

# Резонанс третьего рода в Солнечной системе.

А.И. Хлыстов (ГАИШ МГУ)

Р.К. Клиге (Географич. ф-т МГУ)

Н.С. Сидоренков (ГМЦ, РГО)



- О том, что в Солнечной системе имеются различные резонансы, известно давно. Так, рассматривая планетную систему и системы спутников планет как колебательные системы, А.М.Молчанов в 1968 г. пришел к выводу, что наблюдаемые резонансные соизмеримости больших осей орбит планет и спутников не случайны, а являются закономерным результатом эволюции этих систем на космогонических масштабах времени при наличии близких по величине взаимных диссипативных возмущений.

- Известно, что период осевого вращения Меркурия составляет в точности  $2/3$  от его орбитального периода. В результате, большая ось постоянно деформируемой планеты при каждом прохождении перигелия оказывается направленной точно на Солнце. П. Голдрайх и С. Пил в 1975 г. показали, что такое резонансное вращение Меркурия устанавливается под влиянием приливного воздействия Солнца на сильно деформированную фигуру Меркурия. Такой вид резонанса Голдрайх и Пил предложили называть ***резонансом первого рода.***

- Явление резонанса объясняет также необычное обратное вращения Венеры, когда при каждом соединении Венеры с Землей к Земле всегда повернута одна и та же сторона Венеры. Голдрайх и Пил, предполагая наличие постоянной деформации Венеры, рассмотрели два момента сил – один со стороны Солнца, а другой – от Земли. Благодаря резонансу, более слабый момент сил от Земли усиливается и оказывается более эффективным, чем более сильный момент от Солнца, который из-за высокой частоты не попадает в резонансную область.

В результате, среднее за синодический период значение момента от Солнца оказывается равным нулю. Такая взаимосвязь осевого вращения одной планеты (Венеры) и орбитального движения другой планеты (Земли) Голдрайх и Пил называли *резонансом второго рода*.



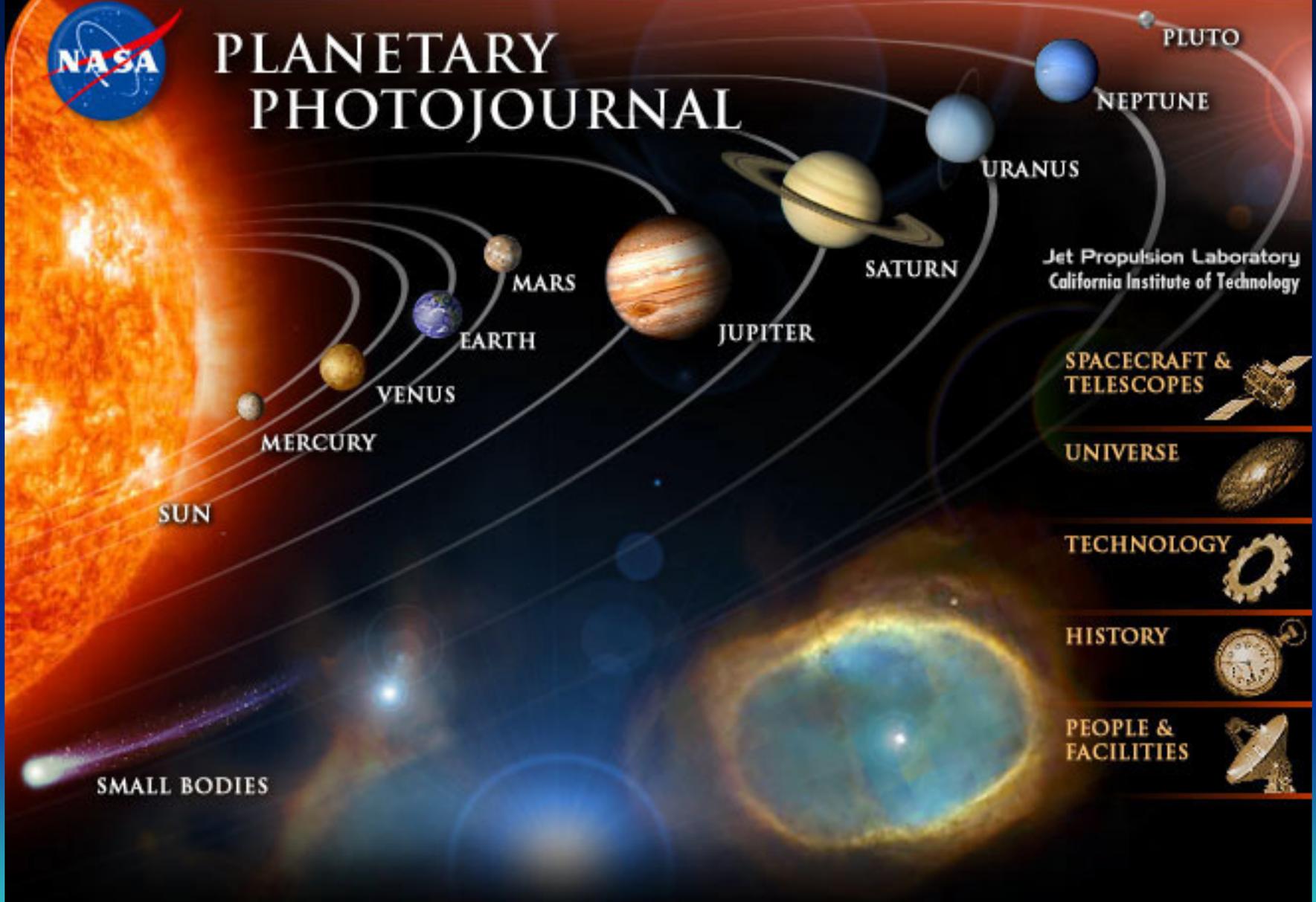
В настоящем докладе мы рассмотрим еще один резонанс в Солнечной системе, связанный с движением Солнца вокруг центра масс (барицентра) Солнечной системы.

Этот резонанс мы назвали ***резонансом третьего рода.***

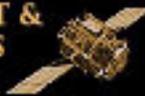




# PLANETARY PHOTOJOURNAL



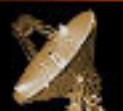
Jet Propulsion Laboratory  
California Institute of Technology

[SPACECRAFT & TELESCOPES](#) 

[UNIVERSE](#) 

[TECHNOLOGY](#) 

[HISTORY](#) 

[PEOPLE & FACILITIES](#) 

[SMALL BODIES](#)

[MORE QUERY METHODS](#) [NEW RELEASES](#)

# Ньютон о движении Солнца

- “... поскольку центр масс солнечной системы постоянно находится в покое, Солнце, в соответствии с различным положением планет, должно постоянно двигаться по всем направлениям, но никогда не будет далеко уходить от этого центра”

