терригенно-карбонатные комплексы чехла Русской платформы; 2) архейско-палеопротерозойские полиметаморфические комплексы, представляющие собой краевые части фундамента Русской платформы; 3) терригенные отложения (алевросланцы, кварцитопесчаники с подчиненными прослоями конгломератов и др.) большой мощности, смятые и метаморфизованные в зеленосланцевой фации; 4) метаморфические эклогит-глаукофансланцевые комплексы, занимающие наиболее восточную часть Центрально-Уральской мегазоны, прослеживаемые западнее ГУГРа. Среди метаморфических толщ Центрально-Уральской мегазоны (комплекс 3) нами выделены ранне-среднепалеозойские осадочные комплексы континентального подножия (суванякский комплекс и его аналоги), вполне сравнимые по всем параметрам с современными аналогами, но претерпевшие интенсивную складчатость и метаморфизм зеленосланцевой фации (а в краевых восточных частях и выше – до эклогитовой). Палеозойский возраст суванякского комплекса доказывается авторской находкой раннеордовикских конодонтов *Oistodus* aff. *contractus* Lind., *Oistodus* sp. Установлено, что наблюдаемая широтная зональность Урала вызвана разным уровнем современного эрозионного среза разных его районов. Так, в Западно-Мугоджарской вулканогенной зоне и Ирگزиском синклинории на поверхность Земли выведены комплексы, слагающие глубокие уровни Магнитогорского мегасинклинория, что могло произойти только в случае вертикального поднятия примерно на 5–8 км и последующей эрозии палеозойских пород Мугоджар. Вертикальные движения, обусловившие наблюдаемую субширотную зональность Урала, на юге региона происходили разнонаправленно в его западном и восточном секторах. Это приводило к срывам с вращением по плоскости Главного Уральского глубинного разлома. Эти дифференциальные поднятия разных районов Урала произошли в средне-позднетриасовое время и, возможно, были обусловлены сжатием в направлении север – юг. К образованию любых домезозойских полезных ископаемых региона субширотная зональность имеет лишь косвенное отношение. Для наиболее молодых полезных ископаемых – нефти, газа и россыпей – субширотная зональность Урала крайне важна.

Ключевые слова: тектоника, Урал, структурно-формационные зоны, континентальное подножие, широтные структуры, палеозой

ВВЕДЕНИЕ

Урал, крайнее северо-западное звено огромного Урало-Монгольского пояса, является одним из мировых эталонов палеозойских складчатых систем с полным геодинамическим циклом развития [Пейве и др., 1976; Иванов и др., 1986; Пучков, 2010; Ivanov et al., 2013; и др.]. На Урале выделяются два сектора – западный (палеоконтинентальный [Пейве и др., 1976; и др.]) и восточный (палеостроводужный [Иванов, 1998]), границей между которыми является Главный Уральский глубинный разлом. Западный сектор Урала в течение всей своей истории являлся пассивной (атлантического типа) окраиной Восточно-Европейского континента [Пучков, 1979; и др.].

Исследования тектоники, палеогеодинамики, региональной геологии и истории развития Уральского складчатого пояса являлись главной задачей лаборатории региональной геологии и геотектоники ИГТ, начиная с момента ее создания (Иванов и

др., 1986; и др.). За последние 5 лет сотрудниками данной лаборатории получено много значимых новых данных по этим темам [Ерохин и др., 2018, 2023; Иванов и др., 2019а, б, в, 2021; Смирнов, Иванов, 2019; Смирнов и др., 2019, 2020, 2021а, б, 2022; Иванов, 2020; Иванов, Костров, 2020; Иванов, Пучков, 2020, 2022а, б; Пучков, Иванов, 2020; Берзин, Червяковский, 2021; Petrov et al., 2021; Puchkov et al., 2021; Smirnov et al., 2022; Бурлаков и др., 2023; Вахрушева и др., 2023; Козлов и др., 2023; и др.]. Далее представлены два, по-видимому, наиболее крупных результата последних 5 лет, имеющих общепураальское значение.

Западный сектор Урала состоит из трех основных мегазон (с запада на восток): 1) Предуральский прогиб пермского возраста, выполненный платформенными осадками на западе и флишевыми комплексами на востоке; 2) Западно-Уральская мегазона, образованная палеозойскими терригенно-карбонатными комплексами шельфа (Бельско-Елецкая зона) и терригенно-кремнистыми толща-

ми континентального склона (Зилаиро-Лемвинская зона) [Пучков, 1979]; 3) Центрально-Уральская мегазона, образованная преимущественно метаморфизованными комплексами, которые, как считалось, имеют докембрийский возраст [Стратиграфические..., 1993; и др.].

Изучение современных пассивных континентальных окраин в последнее время приобрело большое значение главным образом в связи с бурением в углеводородных провинциях, приуроченных к терригенным призмам у восточной континентальной окраины Южной Америки, а также у берегов Африки и других континентов [Забанбарк, 2001; Mayall et al., 2006; Лисицын, 2009; и др.]. Изучение осадочных формаций западного Урала дает возможность проследить всю историю развития пассивных окраин; изученность современных аналогов пока ниже.

КОМПЛЕКСЫ ЦЕНТРАЛЬНО-УРАЛЬСКОЙ МЕГАЗОНЫ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ И ИХ ПРИРОДА

Центрально-Уральская мегазона составляет осевую, наиболее приподнятую, часть Уральских гор (поднятие Уралтау), где она образует ряд крупных мегаантиклинорий: Башкирский и Уралтауский – на юге Урала, Кваркушско-Каменногорский на Среднем и Северном Урале и др. На Южном Урале устанавливается, что Центрально-Уральская мегазона сложена четырьмя принципиально различными формационно-геодинамическими комплексами пород.

1. Рифейские, почти неметаморфизованные осадочные мелководные терригенно-карбонатные комплексы чехла Восточно-Европейской платформы. Они занимают крайнее западное положение из комплексов Центрально-Уральской мегазоны, образуя на Южном Урале Башкирский мегаантиклинорий (рис. 1). Здесь, как считается [Стратиграфические..., 1993; и др.], они слагают три цикла (нижний, средний и верхний рифей). Каждый цикл начинается с рифтовых грубообломочных толщ, часто с вулканами, среднюю часть циклов слагают преимущественно алевропесчаники и углеродисто-глинистые сланцы, а верхи циклов представлены терригенно-карбонатными последовательностями. Все эти толщи представляют собой эпиплатформенные рифтогенно-депрессийные комплексы [Иванов и др., 1986; и др.].

