

УДК 550.348

## О ПРИРОДЕ ВИХРЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ

**А.В. Викулин**

*Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 68300, e-mail: [vik@kcs.iks.ru](mailto:vik@kcs.iks.ru)*

**Вращательное движение – как свойство пространства-времени Вселенной.** Вращательное движение вещества характерно для всего диапазона масштабов от галактик и звездных систем ( $R \sim 10^{20}$  м) до элементарных частиц ( $R \sim 10^{-15}$  м). При этом время жизни спиралевидных рукавов галактик составляет миллиарды лет ( $\tau \sim 10^{17}$  сек), а короткоживущие частицы ( $\tau \sim 10^{-23}$  сек) – резонансы от рождения уже обладают вполне определенным внутренним моментом количества движения - спином. На звездном уровне, например, в нашей Солнечной системе, движение планет и прилегающего к ним вещества подчиняется квазипотенциальному вращению [30]. На планетарном уровне вращательные движения проявляются

в виде циклонов ( $R \sim 10^6$  м) в атмосферах, течений в мировом океане, а также кольцевых [11, 13] и вихревых [20, 21] образований ( $R \sim 10^2 - 10^6$  м), объединенных в пределах твердой части литосферы в планетарную систему [29]. Одним из результатов движения блоков твердой среды является образование дислокаций и дисклинаций. Их размеры и характерные времена изменяются в широких пределах: от микротрещин  $R \sim 10^{-8}$  м,  $\tau \sim 10^{-8}$  сек [7] до очагов сильнейших землетрясений  $R \sim 10^6$  м,  $\tau \sim 100$  лет  $\sim 10^9$  сек [3] и, возможно, сейсмических поясов  $R \sim 10^8$  м,  $\tau \sim 10^8$  лет  $\sim 10^{15}$  сек [5]. Эффекты поворота макрообъемов на углы  $10^0$  и более (эффекты вращения) выявлены и в твердых телах [6]. Как показали результаты, полученные в последние десятилетия, такие эффекты связаны с перестройкой структуры твердого тела, происходящей на «мезоуровне»  $R \sim 10^{-7} - 10^{-3}$  м,  $\tau \sim 10^{-8}$  сек [25].

Как видим, вращательные движения характерны для различных пространственно-временных масштабов независимо от физического состояния вещества. При этом в любой области Вселенной имеют место вращения всех масштабов, что, по-видимому, позволяет принять гипотезу о «равномерной завихренности» пространства.

**Ротация и упругость.** В последнее время получила всеобщее признание концепция блокового строения геофизической среды. Имеется много независимых геофизических данных [9, 32, 33, 37], данных прямых геодезических [26, 34] и наклономерных [10] измерений, указывающих на поворотный характер движения слагающих земную кору блоков и плит. В этой связи была рассмотрена задача о полях напряжений, возникающих вокруг упруго сцепленных с окружающей средой поворачивающихся за счет внутренних источников блоков, являющихся частыми вращающегося твердого тела. Задача решалась в три этапа [3].

Аналитически решена задача о поле упругих напряжений, возникающих вокруг упруго сцепленного с окружающей средой поворачивающегося за счет внутренних источников шарового блока, являющегося частью вращающегося твердого тела. Полагалось, что изменение момента количества движения блока компенсируется моментом силы возникающего вокруг него упругого поля. Доказан дальнедействующий характер такого упругого поля, что позволило перейти к рассмотрению цепочки блоков.

Феноменологически решена задача об упругом поле, возникающем вокруг цепочки равномерно поворачивающихся блоков. Установлено существование двух классов волновых решений: солитонов и экситонов, с помощью которых оказалось возможным описать весь спектр скоростей миграции тихоокеанских землетрясений как функции сбрасываемой в их очагах упругой энергии (магнитуды). Оказалось, что «нулевые» колебания цепочки, по своим параметрам совпадающей с окраиной Тихого океана, вызывают нутацию полюса планеты с амплитудой и частотой, соответствующей колебанию Чандлера.