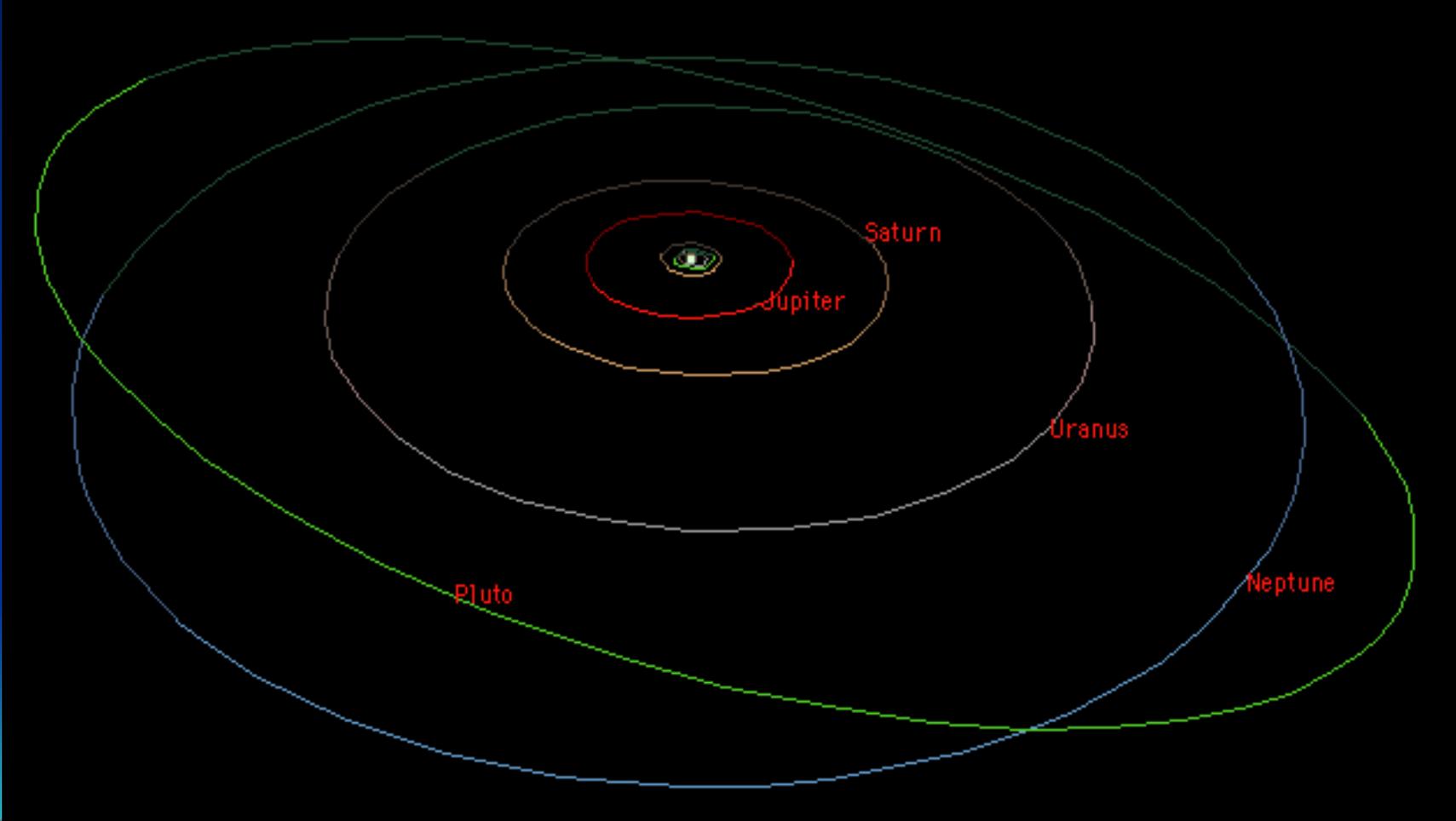


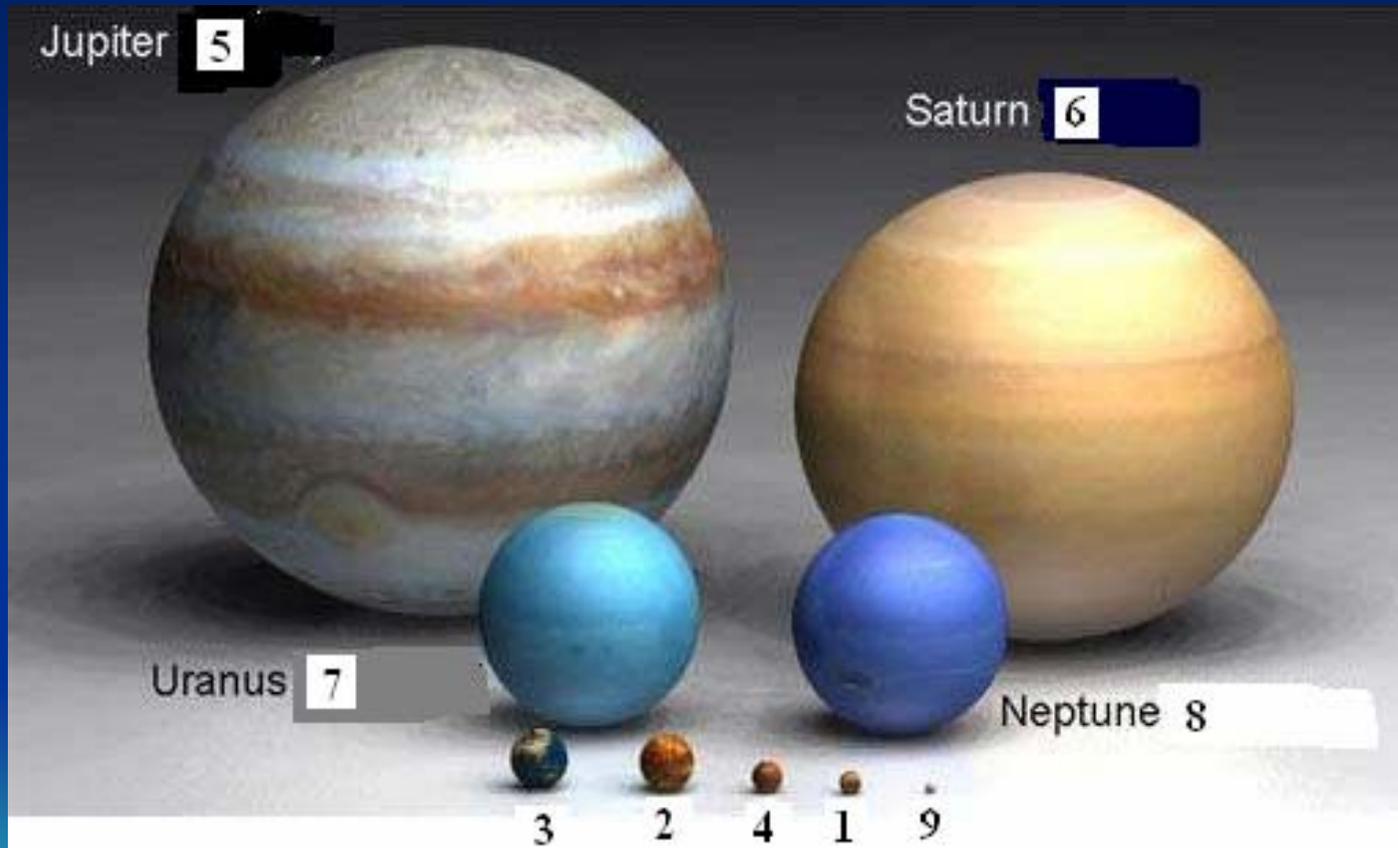
# Расчет координат центра масс Солнечной системы

