

© В.Д. СТАРКОВ, А.С. АЛЕКСАНДРОВ

Тюменский государственный университет  
Starkov-victor@rambler.ru, Aleksandrov798@rambler.ru

УДК 551.24.031 (574.11)

**ТАКОНСКАЯ ЭПОХА ТЕКТОГЕНЕЗА  
КАК НАЧАЛО ОСТРОВОДУЖНЫХ СОБЫТИЙ  
В РАЗВИТИИ УРАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ**

**THE TACONIAN AGE OF TECTOGENESIS  
AS THE START OF ISLAND-ARC EVENTS  
IN THE DEVELOPMENT OF THE URAL FOLD REGION**

*В таконскую тектоническую эпоху началась островодужная стадия формирования Уральской складчатой области. Это положило начало становлению структурно-формационных зон, которые получили дальнейшее развитие в силурий-триасовое время.*

*Зарождение островодужных событий связывается с возникновением внутри океанской плиты сверхглубинной зоны разлома (зоны субдукции), предназначенной для погашения напряжений сжатия, накопившихся на периферии океанической структуры. Поверхность зоны разлома падала на восток, в сторону открытой части океана. Над зоной субдукции стали формироваться подводные вулканические поднятия, постепенно переросшие в архипелаги надводных островов. Висячем боку зоны субдукции происходил водный ультраметаморфизм, развивающийся по офиолитам меланократового основания.*

*Начало островодужной стадии на всем протяжении западной периферии Уральского палеоокеана фиксируется одним отрезком времени в конце ордовика — начале силура. Завершение же островодужного процесса в разных палеоокеанических зонах Урала растянуто во времени от позднего силура до раннего карбона.*

*Становление типичных островодужных ассоциаций началось не сразу. Фактические данные показывают, что интрузивные и вулканические комплексы внутренних зон Урала сформировались на метаморфизованных и частично гранитизированных офиолитах досилурийского возраста.*

*The Taconian age of the tectogenesis saw the emergence of island-arc events in the development of the Ural fold region. This event marked the beginning of the formation of structural and formational zones which were further developed in the Silurian-Triassic period.*

*The emergence of island-arc events is associated with the emergence of the ultradeep fault zone (the subduction zone) within the oceanic plate whose purpose was to relieve the compressive stress accumulated at the periphery of the oceanic structure. The surface fault zone fell to the east, toward the open ocean. Above the subduction zone, the emerging underwater volcanic uplift gradually grew into the archipelagos of surface islands. Water ultrametamorphism developed on the ophiolites of the melanocratic base in the hanging wall of the subduction zone.*

*The beginning of the island-arc stage throughout the western periphery of the Ural paleocean coincides with one fixed period of time at the end of the Ordovician, that of the early Silurian Period. The end of the stage in different areas of the Ural paleoceanic zones stretches in time from later Silurian to Early Carboniferous Period.*

*Yet, the emergence of typical island-arc associations did not start immediately. Ample evidence shows that the intrusive and volcanic complexes of the internal zones of the Urals were formed on the metamorphosed and partially granitized ophiolites of the Pre-Silur Age.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Островные дуги, субдукция, литосферная плита, офиолиты.*

*KEYWORDS. Island arc, subduction, lithosphere plate, ophiolites.*

Как известно, таконская тектоническая эпоха выделена Г. Штилле [1], а границы ее определены А.А. Прониным [2] от начала ашгильского века ордовика до лландоверийского века силура. Таким образом, примерные возрастные рамки эпохи в абсолютном летоисчислении фиксируются в интервале 460-430 млн лет.

По мнению А.А. Пронина, «движения таконской тектонической эпохи положили начало формированию тех структурно-формационных зон Урала, которые получили дальнейшее развитие в силуре, девоне, карбоне, перми и триасе».

Рассматривая становление уралид с современных геодинамических позиций, мы приходим к выводу о правомерности выделения А.А. Прониным на Урале таконского тектогенеза. В таконскую тектоническую эпоху началась островодужная стадия формирования Уральской складчатой области.