Учет трения и неравномерности поворота блоков в цепочке позволило установить класс решений, ответственных за их взаимодействие с уединенными (тектоническими) вол-

нами. В этом классе численными методами выявлено решение, описывающее как форшоковую и афтершоковую стадии, так и содержащее такую неустойчивость, заключенную между ними, которая, по сути, соответствует главному толчку.

Таким образом, в рамках одной модели – ротационного волнового сейсмического процесса, был получен такой набор решений, который, во-первых, объясняет наблюдаемый спектр значений скоростей миграции землетрясений (включая нутацию полюса Земли) или соответствующих им тектонических (сеймотектонических) волн и, во-вторых, описывает и сам процесс землетрясения и его форшоковую и афтершоковую стадии.

**Ротация и тектоника.** Проблема вращательных движений в плитовой тектонике не нова [20, 21, 23]. Движение плит, согласно «ротационному» принципу, вследствие вращения Земли должно приводить к появлению вокруг них (как и вокруг поворачивающихся «элементарных» сейсмофокальных блоков) полей упругих напряжений, имеющих соответствующим образом ориентированные моменты сил [3]. С физической точки зрения постановка такой задачи вполне закономерна. И данные по кольцевым и вихревым структурам, выявленным на планетах и их спутниках в Солнечной системе, подтверждают это. Действительно, на планетах и спутниках, скорость вращения которых меньше земной и марсовой, например, Венере и Луне, вихревые структуры отсутствуют, а кольцевые структуры имеют не тектоническое, а вулканическое или метеоритное происхождение [8, 11, 21, 36].

Таким образом, и географические очертания границ тектонических плит и блоков и их сейсмическая активность на вращающейся планете должны определяться полем «дальнодействующих» упругих напряжений, образующихся в литосфере. При этом сейсмический процесс, как и геофизическая среда, в которой он реализуется, характеризуется сильно нелинейными свойствами. Такие свойства описываются с помощью сильно нелинейных уравнений Кортевега-де-Вриза, синус-Гордона, Бусинеска, Шредингера и др., отличительной особенностью которых является наличие решений в виде уединенных волн (солитонов) и (или) маятниковых волн [1, 3, 15, 22, 23, 28].

**«Квант» сеймотектонической активности.** Сеймотектонический планетарный по масштабу процесс имеет «квантовую» составляющую, достаточно отчетливо проявляющуюся в виде чередующихся с определенным шагом «сгущений» и «разряжений» траекторий движения полюса при нутации Земли [3]. По физической сути, близкие выводы были получены и другими исследователями [12, 14, 19, 24, 27, 31, 35]. Например, в [24] показано, что описание сейсмического процесса получится более полным, если принять гипотезу о существовании в твердой Земле подвижных макросейсмических дефектов – сейсмонов, ответственных за подготовку и реализацию землетрясений и сейсмического процесса, в целом. Введение такой гипотезы напрямую связано с неоднородным (блоковым) строением геофизической среды и вращением Земли.

Итак, вращательные движения фрагментов вещества не зависимо от его состояния имеют место в пределах больших пространственных масштабов и протяженных отрезков времени. При этом с одной стороны, фрагменты вещества вращаются, их движение описывается сильно нелинейными уравнениями и имеет «квантовую» составляющую. С другой стороны – элементарные частицы имеют собственный (внутренний) момент количества движения (спин) и их движение описывается уравнением Шредингера.

Как известно [18, с. 38], «волновое уравнение Шредингера играет в квантовой механике ту же роль, что уравнение Ньютона в классической механике» или, как теперь ясно, сильно нелинейные уравнения, в том числе уравнение Шредингера, в геомеханике. При этом, в квантовой механике связь момента количества движения со свойствами симметрии по отношению к вращениям, как отмечалось в [17, с. 234-235], «становится в особенности глубокой, делаясь по существу основным содержанием понятия о моменте... Момент приобретает смысл квантового числа. ... Становится несущественным вопрос о его происхождении, и мы приходим естественным образом к представлению о «собственном» моменте, который должен быть приписан частице вне зависимости от того, является ли она «сложной» или «элементарной»».

