

УДК 551.24+551.73(470.5)

ПОПЕРЕЧНАЯ (СУБШИРОТНАЯ) ЗОНАЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО УРАЛА: ПРИЧИНЫ И ВРЕМЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

© 2022 г. К. С. Иванов^{1,*}, член-корреспондент РАН В. Н. Пучков¹

Поступило 30.11.2021 г.

После доработки 09.03.2022 г.

Принято к публикации 10.03.2022 г.

Показано, что наблюдаемая широтная зональность Урала вызвана, главным образом, разным уровнем современного эрозионного среза разных его районов. Так, на крайнем юге Урала, в Западно-Мугоджарской вулканогенной зоне 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 сейчас 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 преимущественно в средне-позднетриасовое время (что доказывается геологическими данными и анализами треков распада в апатитах и цирконах) и, вероятно, были обусловлены сжатием в направлении север–юг. К образованию любых домезозойских полезных ископаемых региона субширотная зональность имеет лишь косвенное отношение. Но знание глубины эрозионного среза в конкретных районах имеет большое значение для оценки металлогении. Для наиболее молодых полезных ископаемых – нефти, газа, россыпей благородных металлов и гипергенных месторождений субширотная зональность Урала крайне важна.

Ключевые слова: тектоника, Урал, широтные структуры, палеозой, триас, юра, поднятия земной коры

DOI: 10.31857/S268673972206007X

Урал является одним из признанных мировых эталонов складчатых поясов с полным геодинамическим циклом развития, он сформировался в основном в результате позднепалеозойской складчатости. Урал состоит из ряда меридиональных структурно-формационных мегазон и разделяется на два сектора – западный (палеоконтинентальный) и восточный (палеостроводужный), граничащих по ГУГРу (Главному Уральскому глубинному разлому). Одной из главных нерешенных проблем тектоники Урала являлся вопрос о широтной (поперечной) зональности этого складчатого пояса, причинах ее возникновения и влиянии на металлогению. Основные субширотные структуры, выделенные предшественниками [1–9], показаны на рис. 1. Было установлено, что:

1. Разнообразные геолого-тектонические структуры с широтными и субширотными ориен-

тировками длинных осей на Урале реально существуют.

2. Положение многих 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 этих структур. Хотя в некоторых местах рисовки субширотных структур совпадают почти у всех. Это, например, зона сочленения Южного Урала и Мугоджар (которые являются южным продолжением Урала – см. рис. 1, 2), а также сочленение Среднего и Южного Урала (оно совпадает с северной рамкой рис. 2).

3. Причины появления субширотных структур были неясны. Преобладало мнение, что субширотные зоны Урала наследуют направления предположительных протерозойских структур в его фундаменте (что справедливо лишь отчасти, но и то только для западного склона Урала).

4. О возрасте субширотных структур Урала наиболее распространены две точки зрения – что это очень древние, докембрийские структуры, и, напротив, что они весьма молодые – мезо-кайнозойские. Есть и не доказанные представления, что субширотные структуры Урала заложились