2. Архейско-палеопротерозойские полиметаморфические комплексы, представляющие собой краевые части фундамента Восточно-Европейской платформы, вовлеченные в позднепалеозойские складчато-надвиговые деформации. Они расположены несколько восточнее комплексов первого типа (выступов чехла платформы), типовой пример – Тараташский гранулитовый блок на севере Южного Урала [Пыстин, 1994; и др.].

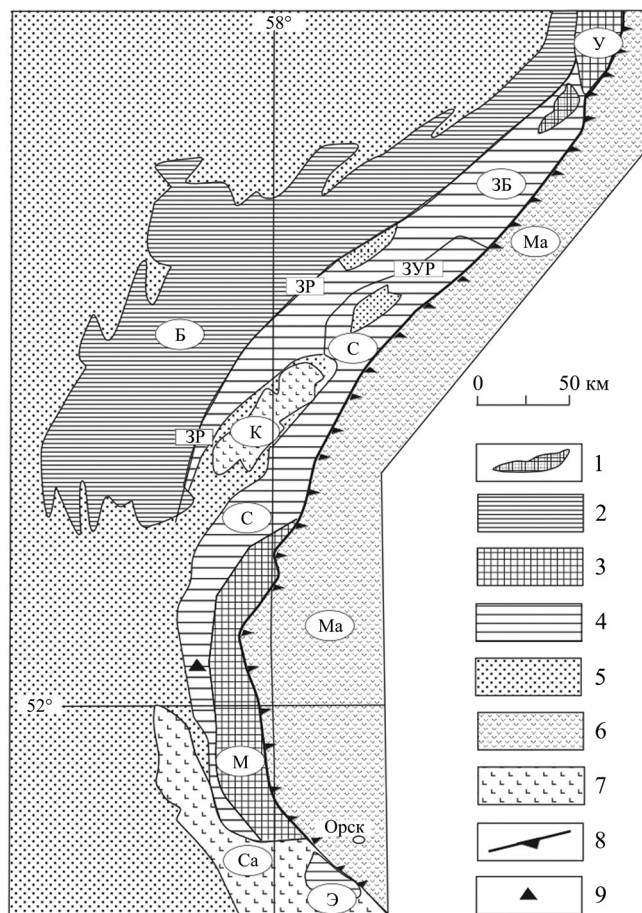


Рис. 1. Схема тектонического районирования западного сектора Южного Урала.

1 – архейско-палеопротерозойские полиметаморфические комплексы фундамента Восточно-Европейской платформы (Тараташский комплекс); 2 – рифейские, почти неметаморфизованные осадочные мелководные терригенно-карбонатные комплексы чехла Восточно-Европейской платформы (Башкирский мегаантиклинорий); 3 – высокобарические метаморфические комплексы; 4 – поднятие Уралтау, терригенные отложения континентального подножья, смятые и метаморфизованные в зеленосланцевой фации (суванянский комплекс); 5 – палеозойские (ордовикско-пермские) осадочные комплексы шельфа, континентального склона и наложенного Предуральского краевого прогиба; 6 – палеозойские (преимущественно девонские) вулканогенные, не метаморфизованные комплексы восточного (палеостроводужного) сектора Урала (Магнитогорский мегасинклинорий); 7 – палеозойские (преимущественно ордовикско-девонские) вулканогенные и осадочные, не метаморфизованные комплексы краевых аллохтонов; 8 – Главный Уральский глубинный разлом; 9 – пункт находки ордовикских конодонтов, описанный в статье. Буквенные обозначения в кружках (с юга на север): Э – Эбетинская антиформа, Са – Сакмарская зона, М – Максютовский комплекс, С – Суванянский комплекс, К – Кракинский аллохтон, Б – Башкирский мегаантиклинорий, ЗУР – Западно-Уралтауский разлом, ЗР – Зюраткульский разлом (граница между Башкирским мегаантиклинорием и поднятием Уралтау), Ма – Магнитогорский мегасинклинорий, ЗБ – Златоустовско-Белорецкая зона, У – Уфалейский метаморфический комплекс.

3. Терригенные отложения (алевросланцы, кварцитопесчаники с подчиненными прослоями конгломератов и др.) большой мощности, смятые и метаморфизованные в зеленосланцевой фации. Возраст этих толщ считается, как правило, позднедокембрийским, чаще всего позднерифейско-вендским [Козлов, 1982; Стратиграфические..., 1993; и др.]. Это наиболее распространенные образования всей Центрально-Уральской мегазоны, на юге Урале они представлены суванякским комплексом, слагающим хребет Урал-Тау, который протягивается на 400 км (при ширине около 20 км) от района г. Златоуст до широтного течения р. Урал. При детальном (масштаба 1 : 50 000) картировании суванякский комплекс был подразделен Д.Г. Ожигановым, Д.Д. Криницким, В.И. Козловым [Ожиганов, 1955; Козлов, 1982; Стратиграфические..., 1993; и др.] на ряд свит общей мощностью 4.5–5.0 км. В целом в разрезах преобладают апотерригенные сланцы слюдяно-плагиоклаз-кварцевые, мусковит-кварцевые, альбит-мусковит-кварцевые и другого состава, кварциты и слюдястые кварциты. Значительно реже встречаются тонкополосчатые графит-кварцевые сланцы, а также метаморфизованные гравелиты и конгломераты, тела метадиабазов. Кроме новообразованной метаморфической полосчатости, в породах обычно наблюдается реликтовая первичная осадочная слоистость, характеризующаяся тонким переслаиванием кварцевых песчаников и глинистых алевросланцев. Градиционная слоистость не характерна.

Условно считалось, что суванякский комплекс на западе с несогласием перекрывается ранне-среднепалеозойскими неметаморфизованными терригенными отложениями восточного борта Зилаирского мегасинклинория, однако в обнажениях этого не наблюдается. К-Аг определения абсолютного возраста метаморфических пород и минералов суванякского комплекса дают, как правило, 340–400 млн лет [Ожиганов, 1955; Козлов, 1982; Стратиграфические..., 1993; Пучков, 2010; и др.].