$$\vec{r}_{bc} = \frac{\sum_{n=1}^9 \vec{r}_n m_n}{\sum_{n=1}^9 m_n}$$

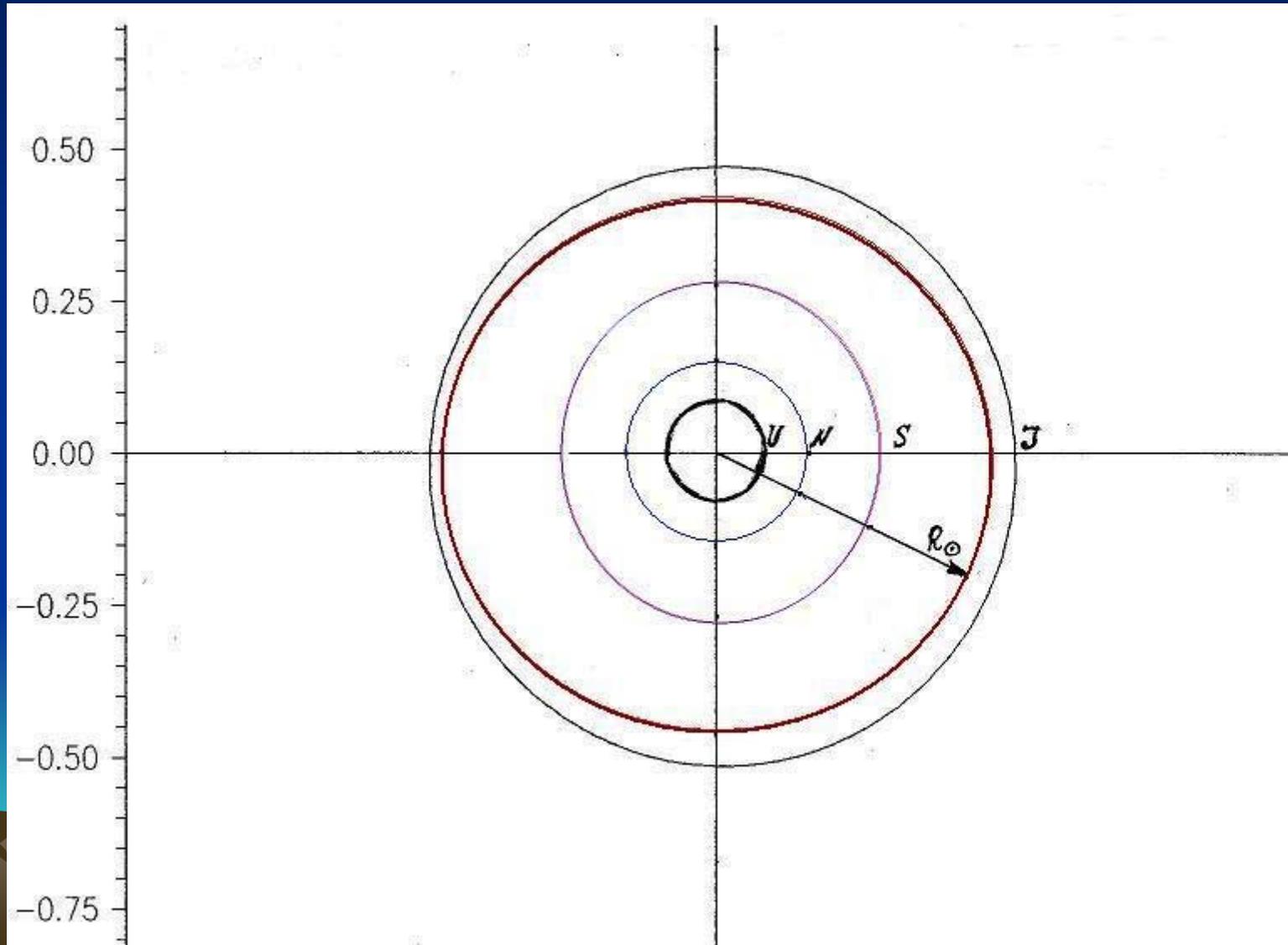
# Гравитирующая система 2-х тел







# Смещение Солнца от барицентра одной планеты



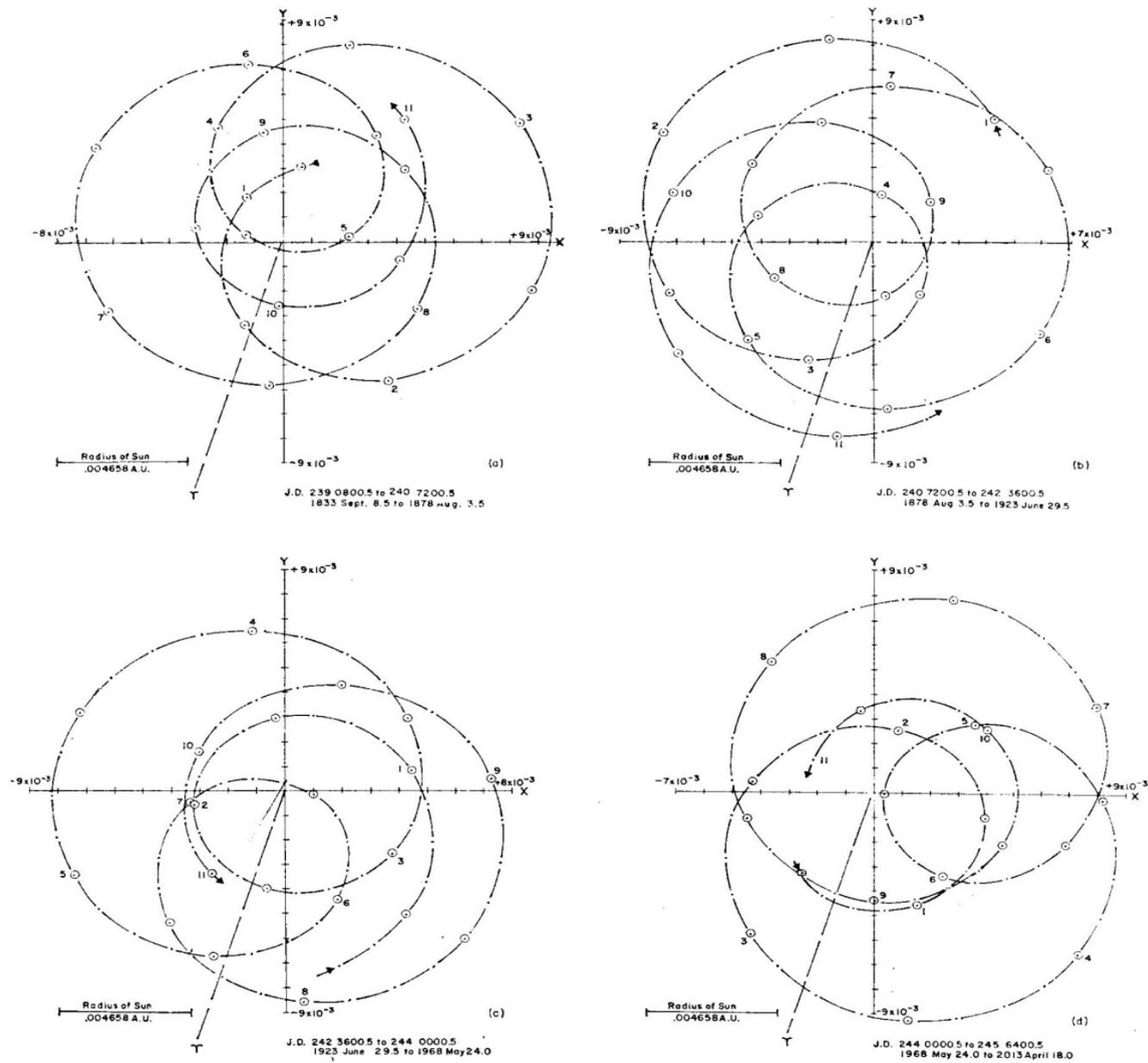
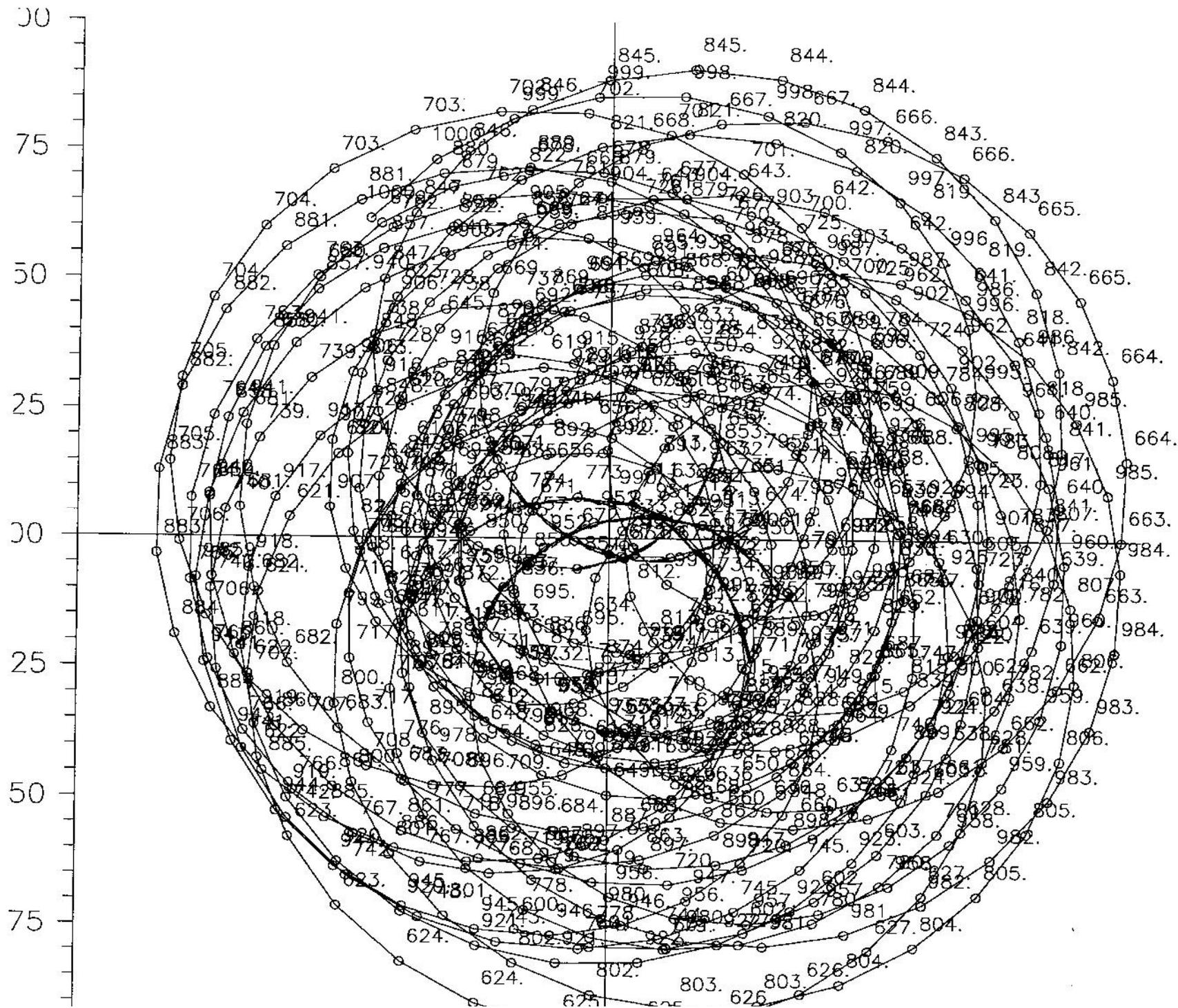


FIG. 1. Path of the sun's center about the center of mass of the solar system. Numbers along the curve refer to the dates