

СВЯЗЬ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ С НЕКОТОРЫМИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Пономарёва О.В.

*Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский,
ponomareva_ov@list.ru*

Введение

Вопросам, связанным с вариациями гравитационной постоянной (ГП), в последнее время уделяется самое пристальное внимание.

Как в теории тяготения Ньютона, так и в ОТО Эйнштейна ГП рассматривается как фундаментальная универсальная константа природы, неменяющаяся в пространстве и времени и независимая от свойств среды и гравитирующих масс.

Однако существуют варианты теории гравитации, предсказывающие переменность ГП. Впервые эту идею сформулировал в 1933 г. Милн. В 1937 г. Дирак предположил, что ГП уменьшается с течением космологического времени. Некоторые модели расширенной супергравитации (квантового обозначения ОТО) также предсказывают зависимость ГП от расстояния между взаимодействующими массами (например, между планетами). Впоследствии этой проблеме было посвящено большое количество работ [1-3, 5, 11].

Проводимые в настоящее время исследования позволяют сделать вывод о переменности ГП: в 1999 г. авторы [3, 5, 7] опубликовали результаты своих исследований вариаций ГП. В отчёте за 2005 г. Институт прикладной астрономии сообщил об определении оценки возможного изменения ГП [4].

Методика исследований

Механизм влияния вариаций ГП на сейсмическую активность (СА) Земли может быть следующий: изменяющаяся ГП меняет форму геоида. Изменение формы геоида связано с СА.

В настоящей работе предпринята попытка связать одно с другим. Ранее в [7, 10] подобные попытки уже предпринимались. В настоящем исследовании особенно скрупулёзно исследовались временные ряды вариаций ГП, которые были подготовлены по определённой технологии.

Цель работы:

- дать качественную (детерминированную) оценку взаимосвязи вариаций ГП с СА, периодическим движением полюса (ПДП) Земли и LOD (length of day);
- определить при помощи корреляционного анализа периоды, для которых целесообразно построение прогнозных моделей сейсмических событий.

В настоящем исследовании:

- рассчитаны уравнения орбитального движения барицентров планетных групп относительно Земли;
- выведены уравнения, описывающие изменение во времени гравитационного потенциала этих барицентров;
- определены параметры синодического движения барицентров планетных групп относительно друг друга.

Такой «барицентрический» подход позволяет, не усложняя математики, перейти к представлению барицентров планетных групп как объектов с переменной во времени массой, а в случае «ньютоновского» подхода объекты с переменной массой сами являются генераторами гравитационных волн.

Рассчитаны временные ряды за период (1810-2310) гг. значений «ньютоновой» силы, действующей между барицентрами и Землёй. Проведён Фурье-анализ полученных временных рядов. В частности было определено, что Земля с периодом $T_{\text{снд}}=3.2$ года попадает в положение между Юпитером и Венерой и как бы «растягивается» ими. Период $T=3.2$ года присутствует и в периодограммах вариаций ГП, и в периодограммах сейсмической активности Земли.

Для сравнения проведён Фурье-анализ следующих временных рядов: СА наиболее главных тектонических плит; ПДП Земли и LOD.

Описание исходных данных

В исследовании использовались временные ряды вариаций ГП с ежедневными значениями за период 1985-2000 гг. [5]. Значение G , усреднённое по всем измерениям, составляет: $G = (6.6729 \pm 0.0005) \cdot 10^{-11} [\text{Нм}^2\text{кг}^{-2}]$. Данные по СА Земли получены из [9], ПДП и LOD – из [6]. Данные по активности Солнца – из [12].

Обсуждение результатов

Сравнение периодограмм вариаций ГП и СА Аляски, разлома Сан-Андреас и Европы говорит о видимой взаимосвязи между вариациями ГП и вызываемыми ими сейсмическими процессами (рис. 1). По-видимому, они взаимосвязаны с фактически мультипольным (квадрупольным) изменением формы Земли под воздействием флуктуаций гравитационного поля Солнечной системы (СС).

Некоторая асинхронность и асинфазность в периодограммах вызвана, очевидно, антиподальным строением Земли и различной добротностью литосферы в исследуемых сейсмических районах Земли.