В одном из опорных разрезов отложений суванякского комплекса – по р. Баракал, на левом берегу, в 60 м от моста на северной окраине хутора Новоображенского, в небольшом карьере (обнажение № 1534; 52°10'15.84" с.ш., 57°36'12.37" в.д.) среди кварцитов с прослоями филлитизированных сланцев и грубозернистых метапесчаников (кварцевых граувакк) – отмечается пласт полимиктовых конгломератов. Их цемент сложен серицит-хлорит-кварцевыми сланцами, а в обломках слюдястые кварциты, различные метаморфические сланцы и мрамора. В последних нами найдены конодонты раннего ордовика, вероятно флоского яруса, – *Oistodus* aff. *contractus* Lind., *Oistodus* sp. indet. и др. (определение канд. геол.-мин. наук

В.А. Наседкиной), что и определяет здесь нижний возрастной предел суванякского комплекса. Интересно, что именно в данных конгломератах находили микрофитоциты IV “юдомского” комплекса [Козлов, 1982]. Это использовалось для обоснования позднедокембрийского возраста этих образований. Кроме конодонтов, в суванякском комплексе отмечались также очень редкие находки акритарх, хитинозой и сколекодонтов и др. [Криницкий, Криницкая, 1965; Олли, Чибрикова, 2004; Мавринская, Якупов, 2009], точного возраста хотя и не определяющие, но также исключая докембрий. Находки конодонтов и граптолитов силура и девона нам удалось сделать [Иванов и др., 1990] и среди метаморфизованных толщ Эбетинской антиклинали Мугоджар – южной оконечности Уралтаусского антиклинория. Таким образом, суванякский комплекс имеет палеозойский возраст, а гипотетическое присутствие в нем докембрийских отложений не доказано.

О природе суванякского комплекса (и его аналогов)

Правильная идея о сопоставлении всего западного склона Урала с пассивными окраинами континентов атлантического типа была реализована предшественниками все же не полностью. На Урале уже очень давно были выделены палеозойские терригенно-карбонатные фации шельфа (Бельско-Елецкая зона). Позднее были установлены и показаны на тектонической карте Урала (в виде аллохтонов Зилаиро-Лемвинской зоны) [Пейве и др., 1976] маломощные и медленно накапливавшиеся терригенно-кремнисто-сланцевые относительно глубоководные (батиальные) отложения континентального склона [Пучков, 1979].

Однако этим типовая латеральная последовательность осадочных формаций пассивных континентальных окраин (окраин атлантического типа), как известно [Лисицын, 2009; и др.], не исчерпывается. Глубже континентального склона располагается континентальное (материковое) подножие – внешняя часть континентальной окраины, расположенная между континентальным склоном и абиссальным ложем океана. Континентальное подножие постепенно погружается от континентального склона к океану с глубины 2.5–3.0 до 4.5–5.5 км, ширина его обычно составляет около 200–300 км. Оно представляет собой полого наклоненный в сторону океана аккумулятивный шлейф, образующийся в результате накопления обломочного материала при размыве континента, в том числе мутьевыми потоками и подводными оползнями. Мощность осадков на современных континентальных подножиях весьма значительна, как правило, не менее 2–3 км, а в ряде мест 4–10 км [Mayall et al., 2006; Лисицын 2009; и др.].

Таким образом, нами впервые были выделены [Иванов, 2020] на Урале палеозойские сланцево-терригенные фации континентального подножья (суванякский комплекс и его более северные аналоги), отличающиеся от смежных к западу отложенных континентального склона в первую очередь гораздо большими мощностями, так как кремнистое осадконакопление здесь сменяется на терригенное, поскольку в этой зоне происходит разгрузка обломочного материала, доставляемого преимущественно мутьевыми потоками с континента (Русской платформы).

Даже если взять минимальную оценку суммарной мощности всех свит суванякского комплекса (4350 м [Козлов, 1982]) и максимальную оценку продолжительности его осадконакопления (77 млн лет, т. е. со среднего ордовика до эйфельского века – все время существования континентального склона [Пучков, 1979; Иванов и др., 1990; Иванов, 1998]), то средняя скорость осадконакопления была здесь ≈ 55 мм/тыс. лет, т. е. высокая [Лисицын, 2009] и вполне характерная для современных континентальных подножий атлантического типа. Очень небольшая доля грубообломочных осадков в суванякском комплексе, вероятнее всего, свидетельствует о пологом рельефе размывавшейся восточной части Русской платформы. Современная ширина суванякского комплекса (20 км) с учетом фактически наблюдаемой здесь интенсивной складчатости [Сенченко, 1976; и др.] должна быть увеличена в 2.7–3.0 раза, т. е. до 55–60 км. Но современные аналоги, как правило, в 3–4 раза шире. Отсюда следует вывод, что *суванякский комплекс является лишь уцелевшим фрагментом исходной осадочной призмы осадков континентального подножья, ее крайней западной частью*. А восточная, очевидно большая часть, осадков этого типа была поглощена палеозоной субдукции, т. е. Главным Уральским глубинным разломом [Иванов, 1998], что и подтверждается фактическими данными (см. далее).

4. Метаморфические эклогит-глаукофан-сланцевые комплексы, занимающие наиболее восточную часть Центрально-Уральской мегазоны. Они штрихпунктирно прослеживаются вдоль Главного Уральского глубинного разлома на 2000 км и слагают его западное лежащее крыло. На Южном Урале эти образования представлены максютовским комплексом, где возраст основного этапа метаморфизма составляет 375–380 млн лет [Захаров, 1997; Шацкий и др., 1997; Иванов, 1998; и др.]. Здесь тектонически совмещены при интенсивных пластических деформациях метакварцевые толщи континентального подножья (галеевская и юмагузинская “свиты”) и изначально вулканогенно-черносланцевые толщи кайраклинской и карамолинской “свит”. В телах мраморов среди последних в четырех пунктах были

найжены конодонты плохой сохранности, возраст наиболее сохранившихся из которых соответствует верхам силура – низам девона [Захаров и др., 1995; и др.]. Эклогиты максютовского комплекса относятся к коровым эклогитам прогрессивного типа, они формировались при $T = 550\text{--}650^\circ\text{C}$ и $P \geq 1.1\text{--}1.4$ ГПа [Шацкий и др., 1997; Иванов, 1998; и др.]. Метаморфизм эклогитовой фации накладывался как на базиты, так и на углистые и метатерригенные сланцы, он не был наиболее ранним в максютовском комплексе, что доказывается прогрессивной зональностью гранатов и пироксенов и другими признаками. Согласно [Иванов, 1998], максютовский комплекс является фрагментом девонской зоны субдукции, поглощавшей ранне-среднепалеозойские формации Уральского палеоокеана и комплексы континентального подножья Восточно-Европейской платформы.