listed in Table I. At the lower left of each drawing is a line which represents the sun's radius. The direction of the vernal equinox, projected on the invariable plane, is indicated. The unit of length is the astronomical unit.



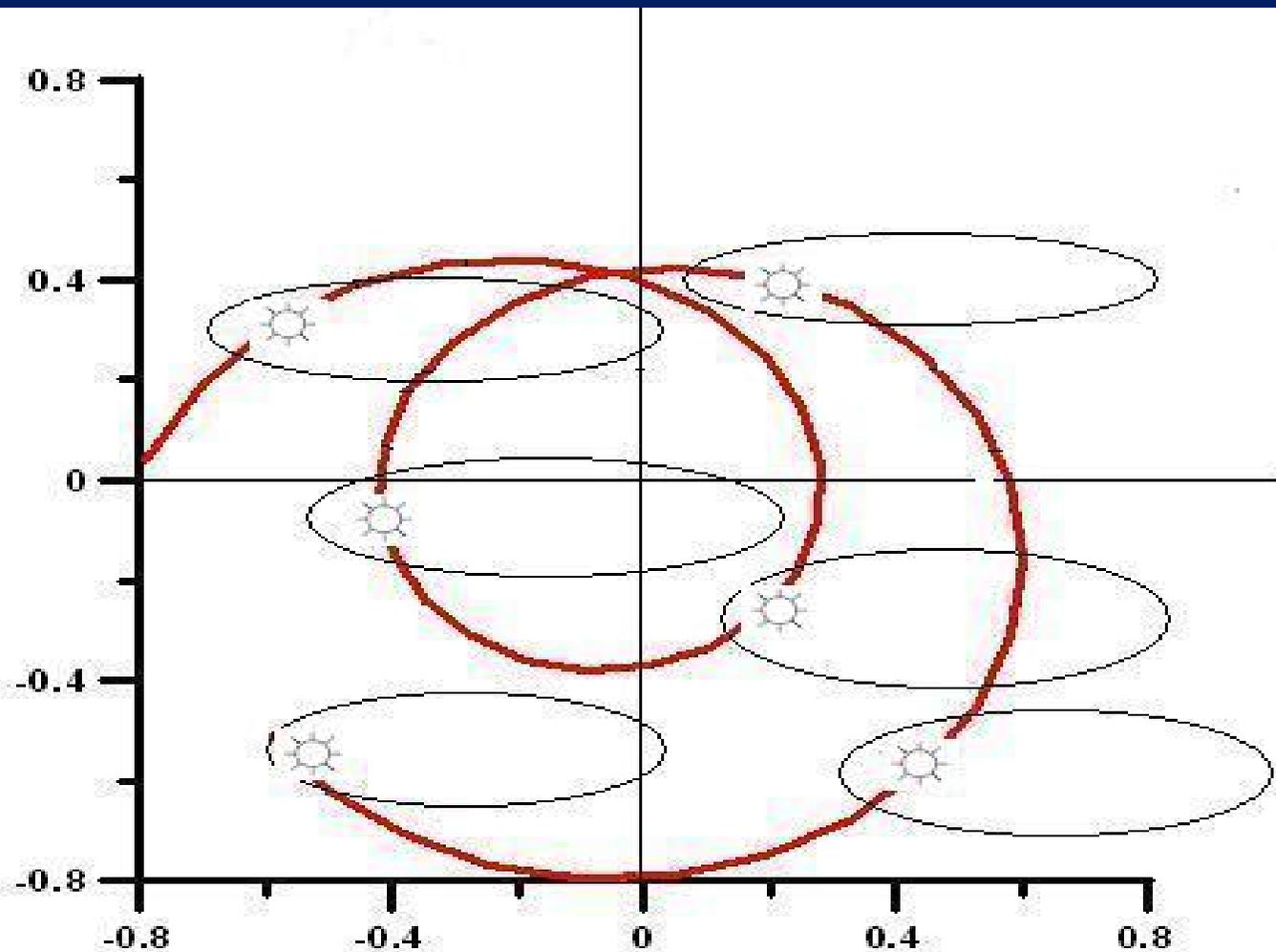
# БАРИЦЕНТРИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА И ЕГО СЛЕДСТВИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