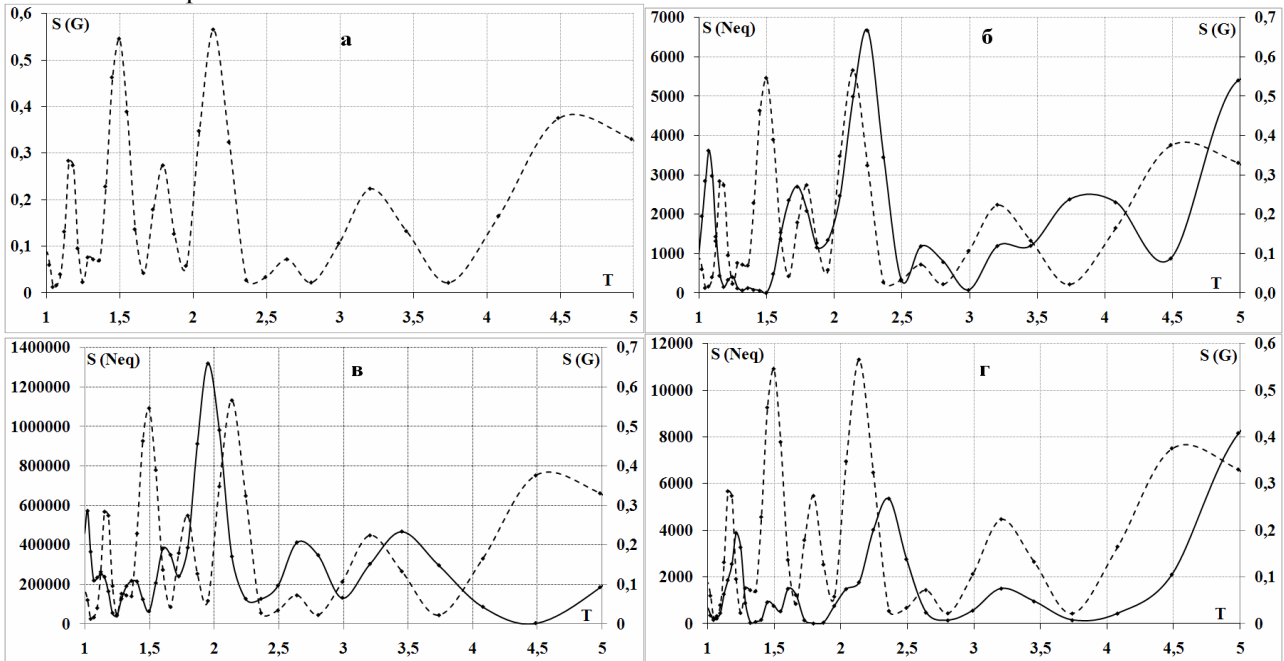


Рис. 1. Периодограммы вариаций ГП (а) и СА Аляски (б), СА разлома Сан-Андреас (в), СА Европы (г). Пунктирная линия – периодограмма вариаций ГП

Сравнительный анализ периодограмм вариаций ГП и СА материковой части плиты Наска, выполненный для различных интервалов магнитуд M , также выявил взаимосвязь между вариациями ГП и вызываемой ими СА, но уже со средними и большими значениями магнитуд (рис. 2).

Из корреляционного анализа периодограмм следует, что высокие коэффициенты корреляции вариаций ГП и СА плиты Наска наблюдаются в диапазоне периодов $T=(9.0-1.0)$ года на частоте, соответствующей $T=1.6$ года, для каждого интервала магнитуд, что объясняется совместным действием на Землю Венеры и Юпитера с периодом $T_{snd}=1.6$ года.