Таким образом, среди метаморфических толщ Центрально-Уральской мегазоны впервые выделены ранне-среднепалеозойские осадочные комплексы континентального подножья, вполне сравнимые по всем параметрам с современными аналогами, но претерпевшие интенсивную складчатость и метаморфизм зеленосланцевой фации (а в краевых восточных частях и выше – до эклогитовой). Эти выводы, полученные на Южном Урале, необходимо проверить в других частях региона.

ГЛАВНАЯ ПРИЧИНА СУБШИРОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ УРАЛА

Одной из главных, ранее не решенных, региональных проблем геологии Урала являлся вопрос о широтной (поперечной) зональности этого складчатого пояса, причинах ее возникновения и влиянии на металлогению. Эта проблема на Урале долго и интенсивно исследовалась, и нашими предшественниками [Яхимович, 1957; Горский, 1958; Бакиров, 1963; Олли, 1966; Червяковский и др., 1966; Нарвайт, 1969; Геология..., 2011; и др.] было показано следующее.

1. Широтные и субширотные геолого-тектонические структуры на Урале реально существуют (рис. 2).

2. Положение большинства субширотных структур на Урале нечеткое, и разные исследователи определяют их количество, размеры и границы по-разному. Это связано с разными и также нечеткими критериями выделения субширотных структур. Хотя в некоторых местах рисовки субширотных структур совпадают практически у всех [Яхимович, 1957; Горский, 1958; Бакиров, 1963; Олли, 1966; Червяковский и др., 1966; Нарвайт, 1969; Геология..., 2011; и др.], например зона сочленения Южного Урала и Мугоджар, а также сочленение Среднего и Южного Урала.

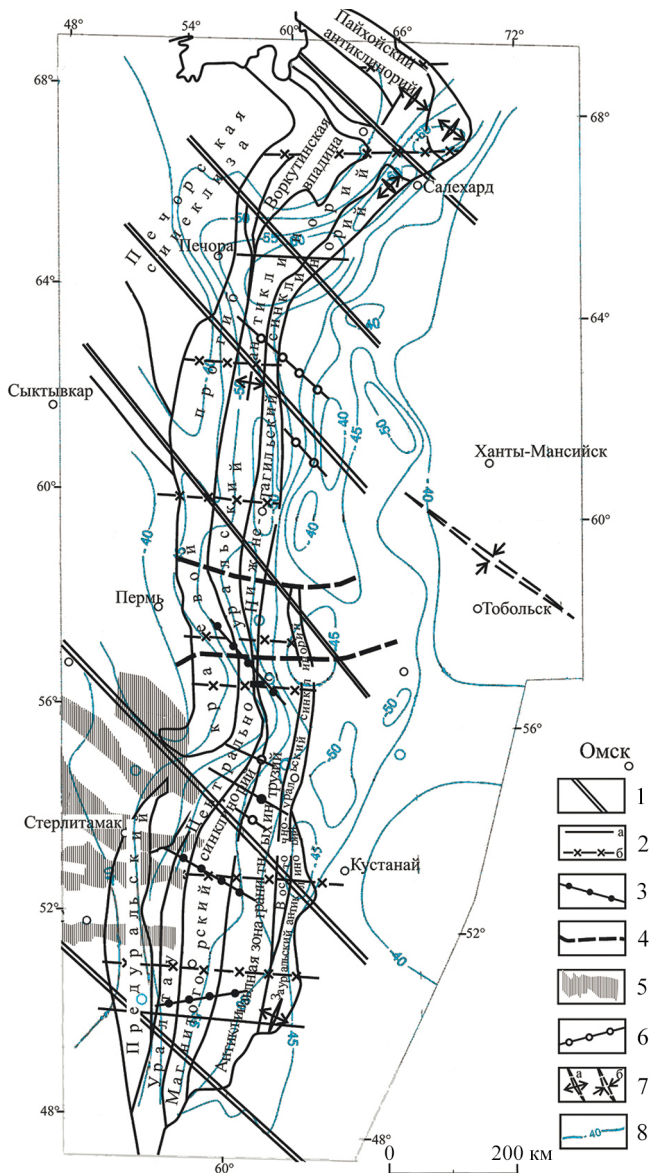


Рис. 2. Схема геологических структур, секущих Урал (по данным [Яхимович, 1957; Горский, 1958; Бакиров, 1963; Олли, 1966; Червяковский и др., 1966; Огарин, 1968; Нарвайт, 1969; Геология..., 2011, Иванов, Пучков, 2022; и др.]).

1 – зоны поднятий северо-западного простирания; 2 – границы широтных структур: а – провинций, б – регионов; 3 – субширотные тектонические нарушения Тагило-Магнитогорского синклинория; 4 – предполагаемые границы погребенного древнего поднятия; 5 – субширотные зоны тектонических поднятий; 6 – оси главных новейших структур; 7 – оси структур допалеозойского фундамента: а – положительных, б – отрицательных; 8 – изолинии (км) поверхности рельефа верхней мантии Урала и сопредельных территорий.

3. Причины появления субширотных структур были неясны. Преобладало мнение, что субширотные зоны Урала наследуют направления предположительных протерозойских структур в его фундаменте.

4. О возрасте субширотных структур Урала наиболее распространены две точки зрения: это очень древние докембрийские структуры; напротив, они весьма молодые – мезозойские или неорогенические. Были достаточно популярны и представления, что субширотные структуры заложены еще в докембрии и продолжают развиваться поныне.

5. Границами субширотных структур обычно считались “широтные разломы”, но на Урале они фактически почти не наблюдаются [Сенченко, 1976; и др.]. Напротив, обращает на себя внимание отсутствие на геологических картах крупных, широтно ориентированных разрывов, секущих складчатость вкост ее простирания. Из этого вероятен вывод о постепенном изменении структур в направлении север–юг.

В последнее время нами показано [Иванов, Пучков, 2022а], что наблюдаемая широтная зональность геологического строения Урала вызвана главным образом разным уровнем современного эрозионного среза разных его районов. В свою очередь, это обусловлено неодинаковой скоростью и амплитудой поднятия районов Урала в средне-позднетриасовое время. Проявление этого на территории Южного Урала и Мугоджар отражено на рис. 3.