Зарождение островодужных событий связывается с возникновением сверхглубинной зоны разлома, совпадающей с сейсмофокальной поверхностью (зона субдукции). Эта зона возникает либо на границе континентальной и океанской литосферных плит, либо внутри океанской плиты и предназначена для погашения напряжений сжатия, накопившихся на периферии рифтогенной океанической структуры. При зарождении островных дуг в западной периферии Урало-Охотского палеоокеана зона субдукции падала на восток в сторону открытой части океанической структуры.

По представлениям О.Г. Сорохтина [3], в зоне субдукции погружающиеся офиолиты океанской плиты теряют связанную воду, часть кремнезема и другие литофильные элементы. Этот фактор, а также повышение температуры в зоне субдукции за счет трения взаимодействующих плит являются причинами метаморфизма пород над зоной ВЗБ. Постепенно развивающийся процесс метаморфизма и гранитизации офиолитов приводит в конце концов к селективному плавлению вещества и формированию мигматитов, а позднее и анатектических синметаморфических плутонов. Если зона субдукции возникает на границе континентальной и океанской плит, то анатектиты носят более сиалический характер. При варианте зарождения зоны, субдукции внутри океанской плиты образуются активные зоны, подобные тем, что фиксируются в настоящее время вдоль архипелагов Тонга и Кермадек в Тихом океане. Кислые анатектиты в этом случае относятся к плагиогранитному ряду. Для Урала характерен второй вариант зарождения зоны субдукции, так как формированию раннеостроводужных вулканических комплексов и сопутствующих им гипабиссальных интрузий повсеместно предшествует широкое проявление водного плутонизма на восточном склоне Урала, продуктами которого явились анатектиты плагиогранитного ряда.

Так, в конце ордовика в западной периферийной части кембрийско-ордовикской рифтогенной структуры Уральского палеоокеана накопились достаточные напряжения тангенциального сжатия, что вызвало срыв в океанической плите и возникновение зоны субдукции, падающей на восток в сторону открытой части океана. Началось погружение отколотой части океанической литосферной плиты под главную плиту Уральского палеоокеана. Над зоной субдукции стали формироваться подводные вулканические поднятия, переросшие постепенно в архипелаги подводных, а затем и надводных островов (островные дуги типа Тонга). Это была раннеостроводужная стадия развития уралид, которая продолжалась в течение всего силура. Соответствующие ей габбро-плагиогранитные комплексы с комагматичными им эффузивами этого возраста изучены во всех палеоокеанических зонах Урала (Щучьинской, Собско-Войкарской, Тагильской и Магнитогорской).

Однако становление типичных раннеостроводужных ассоциаций началось не сразу. Фактические данные показывают, что интрузивные и вулканические комплексы внутренних зон Урала сформировались на метаморфизованном и частично гранитизированном меланократовом основании, представленном офиолитами досилурийского возраста. Здесь имеется в виду водный ультраметаморфизм, происходящий над зоной субдукции и фиксирующийся плагиомигматитами, развивающимися по офиолитам меланократового основания.

В Щучьинской зоне к водным мигматитам и анатектитам плагиогранитного ряда относится синметаморфический харампэйско-масловский комплекс, ассоциирующий с метаморфитами амфиболитовой фации.

Аналогичные и близкие по типу ассоциации изучены к востоку от полосы габбро и гипербазитов зоны Главного Уральского глубинного разлома в Собско-Войкарской зоне (собский комплекс). Состав вещества плагиогранитоидов свидетельствует об образовании их по офиолитовому субстрату.

В крайней западной части Тагильской зоны, непосредственно примыкая к Центрально-Уральской мегазоне, размещается полоса метаморфических сланцев, амфиболитов и плагиогранитных мигматитов средней шириной около 8 км, пространственно ассоциирующих с габбро-перидотитовыми массивами Платиноносной формации. Кристаллизационная сланцеватость метаморфического комплекса падает на восток под углом  $40^{\circ}$ . Эта толща трактуется Ю.С. Каретиным [4] как офиолиты, метаморфизованные на рубеже ордовика и силура, когда проявились крупные движения таконской фазы тектогенеза. Восточнее указанных плутоно-метаморфических комплексов располагаются поля силурийских островодужных эффузивов, метаморфизованных в условиях фации зеленых сланцев.