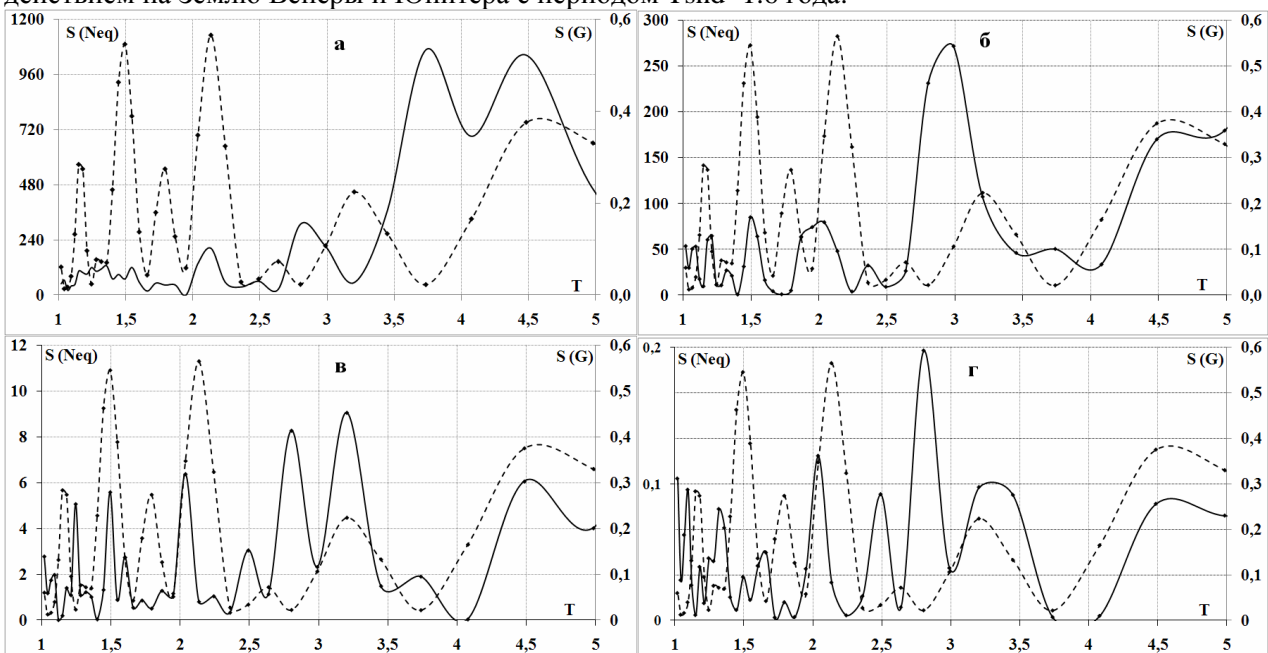


Рис. 2. Периодограммы вариаций ГП и СА плиты Наска с $M=3-3.99$ (а), $M=4-4.99$ (б), $M=5-5.99$ (в), $M=6-10$ (г). Пунктирная линия – периодограмма вариаций ГП

Сравнительный анализ вариаций ГП и СА Земли за период (1985-2000) гг. позволяет сделать вывод о том, что, по крайней мере, в области «малой» сейсмичности (с малыми магнитудами) наблюдается определённая корреляция вариаций ГП и сейсмической активности (рис. 3а-3в).

Анализ вариаций ГП и Солнечной активности выявляет взаимосвязь исследуемых процессов как для числа пятен северного полушария Солнца W_N , так и для южного полушария W_S , а так же общего числа Солнечных пятен W_{Summ} (рис. 3г).