Традиционные сопоставления толщ Западно-Мугоджарской вулканогенной зоны и западной части Магнитогорского мегасинклинория [Нарвайт, 1969; и др.] стали еще доказательнее после установления по конодонтам преимущественно среднедевонского возраста толщ обеих этих структур [Стратиграфические..., 1993; Иванов, 1998; Маслов, Артюшкова, 2010; Пучков, 2010; и др.], причем и те и другие формировались в сходной геодинамической обстановке – в тылу островной дуги [Иванов, 1998]. При всем несомненном сходстве главными различиями являются значительно меньшая мощность вулканогенного разреза Западных Мугоджар (около 5 км против ≈10 км на западе Магнитогорского мегасинклинория [Стратиграфические..., 1993; Иванов, 1998; Маслов, Артюшкова, 2010; Пучков, 2010; и др.]), а также преобладание на крайнем юге Урала фаций низов разреза, т. е. габброидов, комплекса параллельных долеритовых даек и инициальных натриевых базальтоидных толщ почти без осадочных пород. В Магнитогорском мегасинклинории обнажаются преимущественно более верхние части вулканогенных разрезов с гораздо большим количеством осадочных и вулканогенно-осадочных пачек, тогда как комплексы параллельных даек практически отсутствуют.

Восточнее, в Магнитогорском мегасинклинории, обильны и вулканогенные толщи каменноугольного возраста (березовская и другие свиты [Стратиграфические..., 1993; и др.]). В Мугоджарах подобные вулканы каменноугольного возраста слагают обособленную структуру – Ирриз-

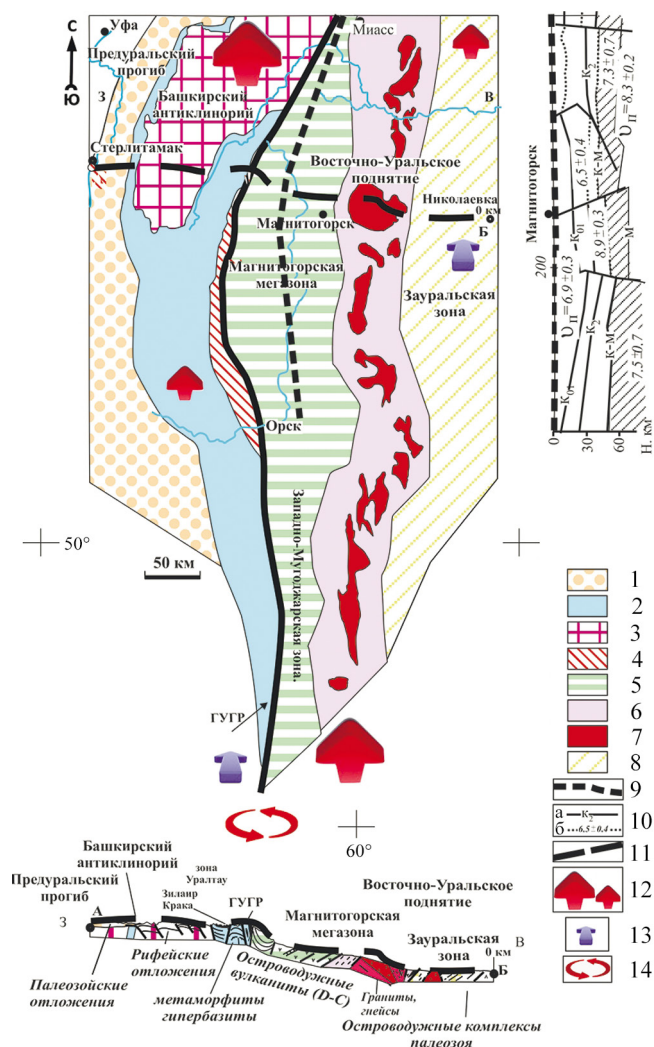


Рис. 3. Геодинамическая схема Южного Урала.

1 – Предуральский прогиб; 2 – Западно-Уральская мегазона; 3 – рифейские терригенно-карбонатные толщи Башкирского антиклинория; 4 – метаморфические толщи высокостаршего максютовского комплекса (девон); 5 – палеозойские островодужные комплексы Магнитогорского синклинория; 6, 7 – Восточно-Уральское поднятие; 6 – метаморфические толщи (зеленосланцевая и амфиболитовая фации), 7 – позднепалеозойские граниты “Главной гранитной оси Урала”; 8 – палеозойские толщи Зауральской мегазоны; 9, 10 – профиль ГСЗ Нижняя Тура–Орск: 9 – местоположение этого профиля на Южном Урале, 10а, б – главные сейсмические границы, их индексы и скорость продольных волн, по [Дружинин и др., 1986]; 11 – местоположение сейсмотрансекта УРСЕЙС-95; 12 – послепалеозойское поднятие земной коры (маленькая красная стрелка – на 4–5 км, большая – более 8 км); 13 – опускания земной коры; 14 – вращение по плоскости ГУТРа.

ский синклинорий шириной 25 км, параллельный Западно-Мугоджарской вулканогенной зоне, но отделенный от нее блоком метаморфических пород. Вулканы Иргизского синклинория очень сходны с каменноугольными вулканами Магнитогор-

ского мегасинклинория и представлены не только базальтами (но более калиевыми, чем в Западных Мугоджарах), но и андезитами, дацитами, риолитами. Все они здесь также образуют комплексы параллельных меридиональных даек, что указывает на условия субширотного растяжения. Таким образом, в Западно-Мугоджарской зоне и Иргизском синклинории выведены на поверхность Земли глубокие уровни Магнитогорского мегасинклинория, что могло произойти только в случае вертикального поднятия на примерно 5–8 км и последующей эрозии комплекса палеозойских пород Мугоджар.

В Восточно-Уральском поднятии подобная зональность также проявлена. Метаморфиты амфиболитовой фации на востоке Урала обычно считаются докембрийскими. Площадь выходов таких метаморфических комплексов в Восточных Мугоджарах превышает 10 тыс. км², что больше, чем во всех остальных районах Урала вместе взятых. Но в Восточных Мугоджарах нет наиболее молодых пород Восточно-Уральского поднятия – не деформированных раннепермских гранитных массивов (эталон – Джабыкский плутон [Иванов, 1998; и др.]). Вероятно, эти гранитные массивы в Восточных Мугоджарах эродированы, а на дневную поверхность выведены находившиеся под ними амфиболитогнейсовые толщи. Относительный вертикальный подъем Восточных Мугоджар по сравнению с Восточно-Уральским поднятием составляет 5–8 км.