В узкой полосе западной прибортовой части Магнитогорской зоны наблюдаются выходы метаморфических сланцев эпидот-амфиболитовой ступени и плагиомигматитов. Эта толща тесно ассоциирует с метаморфизованными ультрабазитами и габбро и отнесена О.А. Нестояновой [5] к ордовику. Выше залегают слабометаморфизованные осадочно-вулканогенные комплексы лландовери — нижнего лудлова. Таким образом, магматизм Магнитогорской зоны также начинается плагиомигматитами, ассоциирующими с амфиболитами и метаморфизованными ультрабазитами и базитами офиолитовой ассоциации.

Г.Б. Ферштатером и другими [6] изучены метаморфиты амфиболитовой ступени и палингенные гранитоиды, примыкающие с восточной стороны к Хабарнинскому и Кемпирсайскому массивам ультрабазитов Мугоджар. Судя по описанию, эта толща пород аналогична собскому и харампэйско-масловскому комплексам Полярного Урала, возникшим путем метаморфических преобразований меланократового основания уралид.

Магматиты собского, харампэйско-масловского комплексов и аналогичные образования Тагильской зоны повсюду имеют возраст 430-450 млн лет, что согласуется с геологическими данными.

Таким образом, как уже отмечалось нами ранее [7], [8], в разных зонах Тагило-Магнитогорской мегазоны Урала зафиксированы процессы рубежа ордовика и силура — плутонизм в условиях сжатия и сопряженный с ним метаморфизм преимущественно амфиболитовой ступени, проявившиеся в офиолитовом субстрате. Этот рубеж служит важнейшим геохронологическим репером, свидетельствующим о завершении к этому времени океанической стадии развития коры будущей Уральской складчатой области. В этот период прогрессивная океанизация земной коры, соответствующая в конце ордовика наибольшему раскрытию Уральского палеоокеана, была прервана мощными напряжениями горизонтального сжатия. Именно в конце ордовика началось формирование Главного Уральского глубинного разлома, представляющего в то время зону субдукции с активным магматизмом. Амагматичность этой структуры в последующие периоды, вероятно, объясняется тем обстоятельством, что начиная с силура она развивалась как аллохтон.

Таконская эпоха тектогенеза отчетливо проявлена и на западном склоне Урала. М.А. Камалетдинов и Т.Т. Казанцева [9] справедливо замечают, что о коренной структурной перестройке в конце ордовика — начале силура и смене напряжений растяжения режимом сжатия свидетельствует состав верхнеордовикских толщ (песчаники) и резко несогласное их залегание на рифейских образованиях. С этими напряжениями сжатия связано выдвигание в верхние горизонты земной коры Салатимо-Кемпирсайского пояса гипербазитов, возраст которого трактуется исследователями как позднеордовикский.

В последние годы накапливается все больше данных, свидетельствующих об одновременном проявлении событий рубежа ордовика и силура для всей Уральской складчатой области. Этот тезис, высказанный нами ранее [8], находит подтверждение в работах петрологов, посвященных изучению тектонических и магматических событий в Главном габбро-гипербазитовом поясе Урала. В первую очередь это касается работ А.А. Ефимова и И.С. Чашухина [10], А.А. Ефимова и О.М. Яковлевой [11]. Эти исследователи установили вещественное сходство метаморфических пород, образовавшихся по вулканитам в Тагильской зоне к северо-западу от Кытлымского массива, и в Собско-Войкарской зоне — к западу от Войкарского массива офиолитов. На основании этих данных авторы пришли к заключению, что в конце ордовика — начале силура на границе континентального и океанического секторов Уральской складчатой области существовала «единая и единовременная зона субдукции».

К востоку от метаморфизованных и плагиогранитизированных офиолитов расположена зона, где, начиная с раннего силура, происходил интенсивный

магматизм ранне- и позднеостроводужной стадий в эффузивной и интрузивной формах.