¹Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

*E-mail: ivanovks55@ya.ru

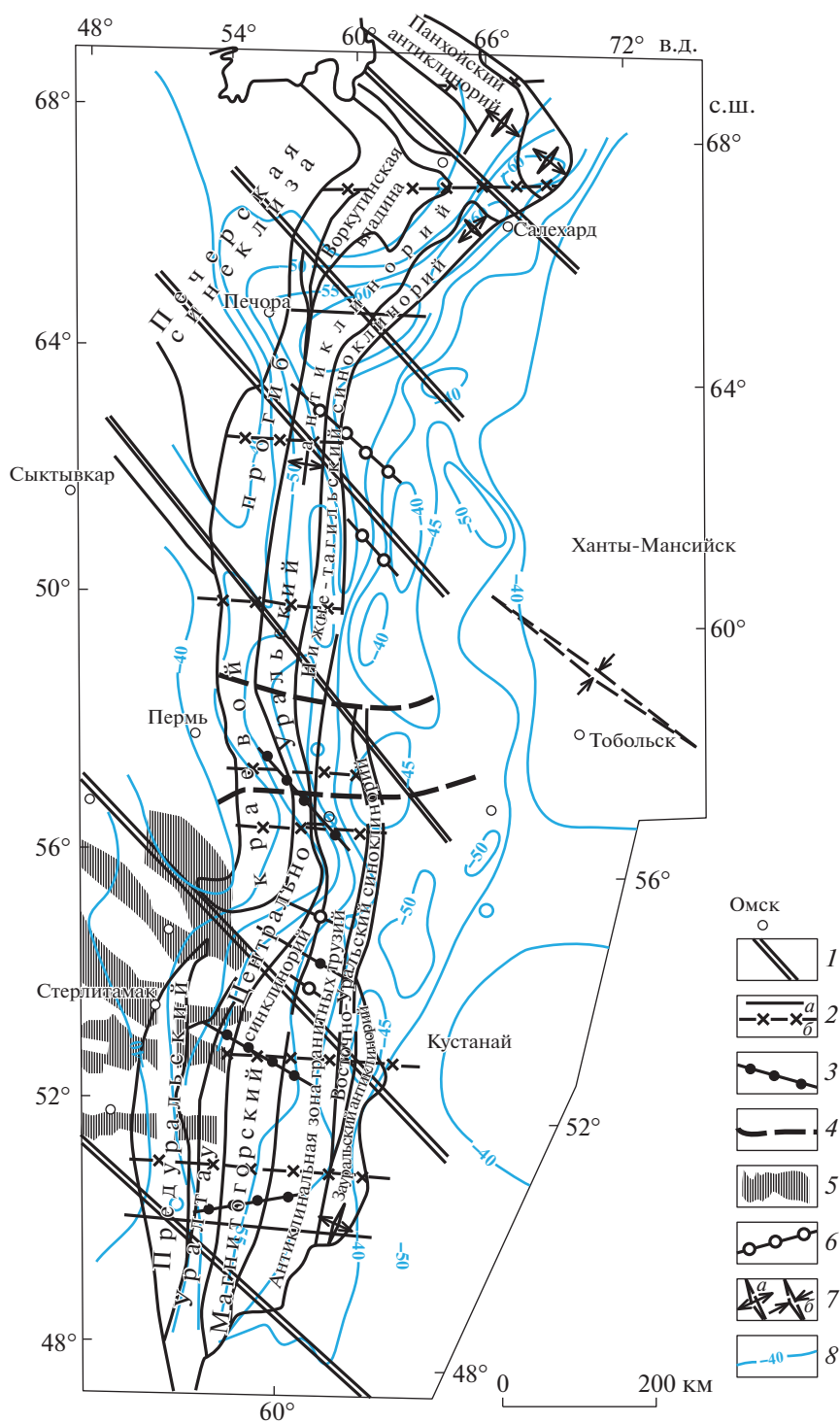


Рис. 1. Схема геологических структур, секущих Урал (по данным [1–9]). 1 – зоны поднятий северо-западного простирания; 2 – границы широтных структур: *a* – провинций, *b* – регионов; 3 – субширотные тектонические нарушения в Тагильском и Магнитогорском синклинариях; 4 – предполагаемые границы погребенного древнего поднятия; 5 – субширотные зоны тектонических поднятий; 6 – оси главных новейших структур; 7 – оси структур допалеозойского фундамента: *a* – положительных, *b* – отрицательных; 8 – изолинии (км) поверхности рельефа верхней мантии Урала и сопредельных территорий (по [9]).