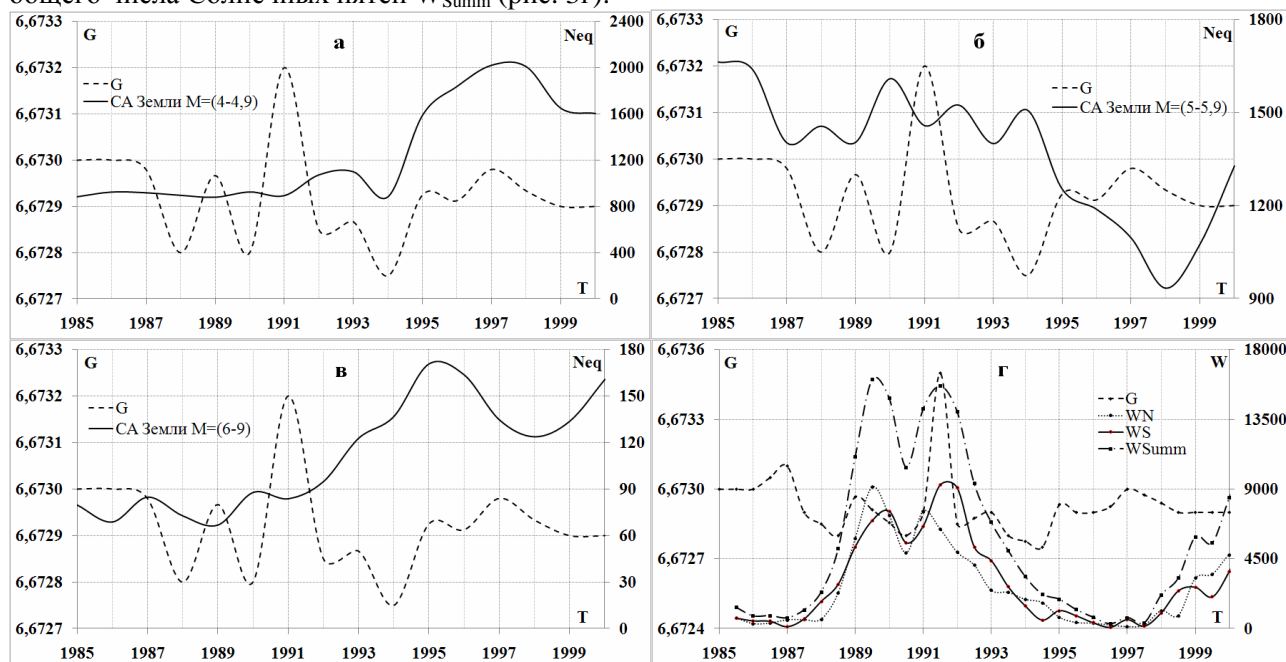


Рис. 3. Вариации ГП и СА Земли (число землетрясений) с магнитудой $M=4-4.99$ (а), $M=5-5.99$ (б), $M=6-9$ (в); и Солнечная активность (г) за период (1985-2000) гг. Пунктирная линия – периодограмма вариаций ГП

Обнаружена хорошая корреляция периодограмм вариаций ГП со значениями координаты X_p дрейфа среднего полюса Земли. Коэффициент корреляции составляет $K=-0.28696$ (рис. 4а, 4б).

Сравнительный анализ периодограмм вариаций ГП и LOD выявляет взаимосвязь исследуемых процессов (рис. 4в, 4г).

