

Часть 1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОХРОНОЛОГИИ, МЕТАЛЛОГЕНИИ И ГЕОДИНАМИКИ

В. Н. Пучков

*Институт Геологии УНЦ РАН, г. Уфа
Башкирский Государственный Университет, г. Уфа
puchkv@ufaras.ru*

Геодинамика ороклинов

Термин ороклин (*букв. – изгиб гор*) – ороген, деформированный в плане, предложен У. Кэри [1991]. Имеется в виду, что развитие ороклина происходило в две стадии: на первой сформировался более или менее прямой линейной ороген, а на второй стадии произошел его изгиб с образованием мегаскладки, имеющей вертикальную ось. В качестве примеров автором приводились Аляскинский, Рифский, Лигурийский, Белуджистанский Пенджабский, Филиппинские и другие изгибы орогенов. Мы, уральцы, можем предположительно говорить прежде всего Пайхойско-Новоземельском ороклине, однако это нуждается в доказательствах. Реален изгиб Уральских складчатых структур напротив Уфимского выступа, подчеркнутый сдвигами.

Методы изучения межплитных деформаций горизонтального сгибания призваны подтвердить их вторичную природу, следовавшую за формированием первичного, неизогнутого орогена. Они включают в себя палеомагнитные исследования [Левашова и др., 2011; Burtman 1986], структурный анализ ороклинов [Weil et al., 2013; Martinez-Catalan, 2011], космическую геодезию [Lamb, 2011; Nishimura, 2011; Nocquet, 2012; Loveless, Meade, 2011], анализ смещений в очагах землетрясений [Ruppert et al., 2012] и комбинацию различных методов [Nocquet, 2012; Marton, Fodor, 1995]. Однако решающим является палеомагнитный метод.

Основные условия образования ороклинов определяются тектоникой литосферных плит и заключаются в следующем.

1. Наличие конвергентных зон интенсивных межплитных деформаций (орогенов и предшествующих им островных дуг) [Хаин, Ломизе, 2005].

2. Конвекция в астеносфере (*mantle drag*), которая является главным движущим механизмом плит.

3. Геометрические закономерности движения плит. На сферической поверхности Земли (в «плане») движение плит с большим приближением описывается с помощью теоремы Эйлера, согласно которой любое движение жесткого тела, представленного двумя сопряженными точками на сфере, может быть описано как вращение вокруг оси, проходящей через центр сферы. Применение теоремы Эйлера усложняется, но не отменяется для межплитных зон.

4. Анизотропия литосферы также является важнейшим фактором образования ороклинов. Межплитные конвергентные зоны демонстрируют наибольшую пластичность. Они формируются, в первую очередь, на месте океанической и переходной литосферы. В пределах литосферных плит, которые могут частично превращаться в межплитные зоны путем перескока межплитных границ, наиболее слаба океаническая литосфера и наиболее прочны кратоны.

Теорема Эйлера и ее приложения. Точка пересечения оси вращения с поверхностью сферы, получила название полюса вращения, или полюса Эйлера. Теорема широко используется при палеомагнитных исследованиях, описании движений литосферных плит и палеоконтинентальных реконструкциях. Схема современных векторов движений плит ITRF–2008 [Altamimi et al., 2011] показывает, в частности, что полюс вращения Североамериканской плиты находится в районе Галапагосских островов, а Евразийской – в центральной части Индийского океана. Теорема Эйлера применима и к зонам межплитных деформаций, хотя с первого взгляда это неочевидно, и некоторыми исследователями отрицается. При неравномерном характере распределения деформаций, орогены и островные дуги могут распадаться на отдельные домены, для каждого из которых можно подобрать свой полюс Эйлера. Эти домены могут быть сколько угодно малыми.

Механизмы формирования изогнутых орогенов. Причины изогнутости орогенов могут быть различными, и их невозможно понять без анализа роли и поведения субдукции, приводящей к коллизии и орогенезу. Существует два типа развития субдукции: свободное и ограниченное. Переход от субдукции к коллизии и орогенезу происходит по одному из этих двух сценариев

1. При сценарии свободного развития (марианский тип) островная дуга не ограничена приближающимся континентом. Наоборот, при возникновении задугового бассейна часть континентальной коры может обламываться, как в случае Японской дуги, которая по сути дела становится ленточным орогеном. Ороклинальный изгиб дуги или ленточного орогена, направленный в сторону океана, возникает за счет сочетания отката перегиба слэба (*slab rollback*) и подъема мантийного диапира в тылу дуги.