Таким образом, начало островодужной стадии на всем протяжении западной периферии Уральского палеоокеана фиксируется одним отрезком времени в конце ордовикского — начале силурийского периодов. Завершение же островодужного процесса растянуто во времени. А.А. Пронин [2], рассматривавший развитие Урала с геосинклинальных позиций, заметил, что геосинклинальный режим в разных структурно-формационных зонах закончился не одновременно. В связи с этим он назвал Уральскую складчатую область не единой геосинклиналью, а «уральскими геосинклиналями», каждая из которых закончила свое развитие в разные отрезки палеозойской эры. Теперь, рассматривая формирование уралид с мобилистских позиций, мы легко объясняем этот факт, отмеченный А.А. Прониным. Каждая из палеоокеанических зон Урала (Щучьинская, Собско-Войкарская, Тагильская, Магнитогорская) представляют собой разные островные дуги Уральского палеоокеана, совмещенные друг с другом путем шарьяжей на последующих стадиях развития Уральской складчатой области.

Сейчас, изучая каждую из этих «чешуй», мы видим, что островодужный режим закончился в Щучьинской зоне в конце среднего девона, в Собско-Войкарской — в конце позднего девона, в Тагильской зоне это произошло гораздо раньше — в интервале времени от позднего силура до раннего девона, а в Магнитогорской зоне островодужные события затянулись до раннего карбона.

Таконский тектогенез явился на Урале основным фактором преобразования океанического материала, сформированного в кембрийско-ордовикской спрединговой структуре. Благодаря этому меланократовый фундамент уралид практически не сохранился в первозданном виде во всех структурах восточного склона Урала. Исключение представляют собой лишь базиты Южных Мугодзар, где в урочище Шулдак великолепно обнажены подушечные лавы с дайками долеритов, по химизму отвечающие толеитовым базальтам океанической коры [12]. Со времени своего образования они претерпели лишь зеленокаменные изменения. Однако этот фрагмент имеет свою особенность — вблизи него нет важнейшего элемента офиолитовой триады — ультрабазитов, что порождает определенные вопросы, выходящие за рамки настоящей статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stille, H. Grundfragen der vergleichenden Tectonic. Ruckblick. Berlin: Verlag von Gebruder Borntraeger, 1924.
2. Пронин А.А. Основные черты истории тектонического развития Урала. Каледонский цикл. Л.: Наука, 1971. 215 с.
3. Сорохтин О.Г. Теория тектоники литосферных плит — современная геологическая теория. М.: Знание, 1984. 40 с.
4. Каретин Ю.С. Геологические аспекты метаморфизма в зоне Платиноносного пояса. / В кн.: Геология метаморфических комплексов Урала. Свердловск, 1976. С. 66-72.
5. Нестоянова О.А. Основные этапы развития среднепалеозойского вулканизма Магнитогорского синклиория / В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 8. Свердловск, 1961. С. 20-25.
6. Ферштатер Г.Б., Малахова Л.В., Бородин Н.С. и др. Эвгеосинклинальные габбро-гранитные серии. М.: Наука, 1984. 264 с.



7. Старков В.Д. Интрузивный магматизм эвгеосинклинальных зон Полярного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 148 с.
8. Старков В.Д., Холоднов В.В. Особенности эвгеосинклинального гранитоидного магматизма Полярного Урала / В кн.: Петрология и рудообразование. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 37-43.
9. Камалетдинов М.А., Казанцева Т.Т., Казанцев Ю.В. Схема развития палеозойского вулканизма на Урале / В кн.: Докембрийско-палеозойская история развития Урала. Свердловск, 1980. С. 46-47.
10. Ефимов А.А., Чашухин И.С. Главный офиолитовый пояс Урала: зона аномальной эволюции мантийных габбро-ультрамафитовых комплексов / В кн.: Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика. Екатеринбург: УО РАН, 2006. С. 12-17.
11. Ефимов А.А., Яковлева О.М. Вещественное и фациальное сходство метавулканических комплексов: к проблеме корреляции тектоно-магматических событий в Главном габбро-ультрамафитовом поясе Урала / В кн.: Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Екатеринбург: УО РАН, 2007. С. 135-144.
12. Иванов С.Н., Кориневский В.Г., Белянина Г.П. Реликты рифтовой океанической долины на Урале / ДАН СССР. 1973. Т. 211. № 4. С. 211-216.

