

Яковлев Ф.Л. К попытке методологического анализа реалистичности основных модельных допущений современной геодинамики / Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. т. 2. Материалы I Тектонического совещания. – М.: ГЕОС, 2018. С. 349-353.

УДК 549.903.55 (1)

ББК 26.323

Т 67

**Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии.
Том 2. Материалы I Тектонического совещания. - М.: ГЕОС,
2018. - 432 с.**

ISBN 978-5-89118-762-7

Ответственный редактор
К.Е. Дегтярев

Материалы совещания опубликованы при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ),
проект № 18-05-20010

На 1-ой стр. обложки: Восточный Таймыр, берег р. Ключевка, деформированный ордовикский терригенный разрез (фото А.Н. Ларионова).

ББК 26.323

© ГИН РАН, 2018

© ГЕОС, 2018

3. *Evans D.A.D., Raub T.D.* Neoproterozoic glacial palaeolatitudes: a global update / Ed. by E.Arnaud, G.P. Halverson, G.Shields-Zhou. The geological record of Neoproterozoic glaciations // *Geol. Soc. London Mem.* 2011. № 36. P. 93–112.

4. *Hoffman P.F., Schrag D.P.* The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change // *Terra Nova.* 2002. V. 14. № 3. P. 129–155.

5. *Kirschvink J.L.* A Late Proterozoic Low-Latitude Global Glaciation: The Snowball Earth // *The Proterozoic biosphere: a multidisciplinary study* / Eds J.W. Schopf, C.Klein. Cambridge: Cambr. Univ. Press, 1992. P. 51–52.

6. *Shatsillo A.V., Didenko A.N., Pavlov V.E.* Two competing paleomagnetic firections in the Late Vendian: new data for the SW region of the Siberian Platform // *Russian J. Earth Sciences.* 2005. V. 7. № 4.

Ф.Л. Яковлев¹

К попытке методологического анализа реалистичности основных модельных допущений современной геодинамики

Современные модели геодинамики опираются на наблюдаемые и измеряемые геологические и геофизические явления и на ряд общепринятых положений тектоники плит, имеющей статус почти теории. В период быстрой эволюции этих идей в 70-х годах прошлого века предполагалось, что многие неясные на тот момент вопросы строения и развития крупных блоков континентальной и океанической земной коры будут решены на уровне проверяемых численных моделей. В частности, ожидалось решение важных проблем источника энергии тектонических движений, масштабов перемещения платформенных блоков, причин вертикальных и горизонтальных движений, цикличности тектонических событий. Однако за истекшее время основные вопросы истории и механизмов развития коры и мантии Земли так и остались неразрешенными.

В этой связи положение дел в методологии геодинамики можно охарактеризовать как серьезный кризис [1]. В данной работе делается попытка проанализировать ряд проблемных аспектов геодинамики на примерах структуры и истории развития конкретных регионов с целью сформулировать основные признаки и основные болевые точки этого кризиса.

¹ Институт физики Земли РАН, Москва, Россия

К основным модельным допущениям, которые лежат в основе большинства теоретических схем, описывающих на современном уровне возникновение и развитие крупных тектонических структур, следует отнести, в первую очередь, общеизвестные шесть положений тектоники плит, к которым можно добавить некоторые общепринятые постулаты и методические приемы. В кратком виде – это следующие положения: (1) представления о хрупкой, прочной или жесткой литосфере, образующей плиты и о подстилающей эти плиты пластичной или менее вязкой астеносфере; (2) существует 8 основных плит и много мелких; основная тектоническая активность любого вида сосредоточена на границах плит; (3) плиты описываются как твердые тела, перемещения которых подчиняются теореме вращения Эйлера; (4) существуют три типа перемещений на границах плит – дивергенция, конвергенция, трансформные сдвиги; (5) спрединг компенсируется коллизией и субдукцией; (6) основной источник движений плит – мантийная конвекция, имеющая тепловую природу. Добавим сюда положение (7) о древности основных блоков континентальной коры и постоянстве объема их коры, о наращивании континентальной коры в зонах субдукции и коллизии (в аккреционных призмах), о молодости океанической коры. Основным методическим приемом (8) является широкое использование в современных работах принципа актуализма в решении проблем тектоники и геодинамики.