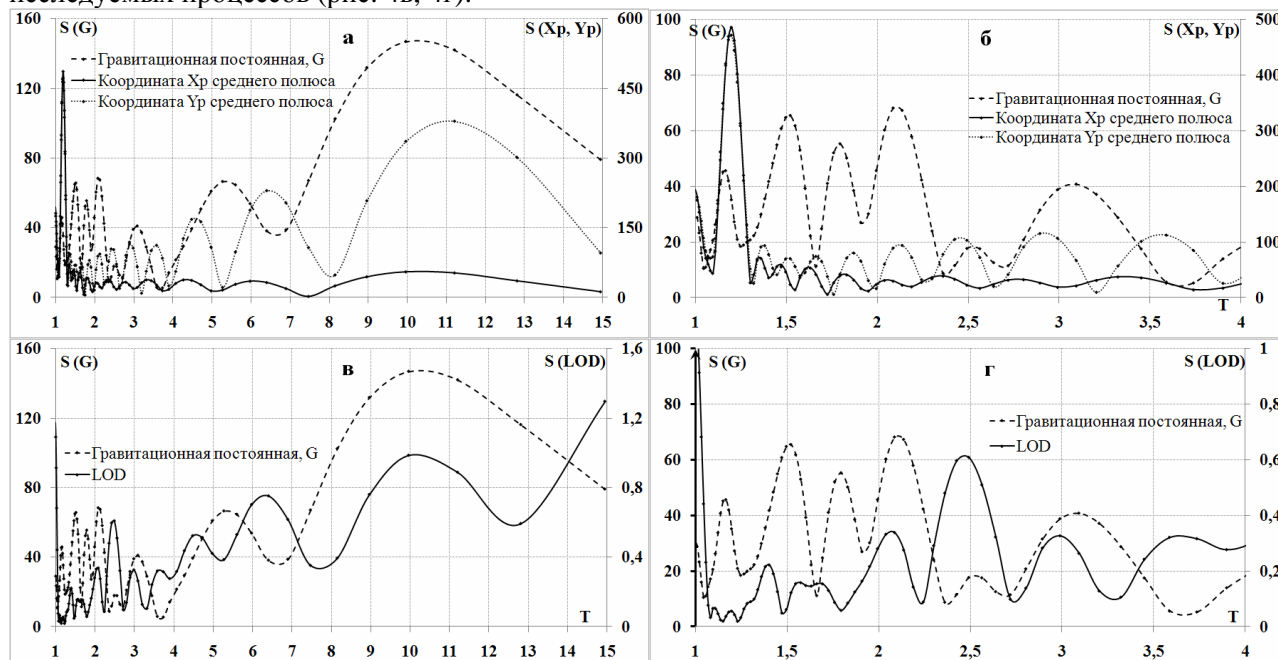


Рис. 4. Периодограммы вариаций ГП и координат X_p и Y_p ПДП Земли в диапазоне периодов (1-15) лет (а), в диапазоне периодов (1-4) лет (б), и LOD в диапазоне периодов (1-15) лет (в), в диапазоне периодов (1-4) лет (г)

По данным корреляционного анализа периодограмм СА и вариаций ГП возможен выбор временного интервала с целью прогнозирования СА всей Земли и плиты Наска. В случае прогнозирования СА Аляски, Сан-Андреас и Европы наиболее перспективным диапазоном времени для прогнозирования является диапазон (8-10) лет. В случае плиты Наска – (11-13) лет (рис. 5).

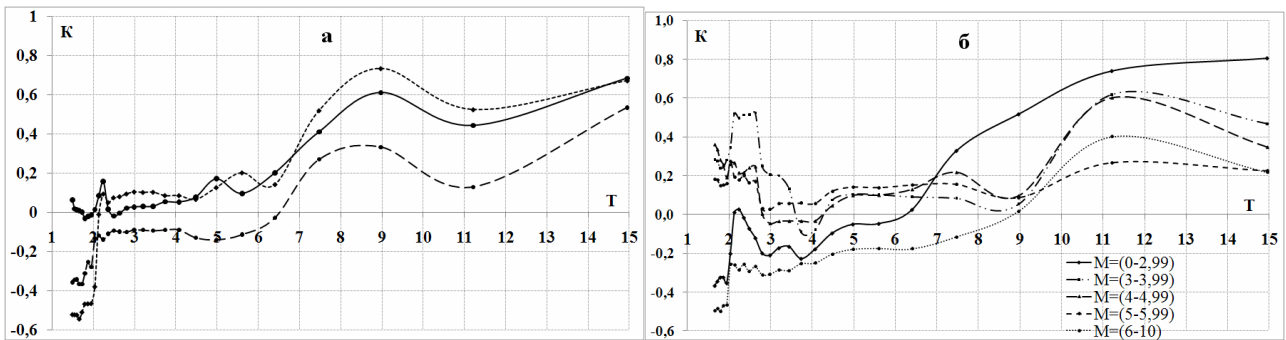


Рис. 5. Корреляция периодограмм вариаций ГП и СА всей Земли (а): сплошная линия – коэффициент корреляции СА Европы и вариаций ГП, мелкий пунктир – коэффициент корреляции СА Аляски и вариаций ГП, крупный пунктир – коэффициент корреляции СА разлома Сан-Андреас и вариаций ГП; и плиты Наска (б) за период (1985-2000) гг.

Исходя из особенностей квадрупольного характера влияния гравитационной волны на тела, через которые она проходит, Земля будет подвергаться достаточно сложным деформациям, при этом при наблюдении деформаций по направлению движения волны, сжатие с полюсов и, соответственно, растяжение в экваторе будет происходить не строго горизонтально, а под углом 45° (рис. 6).