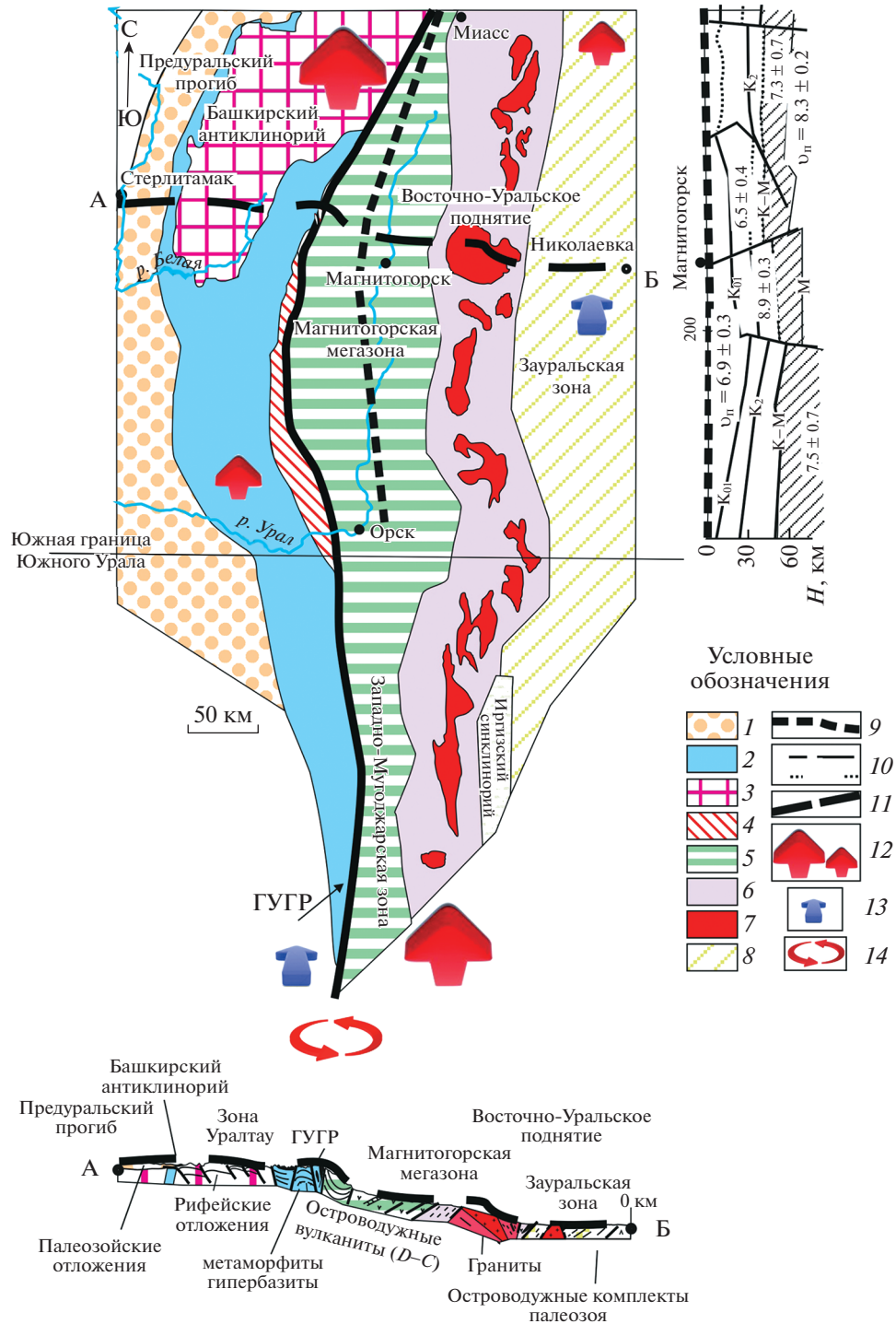


Рис. 2. Геодинамическая схема Южного Урала и Мугоджар. Условные обозначения: 1 – Предуральский прогиб; 2 – Западно-Уральская мегазона; 3 – Рифейские терригенно-карбонатные толщи Башкирского антиклинория; 4 – Метаморфические толщи высокобарического максютовского комплекса (девон); 5 – Палеозойские островодужные комплексы Магнитогорского синклиниория; 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, 10 а, б – главные сейсмические границы, их индексы и скорость продольных волн, по [15]; 11 – местоположение сейсмотрансекта УРСЕЙС-95; 12 – послепалеозойские поднятия земной коры (маленькая красная стрелка – на 4–5 км, большая – более 8 км); 13 – опускания земной коры; 14 – вращение по плоскости ГУГРа.

