

УДК 550.348.571

РОЛЬ СИЛ КОРИОЛИСА В ФОРМИРОВАНИИ АСИММЕТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ВОСТОКА И ЗАПАДА ТИХОГО ОКЕАНА И ЕГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ОБРАМЛЕНИЯ

Н. А. Шило¹, Ю. Я. Ващилов²

¹Президиум РАН, г. Москва

²Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан

Асимметрия структуры на востоке и западе Тихого океана и его континентального обрамления проявляется во многих особенностях их строения, главная из которых – существование островных дуг и окраинных морей на западе и их отсутствие на востоке. Целый ряд признаков указывает на углубление чаши Тихого океана и окраинных морей в настоящее время, в кайнозой и в позднем мезозое. К ним относится, например, существование атоллов и гайотов – плосковершинных подводных гор со средней глубиной вершин около 1500 м. Опускание дна Тихого океана и окраинных морей с амплитудой 1,5 км вызвано охлаждением коры и мантии после весьма заметного в геологической истории Земли мезозойского теплового события с выходом мощной волны тепла к земной поверхности. Расчеты показывают, что вертикальные перемещения блоков сопровождаются появлением горизонтальных, широтно направленных сил Кориолиса, создающих обстановку сжатия на востоке и растяжения на западе Тихого океана и его континентального обрамления. Суммарная энергия этих сил оценивается $2,5 \cdot 10^{25}$ Дж.

Ключевые слова: асимметрия, силы Кориолиса, энергия.

Асимметрия структуры востока и запада Тихого океана и его континентального обрамления – одна из планетарных особенностей глубинной тектоники Земли и ее геоморфологического отражения на поверхности. Укажем наиболее яркие проявления феномена асимметрии. К нему, прежде всего, относится факт существования островных дуг на западе и их отсутствие на востоке Тихого океана. Отметим, что дугообразные трещины возникают в условиях растяжения (Шило, Ващилов, 1979; Shilo, Vashchilov, 1982). На Американском континенте ширина горных районов Кордильер и Анд меньше по сравнению с австрало-азиатскими прибрежными горными системами. Западнотихоокеанские области характеризуются возрастающей тенденцией к опусканию с формированием окраинных морей (Шило и др., 2007) и «грабенового пояса» (Варнавский, Малышев, 1986). Существуют различия: в размерах переходных зон от континентов к океану (на западе они занимают обширные площади окраинных морей, островных дуг, континентальных склонов); в размерах областей проявления позднемезозойского и кайнозойского магматизма и в целом Тихоокеанского тектонического пояса (для них характерна относительная узость на американском побережье); в стиле тектоники (например, преобладание в разрывной тектонике Кордильер сдвигов и надвигов, а на азиатском обрамлении – сбросов и раздвигов); в небольшой мощности океанической

коры с выдержанным на больших расстояниях типом строения и относительно молодым возрастом на востоке и в более сложной структуре и древнем возрасте на западе (Соловьева, 1976); и т. д.

Имеется ряд признаков, указывающих на углубление морей Тихоокеанского бассейна и океанов в кайнозой и на современном этапе тектонической эволюции. Многие исследователи предполагают существование «берингийского моста», который соединял Чукотку и Аляску. Аналогичные идеи существуют относительно связи Японских островов с материковой сушей. Согласно А. И. Свининникову (2004), обобщившему данные о петрофизических свойствах осадков дна западной части Тихого океана и окраинных морей Востока Азии, донные кремнистые и карбонатные отложения с возрастом от титона и валанжина до начала позднего плиоцена испытали эпигенез захоронения. Разрезы глубоководных котловин демонстрируют господствующую здесь тенденцию к погружению. Прямым указанием на проседание дна морей и океанов является существование плосковершинных подводных океанических гор – «гайотов» и атоллов с вершинами на глубине 1–2 км (в среднем 1,5 км; Леонтьев и др., 1976).