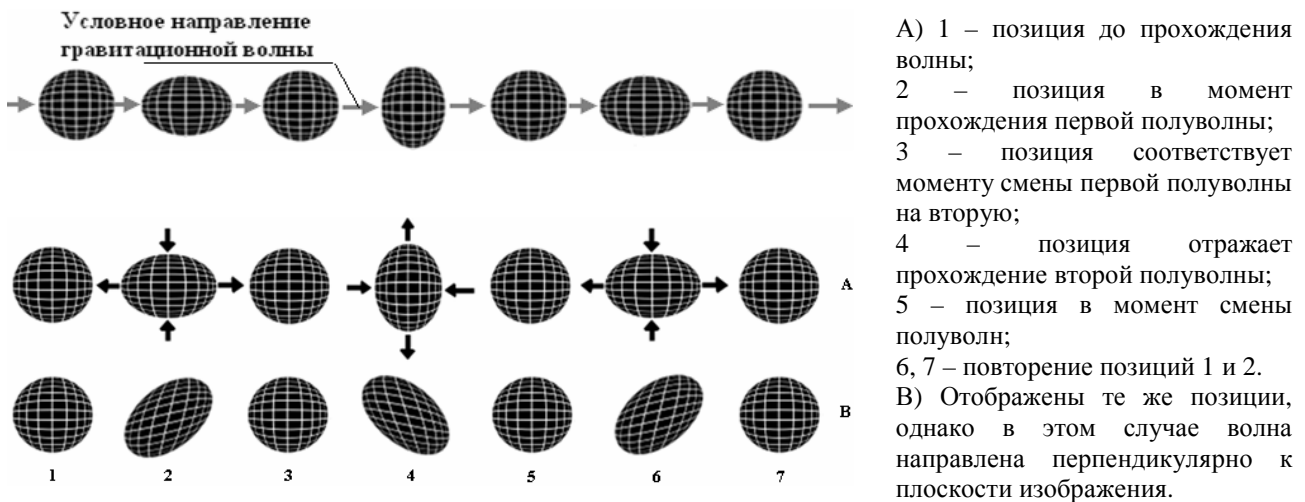


Рис. 6. Деформации сферического тела при прохождении через него гравитационной волны

Когда Земля находится на одной прямой с парой планет, она подвергается деформации под воздействием последних (особенно, когда Земля попадает в положение между парой Юпитер и Венера с периодом $T_{snd}=3.2$ года и «растягивается» ими).

Если учесть вращение Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, то становится ясно, сколь сложный характер деформаций она будет претерпевать под воздействием гравитационных волн.

В периодограмме вариаций ГП отчётливо видны доминирующие гармоники (рис. 1а):

$T=3.2$ года; 2.13 года; 1.6 года; 1.2 года (в спектре присутствует и гармоника с $T=11.2$ года, но в виду того, что длина исследуемого ряда ГП составляет всего 15 лет, данная гармоника оценивается лишь качественно).

Наличие указанных гармоник можно объяснить одновременным воздействием на Землю гравитационного поля со стороны планетных групп: Юпитер+Венера и Марс+Меркурий:

$T=1.6$ года – период синодического движения Венеры относительно Земли;

$T=3.2$ года – период синодического движения барицентра группы планет: Юпитер+Венера;

$T=2.13$ года – период синодического движения барицентра группы планет: Марс+Меркурий;

$T=1.2$ года – период синодического движения барицентра группы планет: Юпитер+Венера, поддерживающий «чандлеровскую» компоненту в ПДП Земли.

$T=11.083$ года – расчётный период Солнечной активности [8].

При проведении Фурье-анализа временные ряды были дополнены нулями с тем, чтобы максимально точно определить значения периодов «доминирующих» гармоник.

Действие на Землю «ньютоновой» силы барицентра Юпитер+Венера и барицентра Марс+Меркурий проиллюстрировано на рис. 7.

