

## О СВЯЗИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ЖИДКОМ ЯДРЕ ЗЕМЛИ С ГЕОМАГНИТНЫМИ ДЖЕРКАМИ, ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ И ВАРИАЦИЯМИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СУТОК

М.Б.Гохберг<sup>1</sup>, Е.В.Ольшанская<sup>1</sup>, О.Г.Чхетиани<sup>2,3</sup>, С.Л.Шалимов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Москва

<sup>2</sup>Институт физики атмосферы, им. А.М. Обухова, Москва

<sup>3</sup>Институт космических исследований, Москва

E-mail: pmsk7@mail.ru

**Аннотация.** Повторяемость геомагнитных джерков коррелирует не только с вариациями частоты вращения Земли, но также с частотой достаточно сильных ( $M \geq 6$ ) землетрясений. Возможный механизм, обуславливающий связь перечисленных явлений может определяться спиральностью турбулентных движений в жидком ядре Земли, которые приводят к локальным возмущениям скорости.

### 1. Введение

Геомагнитные джерки – это сравнительно резкие изменения в скорости вековых вариаций одной или нескольких компонент магнитного поля Земли. Один из самых заметных геомагнитных джерков наблюдался в течение нескольких месяцев 1969-1970 гг. независимо на многих станциях мира. Другие события наблюдали в 1901, 1913, 1925, 1978, 1991, 1999 гг. [1-3]. Джерки, однако, не всегда наблюдаются на всех станциях, а те, которые наблюдаются, не всегда одновременны.

Физические процессы, обуславливающие джерки, время их появления (причины их повторяемости), пространственное распределение (временные задержки их регистрации на разных станциях) не имеют общепринятого объяснения. Предполагалось [4], что джерки могут быть проявлением суперпозиции крутильных колебаний во внешнем ядре Земли, а различия в их регистрации вызваны морфологическими вариациями магнитного поля на границе ядро-мантия (core-mantle boundary, CMB). Предполагалось также [5,6], что временные задержки в

наблюдении джерка на разных магнитных станциях обусловлены различиями в проводимости мантии.

Появление джерков коррелирует с изменениями частоты вращения Земли (length of day, LOD), причем джерки опережают изменения LOD на несколько лет [7]. Такая корреляция указывает на взаимодействие между ядром и мантией.

В работе [8] было обнаружено, что 20-летний цикл повторяемости сильных землетрясений с  $M \geq 6$  подобен изменениям частоты вращения земли с периодом около 20 лет. Предполагалось, что процессы, происходящие в жидком ядре Земли и обусловленные спиральностью турбулентных движений в нем, могут приводить к локальным возмущениям скорости. Эти возмущения, в свою очередь, в результате механического воздействия на мантию всплывающих вихрей, могут вызывать модуляцию частоты вращения Земли и соответствующую повторяемость сильных землетрясений в сейсмически активных зонах.

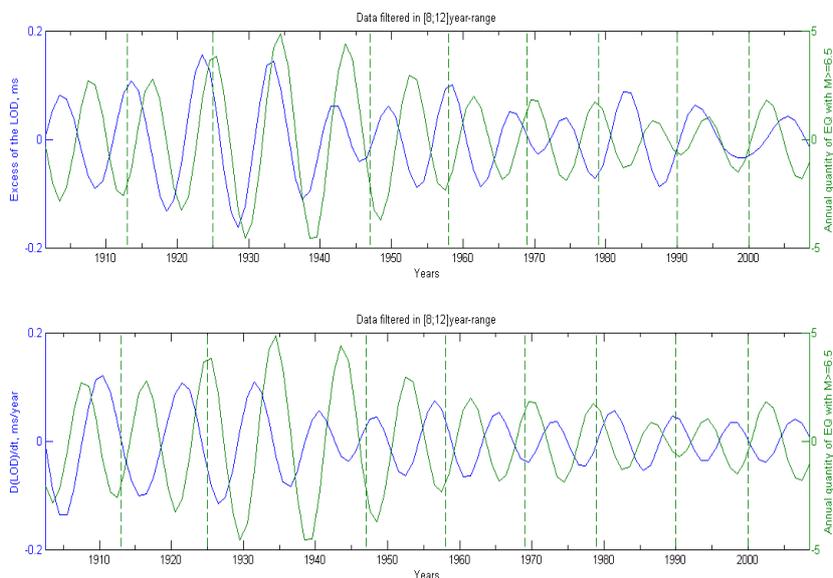
В настоящей работе на более обширном и новом экспериментальном материале рассмотрена корреляция землетрясений и вариаций вращения Земли, а также их корреляция с джерками.

## **2. Корреляция джерков с землетрясениями и вариациями вращения Земли**

Как и в работе [8], в качестве исходных данных использованы непрерывные ряды годового количества землетрясений из каталога Геологической службы США [9] и годовых величин разностей между длительностью эфемеридных и солнечных суток [10], однако в данной работе эти ряды взяты на большем интервале (1900-2008 гг.). Кроме того, к обоим рядам наблюдений применено снятие постоянного тренда и сглаживание скользящим средним с интервалом в 4 года.