**Обсуждение результатов.** Как видим, вращательные движения являются неотъемлемым внутренним свойством материи во всем наблюдаемом пространственно - временном масштабе от галактик  $R \sim 10^{25}$  м и, возможно, скоплений галактик  $R \sim 10^{27}$  м,  $\tau \sim 10^{10}$  лет  $\sim 10^{17}$  сек до элементарных частиц  $R \sim 10^{-15}$  м,  $\tau \sim 10^{-23}$  сек. Приведенные данные и обзор позволяют предложить следующую гипотезу, с помощью которой, как нам представляется, можно объяснить природу такого движения. А именно, вращательное движение, по сути, является собственным (внутренним) свойством пространства-времени Вселенной. В соответствии с современными представлениями физики (космогонии, механики сплошных сред, квантовой механики) такое свойство материи, по сути, является фундаментальным, так как наблюдается в пределах 40 (!) порядков независимо от состояния вещества (плазменного, газообразного, жидкого или твердого). Такое свойство могло быть «придано» материи, по видимому, только в момент Большого взрыва.

Представляется, что в рамках такого подхода очевидным образом объясняются вихревые структуры в твердых частях планет солнечной системы [11, 13, 20, 21, 36] – их существование, как и спина у элементарной частицы, должно, по сути, *постулироваться*. В свою очередь, наличие таких структур позволяет в рамках гидростатической теории достаточно просто объяснить нешаровую форму планеты с помощью решений Дирихле-Римана задачи равновесия формы капли вращающейся гравитирующей жидкости [16, 24].

Мир, несмотря на его кажущееся многообразие, управляется небольшим числом законов, являющихся следствиями симметрии пространства-времени. В настоящее время принято считать, что любые взаимодействия каких угодно объектов могут быть сведены к четырем фундаментальным взаимодействиям. Представляется, что среди них отсутствуют взаимодействия, с помощью которых можно было бы попытаться объяснить «центробежно-упругую» взаимосвязь между плитами и блоками на вращающихся планетах и их спутниках. По-видимому, учет масштаба мезоуровня, характерного для звездных систем и планет, а также специфики вращательного движения «элементарных» образований (его «квантовых» [2], «центробежно-упругих» [4] и, по-видимому, других свойствах) может привести к появлению новых физических представлений, уточняющих наши знания о свойствах пространства-времени. Эти представления должны опираться на такое фундаментальное взаимодействие, которое способно будет объяснить существование вращательных движений во всем наблюдаемом пространственно-временном масштабе от галактик до элементарных частиц.

Вопросы вихревых движений в природных процессах в очень широком аспекте рассматривались на региональном семинаре «Вихревые движения в геологических процессах», проводимом под эгидой Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр» (КРАУНЦ) в марте 2003 г. в Петропавловске-Камчатском. Одним из результатов семинара является вывод о том, что проблема вихревых движений в геологических процессах по-прежнему находится на уровне 50<sup>x</sup> годов прошлого столетия, когда она впервые и была обозначена Ли Сы-Гуаном [20, 21]. Решить эту проблему, как полагает автор настоящей работы, по-видимому, можно будет только на таком качественно новом уровне, на котором окажется возможным дать описание вихревых движений во всем наблюдаемом пространственно-временном масштабе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В.Г. Нелинейные волновые процессы в геологических средах. Владивосток: Дальнаука, 2000. 190 с.
2. Викулин А.В. Квант сеймотектонической активности // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН, 2000. С. 220–234.
3. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса // Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН-КГПУ, 2003. 151 с.
4. Викулин А.В., Иванчин А.Г. Ротация и упругость // Вопросы материаловедения. № 1. (29). СПб.: ЦНИИ КМ «Прометей», 2002. С. 435–441.
5. Викулин А.В., Мелекесцев И.В. Сейсмичность, вулканизм Тихого океана и вращение планеты // Българско геофизично списание. 1997. Т. XXIII. № 1. С. 62-68.
6. Владимиров В.И., Романов А.Е. Дисклинации в кристаллах. Л.: Наука, 1970. 224 с.