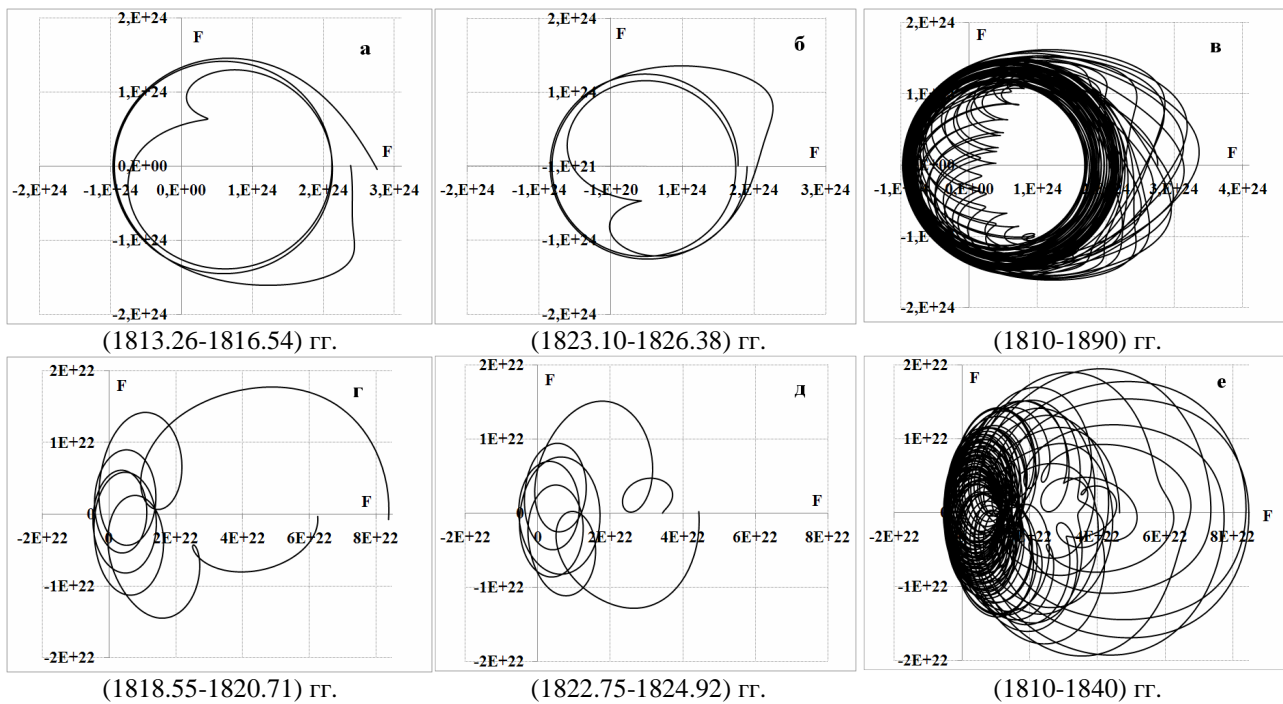


Рис. 7. Одновременное воздействие на Землю гравитационного поля барицентра Юпитер+Венера (а, б, в) и барицентра Марс+Меркурий (г, д, е) (сила F в кН)

Детальный анализ позволяет определить, что период $T=3.2$ года – есть средний период между «инициациями» со стороны барицентра группы Юпитер+Венера к «ретроградному» движению Земли, имеющими значительную девиацию (разброс «инициаций» составляет 180 градусов).

Рассчитаны временные ряды за период (1810-2310) гг. значений «ньютоновой» силы, действующей между барицентром группы Юпитер+Венера и Землёй. Проведён Фурье-анализ полученных временных рядов. Отчётливо выделяются гармоники: $T=11.8$ года; 5.8 года; 3.2 года; 1.6 года; 1.2 года; 1.0 год (рис. 8).

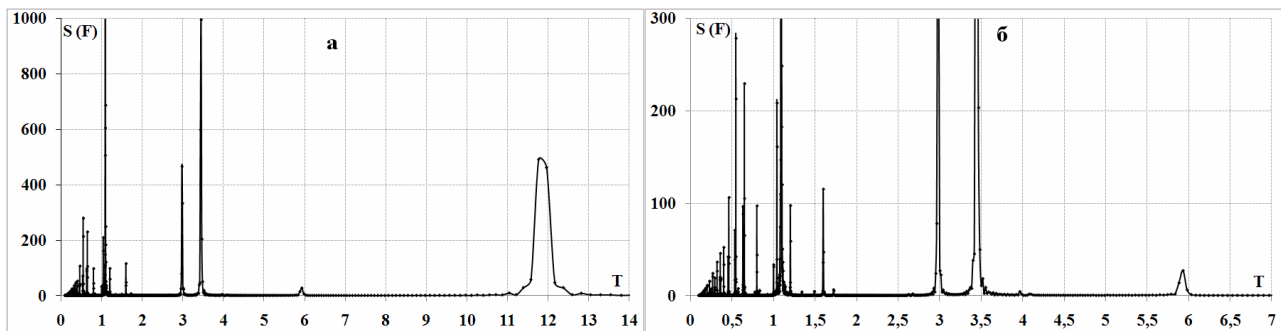


Рис. 8. Периодограммы гравитационного поля барицентра Юпитер+Венера, воздействующего на Землю, в диапазоне периодов (0-14) лет (а), в диапазоне периодов (0-7) лет (б)

Заключение

Дана качественная оценка взаимосвязи вариаций ГП с СА, ПДП Земли и LOD; а также определены при помощи корреляционного анализа периоды, для которых целесообразно построение прогнозных моделей сейсмических событий.