А.И.Хлыстов, В.П.Долгачёв, Л.М.Доможилова

В 1989-1992 гг. были проведены расчёты в рамках задачи 10 тел некоторых динамических функций барицентрического движения Солнца на интервале 2045 лет (с 71 г.д.н.э. до 1974 г. н.э.). Одним из важнейших результатов этих работ стала уточнённая формулировка 1-го закона Кеплера: *“Все планеты движутся по слабовозмущённым эллипсам вокруг Солнца, **участвуя вместе с ним в движении вокруг барицентра солнечной системы.**”*



# Совместное барицентрическое движение Солнца и одной из планет



# Следствия совместного барицентрического движения

Многочастотная вынуждающая сила, возникающая в результате барицентрического движения Солнца (а, следовательно и Земли) как бы «отбирает» те колебания в оболочках Земли, которые находятся в области захвата частот, и приводит к раскачке соответствующих колебаний.



# Are Changes in the Earth's Rotation Rate Externally Driven and Do They Affect Climate?

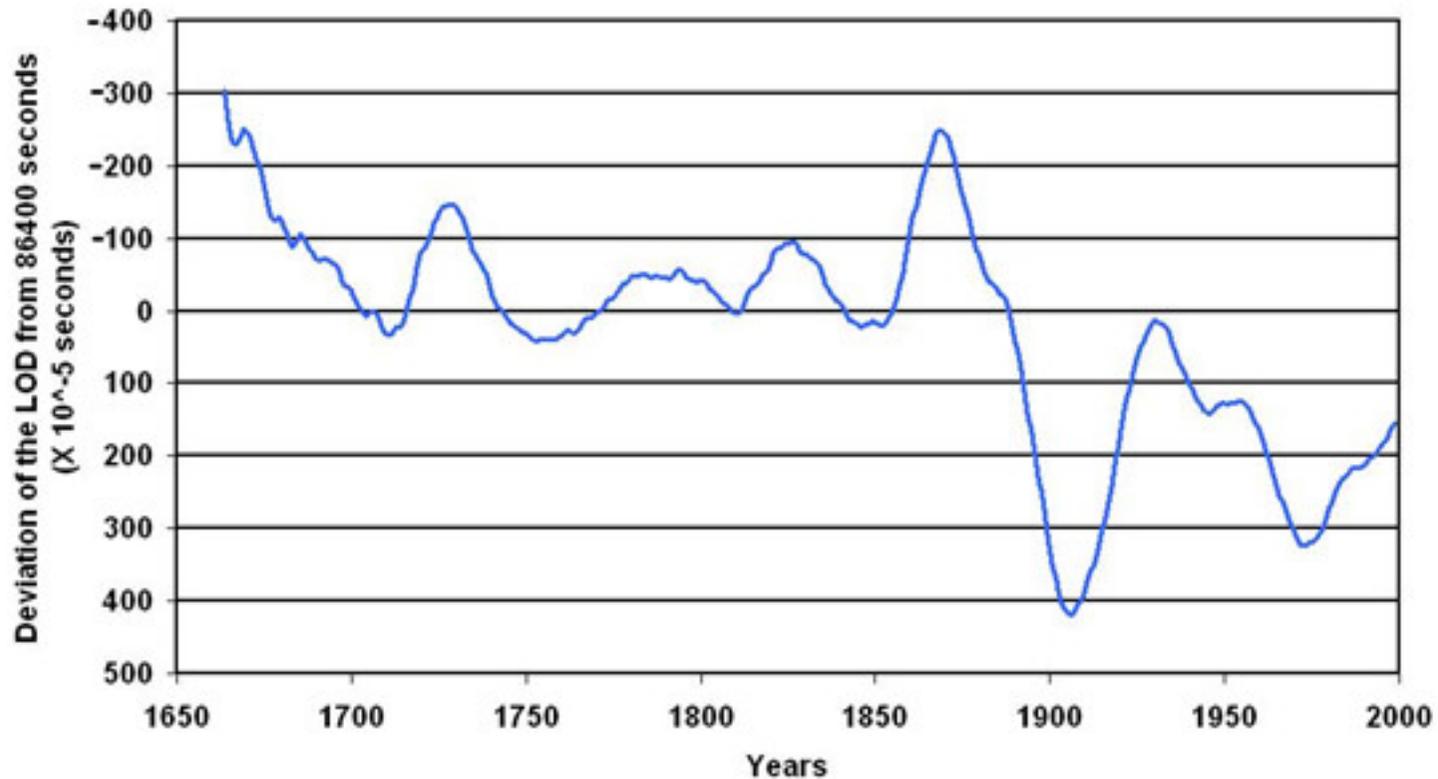
Ian R. G. Wilson. *Queensland Department of Education, Training and the Arts, Toowoomba, QLD, Australia, Email: [irgeo@ozemail.com.au](mailto:irgeo@ozemail.com.au)*

## ABSTRACT

*We show that there is a strong correlation between the times of maximum deviation of the Earth's LOD from its long-term trend and the times where there are abrupt asymmetries in the motion of the Sun about the CM of the Solar System.*



The Variation in the Earth's Length of Day from 1663 to 1998



**Figure 3:** The difference between the actual LOD and the nominal LOD value of 86400 seconds, measured in milliseconds. The raw data has been smoothed using a 15 year running mean. In addition, the vertical scale has been inverted so that up on the graph corresponds to an increase in the Earth's rotation rate.