Асимметрия истолковывается как результат преобладания в течение определенного геологического времени горизонтальных ориентированных в широтном направлении сил сжатия на востоке Тихого океана и на обрамляющей суше («западное давление» по Г. Штилле (1964), растяже-

ния – на западе. Физико-механической основой такой геодинамической обстановки (см. рисунок) является действие сил, связанных с возникновением поворотного ускорения Кориолиса вращающейся Земли вследствие проседания дна Тихого океана и окраинных морей и возможного воздымания континентов.

Возникающая при этом энергия, обусловленная силами Кориолиса, определяется по формуле (Шило, Ващилов, 1979; Shilo, Vashchilov, 1982):

$$\Delta E_k = \sum_{k=1}^n \Delta E_k = \sum_{k=1}^n \sigma \omega^2 H h R^3 (\lambda_2^n - \lambda_1^n) \times \left(\sin \varphi_2^n - \sin \varphi_1^n + \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_1^n - \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_2^n \right).$$

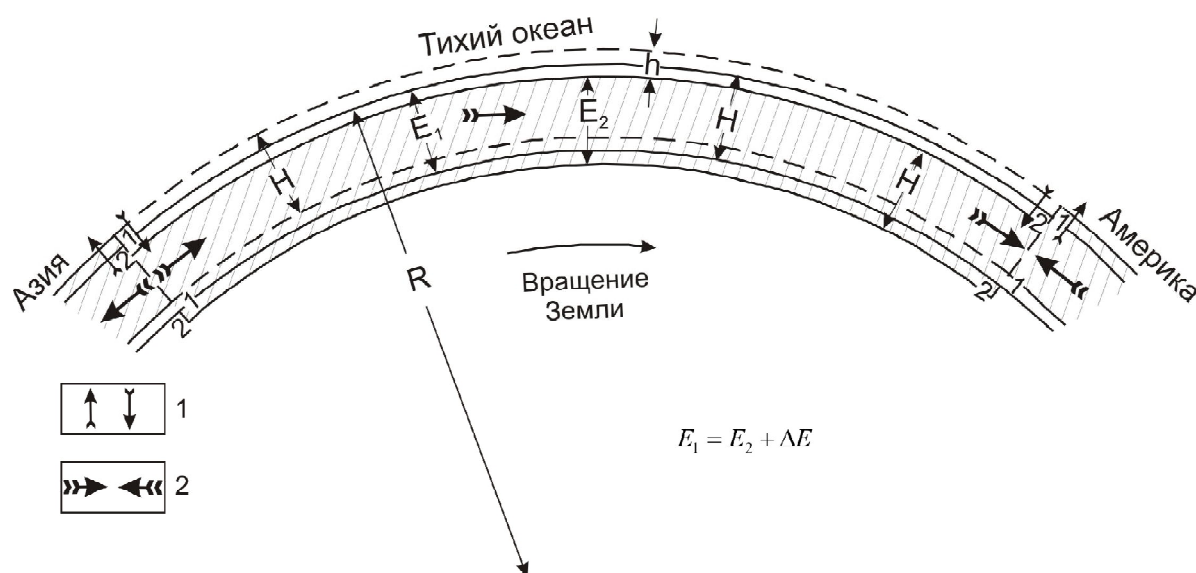
Здесь σ – плотность коры и мантии океанического блока мощностью H км при вертикальном перемещении h , км; ω и R – соответственно угловая скорость вращения и средний радиус Земли; $\lambda_{1,2}$ и $\varphi_{1,2}$ – географические широты и долготы геодезических трапеций, которые покрывают глубоководные акватории Тихого океана.

Примем мощность опускающейся глыбы Тихого океана равной примерно 700 км (максимальной глубине очагов землетрясений), среднее относительное перемещение поверхности материков и дна океана $h = 1,5$ км и среднюю плотность глыбы 3700 кг/м³.