2. В случае ограниченного развития островная дуга сталкивается с континентом (или континентами), образуя ороген (или орогены). Блестящим примером является поведение Тирренско-Лигурийской островной дуги в полузамкнутом океаническом пространстве между Центральной Европой, Иберией, Африкой и Апулийской глыбой, в результате чего в неогене возникли коллизионные орогены с Сицилийским, Рифским и Лигурийским ороклинами [Vitale, Ciarcia, 2013]. Близка к этому ситуация и на территории между Северо- и Южноамериканскими континентами, где образовались Центральноамериканский и Карибский ороклины [Meschede, Frisch, 1998].

Это, по сути дела, примеры образования ороклинов без коллизии и при коллизии типа дуга-континент. Не меньшее значение имеет ороклинная динамика при коллизии типа континент-континент (восточная часть Альпийско-Гималайского пояса, варисциды Европы). Яркими примерами ороклинов являются так называемые синтаксисы [Буртман, 2013], связанные с внедрением выступов жестких континентальных глыб в смежные складчатые пояса.

Линейные и мозаичные складчатые системы. Наличие ороклинальных структур может создавать ложное впечатление мозаичности складчатой системы, на чем было основано представление о двух типах формирования континентальной коры: автохтонном в мозаичных системах и аллохтонном в линейных [Моссаковский и др., 1993]. В случае Казахской системы, такая трактовка недавними исследованиями не подтверждается [Левашова и др., 2011; Дегтярев, 2012]. У геологов, изучающих европейские варискиды, такая идея не возникала: для них сложно-ороклиновый характер этой системы очевиден.

Происхождение вариской ороклинной системы обсуждалось в целом ряде работ, опубликованных в последнее время [Martinez-Catalan, 2011; Weil et al., 2013]. Очевидно, что эта система была зажата в позднем карбоне между Лавруссией и Гондваной, и сдвиг одного континента по отношению к другому мог быть достаточной причиной «буклирования» первично линейной складчатой системы

Псевдо-ороклин? Анды, несмотря на выраженную изогнутость, возможно, не являются типичным ороклином, поскольку они, с момента заложения зоны субдукции, были подчинены очертаниям континента, и их развитие не было двухстадийным, что характерно для ороклинов. Ориентировка векторов GPS-измерений не указывает на сильное изгибание. Такие орогены тоже нередко называют ороклинами [Романюк, 2009], но изначальному определению этого типа структур они не вполне соответствуют, т.к. возникают в одну стадию. Здесь воздействие внутренних и внешних углов континентов выражается в формировании сдвиговых систем и смещений, обеспечивающих приток материала во внутренний угол или отток, экструзию – от внешнего угла [Романюк, 2009; Monod et al., 2010]. Особым случаем является развитие Чукотско-Аляскинского ороклина, образование которого сопряжено со спредингом в Арктическом бассейне.

Заключение. Большинство перечисленных случаев образования ороклинов может быть названо «тектоникой ограниченного пространства». Такой сценарий обеспечивается разницей в жесткости/пластичности между относительно легко деформируемыми орогенами и ограничивающими их блоками континентальной, а, в особенности, кратонной литосферы, обладающими повышенной толщиной и, следовательно, жесткостью. По мере перехода от мягкой коллизии к жесткой (общей), очертания континентальных краин начинают все в большей степени влиять на формирование ороклинов, вызывая переток вещества от внешних углов к внутренним.

Литература

- Буртман В. С.* Геодинамика Памирско-Пенджабского синтаксиса // Геотектоника. 2013. № 1. С. 36–58.
- Дегтярев К. Е.* Тектоническая эволюция раннепалеозойских островодужных систем и формирование континентальной коры каледонид Казахстана М.: ГЕОС, 2012. 289 с.
- Кэри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.: Мир, 1991. 447 с.
- Левашова Н. М., Баженов М. Л., ван дер Во Р., Абражевич А. В.* Новые палеомагнитные данные по силурийским и девонским вулканитам Чингизской островной дуги Казахстана и их вклад в представления о тектонической эволюции Урало-Монгольского пояса // Geodynamics and Tectonophysics. 2011. Vol. 2. Iss. 3. P. 266–288.