The Variation in the Earth's Length of Day from 1663 to 1998

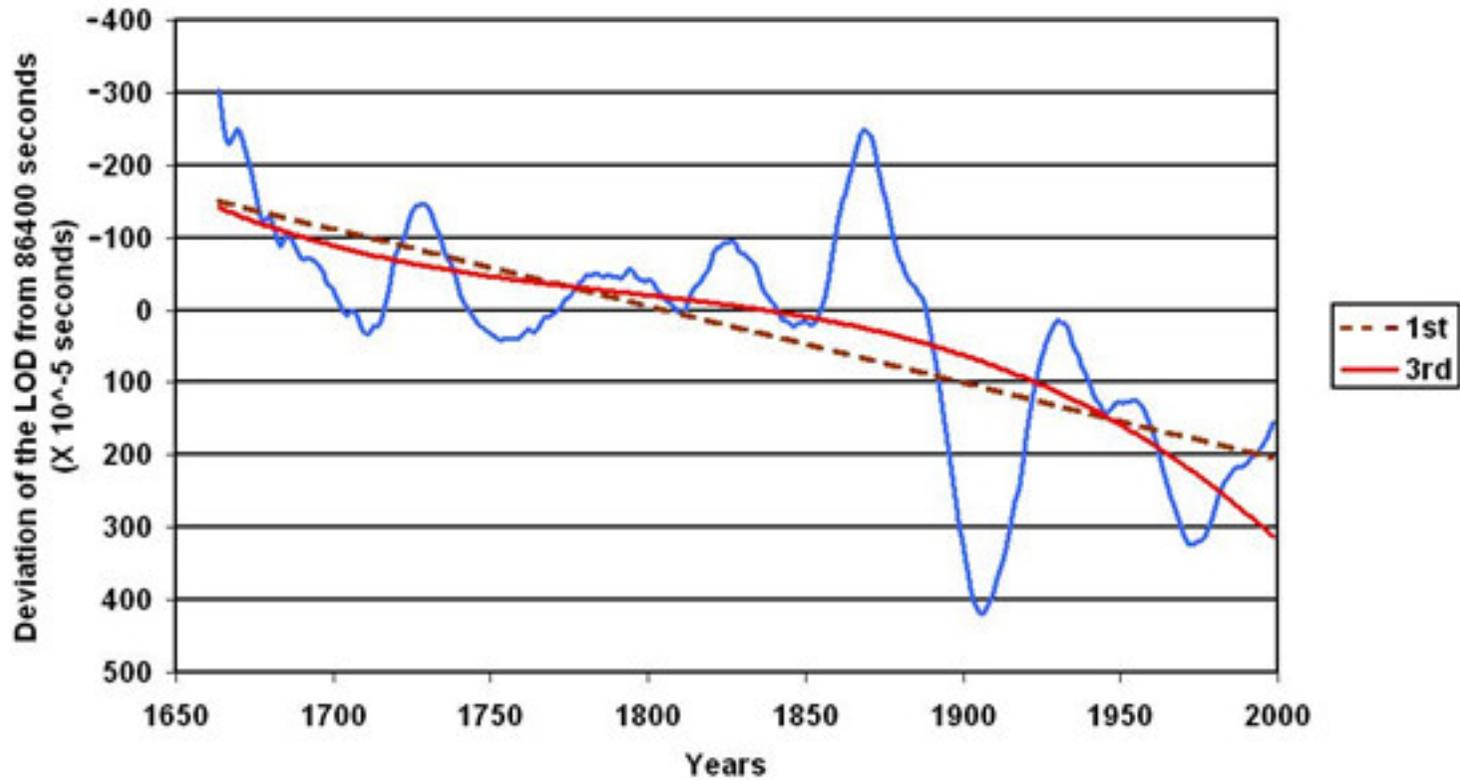
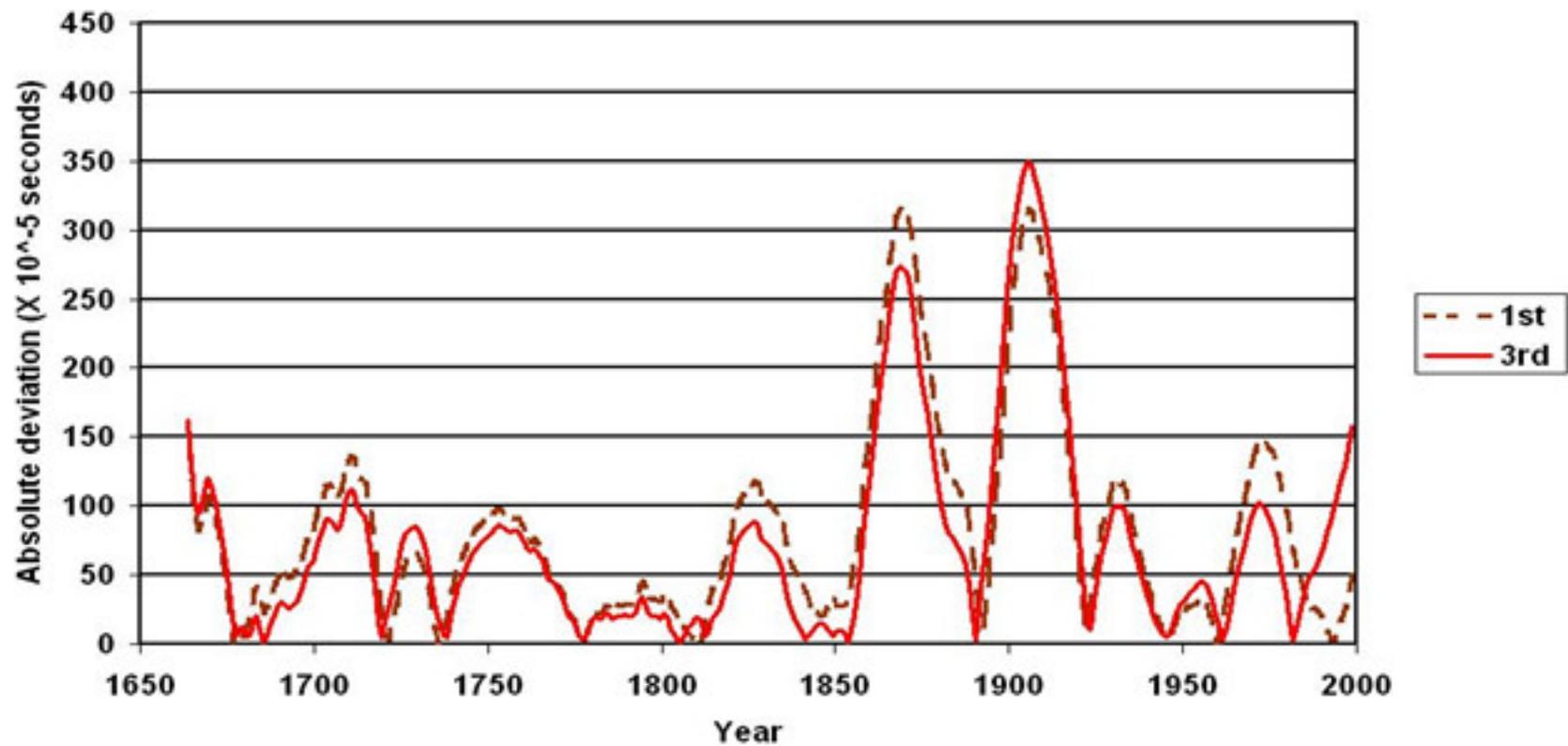


Figure 4: A first and a third order polynomial fitted to the LOD curve.

