

**ЦИРКУЛЯРНОПОЛЯРИЗОВАННЫЕ (СПИНОВЫЕ) ВОЛНЫ В ЛИТОСФЕРЕ****Викулин А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, vik@kscnet.ru  
Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский*

**Введение**

Существование тектонических волн не вызывает уже сомнений, проблематичной является их природа [3]. В работе [5] предложен механизм уединенных волн поворотной деформации – как результат вращения планеты. Как видим, имеются серьезные предпосылки темы, вынесенной в название статьи, которое было подсказано В.А. Салтыковым.

В работе собраны данные о вращательных движениях «твердой» Земли: «быстрых», связанных с движениями в очагах землетрясений, и «медленных», наблюдаемых для геологических структур. Эти на первый взгляд разные по своей природе движения оказываются возможным «сшить» в рамках волновой ротационной модели, опирающейся на представления о «собственном» моменте «элементарных» образований геологической [18] и геофизической [23, 24] сред. Но для этого необходимо пересмотреть основы классической механики сплошных сред [20] и в рамках новой механики построить прогноз землетрясений. В заключении формулируется вывод о необходимости создания сетей, способных регистрировать крутильные колебания и волны, ответственные за взаимодействие блоков и плит в земной коре и литосфере [6].

**Волны крутильной\* поляризации**

Существование в земной коре сейсмических волн крутильной поляризации [5, 29] вытекает из следующих данных.

- Часто при землетрясениях во многих регионах мира наблюдаются: повороты памятников, повороты отдельных частей зданий друг относительно друга, отколы угловых частей зданий, большие деформации стен и перекрытий от кручения [1, 12 – 14, 30, 38, 44, 47].

- Имеют место повороты протяженных (L) блоков земной коры, в пределах которых располагались очаги сильных землетрясений. Например: землетрясение в Канто 1.09.1923, Япония,  $M=8.2$ ,  $L \approx 200$  км [36], сильнейшие землетрясения в центральной части Алеутских островов  $L \approx 200-400$  км [9, 37] Эквадора  $L \approx 100-300$  км [33], разлома Сан Андреас  $L \approx 50-100$  км [46] и др. [34].

- Из очагов достаточно сильных землетрясений визуально отмечено распространение вдоль поверхности Земли видимых «горбов» или «земляных волн» [31], по сути - гравитационных сейсмических волн: Япония, 1923,  $M=8.2$  [43]; Камчатка, 1959,  $M=7.6$  [30]; Чили, 1960,  $M=8.3$  [40]; Мехико, 1985,  $M=8$  [41]. Теория таких крутильных гравитационных волн в земной коре построена С. Ломниц [42].

- При землетрясении Chi-Chi, 1999,  $M=6.9$ , Тайвань, инструментально были зарегистрированы крутильные колебания [38]. Количественные измерения вращательных движений грунтов при землетрясениях начали выполняться в 1990-х гг. [45, 48]. Имеет место развитие инструментальных наблюдений за крутильными колебаниями и в России [29].

**Блоковая среда**

В 1961 г. выходит в свет работа геолога А.В. Пейве [18], в которой автор, во-первых, за 20 лет до физика М.А. Садовского [23, 24] возвратился к представлениям древних греков о дискретном, атомарном строении материи и обосновал *блоковое строение* геологической среды. Во-вторых, анализируя ее структуру и движение, А.В. Пейве пришел к выводу о существовании нового механизма движения коры – *собственного* источника движения блока. Каждый структурно обособленный блок, по его мнению, должен иметь свой *собственный потенциал перемещения*, в чем и «заключается главная особенность тектонических движений» - «каждый блок обладает как бы самостоятельной «движущей силой», заключенной в нем самом».

\* Автор, вероятно, имел в виду крутильные колебания. – Прим. ред.

Развивая такую концепцию блоковой среды, ученики А.В. Пейве пришли к выводу о том, что геологическая среда является нелинейной и самоорганизующейся и, вследствие этого, ее движение может быть представлено в виде тектонического течения с неоднородными деформациями, ненулевыми дивергенциями и вихрями [16]. В рамках таких представлений «самостоятельной движущей силой» блока земной коры может быть только его собственный, по сути, макроскопический момент в смысле Л.И. Седова [26, с. 146-148].