Эти геологические наблюдения соответствуют геофизическим данным. Так, сейсмопрофилем УРСЕЙС-95, проведенным в северной части Южного Урала [Иванов, 1998; Пучков, 2010; и др.], под Джабыкским массивом, мощность которого не превышает 8 км при ширине 50 км, была выявлена слоистая сеймопачка, полого падающая на восток, мощностью ≈15 км (с верхней границей на глубинах 2–10 км), сложенная, по всей видимости, метаморфическими толщами, сходными с метаморфическими комплексами Восточных Мугоджар. Меридиональный профиль ГСЗ Нижняя Тура–Орск прошел на севере по Тагильскому, а на юге – по Магнитогорскому мегасинклинориям [Дружинин и др., 1986]. Южные 170 км профиля пришлось на зону перехода от Южного Урала к северным Мугоджарам. На рис. 2 в [Дружинин и др., 1986] зафиксировано, что в пределах этих 170 км в южном направлении происходит подъем поверхностей главных сейсмоструктурных этажей (на 8–12 км для разных сейсмограниц).

В западном секторе Южного Урала картина иная, чем в восточном. Здесь, начиная с самого юга, где велико влияние Прикаспийской впадины, к северу идет постепенный подъем с выводом на уровень современного эрозионного среза все более древних комплексов, сначала осадочных (на юге – палеозойских, а затем и рифейских толщ Башкир-

ского мегантиклинория), а на севере Южного Урала уже и метаморфических. Общая вертикальная амплитуда поднятия севера западного склона Южного Урала (по сравнению с его южной частью) составляет 12–15 км. Таким образом, вертикальные движения, обусловившие наблюдаемую субширотную зональность Урала, на юге региона происходили разнонаправленно в его западном и восточном секторах. Это должно было приводить к срывам с вращением по границе между этими секторами, т. е. по плоскости ГУГРа.

Мезокайнозойская история Урала распадается на три главных этапа [Тужикова, 1973; Иванов, 1998; Копп, 2005; Пучков, 2010; и др.].

1. *Триасово-раннеюрский*, начавшийся с постороженного растяжения и рифтогенеза и закончившийся локально проявленными древнекиммерийскими складчато-сдвиго-надвиговыми дислокациями [Rasulov et al., 1997; и др.].

2. *Среднеюрско-миоценовый платформенный этап*. В это время на Урале происходил ряд трансгрессий и регрессий, вызванных эвстатическими колебаниями уровня моря, и сформировался обширный пенеплен.

3. *Плиоцен-четвертичный этап внутриконтинентального орогенеза*. Орогенические движения начались в плиоцене, а в настоящее время Урал представляет собой активный внутриконтинентальный ороген, формирующийся в условиях общего СЗ-ЮВ сжатия.

Только во время первого и третьего этапов геодинамической активности могли произойти поднятия, обусловившие наблюдаемую субширотную зональность. Независимые данные указывают на первый из этих этапов. *Во-первых*, как показано ранее в статье, западный и восточный сектора Южного Урала претерпели разнонаправленные вертикальные движения и плоскостью вращения для них был ГУГР. Но ГУГР в районе села Шубино Оренбургской области перекрыт позднемеловыми морскими осадками, трансгрессивно залегающими на максютовском эклогит-глаукофансланцевом комплексе. Следовательно, породы максютовского комплекса были к этому времени уже выведены к поверхности Земли и в послемеловое время существенных движений по ГУГРу уже не было. *Во-вторых*, эти данные находятся в соответствии с анализами треков распада в апатитах и цирконах [Glasmacher et al., 2002; Пучков, 2010; и др.], указывающими, что породы, обнаженные сейчас на поверхности Южного Урала, остывали преимущественно в триасово-раннеюрское время.

ВЫВОДЫ

Отмечаемые субширотные структуры Урала, вероятно, были обусловлены сжатием в направлении север–юг. Формирование триасовых грабенов

Урала было вызвано субширотным растяжением. Сжатие С-Ю, и растяжение З-В реализуются в едином глобальном поле напряжений. Таким образом, можно предполагать, что этап триасового субширотного растяжения сопровождался и достаточно мощным импульсом сжатия в направлении север–юг. По данным [Яхимович, 1957], в раннем триасе субширотных “ступеней” еще не было. А в ранней юре преобладало уже сжатие в направлении запад–восток [Тужикова, 1973; Пучков, 2010]. Следовательно, образование поднятий земной коры, сформировавших субширотную зональность Урала, произошло, по всей видимости, преимущественно в средне-позднетриасовое время. К образованию любых домезозойских полезных ископаемых Урала его субширотная зональность имеет лишь косвенное отношение. Но знание глубины эрозионного среза в конкретных районах имеет значение для оценки металлогении. Для наиболее молодых полезных ископаемых – нефти, газа и россыпных месторождений – субширотная зональность Урала крайне важна.

Работа выполнена в рамках темы № 123011800014-3 государственного задания ИГГ УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакиров А.Г. Связь рудных образований Урала с его широтными структурами // Докл. АН СССР. 1963. Т. 149. № 5. С. 1145–1146.
- Берзин С.В., Червяковский В.С. Первый U-Pb возраст цирконов из блока офиолитов в структуре массивов Платиноносного пояса Урала // Литосфера. 2021. Т. 21. № 6. С. 846–866.
- Бурлаков Е.В., Иванов К.С., Берзин С.В., Травин А.В., Ханин Д.А. Возраст и условия формирования хрустальных месторождений Приполярного Урала // Литосфера. 2023. Т. 23. № 6. С. 982–1005.
- Вахрушева Н.В., Иванов К.С., Пучков В.Н., Ширяев П.Б. Субщелочные базальтоиды в ультрамафитах массива Рай-Из (Полярный Урал) и их петрогенетическое значение // Докл. РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 509. № 2. С. 208–214.
- Геология и полезные ископаемые России: в 6 т. Т. 1. Запад России и Урал. Кн. 2. Урал. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 584 с.
- Горский И.И. Уральско-Новоземельская складчатая область // Геологическое строение СССР. Т. 3. Тектоника. М.: Госгеолиздат, 1958. С. 79–89.
- Дружинин В.С., Кашибин С.Н., Вальчак В.И., Кашибина Т.В., Рыбалка А.В. Глубинное строение Урала по меридиональному профилю ГСЗ Нижняя Тура–Орск // Сов. геол. 1986. № 1. С. 74–85.
- Ерохин Ю.В., Хиллер В.В., Иванов К.С. Раннесилурийский возраст даек плагиогранита из Баженовского офиолитового комплекса, Средний Урал (по данным Th-U-Pb-датирования монацита) // Вестн. ВГУ. Сер.: Геол. 2018. № 3. С. 17–21.
- Ерохин Ю.В., Иванов К.С., Смирнов В.Н., Захаров А.В.,