Absolute Deviation from the Long-Term Trend - Polynomial Fit



# Rbc с исключенным Юпитером

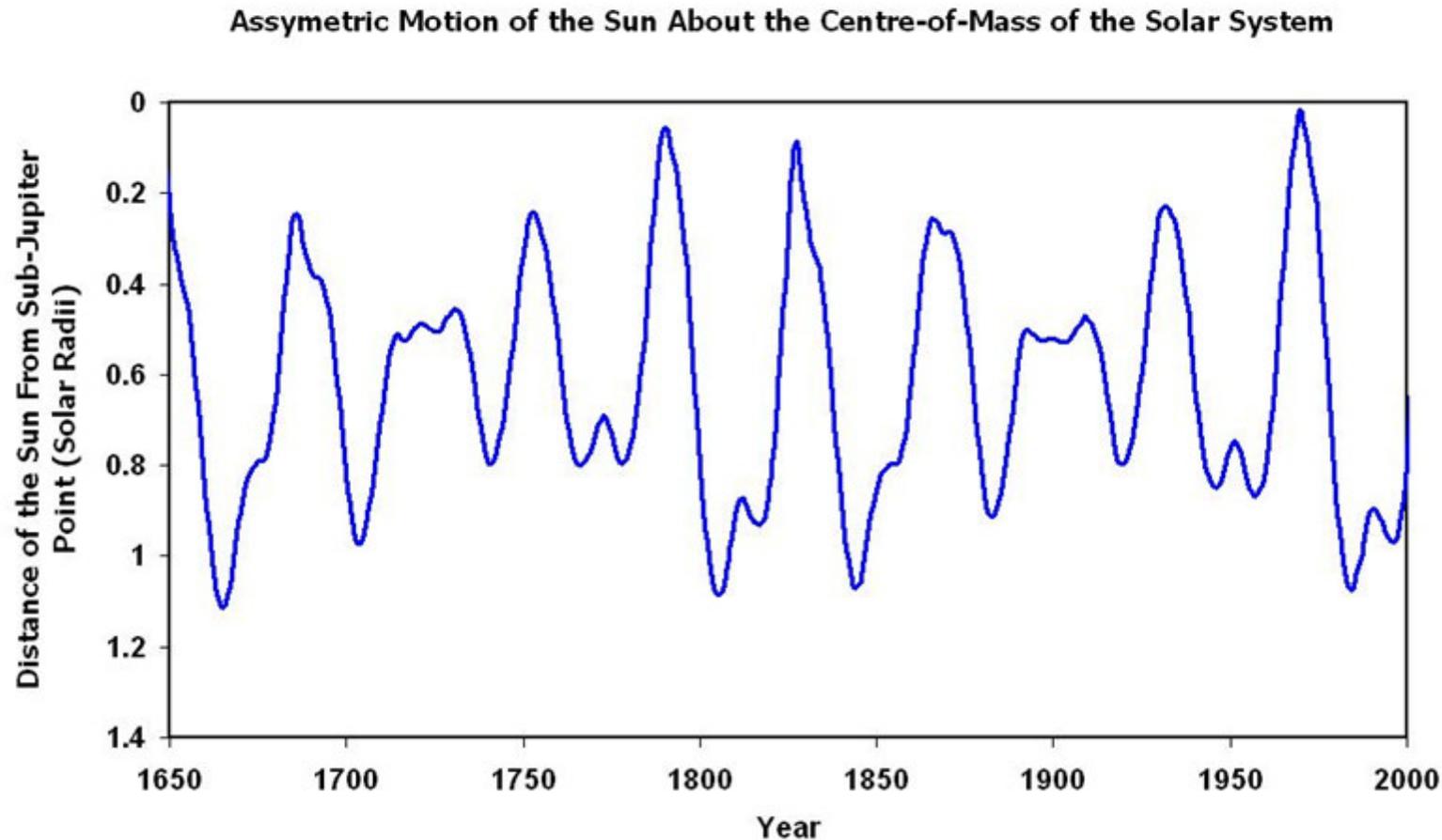
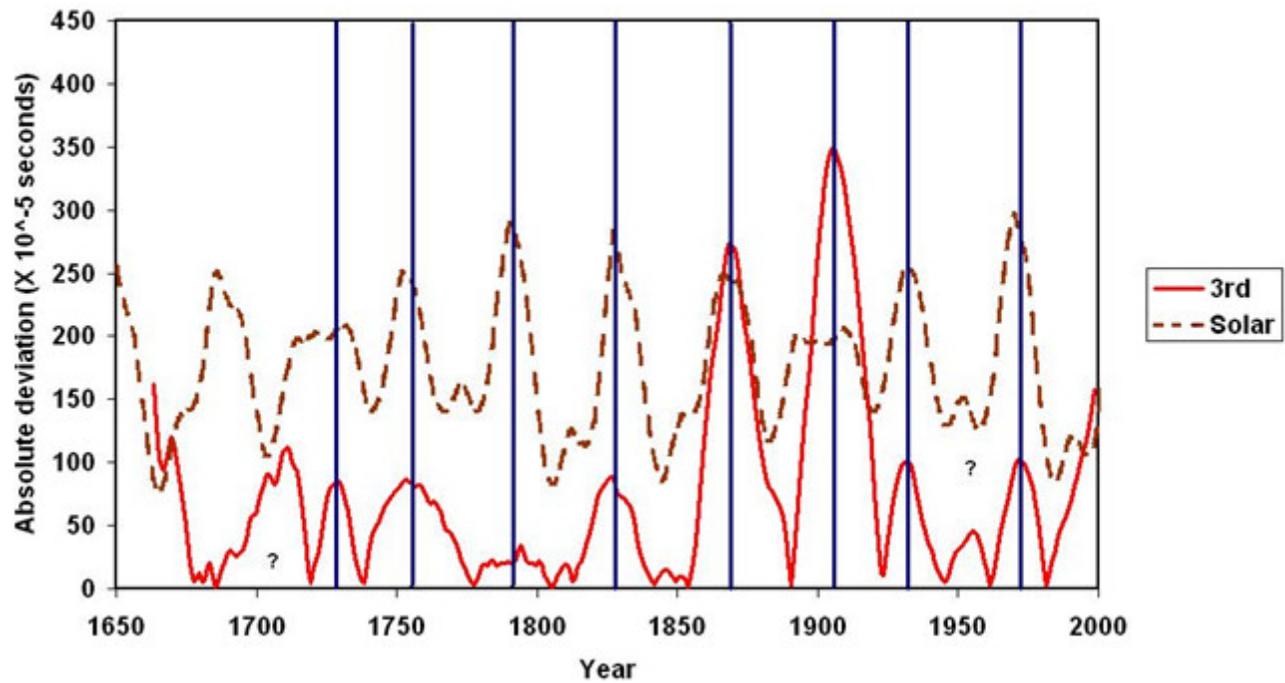


Figure 10: The distance of the CM of the Solar System (in solar radii) from the point (0.95, 0.00) between 1650 and 2000 A.D. The distance scale is inverted so that top of the peaks correspond to the times when the Sun's motion about the CM is most asymmetric.