еще в докембрии и продолжали развиваться поныне.

5. Границами субширотных структур обычно считаются “широтные разломы”, но фактически на Урале такие разломы почти не наблюдаются. Обращает на себя внимание отсутствие на геологических картах крупных, широтно ориентированных разрывов, секущих складчатость вкрест ее простираения. Из этого следует вывод о постепенном, пологом изменении структур в направлении север—юг.

Нами установлено, что наблюдаемая широтная зональность геологического строения Урала вызвана, главным образом, разным уровнем современного эрозионного среза разных его районов. Что в свою очередь обусловлено неодинаковой скоростью и амплитудой поднятия районов Урала, происходившего преимущественно в средне-позднетриасовое время.

Вот как это проявляется на территории Южного Урала и Мугоджар.

Сопоставления [8] толщ Западно-Мугоджарской вулканогенной зоны и западной части Магнитогорского мегасинклинория (см. рис. 2) стали еще доказательнее после установления по кондонтам преимущественно среднедевонского возраста толщ обеих этих структур [10–12], причем и те, и другие формировались в сходной геодинамической обстановке — в тылу островной дуги [10]. При всем несомненном сходстве главными различиями являются значительно меньшая мощность вулканогенного разреза Западных Мугоджар (около 5 км, против ≈ 10 км на западе Магнитогорского мегасинклинория [8–12]), а также преобладание на крайнем юге Урала фаций низов разреза, т.е. габбро, комплексов параллельных долеритовых даек и толщ инициальных натриевых базальтов, почти не содержащих осадочных пород. А 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.

На востоке Магнитогорского мегасинклинория (и в смежных более восточных зонах Урала) весьма обильны вулканогенные толщи каменноугольного возраста (березовская и др. свиты) ([11] и др.). На юге, в Мугоджарах подобные вулканы каменноугольного возраста слагают обособленную структуру — Иргизский синклинорий (см. рис. 2), параллельный Западно-Мугоджарской вулканогенной зоне, но располагающийся восточнее и отделенный блоком метаморфических пород. Вулканы Иргизского синклинория сходны с каменноугольными вулканидами Магнитогорского 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 четко указывает на условия растяжения в направлении З—В.

Таким образом, в Западно-Мугоджарской зоне 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 (см. рис. 2) также проявлена зональность, сходная с вышеописанной. 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) ([10] и др.). Вероятно, эти гранитные массивы в Восточных Мугоджарах были эродированы, а на дневную поверхность выведены находившиеся под ними амфиболит-гнейсовые толщи. Относительный вертикальный подъем Восточных Мугоджар по сравнению с Восточно-Уральским поднятием составляет 5–8 км.

Эти геологические наблюдения соответствуют и геофизическим данным. Так, сейсмопрофилем УРСЕЙС-95 (рис. 2), проведенным в северной части Ю. Урала ([13, 14] и др.), под Джабыкским гранитным массивом 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 [15]. Южные 170 км профиля пришлись на зону перехода от Южного Урала к северным Мугоджарам. На рис. 2 в работе [15] 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 на 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 Башкирского антиклинория – см. рис. 2), а на севере Ю. Урала уже и метаморфических. Общая вертикальная амплитуда поднятия севера западного склона Ю. Урала (по сравнению с его южной частью) составляет 12–15 км (это суммарная мощность палеозойского осадочного разреза региона, который был смыт при выходе на современный эрозионный срез докембрийских толщ Башкирского антиклинория). 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 небольшим вращением по границе между этими секторами, т.е. по плоскости ГУГРа.