Сравнение периодограмм вариаций ГП и СА некоторых регионов Земли (Аляска и разлом Сан-Андреас – с одной стороны, Европа – с другой) говорит о видимой взаимосвязи между вариациями ГП и вызываемыми ими сейсмическими процессами с малыми значениями магнитуд.

Сравнительный анализ периодограмм вариаций ГП и СА правой окраины тектонической плиты Наска, выполненный для различных интервалов магнитуд, также выявил взаимосвязь между вариациями ГП и связанной с ними СА со средними и большими значениями магнитуд землетрясений.

Обнаружена хорошая корреляция вариаций ГП со значениями координаты Хр дрейфа среднего полюса Земли.

Сравнительный анализ периодограмм вариаций ГП и LOD выявляет взаимосвязь исследуемых процессов.

Рассмотрена модель влияния гравитационных волн, излучаемых барицентрами планетных групп Солнечной системы, на изменение формы Земли; что, в свою очередь, связано с вариациями ГП и геодинимическими показателями: ПДП, LOD, и сейсмической активности Земли.

Исследования вариаций гравитационной постоянной позволяют сделать вывод о переменности ГП, связанной не только с галактическими процессами и текущими изменениями в конфигурации планет Солнечной системы, но и (что и показывает настоящее исследование) с влиянием гравитационного поля планет на динамику формы Земли: квадрупольное изменение формы Земли под воздействием гравитационных волн планет СС.

Гравитационные массы, движущиеся с переменным ускорением (при движении планет по «кеплеровским» орбитам ускорение всегда переменное), излучают гравитационные волны, которые, воздействуя на тела, вызывают деформацию последних.

И как следствие:

Деформация меняет геометрию Земли – соответственно меняются её геодинимические характеристики: LOD, ПДП, сейсмическая активность.

Список литературы

1. Брагинский В.Б., Гинзбург В.Л. О возможности измерения зависимости гравитационной постоянной от времени // ДАН СССР. 1974. Том 216. № 2. С. 300-302.
2. Дикке Р. Влияние переменного во времени гравитационного взаимодействия на Солнечную систему / Гравитация и относительность. М. Мир, 1965. С. 251-294.
3. Измайлов В.П., Карагиоз О.В., Пархомов А.Г. Исследование вариаций результатов измерений гравитационной постоянной // Физическая мысль России. 1999. № 1/2. С. 20-26.
4. Институт прикладной астрономии РАН:
<http://quasar.ipa.nw.ru/PAGE/cp1251.04/cp1251/cp866.04/DEPFUND/LEA/ENG/trr.html>.
5. Карагиоз О.В., Измайлов В.П. Гравитационная постоянная G. Мировой Центр Данных по физике твердой Земли. Москва, Россия. <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/GravConst/welcome.html>.
6. Периодическое движение полюса Земли и LOD: EOP PRODUCT CENTER:
<http://www.iers.org/MainDisp.csl?pid=36-9>.
7. Пономарёва О.В. Влияние вариаций Гравитационной постоянной на сейсмическую активность Земли // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. М. ГЕОС, 2009. С. 17-22.
8. Пономарёва О.В. Роль планет и планетных групп в активности Солнца // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России.. Труды региональной научно-технической конференции. Том 2. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 212-216.
9. Сейсмическая активность Земли: ANSS Composite Earthquake Catalog:
<ftp://www.ncedc.org/pub/catalogs/cnss>.
10. Халилов Э.Н. О возможном влиянии гравитационных волн на деформацию и сейсмичность Земли // Циркуляр Шамахинской астрофизической обсерватории. 2003. № 105. С. 13-21.
11. Fukushima T. System of astronomical units and constants. IAU - WGRS / SGAC, 1990. Circ. 13.
12. SIDC – Solar Influences Data Analysis Center http://sidc.oma.be/sunspot-index-graphics/sidc_graphics.php#