## REFERENCES

1. Stille, H. *Grundfragen der vergleichenden Tectonic*. Berlin: Verlag von Gebruder Borntraeger, 1924. Ruckblick.
2. Pronin, A.A. *Osnovnye cherty istorii tektonicheskogo razvitiia Urala. Kaledonskii tsikl* [Basic Features of History of the Urals Tectonic Development. Caledonian Cycle]. Leningrad: Nauka, 1971. 215 p. (in Russian).
3. Sorokhtin, O.G. *Teoriia tektoniki litosferykh plit — sovremennaiia geologicheskaiia teoriia* [Theoretical Foundations of Tectonics of Lithosphere Plates — the Modern Geological Theory]. Moscow, 1984. 40 p. (in Russian).
4. Karetin, Iu.S. Geological aspects of metamorphism in the zone of platiniferous belt, in *Geologiya metamorficheskikh kompleksov Urala* [Geology of Metamorphic Complexes of the Urals]. Sverdlovsk, 1976. Pp. 66-72. (in Russian).
5. Nestoianova, O.A. Basic stages of development of the Middle Paleozoic volcanism of Magnitogorsk synclinorium / In: *Materialy po geologii i poleznim iskopaemim Urala* [Materials on Geology and Natural Resources of the Urals]. 1961. Vol. 8. Pp. 20-25. (in Russian).
6. Fershtater, G.B., Malakhova, L.V., Borodina, N.S. i dr. *Evgeosinklinal'nye gabbro-granitnye serii* [Eugeosynclinal gabbro-granite series]. Moscow: Nauka, 1984. 264 p. (in Russian).
7. Starkov, V.D. *Intruzivnyi magmatizm evgeosinklinal'nykh zon Poliarnogo Urala* [Intrusive magmatism of eugeosynclinal zones of the Arctic Urals]. Sverdlovsk, 1985. 148 p. (in Russian).
8. Starkov V.D., Kholodnov V.V. Features of eugeosynclinal granitoid magmatism In the Arctic Urals, in: *Petrologiya i rudoobrazovanie* [Petroleum and Mineralization]. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1986, Pp. 37-43 (in Russian).
9. Kamaletdinov, M.A., Kazantseva, T.T., Kazantsev, Iu.V. The scheme of Paleozoic volcanism in the Urals, in *Dokembriisko-paleozoiskaia istoriia razvitiia Urala* [Precambrian and Paleozoic History of the Urals]. Sverdlovsk, 1980. Pp. 46-47. (in Russian).
10. Efimov, A.A., Chashchukhin, I.S. The main ophiolite belt of the Urals: the area of abnormal mantle evolution of gabbro-ultramafic complexes, in *Ofiolity: geologiya, petrologiya, metallogeniia i geodinamika* [Ophiolites: Geology, Petrology, Metallogeny and Geodynamics]. Ekaterinburg, 2006. Pp. 12-17. (in Russian).
11. Efimov, A.A., Iakovleva, O.M. Real and facial similarity between metavolcanic complexes: to the problem of correlation of tectonic and magmatic events in the main

gabbro-ultramafic belt of the Urals, in *Geodinamika, magmatizm, metamorfizm i rudobrazovanie* [Geodynamics, Magmatism, Metamorphism and Mineralization]. Ekaterinburg, 2007. Pp. 135-144. (in Russian).

12. Ivanov, S.N., Korinevskii, V.G., Belianina, G.P. *Relikty riftovoi okeanicheskoi doliny na Urale* [Relics of Oceanic Rift Valley in the Urals]: Proceedings of the USSR Academy of Sciences. 1973. Vol. 211. № 4. (in Russian).

#### Авторы публикации

**Старков Виктор Дмитриевич** — профессор кафедры физической географии и экологии Института наук о Земле Тюменского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук

**Александров Андрей Сергеевич** — студент Института наук о Земле Тюменского государственного университета

#### Authors of the publication

**Victor D. Starkov** — Cand. Sci. (Geolog.-Mineral.), Professor, Department of Physical Geography and Ecology, Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

**Andrey S. Aleksandrov** — Student, Institute of Earth Sciences, Tyumen State University