Мезо-кайнозойская история Урала распадается на 3 главных этапа [10, 13, 16–19]:

1. *Триасово-раннеюрский*, начавшийся с посторогенного растяжения и рифтогенеза и закончившийся локально проявленными древне-киммерийскими складчато-сдвиго-надвиговыми дислокациями.

2. *Среднеюрско-миоценовый платформенный этап*. В это время происходил ряд трансгрессий и регрессий, вызванных эвстатическими колебаниями уровня моря, и на Урале 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 [13, 19].

Только во время первого и третьего этапов геодинамической активности могли произойти поднятия, обусловившие субширотную зональность. Независимые данные указывают на первый из этих этапов.

Во-первых, как показано выше, западный и восточный сектора Ю. Урала претерпели разнонаправленные вертикальные движения, и плоскостью вращения для них был ГУГР. Но ГУГР в районе села Шубино, Оренбургской области (51°40'3" с.ш., 57°57'33" в.д.) перекрыт позднемеловыми морскими осадками, трансгрессивно залегающими на максютовском эклогит-глаукофансланцевом комплексе (рис. 2). Следовательно, породы максютовского комплекса были к этому времени 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 [13, 20], указывающими, что породы, обнаженные сейчас на поверхности Южного Урала, остывали в триасово-раннеюрское время (но данные по Башкирскому антиклинорию [20]

показывают, что в плиоцен-четвертичное время вертикальные движения здесь все же продолжались).

Отмечаемые субширотные структуры Урала, по всей видимости, были обусловлены сжатием в направлении север–юг. Формирование триасовых грабенов Урала (Челябинский, Волчанский и др.) было вызвано субширотным растяжением. Сжатие в направлении С–Ю и растяжение З–В реализуются в едином глобальном поле напряжений. Таким образом, этап триасового субширотного растяжения Урала сопровождался и достаточно мощным импульсом сжатия в направлении север–юг. По данным [1] в раннем триасе субширотных “ступеней” еще не было. А в ранней юре преобладало уже сжатие в направлении З–В [13, 16, 17]. Следовательно, образование поднятий земной коры, сформировавших субширотную зональность Урала, произошло преимущественно в средне-позднетриасовое время. И к образованию любых домезозойских полезных ископаемых Урала его субширотная зональность имеет лишь косвенное отношение, поскольку знание глубины эрозионного среза в конкретных районах имеет значение для металлогенических оценок. Для наиболее молодых полезных ископаемых – нефти, газа и россыпных месторождений, субширотная зональность Урала крайне важна.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников лаборатории региональной геологии и геотектоники ИГГ УрО РАН за совместные полевые работы на Урале в течение более 25 лет и анонимных рецензентов за замечания, направленные на улучшение статьи.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования проводятся в рамках гос. бюджетной темы ИГГ УрО РАН № АААА-А18-118052590032-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Яхимович В.Л.* О структуре Предуральской депрессии в связи с изучением мезо-кайнозойских отложений // Вопросы геоморфологии и геологии Башкирии. Уфа: БФАН СССР, 1957. (1), С. 55–64.
2. *Горский И.И.* (1958). Уральско-Новоземельская складчатая область / В кн.: Геологическое строение СССР, Тектоника, 3, М.: Госгеолгиздат, С. 79–89.
3. *Вахрушев Г.В.* О широтных и субширотных зонах дислокаций Южного Урала и Предуралья / В кн.: Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1959. Вып. 2. С. 37–54.
4. *Бакиров А.Г.* Связь рудных образований Урала с его широтными структурами. // ДАН СССР. 1963. Т. 149. № 5. С. 1145–1146.