- Чугаев А.Е. Габброиды Баженовского габбро-гипербазитового массива (Средний Урал): вещественный состав и возраст // Литосфера. 2023. Т. 23. № 3. С. 367–385.
- Забанбарк А. Особенности нефтегазовых бассейнов континентальной окраины Бразилии // Океанология. 2001. Т. 41. № 1. С. 147–154.
- Захаров О.А. Проблема возраста субстрата метаморфических комплексов зоны Уралтау // Рифей Северной Евразии. Геология. Общие проблемы стратиграфии. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 93–98.
- Захаров О.А., Пучков В.Н., Маслов В.А., Артюшкова О.В., Нурмухаметов Э.М. Первая находка палеозойской фауны в “рифейских” образованиях кайра-клинской свиты максютовского комплекса // Общие проблемы стратиграфии и геологической истории рифея Северной Евразии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1995. С. 32.
- Иванов К.С. О выделении на Урале палеозойских фаций континентального подножья // Изв. Коми НЦ УрО РАН. 2020. № 1(41). С. 43–48.
- Иванов К.С. Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд лет) и строения Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 252 с.
- Иванов К.С., Костров Н.П. О плотности теплового потока, структуре мантии и нефтегазоносности полуострова Ямал (Арктика) // Литосфера. 2020. Т. 20. № 6. С. 851–862.
- Иванов К.С., Пучков В.Н. О стратиграфии и тектонике Зилаирского синклинория Урала // Изв. УГГУ. 2020. № 4(60). С. 67–72.
- Иванов К.С., Пучков В.Н. Поперечная (субширотная) зональность Южного Урала: причины и время возникновения // Докл. РАН. Науки о Земле. 2022а. Т. 504. № 2. С. 134–139.
- Иванов К.С., Пучков В.Н. Структурно-формационные зоны Уральского складчатого пояса: обзор данных и развитие новых идей // Геотектоника. 2022б. № 6. С. 78–113. <http://doi.org/10.31857/S0016853X22060030>
- Иванов К.С., Костров Н.П., Коротеев В.А. О взаимосвязи геодинамики, теплового потока, глубинного строения нефтегазоносности Ямала // Докл. РАН. Науки о Земле. 2019а. Т. 486. № 2. С. 208–211.
- Иванов К.С., Костров Н.П., Степанов А.Е. Тектоника и глубинное строение Юганско-Колтогорской зоны фундамента Западно-Сибирской платформы // Литосфера. 2019б. Т. 19, № 1. С. 162–175.
- Иванов К.С., Пучков В.Н., Бабенко В.А. Находки конодонтов и граптолитов среди метаморфизованных толщ на Южном Урале // Докл. АН. 1990. Т. 310. № 3. С. 676–679.
- Иванов К.С., Берзин С.В., Ерохин Ю.В., Ронкин Ю.Л., Хиллер В.В. Время задугового спрединга Уральской палеоостровной дуги (по результатам Sm-Nd и U-Pb датирования долеритов и изучения состава включений в цирконе) // Докл. РАН. 2019в. Т. 484. № 3. С. 340–343.
- Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Пучков В.Н., Пономарев В.С., Костров Н.П. Складчатый фундамент полуострова Ямал и его структурные связи. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2021. 285 с.
- 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. Формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1986. 246 с.
- Козлов В.И. Верхний рифей и венд Южного Урала. М.: Наука, 1982. 128 с.
- Козлов П.С., Берзин С.В., Иванов К.С., Юдин Д.С. Амфиболовые перидотиты и горнблендиты интрузии Шрисгеймитовая Горка Ревдинского массива (Платиноносный Пояс Урала) // Литосфера. 2023. Т. 23. № 5. С. 721–739.
- Копп М.Л. Новейшая деформация Южного Урала и Мугоджар и ее вероятное происхождение // Геотектоника. 2005. № 5. С. 36–61.
- Криницкий Д.Д., Криницкая В.М. Об открытии на юге Башкирии силурийских отложений среди древних толщ западного склона хр. Уралтау // Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала. М.: Недра, 1965. Вып. 4. С. 37–39.
- Лисицын А.П. Закономерности осадкообразования в областях быстрого и сверхбыстрого осадконакопления (лавинной седиментации) в связи с образованием нефти и газа в мировом океане // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 4. С. 373–400.
- Мавринская Т.М., Якупов Р.Р. О возрасте суваньянского комплекса зоны Уралтау // Геол. сб. № 8. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2009. С. 15–16.
- Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратификация и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.
- Нарвайт Г.Э. О широтных структурах Западных Мугоджар // К проблеме связи Урала и Тянь-Шаня. Алма-Ата: Наука, 1969. С. 140–144.
- Ожиганов Д.Г. Геологическое строение метаморфического пояса хр. Урал-Тау Южного Урала // Уч. зап. Башкир. гос. пед. ин-та. 1955. Вып. 4. 53 с.
- Олли А.И. К вопросу о широтной тектонической поясности Урала // Сов. геология. 1966. № 7. С. 36–44.
- Олли В.А., Чибрикова Е.В. Органические остатки из метаморфического комплекса хребта Урал-Тау (новые находки на Южном Урале) // Геол. сб. № 4. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2004. С. 77–81.
- Пейве А.В., Иванов С.Н., Перфильев А.С., Нечехин В.М., Пучков В.Н. Тектоническая карта Урала масштаба 1 : 1000 000 (и объясн. зап. к ней). М.: ГУГК, 1976.
- Пучков В.Н. Батинальные комплексы пассивных окраин геосинклинальных областей. М.: Наука, 1979. 257 с.
- Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья. Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Пучков В.Н., Иванов К.С. Тектоника севера Урала и Западной Сибири: общая история развития // Геотектоника. 2020. № 1. С. 41–61.
- Пыстин А.М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала СПб.: Наука, 1994. 208 с.
- Сенченко Г.С. Складчатые структуры Южного Урала. М.: Наука, 1976. 160 с.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С. Структурные связи Урала и Западной Сибири: единый этап формирования на границе перми и триаса // Докл. АН. 2019. Т. 488. № 3. С. 294–297.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С., Баянова Т.Б. Первые результаты изотопного (U-Pb, Id-Tims) датирования единичных зерен циркона из долеритовых даек восточной зоны Урала // Литосфера. 2020. Т. 20. № 2. С. 224–230.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С., Коровко А.В. Результаты