«Крутильные» эффекты наблюдаются и в более «медленных», чем сейсмические, явлениях. К ним можно отнести вращение тектонических плит и блоков [7], определенные по геодезическим [21, 25], светодальномерным [11] и комплексным геолого-геофизическим [10, 35] данным, а также повороты блоков, плит, платформ и других образований в течение геологического времени [5, 7, 15 – 17, 19, 22, 27, 34, 39].

### **Микровращения – спиновые волны**

Одна из основных гипотез классической механики сплошных сред – принцип напряжений Коши – предполагает эквивалентность действия всех внутренних сил, приложенных к элементарной площадке, действию их равнодействующей, приложенной к ее центру. Приведенные выше данные показывают, что геофизическую и геологическую среды нельзя считать однородными, в такой среде возникают и моментные внутренние напряжения. Для учета этих факторов необходимо отказаться от гипотезы Коши и учитывать внутренние собственные моменты. Это приводит к необходимости рассмотрения представительного объема среды не как материальной точки, а как более сложного объекта, обладающего дополнительными внутренними степенями свободы и способностью к «микродеформации» [20].

Близкий, по сути, вывод применительно ко всей Земле был получен М.И. Юркиной [32].

Анализ дисперсионных свойств таких сложных блоковых систем показывает [20], что в них появляются характеризующие внутренние вращения сред волны микровращений, которые по своим свойствам аналогичны спиновым волнам в магнитоупругой среде [2].

### **Волновая ротационная модель сейсмического процесса**

В рамках ротационной волновой модели, опирающейся на представления о собственном моменте блока геофизической среды, показано [4], что достаточно сильное (сильнейшее) землетрясение является результатом взаимодействия блока земной коры – очага сильнейшего землетрясения с тектонической волной круговой поляризации, по сути – спиновой волной. Согласно этой теории [49]:

- в течение форшоковой стадии происходит разворот поля упругих напряжений вокруг неподвижного блока земной коры до предельного (критического) значения  $42^{0\pm 3^0}$ , что, в принципе, может являться доказательством отсутствия в ряде случаев статистически значимого форшокового сейсмического предвестника;

- сам главный толчок и его достаточно сильные афтершоки представляют собой результат «распада» тектонической спиновой уединенной сеймотектонической волны (солитона) на дисклинацию (круговую дислокацию) и возмущения типа волн сейсмической миграции землетрясений;

- сейсмический момент по своей сути приобретает естественное обоснование в рамках теории круговых (винтовых) дислокаций:  $M = \mu bS$ , где  $b$  – вектор Бюргера (подвижки),  $S$  – вектор площади дисклинации,  $\mu$  – модуль сдвига.

Представления о блоках, поворачивающихся под действием собственных моментов, оказалось возможным перенести и на тектонические плиты. Проведенные энергетические оценки показали [7], что ансамбль взаимодействующих сейсмических очагов и тектонических плит оказалось возможным описать с помощью циркулярнополяризованных (спиновых) упругих волн ротационной природы. Как видим, идея о собственном моменте геолого-геофизических «элементарных» объектов позволила сейсмологические и тектонические задачи объединить в рамках геомеханических представлений.

**Момент деформационной волны кручения [5].** Разворот поля упругих напряжений оказывается пропорциональным расстоянию, проходимому тектонической волной на форшоковой стадии ее взаимодействия с сейсмофокальным блоком – очагом будущего землетрясения. Как видим, «набегающая» на блок тектоническая волна в рамках ротационной модели сейсмического

процесса [4, 49] является волной кручения. Величина угла кручения, по определению, пропорциональна моменту  $M$  – сейсмическому моменту.

Таким образом, в рамках ротационной модели результатом форшоковой стадии взаимодействия является создание таких условий, при которых тектоническая волна, «закручивая» поле упругих напряжений до критического угла, создает условия для образования вокруг сейсмофокального блока вдоль его поверхности кольцевой дислокации. Другими словами, если края дислокации к моменту ее образования «будут готовы» сместиться друг относительно друга, то согласно представлениям ротационной модели во вполне определенный момент времени и должно произойти землетрясение.

Как видим, в рамках ротационной волновой модели сейсмического режима, «оперирующей» циркулярнополяризованными (спиновыми) волнами, оказывается возможным определять время землетрясения – т.е. осуществлять прогноз сильнейших землетрясений.