7. Вопросы материаловедения. № 1. (29). СПб.: ЦНИИ КМ «Прометей», 2002. 480 с.
8. Галкин И.Н. Геофизика Луны. М.: Наука, 1978. 176 с.
9. Геологическая история территории СССР и тектоника плит (ред. Л.П.Зоненшайн, Е.И.Приставакина). М.: Наука, 1989. 206 с.
10. 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.
11. Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И., Сулиди-Кондратьев Е.Д. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность. М.: Наука, 1989. 190 с.
12. Котляр П.Е., Ким В.И. Положение полюса и сейсмическая активность Земли. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1994. 126 с.
13. Кулаков А.П. Морфоструктуры Востока Азии. М.: Наука, 1986. 176 с.
14. Курбасова Г.С., Корсунь А.А., Рыхлова Л.В. и др. Статистическая взаимосвязь десятилетних вариаций в среднегодовых данных об изменении некоторых геодинамических, геофизических и гелиофизических параметров // Астрономический журнал. 1997. Т. 74. № 1. С. 139-145.
15. Курленя М.В., Опарин В.Н. Проблемы нелинейной геомеханики. Ч. II // ФТПРПИ. 2000. № 4. С. 3-26.
16. Ламб Г. Гидродинамика. М.- Л.: Гостехиздат, 1947. 928 с.
17. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974. 752 с.
18. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Том II . М.: Наука, 1971. 936 с.
19. Левый Н.В. Некоторые вопросы теории распределения землетрясений по энергии // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 212-219.
20. Ли Сы-Гуан. Вихревые структуры Северо - Западного Китая. М.-Л.: Госгеолтехиздат, 1958. 130 с.
21. Мелекесцев И.В. Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного вулканизма. М.: Наука, 1979. С. 125-155.
22. Николаев А.В. (ред.) Проблемы нелинейной сеймики. М.: Наука, 1987. 288 с.
23. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидодинамика. М.: Недра, 1996. 448 с.
24. Поплавский А.А., Соловьев В.Н. Гипотеза о макросейсмическом дефекте, порождающем землетрясения // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 235-242.

25. Рыбин В.В. Закономерности формирования мезоструктур в ходе развитой пластической деформации // Вопросы материаловедения № 1 (29). СПб.: ЦНИИ КМ «Прометей», 2002. С. 11–33.
26. Рикитакэ Т. Геофизические и геологические данные о Японской островной дуге и ее обрамлении // Окраины континентов и островные дуги. М.: Мир, 1970. С. 216-236.
27. Стейси Ф. Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
28. Хаврошкин О.Б. Некоторые проблемы нелинейной сейсмологии. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 285 с.
29. Шейдеггер А. Основы геодинамики. М.: Недра, 1987. 384 с.
30. Шило Н.А., Латкин А.С. Математическая интерпретация вихревой структуры протопланетного облака Солнечной системы. Тихоокеанская геология. 1987. № 4. С. 122–124.
31. Anghel M. Macro and megascopic quantization. The seismon model // Cent. Inst. Phys. (rep.), 1989, EP 4, P. 1-12.
32. Daly M.C. Correlation between Nazca-Farallon plate kinematics and forearc basin evolution in Ecuador // Tectonics. 1989. 8. N 4. P. 769-790.
33. 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.
34. Hashimoto M., Tada T. Horizontal Crustal movements in Hokkaido and its tectonic implications // Jour. Seismol. Soc. Jap. 1988. 41. N 1. P. 29-38.
35. Kanamori H. Quantification of great earthquakes // Tectonophysics. 1978. 49. N 3-4. P. 207-210.
36. Maps of part of the Northern hemisphere of Venus. Miscellaneous investigations series / Published by the U.S. Geological Survey, 1989.
37. Nur A., Ron H., Scotti O. Fault mechanics and the kinematics of block rotation // Geology. 1986. 14. P. 746-749.