Автоспектры данных (не показаны) по землетрясениям с  $M \geq 6.5$  и вариациям длительности суток, фильтрованные в интервале 8-12 лет (см. рисунок), имеют максимум вблизи 10 лет.

На рисунке штриховыми вертикальными линиями отмечены моменты джерков. Видно, что джерки следуют с квазипериодом приблизительно в 10 лет и при этом предшествуют вариациям числа землетрясений и длительности суток.



### 3. Обсуждение результатов и выводы

Считается, что в жидком ядре существуют флуктуации скорости, обусловленные композиционной и тепловой конвекциями, причем основная роль на данном этапе эволюции Земли принадлежит композиционной конвекции. Эта конвекция может возникнуть в результате кристаллизации расплава железа (с примесью легкой компоненты) на поверхности внутреннего ядра при остывании планеты с последующим всплыванием легкой компоненты расплава, выделяющейся при кристаллизации [11]. Структура и параметры конвективных потоков зависят от величины безразмерного числа Брагинского (аналогичного числу Релея для тепловой конвекции)  $Br = \mu g \beta d^4 / \nu D$ , где  $\mu$  - коэффициент объемного расширения при изменении концентрации,  $\beta$  - градиент легкой компоненты,  $g$  - гравитационное ускорение,  $d$  - масштаб жидкого ядра,  $\nu$ ,  $D$  - коэффициенты вязкости и диффузии соответственно. Превышение числом  $Br$  критической величины, например, за счет увеличения градиента легкой компоненты, приводит к конвекции. При этом

композиционная конвекция в жидком ядре должна быть турбулентной из-за большого числа Рейнольдса [12]. Конвективные потоки, поднимающиеся от твердого внутреннего ядра к мантии, закручиваются под действием силы Кориолиса и приобретают спиральность. Турбулентность, обладающая спиральностью, может приводить к генерации крупномасштабных возмущений скорости [13].

Используя уравнение для завихренности и оценки для характерного времени формирования крупномасштабных возмущений скорости в ядре  $\tau_* = 1/\gamma_*$  и их масштабов  $l_*$  получим  $\tau_* \sim 10$  лет,  $l_* \sim 200$  км. Такие масштабы завихренности оказываются одного порядка с теми, которые следуют из спутниковых измерений [14]. При этом характерное время формирования крупномасштабных возмущений оказывается близким к частоте повторяемости джерков. Это указывает на возможность генерации джерков быстрым развитием вихревых движений в ядре. При этом джерки могут предшествовать вариациям числа сильных землетрясений и скорости вращения Земли.

### Литература

1. Alexandrescu M., Gibert D., Hulot G., LeMouel J.L. Detection of geomagnetic jerks using wavelet analysis // *J. Geophys. Res.* 1995. V.100. P.12557-12572.
2. Macmillan S. A geomagnetic jerk for the early 1990's // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1996. V.137. P.189-192.
3. Manda M., Bellanger E., LeMouel J.-L. A geomagnetic jerk of the end of the 20<sup>th</sup> century // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2000. V.183. P.369-373.
4. Bloxham J., Zatman S., Dumberry M. The origin of geomagnetic jerks // *Nature.* 2002. V.420. P.65-68.
5. Alexandrescu M., Gibert D., LeMouel J.L., Hulot G. An estimate of average lower mantle conductivity by wavelet analysis of geomagnetic jerks // *J. Geophys. Res.* 1999. V.104. P.17135-17746.
6. Nagao H., Iyemori T., Higuchi T., Araki T. Lower mantle conductivity anomalies estimated from geomagnetic jerks // *J. Geophys. Res.* 2003. V.108. doi:10.1029/2002JB001786.

7. Holme R., de Viron O. Geomagnetic jerks and a high-resolution length-of-day profile for core studies // *Geophys. J. Int.* 2005. V.160. P.435.
8. Гохберг М.Б., Барсуков О.М., Моисеев С.С., Некрасов А.К. // Доклады РАН, т.341, №6, с.813.
9. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
10. <http://www.iers.org/nn10398/IERS/EN/Science/EarthRotation/LODplot.html?nnn=true>
11. Брагинский С.И. О строении слоя F и причинах конвекции в ядре Земли // ДАН. 1963. Т. 149. №6. С.1311.
12. Никитина Л.В., Рузмайкин А.А. Гидродинамические течения в планетарном ядре // Препринт №21(968). М.: ИЗМИРАН. 1991. 25 с.
13. Моисеев С.С. и др. Физический механизм усиления вихревых возмущений в атмосфере // ДАН. 1983. Т.273. С.549-553.
14. Pais M.A., Jault D. Quasi-geostrophic flows responsible for the secular variation of the Earth's magnetic field // *Geophys. J. Int.* 2008. V.173. P.422-443.