5. *Олли А.И.* К вопросу о широтной тектонической поясности Урала // Советская геология. 1966. № 7. С. 36–44.
6. *Червяковский Г.Ф., Таврин И.Ф., Ярош А.Я., Ананьев Е.М., Дорофеев Б.Ф., Радионов П.Ф.* Широтные и субширотные структуры Урала // Советская геология. 1966. № 11. С. 34–43.
7. *Огарин И.С.* Секущие Урал структуры и их роль в развитии Уральской геосинклинали / В кн.: Глубинное строение Урала. (под ред. Овчинникова Л.Н.). М.: Наука, 1968. С. 117–121.
8. *Нарвайт Г.Э.* О широтных структурах Западных Мугоджар / В кн.: К проблеме связи Урала и Тянь-Шаня. Алма-Ата: Наука. 1969. С. 140–144.
9. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 1. Кн. 2. Урал. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 584 с.
10. *Иванов К.С.* Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд. лет) и строения Урала. Екатеринбург: изд. УрО РАН, 1998. 252 с.
11. Стратиграфические схемы Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО, 1993. 151 схема.
12. *Маслов В.А., Артюшкова О.В.* Стратификация и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ИГ УНЦ, 2010. 288 с.
13. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья. Уфа: ИГ УНЦ, 2010. 280 с.
14. *Рыльков С.А., Рыбалка А.В., Иванов К.С.* Геологическое строение и металлогения Урала: сопоставление глубинной структуры Южного, Среднего и Полярного Урала // Литосфера. 2013. № 1. С. 3–16.
15. *Дружинин В.С., Кашубин С.Н., Вальчак В.И., Кашубина Т.В., Рыбалка А.В.* Глубинное строение Урала по профилю ГСЗ Нижняя Тура – Орск // Советская геология. 1986. № 1. С. 74–85.
16. *Тужикова В.И.* История нижнемезозойского угленакпления на Урале. М.: Наука, 1973. 251 с.
17. *Rasulov A., Bankwitz P., Bankwitz E.* Triassische Grabenbildung und altkimmerische Deformation am Ostrand der Osteuropaischen Tafel // GFZ. Berlin. Band 25, Heft 1/2 1997. P. 203–228.
18. *Рождественский А.П., Зиняхина И.К.* Развитие рельефа Южного Урала в мезозое и кайнозое. Уфа: УНЦ РАН, 1998. 254 с.
19. *Konn M.L.* Новейшая деформация Южного Урала и Мугоджар и ее вероятное происхождение // Геотектоника. 2005. № 5. С. 36–61.
20. *Glasmacher U.A., Wagner G.A., Puchkov V.N.* Thermotectonic Evolution of the Western Fold-and-thrust Belt, Southern Urals, as Revealed by Apatite Fission-track Data // Tectonophysics. 2002. 354. P. 25–48.

TRANSVERSE (SUBLATITUDINAL) ZONALITY OF THE URALS: CAUSES AND TIME OF OCCURRENCE

K. S. Ivanov^{a,#} and Corresponding Member of the RAS V. N. Puchkov^a

^a*Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russian Federation*

[#]*E-mail: ivanovks55@ya.ru*

It is shown that the observed latitudinal zonality of the Urals is caused mainly by the different levels of the modern erosion section of its different regions. So, in the extreme south of the Urals, in the West Mugodzhar volcanic zone, complexes composing deep levels of the Magnitogorsk megasynclorium were brought up to the surface of the Earth, which could only occur in the case of vertical uplift by about 5–8 km and subsequent erosion of Paleozoic rocks of Mugodzhar. Vertical movements that caused the currently observed sublatitudinal zonality 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 occurred mainly in the Middle-Late Triassic (which is proved by geological data and analyses of decay tracks in apatites and zircons) and were probably caused by compression in the north-south direction. The sublatitudinal zonality is only indirectly related to the formation of any pre-Mesozoic mineral deposits in the region. But knowing the depth of the erosion section in specific areas is important for assessing metallogeny. For the youngest deposits – oil, gas, placers of precious metals and hypergenic deposits, the sublatitudinal zonality of the Urals is extremely important.

Keywords: tectonics, Urals, latitudinal structures, Paleozoic, Triassic, Jurassic, uplifts of the Earth's crust