

УДК 517.958+622.011.4;622.023

## О ВКЛАДЕ ПРИЛИВНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ВРАЩЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ЗЕМЛИ

© 2011 г.

*Ю.М. Григорьев, А.Н. Мохначевский, О.Е. Скрябина*

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск

grigyum@yandex.ru

*Поступила в редакцию 24.08.2011*

На основе кинематического подхода разработаны плоская и трехмерная математические модели приливных деформаций жидкого и твердого ядер Земли. Аналитически решены краевые задачи плоской модели методом малого параметра в первом порядке приближения. Получен эффект дифференциального вращения внутреннего ядра с восточным дрейфом. При этом получена явная формула, связывающая угловые скорости вращения ядра и Земли в первом порядке приближения.

*Ключевые слова:* математическая модель, приливная деформация, ядро Земли, дифференциальное вращение.

Есть три подхода к изучению проблем динамики внутренних масс Земли. Первый подход – обработка сейсмических данных. Именно с помощью этого подхода получены данные, которые интерпретируют как результат дифференциального вращения внутреннего твердого ядра Земли [1]. Впервые это явление было предсказано при моделировании геомагнитного поля [2]. Однако возможны и другие интерпретации этих же данных [3], из которых не следует факт дифференциального вращения ядра. Второй подход – лабораторное моделирование [4, 5]. В этом направлении получены экспериментальные данные по движению внутренних масс Земли. В частности, показано, что в зависимости от параметров материала модели и области возможен как западный (скорость вращения ядра немного меньше скорости вращения Земли), так и восточный дрейф ядра Земли (скорость ядра немного больше скорости Земли). Такое лабораторное моделирование позволяет получать только качественные результаты. И, наконец, третий подход – метод математического моделирования [6–8 и др.]. Такой подход может дать какие-то количественные результаты по данной проблеме. Для получения полной картины ситуации представляется необходимым учитывать результаты всех трех методов как взаимодополняющих друг друга. Из первых опубликованных данных следует, что за год внутренне ядро Земли поворачивается относительно поверхности на 0.3–0.5 градуса дуги, но в последних работах наблюдается тенденция уменьшения этой величины. В настоящее время эту величину считают порядка нескольких минут. Движения жидкого и

твердого ядер Земли играют существенную роль в различных геофизических процессах. В частности, по теории «геомагнитного динамо» магнитное поле Земли образуется за счет этого движения проводящих масс.

Излагаются результаты, полученные методом математического моделирования, которые позволяют сделать вывод о наличии вклада приливного деформирования Земли на величину дифференциального вращения внутреннего ядра Земли.

На основе кинематического подхода разработана плоская математическая модель приливных деформаций жидкого и твердого ядер Земли. Кинематический подход при моделировании приливных деформаций, в отличие от других подходов, позволяет существенно упростить применяемые математические методы. Аналитически решены краевые задачи плоской модели методом малого параметра в первом порядке приближения. Получен эффект дифференциального вращения внутреннего ядра с восточным дрейфом. При этом получена явная формула, связывающая угловые скорости вращения ядра и Земли в первом порядке приближения. По этой формуле для относительной угловой скорости внутреннего ядра получено значение 0.39 мин в год. Визуализированы линии тока течения жидкого ядра, вызванные приливными деформациями.

Также на основе кинематического подхода разработана трехмерная математическая модель приливных деформаций жидкого и твердого ядер Земли. Деформированное приливными силами (лунные приливы) жидкое ядро моделируется эллипсоидом вращения с малым эксцентриситетом,

наполненным вязкой несжимаемой жидкостью, описываемой в приближении Стокса. Внутреннее твердое ядро моделируется шаровой полостью в центре этого эллипсоида, на границе жидкого и твердого ядер ставятся условия прилипания. Найдено кинематически совместимое поле скоростей на поверхности эллипсоида вращения, имитирующее приливные деформации в рамках кинематической модели. В исходной задаче угловая скорость вращения внутреннего ядра неизвестна, она должна определяться после нахождения поля скоростей в жидком ядре из условия существования стационарного решения системы Стокса – равенства нулю полного момента вязких сил, приложенных к внутреннему ядру. Разработан метод малого параметра для аналитического решения задачи о нахождении поля скоростей внутри такого двусвязного трехмерного тела. При этом решение исходной задачи сводится к решению последовательности краевых задач для системы Стокса внутри шарового слоя с краевыми условиями первого рода.

Для решения таких задач разработан метод собственных векторных функций, отличный от известного. Этот метод позволяет выписать решение вышеуказанной задачи в виде бесконечной двойной суммы, коэффициенты которой находят-

ся из систем алгебраических уравнений.

Дальнейшее развитие трехмерной модели позволит оценить реальный вклад приливного деформирования в величину дифференциального вращения внутреннего ядра Земли, учесть вклад солнечных приливов.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №09-01-00301.*

#### Список литературы

1. Song X., Richards P.G. // Nature. 1996. V. 382. P. 221–224.
2. Glatzmayer G., Roberts P. // Phys. Earth Planet. 1995. No 91. P. 63–75.
3. Кузнецов В.В. // Науки о Земле: Современные проблемы сейсмологии. М., 2001. С. 68–83.
4. Ревуженко А.Ф., Бобряков А.П., Косых В.П. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1997. №3. С. 37–42.
5. Кондратьев С.В., Родионов В.Н. // Физические поля и динамика взаимодействующих геосфер: Сб. научн. трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2007. С. 337–340.
6. Авсюк Ю.Н. // ДАН СССР. 1973. Т. 212, №5.
7. Вильке В.Г. // Прикладная математика и механика. 2006. Т. 70. Вып. 4. С. 617–630.
8. Григорьев Ю.М., Скрябина О.Е. // Вестник СибГАУ. 2008. №4(21). С. 68–72.

## ON THE CONTRIBUTION OF TIDAL DEFORMATION INTO THE DIFFERENTIAL ROTATION OF THE EARTH'S INNER CORE

*Yu.M. Grigoriev, A.N. Mokhnachevsky, O.E. Skryabina*

Based on the kinematical approach, two- and three-dimensional mathematical models of tidal deformations of liquid and solid cores of the Earth are developed. Boundary value problems of the two-dimensional model are solved by the small parameter method. The effect of differential rotation of the inner core with the eastern drift is obtained. The formula correlating the angular velocity of rotation of the Earth's core and mantle is obtained.

*Keywords:* mathematical modeling, tidal deformations, inner core, differential rotation.