Тогда суммарная энергия, развиваемая силами Кориолиса, составит около $2,5 \cdot 10^{25}$ Дж (Ващилов, Калинина, 1999; Калинина, 2003). Если бы вся эта энергия переходила в энергию землетрясений (что, безусловно, нереально), годовой рас-

ход которой оценивается примерно в 10^{18} Дж, то одной только этой энергии хватило бы для инициации землетрясений в течение 10 млн лет. Более вероятен скачкообразный характер погружения океанического и морского дна и его локальных участков на обрамляющей суше (Шило и др., 2007). Образование провалов на дне морей и океана, которое сопровождается землетрясениями, объясняет своеобразную особенность проявления цунами с начальным отступлением воды от берега. При скачкообразном погружении дна напряжение растяжения и сжатия, создаваемое силами Кориолиса, будет на несколько порядков больше, чем при медленном, постепенном, и часть энергии пойдет на структурные преобразования и деформации, различные на востоке и западе Тихого океана и его континентального обрамления. Например, часть энергии может быть задействована на избирательную послойную субдукцию относительно пластичного и маловязкого базит-гипербазитового вещества низов коры и верхов мантии под Анды и Кордильеры Америки, где мощность земной коры вследствие такой субдукции достигает 75 км. При этом энергопотребление, необходимое для реализации этих процессов, будет значительно снижено под действием «тектонического вибратора и насоса» – приливов твердой Земли, согласно концепции, сформулированной Н. А. Шило и Ю. Я. Ващиловым (1989).

Причина проседания дна Тихого океана и окраинных морей и формирования Восточно-Азиатского грабенового пояса авторы усматривают в явлении термоусадки, связанном с остыванием пород коры



Тихий океан и обрамляющие континенты – схема вертикальных движений и сил и порождаемых ими сил Кориолиса: 1 – вертикальные движения дна Тихого океана и окраинных морей (проседание) и континентов (воздымание); 2 – вызванные вертикальными движениями широтные горизонтальные силы Кориолиса, создающие условия сжатия на восточном сочленении Тихого океана и суши и растяжения на западном

The Pacific Ocean and its continental rims – schematized vertical movements and forces and the resulting Coriolis forces: 1 – vertical movements of the Pacific and marginal sea bottoms (subsidence) and continents (uprising); 2 – latitude-parallel horizontal Coriolis forces generated by vertical movements and creating compression conditions in the east and extension conditions in the west of the Pacific Ocean and continent junctions

и верхней мантии после весьма заметного в геологической истории Земли мезозойского теплового события. Тепловая волна продвигалась от ядра к поверхности, вероятно, в течение всего мезозоя. Предполагается, что именно на глубине около 700 км происходит начальное уплотнение вещества вследствие понижения температуры, стимулирующее проседание на поверхности и вызванные этим же понижением фазовые переходы мантийного вещества такого типа, который влечет за собой дополнительное уплотнение пород мантии.

Примем коэффициент объемного температурного расширения (или сжатия при охлаждении) пород коры и мантии $\alpha = 4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, $H = 700 \text{ км}$ и рассчитаем, на сколько должна понизиться средняя температура в мантии и коре, чтобы произошло опускание океанического дна на 1,5 км. Будем считать, что сжатие, уменьшение объема осуществляется только за счет вертикальных перемещений, т. е. изменения величины H . Представим «столбик» коры и мантии объемом $V = 1 \text{ км} \cdot 1 \text{ км} \cdot 700 \text{ км} = 700 \text{ км}^3$. Тогда средняя температура остывания ΔT может быть определена согласно выражению

$$\Delta T = \frac{h}{\alpha H} = 53,6^\circ \text{K}.$$

Температура остывания ΔT , но не для мантии мощностью 700 км, а для литосферы и астеносферы суммарной мощностью около 200 км составит примерно $187,5^\circ \text{K}$. Естественно, что остывание неоднородно по вертикали и горизонтали.