### **Заключение**

Приведенные экспериментальные и теоретические данные, на взгляд автора [4-6], убедительно показывают следующее. Дальнейшее изучение физики сейсмического процесса (не только отдельно взятого очага землетрясения, но и их совокупностей, рассматриваемых в реальном геофизическом пространстве и во времени) и, как следствие, построение прогноза землетрясений не возможно без создания сети, способной регистрировать циркулярнополяризованные (спиновые) сейсмотектонические волны и определять их параметры. Накопление и осмысление данных, получаемых такой наблюдательной сетью, создаст хороший фундамент для интерпретации с физических позиций вращательных эффектов в сейсмических, тектонических, геологических и геодинамических процессах, протекающих как на Земле, так и на других планетах [28].

В то же время, согласно [31], волн такой поляризации в твердом теле быть не может «по определению». Необходимо пересмотреть ставшие уже «классическими» подходы к решению задач из области физики твердого тела и начать переформулировать такого рода задачи на язык блоковой геофизической и геологической среды.

### **Список литературы**

1. Аносов Г.И., Константинова Т.Г., Делемень И.Ф. Некоторые сведения о крутильных деформациях при землетрясениях в связи с развитием методов сейсмического микрорайонирования и усиления зданий // Вихри в геологических процессах / Ред. А.В. Викулин. Петропавловск-Камчатский: КГПУ. 2004. С. 246-252.
2. Ахизер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Спиновые волны. М.: Наука, 1967. 368 с.
3. Быков В.Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176-1190.
4. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003. 150 с.
5. Викулин А.В. Уединенные тектонические волны поворотной деформации как результат вращения планеты // Геофизический журнал. 2002. Т. 24. № 4. С. 90-101.
6. Викулин А.В. Крутильные сейсмические колебания и их регистрация // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Выпуск 3. Материалы Всероссийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты». Иркутск, ИЗК СО РАН. 20-23 сент. 2005. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. С. 180-181.
7. Викулин А.В., Тверитинова Т.Ю. Энергия тектонического процесса и вихревые геологические структуры // Доклады РАН. 2007. Т. 413. № 3. С. 372-374.
8. Вихри в геологических процессах / Ред. А.В. Викулин. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2004. 297 с.
9. Геологическая история территории СССР и тектоника плит / Ред. Л.П. Зоненшайн, Е.И. Приставакина. М.: Наука, 1989. 206 с.
10. Геолого-геофизический атлас Тихого океана. М-СПб: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 120 с.
11. Давыдов А.В., Долгих Г.И., Запольский А.М., Копвиллем У.С. Регистрация собственных колебаний геоблоков с помощью лазерных деформографов // Тихоокеанская геология. 1988. №2. С. 117-118.
12. Дроздюк В.Н. Кручение зданий при землетрясениях // Вихри в геологических процессах (ред. А.В. Викулин). Петропавловск-Камчатский: КГПУ. 2004. С. 257-259.
13. Егунов К.В. Проблемы проектирования на сейсмостойкость протяженных и несимметричных сооружений // Сейсмостойкое строительство. 2000. № 1. С. 23-30.
14. Жунусов Т.Ж., Кузьмина Н.В., Токмаков В.А., Харин Д.А. Поворотные колебания высотного здания // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 21. М.: Наука, 1980. С. 112-116.
15. Ли Сы-гуан. Вихревые структуры Северо-Западного Китая. М.-Л.: Госгеолтехиздат. 1958. 130 с.