- U-Pb SIMS датирования коллизионных гранодиорит-гранитных массивов Восточной зоны Среднего Урала // Регион. геол. и металлогения. 2021a. № 86. С. 23–30.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С., Травин А.В. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст деформаций пород в Баженовской шовной зоне (восточная окраина Среднего Урала) // Литосфера. 2019. Т. 19. № 2. С. 242–249.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С., Травин А.В., Захаров А.В., Ерохин Ю.В. ^{40}Ar - ^{39}Ar датирование пегматитов Мурзинско-Адуйского района (Средний Урал): результаты и их геологическая интерпретация // Литосфера. 2022. Т. 22. № 5. С. 612–623.
- Смирнов В.Н., Казаков И.И., Пономарев В.С., Ронкин Ю.Л., Стороженко Е.В. Быстринский габбровый массив: первые данные о составе, возрасте и формационной принадлежности // Литосфера. 2021б. Т. 21. № 1. С. 55–69.
- Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Межвед. стратигр. комитет России, 1993. 151 схема.
- Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Роскомнедра; ИГГ УрО РАН, 1993. 152 с.
- Тужикова В.И. История нижнемезозойского угленакпления на Урале. М.: Наука, 1973. 251 с.
- Червяковский Г.Ф., Таврин И.Ф., Ярош А.Я., Ананьев Е.М., Дорофеев Б.Ф., Радионов П.Ф. Широшные и субширошные структуры Урала // Сов. геология. 1966. № 11. С. 34–43.
- Шацкий В.С., Ягоуц Э., Козьменко О.А. Sm-Nd датирование высокобарического метаморфизма Максютинского комплекса (Южный Урал) // Докл. РАН. 1997. Т. 352. № 6. С. 285–288.
- Яхимович В.Л. О структуре Предуральской депрессии в связи с изучением мезо-кайнозойских отложений // Вопросы геоморфологии и геологии Башкирии. Уфа: БФАН СССР, 1957. Вып. 1. С. 55–64.
- Glasmacher U.A., Wagner G.A., Puchkov V.N. Thermotectonic evolution of the western fold-and-thrust belt, southern Urals, Russia, as revealed by apatite fission-track data // Tectonophysics. 2002. V. 354. P. 25–48.
- Ivanov K.S., Puchkov V.N., Fyodorov Yu.N., Erokhin Yu.V., Pogromskaya O.E. Tectonics of the Urals and adjacent part of the West-Siberian platform basement: main features of geology and development // J. Asian Earth Sci. 2013. V. 72. P. 12–24.
- Mayall M., Jones E., Casey M. Turbidite channel reservoirs – key elements in facies prediction and effective development // Marine Petrol. Geol. 2006. V. 23. P. 821–841.
- Petrov O.V., Pospelov I.I., Puchkov V.N., Ivanov K.S., Koroteev V.A., Bulgatov A.N.G., Gordienko I.V., Sokolov S.D. Tectonic domains of Northern Asia // Tectonics of Asia (Northern, Central and Eastern Asia). Cham, Springer, 2021. P. 63–112.
- Puchkov V.N., Ivanov K.S., Ernst R.E. The importance and difficulties of identifying mantle plumes in orogenic belts: an example based on the fragmented large igneous province (lip) record in the Ural fold belt // Precambrian Res. 2021. V. 361. P. 106186.
- Rasulov A.T., Bankwitz P., Bankwitz E. Triassic Formation of Grabens and Early Cimmeride Deformation at the Eastern Margin of the European Platform // Zeitschrift für Geol. Wissenschaften. 1997. V. 25. No. 1–2. P. 203–225.
- Smirnov V.N., Ivanov K.S., Ronkin Yu.L., Erokhin Yu.V. Results of ^{147}Sm - ^{143}Nd and U-Pb (Shrimp-2) dating of rocks and minerals of the chromite-bearing Kluchevskoy ophiolite massif (the Eastern segment of the Urals) and their geological interpretation // Minerals. 2022. V. 12. No. 11. P. 1369.

NEW DATA ON TECTONICS AND PALEOGEODYNAMICS OF THE URALS

K. S. Ivanov

The Central Ural megazone is composed of 4 different formation-geodynamic complexes: 1. Riphean, almost unmetamorphosed sedimentary shallow-water terrigenous-carbonate complexes of the Russian platform cover; 2. Archean-Paleoproterozoic polymetamorphic complexes, representing the marginal parts of the Russian platform basement; 3. Terrigenous deposits (siltstones, quartzite-sandstones with subordinate layers of conglomerates, etc.) of great thickness, crumpled and metamorphosed in the greenschist facies; 4. Metamorphic eclogite-glaucophane schist complexes occupy the easternmost part of the Central Ural megazone, traced west of the Main Ural deep fault. Among the metamorphic strata of the Central Ural megazone (complex 3), we have identified early-middle Paleozoic sedimentary complexes of the continental rise (the Suvanyak complex and its analogues), which are quite comparable by all parameters with modern analogues, but have undergone intense folding and metamorphism of the greenschist facies (and in the marginal eastern parts and higher – up to the eclogite facies). The Paleozoic age of the Suvanyak complex is proven by the author's discovery of early Ordovician conodonts *Oistodus* aff. *contractus* Lind., *Oistodus* sp. It has been established that the observed latitudinal zoning of the Urals is caused by different levels of modern erosional truncation of its different areas. Thus, in the West Mugodzhazhar volcanogenic zone and the Irgiz synclinorium, complexes that make up the deep levels of the Magnitogorsk megasynclinorium have been brought to the surface of the Earth, which could only have happened in the case of a vertical uplift of approximately 5–8 km and subsequent erosion of

the Paleozoic rocks of Mugodzhar. The vertical movements, that caused the observed sublatitudinal zoning of the Urals in the south of the region, occurred in different directions in its western and eastern sectors. This led to disruptions with rotation along the plane of the Main Ural deep fault. These differential uplifts of different regions of the Urals took place in the Middle-Late Triassic and were, possibly, caused by compression in the north-south direction. Sublatitudinal zoning has only an indirect relation to the formation of any pre-Mesozoic mineral deposits in the region. For the youngest deposits – oil, gas and placers – the sublatitudinal zoning of the Urals is extremely important.

Keywords: *tectonics, Urals, structural-formational zones, continental rise, latitudinal structures, Paleozoic*

Для цитирования: Иванов К.С. Новые данные по тектонике и палеогеодинамике Урала // Труды ИГГ УрО РАН. 2024. Вып. 168. С. 17–26. <https://doi.org/10.24930/0371-7291-2024-168-17-26>