На основании данных о величинах деформации альпийского осадочного чехла Большого Кавказа была построена предварительная сбалансированная модель развития земной коры ([2], рис. 8–6, стр. 401). Модель показала неизбежность изменений плотности пород от характерных для коры к мантийным плотностям, которые охватывают большие объемы (до 50–60% первоначального объема кристаллической коры). Это указывает на несоблюдение в природе положения (7) о постоянстве объемов континентальной коры.

При дополнительном анализе этого материала методами статистики было выявлено участие в формировании складчато-разрывной структуры и неотектонического горного сооружения двух геодинамических процессов – сокращения и изостазии в факторных весах 60% и 27% [3]. Сохранение изостазии при последовательных перестройках структуры части тектонических зон Большого Кавказа – от континентальной платформы (мощность кристаллической коры 40 км) к глубоководному бассейну осадконакопления, к осадочному чехлу 15 км мощности, затем сокращение 50% и другие модификации возможны только при деградации кристаллической коры. Вычисленные современные глубины кровли фундамента, достигающие местами 25–30 км [2], изостатически

могут быть уравновешены только при небольшой по мощности коре (15 км?) и заметном уплотнении пород и осадочного чехла, и коры, и мантии. Это подтверждает вывод о несоблюдении в природе положения (7).

В последние годы появились предложения отказаться от постулата жесткости плит, что ставит под сомнение положения (1) и (3). Например, это касается случая раздвижения Атлантики с «шарниром» севернее Исландии [4]. Проблема состоит в том, что в тылу «шарнира», в ареале Арктики, наблюдается не сжатие, ожидаемое по этой схеме, а наоборот, растяжение с образованием новой океанической корой. Отказ от постулата жесткости плит позволяет объяснить кинематику формирования этих сопряженных структур.

Структура и центробежная кинематика формирования основных дуг Альпийского Средиземноморья в современных работах указывает на действие механизма «roll-back» в качестве основного процесса формирования структур ([5, 6] и др.), а также на новейшую (возрастом 10–15 млн лет) деструкцию континентальной коры в областях распространения современной океанической коры ([7] и др.). Схемы формирования таких структур могут включать в себя локальные ячейки тепловой конвекции, в которые втянуты очень пластичные блоки коры, что описывается в рамках термомеханики. При этом авторы схем не отрицают тектонику плит. Эти данные ставят под сомнения реалистичность положений (1), (2), (4), (6) и (7) и, на наш взгляд, исключают возможность существования Палео-Тетиса.

История развития Индийского океана в районе хребта Брокен [8] и в других частных структурах этого океана, развитие западной окраины Африки в Марокко, района Исландии в Атлантике указывают на реалистичность и значительные масштабы «океанизации» бывшей континентальной коры, что подчеркивает реальность нарушения в природе положения (7).

В широкой полосе структур вдоль 20° ю.ш. от западной границы плиты Южной Америки (от 70° з.д.) к плите Африки и далее к восточной границе Австралийской плиты (до 165° в.д.) существуют две зоны дивергенции (в Атлантике и в Индийском океане) и ни одной субмеридиональной зоны субдукции или коллизии на пространстве в 235° (0.65 полной окружности Земли). В связи с этими фактами обсудим проблему баланса кинематики плит. Если дивергенция в двух океанах существует в масштабах, обеспечивших появления блоков, занимаемых океанической корой (60% полосы), то она может быть связана только с увеличением объема коры (и астеносферы?) за счет поступления нового материала. Появление такого мантийного материала, например, в

Атлантике, хотя бы до глубины 30–50 км (включая астеносферу), в рамках модельного сохранения плотностей пород коры и мантии (постулат 7), можно обеспечить только подтоком материала со стороны ячейки мантийной конвекции в Тихом океане. Такой поток может идти с запада на восток под Южной Америкой до оси спрединга. Происходить это должно в пространстве вертикального сечения с соотношением сторон больше, чем 120:1 (6000 км при мощности астеносферы 50 км). Линии тока (движения материала) в такой схеме не будут замкнуты, и поэтому здесь никак не удастся привлечь обычную схему тепловой конвекции для объяснения кинематики и энергетики процесса. Это нарушает положения 5 (компенсация спрединга) и 6 (мантийная конвекция тепловой природы). Даже если такие очень большие перемещения объемов мантии со стороны Тихого океана реально существуют, поиск физического объяснения этого явления будет сложной задачей. Более вероятным представляется либо отсутствие дивергенции при активности процессов «океанизации» (что отрицается в современной геодинамике), либо то, что спрединг происходил в течение только последних 5–10 млн лет.