16. Лукьянов А.В. Нелинейные эффекты в моделях тектогенеза // Проблемы геодинамики литосферы. М.: Наука, 1999. С. 253-287.
17. Мелекесцев И.В. Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного вулканизма. М.: Наука. 1979. С. 125-155.
18. Пейве А.В. Тектоника и магматизм // Изв. АН СССР, сер. геологическая, 1961. № 3. С. 36-54.
19. Полетаев А.И. Ротационная тектоника земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97-100.
20. Потапов А.И. Волны деформации в среде с внутренней структурой // Нелинейные волны 2004. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. С. 125-140.
21. Рикитаке Т. Геодезические и геологические данные о японской островной дуге и ее обрамлении // Окраины континентов и островные дуги. М.: Мир. 1970. С. 216-236.
22. Ротационные процессы в геологии и физике / Ред. Е.Е. Милановский. М.: ДомКнига, 2007. 528 с.
23. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // Доклады АН СССР. 1979. Т. 247. № 4. С. 829-831.
24. Садовский М.А. Новая модель геофизической среды // Bulgarian Geophys. J. 1986. Т. XII. № 2. P. 3-10.
25. Сато Х. Повторные геодезические съемки // Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. М.: Недра. 1984. С. 108-120.
26. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1. М.: Наука, 1973. 536 с.
27. Слензак О.И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка. 1972. 181 с.
28. Тверитинова Т.Ю. Викулин А.В. Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2005. № 5. С. 59-77.
29. Халчанский С.А. Проблема регистрации угловых перемещений в сейсмологии // Сейсмические приборы. Вып. 30. М.: ОИФЗ РАН. 1998. С. 80-82.
30. Черных Г.П. Землетрясение у берегов Камчатки 4 мая 1959 г. // Бюлл. Совета по сейсмологии АН СССР. 1960. №11.
31. Шебалин Н.В. Количественная макросейсмика (фрагменты незавершенной монографии) // Вычислительная сейсмология. Вып. 34. М.: ГЕОС, 2003. С. 57-200.
32. Юркина М.И. Принципы механики, определение вращения Земли и изучение ее внутреннего строения // Ротационные процессы в геологии и физике. М.: ДомКнига, 2007. С. 403-410.
33. Daly M.C. Correlation between Nazka-Farallon plate kinematics and forearc basin evolution in Ecuador // Tectonics. 1989. 8. N 4. P.769-790.
34. Earthquake source asymmetry, structural media and rotation effects / Eds. R. Teisseyre, M. Takeo, E. Majewski. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006. 582 p.
35. Forsyth D., Uyeda S. On the relative importance of the driving forces of plate motion // Geophys. J. R. Astr. Soc. 1975. V. 43. P. 163-200.
36. Fujiwhara S., Tsujimura T., Kusamitsu S. On the Earth-vortex, Echelon Faults and allied Phenomena // Gerlands Beitrage zur Geophysik, zweite Supplementband. 1933. P. 301-360.
37. Geist E.L., Childs J.R., Scholl D.W. The origin of basins of the Aleutian ridge: implications for block rotation of an arc massif // Tectonics. 1988. 7. N 2. P.327-341.
38. Huang B.S. Evidence for azimuthal and temporal variations of the rupture propagation of the 1999 Chi-Chi Taiwan, earthquake from seismic data recorded by a dense array // Geophys. Res. Lett. 2001. 28. P. 3370-3380.
39. Lee J.S. Some Characteristic Structural Types in Eastern Asia and Their Bearing upon the Problems of Continental Movements // Geol. Mag. LXVI. 1928. P. 422-430.
40. Lomnitz C. Some observations of gravity waves in the 1960 Chile earthquake. // Bull. Seism. Soc. Am. 1970. 59. P. 669-670.
41. Lomnitz C. Mexico 1985: the case for gravity waves // Geophys. J. Letter. 1990. v. 102. P. 569-572.
42. Lomnitz C., Castanos H. Earthquake hazard in the valley of Mexico: entropy, structure, complexity // Earthquake source asymmetry, structural media and rotation effects. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006. P. 347-364.
43. Matuzawa T. On the possibility of gravitational waves in soil and allied problems. // J. Inst. Astr. Geophys. 1925. 3. P. 161-174.
44. Newmark N.M. Torsion in symmetrical buildings // Proc. Fourth World Conference on Earthquake Engineering. Santiago, Chile, 1969. 3. P. 19-32.
45. Nigborn R. Six-degree-of-freedom ground-motion measurement // Bull. Seism. Soc. Am. 1994. 84. P. 1665-1669.
46. Nur A., Ron H., Scotti O. Fault mechanics and the kinematics of block rotation // Geology. 1986. 14. P.746-749.
47. Richter C.F. Elementary seismology. San Francisco: W.H.Freeman and Co., 1958. 768 p.
48. Takeo M. Ground rotational motions recorded in near-source region of earthquakes // Geophys. Res. Lett. 1998. 25. P. 789-792.
49. Vikulin A.V. Earth rotation, elasticity and geodynamics: earthquake wave rotary model // Earthquake source asymmetry, structural media and rotation effects. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006. P. 271-289.