Таким образом, вертикальные перемещения, связанные с проседанием дна Тихого океана, окраинных морей и материкового обрамления на современном этапе геологической истории, в кайнозой и в позднем мезозое, первичны, широтные горизонтальные силы Кориолиса и связанные с ними тектонические подвижки – вторичны.

Поступила в редакцию 26.06.2009 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Варнавский В. Г., Малышев Ю. Ф. Восточно-Азиатский грабеновый пояс // Тихоокеан. геология. – 1986. – № 3. – С. 3–13.
- Ващилов Ю. Я., Калинина Л. Ю. Об оценках энергетических эффектов, связанных с силами Кориолиса вращающейся Земли // Глубинная тектоника и вопросы сейсмологии, металлогении, нефтегазоносности Востока России. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1999. – С. 217–224.
- Калинина Л. Ю. Сравнительный анализ энергии сил Кориолиса вращающейся Земли с энергией землетрясений // Астеносфера и литосфера Северо-Востока России (структура, геокинематика, эволюция). – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. – С. 143–147.
- Леонтьев О. К., Лукьянов С. А., Калинина Л. Ю. О предполагаемых масштабах вертикальных движений дна океана и изменениях объема океанических впадин в кайнозой // Проблемы палеогеографии. – М.: Наука, 1976. – С. 69–80.
- Свининников А. И. Петрофизика западной части Тихого океана и окраинных морей Востока Азии. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 278 с.
- Соловьева И. А. Особенности глубинного строения земной коры Тихого океана // Геотектоника. – 1976. – № 3. – С. 6–25.
- Шило Н. А., Ващилов Ю. Я. Формирование коренных различий глубинной структуры на западе и востоке Тихого океана // Геофизические исследования структуры и геодинамики земной коры и верхней мантии Северо-Востока СССР. – Магадан: Кн. изд-во, 1979. – С. 92–112.
- Шило Н. А., Ващилов Ю. Я. Земные приливы как тектонический насос и вибратор // ДАН СССР. – 1989. – Т. 307, № 4. – С. 833–836.
- Шило Н. А., Ващилов Ю. Я., Калинина Л. Ю. Принципиальные различия в структурной позиции эпицентров землетрясений на суше юга Магаданской области и на приамаданском шельфе Охотского моря // ДАН. – 2007. – Т. 413, № 6. – С. 826–829.
- Шмидт Г. Избранные труды. – М.: Мир, 1964. – 888 с.
- Shilo N. A., Vashchilov Yu. Ya. Formation of principal differences in the deep structure of the western and eastern Pacific // Pacif. Geol. – 1982. – No. 16. – P. 39–52.

THE EFFECTS OF CORIOLIS FORCES FOR THE STRUCTURAL ASYMMETRY OF THE EASTERN AND WESTERN PACIFIC AND ITS CONTINENTAL RIMS

N. A. Shilo, Yu. Ya. Vashchilov

The structural asymmetry of the eastern and western Pacific and its continental rims manifests itself in many aspects, primarily in the island arcs and marginal seas in the west and a lack of them in the east. There is a set of indications of that the Pacific basin and its marginal seas have been deepening through the present, the Cenozoic and the Late Mesozoic. These indications include atolls and guyots, which are flat-topped seamounts with their average top depth about 1500 m. The 1.5 km amplitude subsidence of the Pacific and its marginal sea bottoms has been due to the crust and mantle cooling processes, which followed the significant warming event of the Mesozoic associated with a powerful warmth wave moving upwards to the Earth's surface. According to the calculation results, the vertical movements of blocks are associated with the action of horizontal latitude-parallel Coriolis forces, which create compression conditions in the east and extension conditions in the west of the Pacific and its continental rims. The total energy of these forces is assessed to be $2.5 \cdot 10^{25} \text{ J}$.

Key words: asymmetry, Coriolis force, energy.