Широкое использование принципа актуализма (положение 8) в существующем виде создает большие методологические проблемы. В соответствии с этим принципом, реальная, достоверно установленная современная кинематика плит, мгновенная по геологическим меркам, распространяется назад по времени на сотни млн лет. Тем самым: а) фактически отрицается установленная ранее цикличность тектонического развития и б) полностью игнорируется весь эмпирический материал по истории развития планетарных структур, накопленный геологами за триста лет исследований. В связи с этим рассмотрим факты молодого возраста современных горных сооружений, не более 20–30 млн лет, и резкого усиления их роста в последние 5–2 млн лет [9]. Например, Тибет поднялся на высоту 5–6 км с высоты 1 км за последние 4–5 млн лет [9]. Очевидно, что мощность континентальной коры здесь была увеличена за это время с 40–43 км до современных 70–80 км. Такое формирование гор никак не может быть объяснено движениями в мантийных конвективных ячейках, существующих на протяжении 50–100 млн лет. Вероятно, 5–2 млн лет – это предел, за который не следует распространять данные современной кинематики плит.

Для преодоления кризиса представляется необходимым более критично относиться к использованию схем тектоники плит. Предлагается использовать в качестве основы теоретических геодинамических моделей эмпирический материал о реальных закономерностях развития структур, накопление которого надо считать важнейшей задачей тек-

тоники. При этом, вероятно, после некоторой ревизии может быть использован также весь геологический материал, полученный за предыдущие эпохи исследований.

Выводы: 1) Показана связь тектонических движений с изменениями плотностей пород коры и мантии в широких пределах, которые ранее в теоретических схемах слабо учитывались. 2) Рассмотрение основных восьми положений современной геодинамики на примерах конкретных структур выявило многочисленные случаи их несоблюдения.

Литература

1. *Leonov Yu.G., Roure F., Rebetsky Yu.L., Yakovlev F.L.* Tectonophysics in Russia and France: A project initiated by Jacques Angelier // *Comp. Rend. Geosci.* 2012. V. 34. N 3–4. P. 111–115.

2. *Яковлев Ф.Л.* Многогранговый деформационный анализ линейной складчатости на примере альпийского Большого Кавказа. Дисс... докт. геол.-мин. наук по специальности 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика». ИФЗ РАН, 2015. 472 с.

3. *Яковлев Ф.Л., Горбатов Е.С.* Первый опыт диагностики геодинамических механизмов формирования складчатой структуры с помощью факторного анализа ее параметров (Большой Кавказ) // *Геодинамика и тектонофизика.* 2017. №4 (в печати)

4. *Лобковский Л.И.* Тектоника деформируемых литосферных плит и модель региональной геодинамики применительно к Арктике и Северо-Восточной Азии // *Геология и геофизика.* 2016. Т. 57. № 3. С. 476–495.

5. *Jolivet L., Augier R., Robin C., Suc J.P., Rouchy J.M.* Lithospheric-scale geodynamic context of the Messinian salinity crisis // *Sedimentary geology.* 2006. V. 188. P. 9–33.

6. *Matenco L., Radivojević D.* On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides // *Tectonics.* 2012. Т. 31. N 6.

7. *Bache F., Olivet J.L., Gorini C., Aslanian D., Labails C., Rabineau M.* Evolution of rifted continental margins: the case of the Gulf of Lions (Western Mediterranean Basin) // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2010. Т. 292. N 3. P. 345–356.

8. *Илларионов В.К., Яковлев Ф.Л.* Некоторые черты тектоники гребневой части Западно-Австралийского хребта // *Геолого-геофизические исследования асейсмичных поднятий дна океана.* М.: Наука, 1986. С. 74–77.

9. *Trifonov V.G., Sokolov S.Y.* Late Cenozoic tectonic uplift producing mountain building in comparison with mantle structure in the Alpine-Himalayan Belt // *Intern. J. Geosciences.* 2014. V. 5. N 5. P. 497–518.