Absolute Deviation from the Long-Term Trend - Polynomial Fit

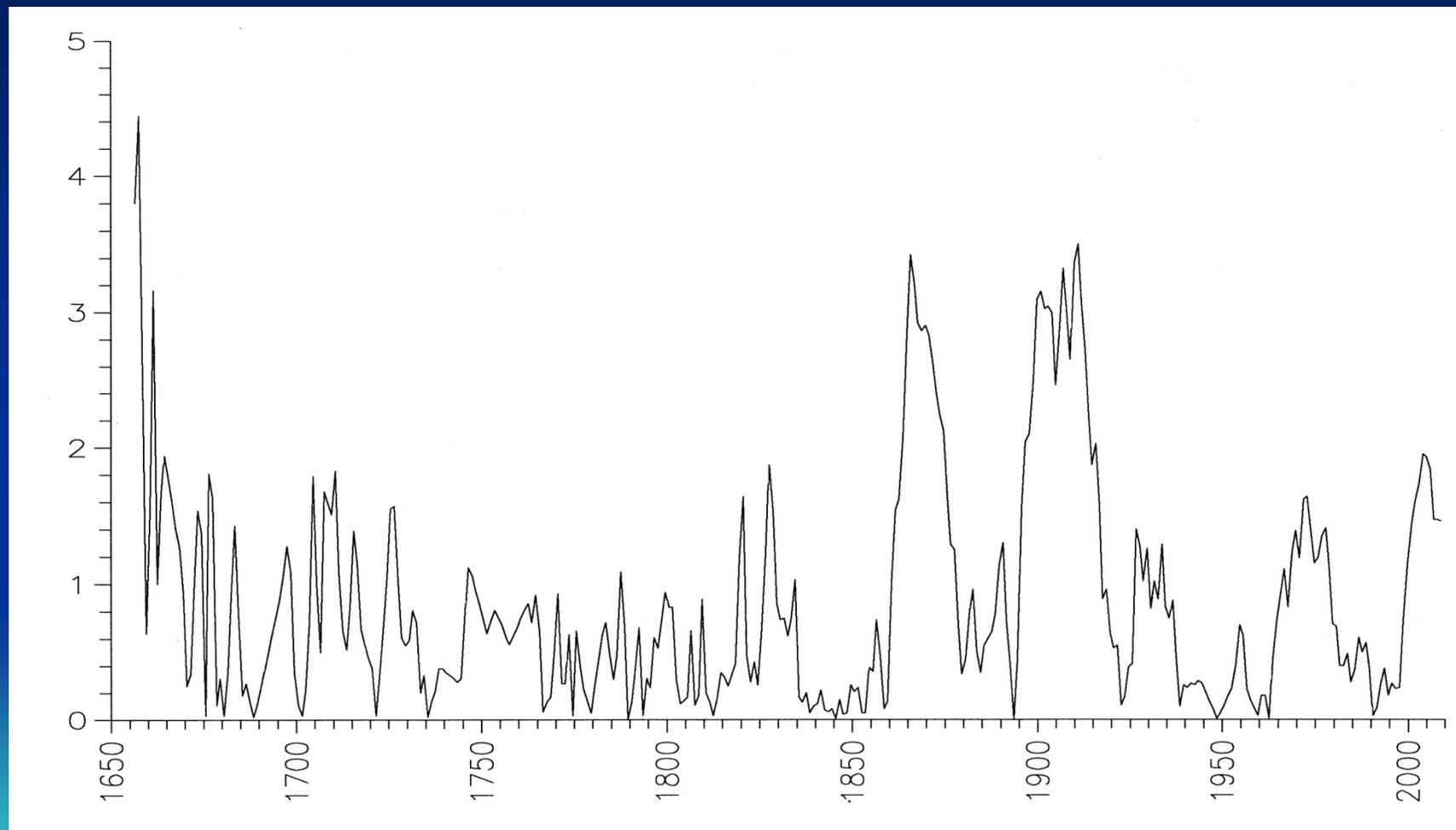


# Спектральный анализ

Методом Блэкмана-Тьюки проведен спектральный анализ массива данных о вариациях длительности суток (LOD) на интервале с 1650 до 2008 года. При этом, вслед за Я. Вильсоном (Австралия), из данных LOD был исключен долговременный тренд. Как показали расчеты, результирующие спектры практически не зависят от способа удаления тренда (мы использовали кубическую и линейную аппроксимацию хода LOD).

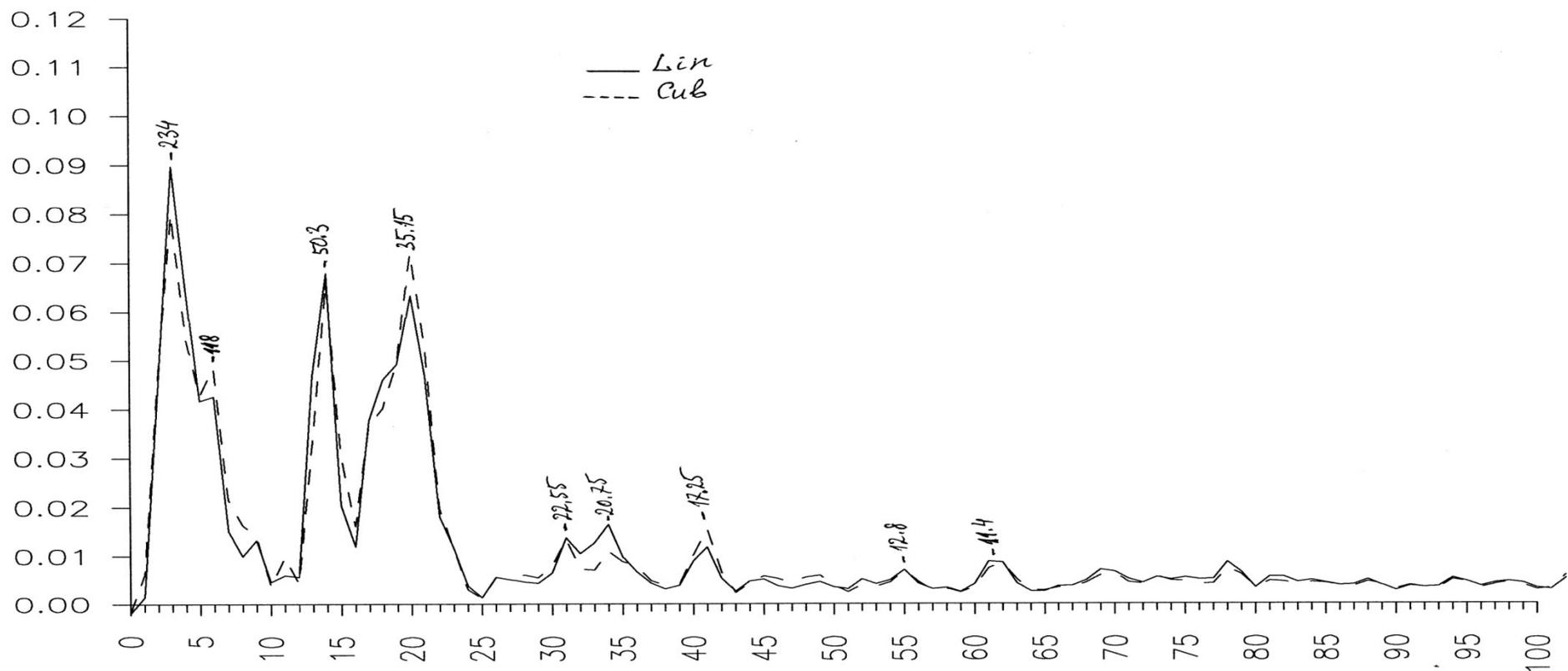


# LOD с вычетом кубического тренда



# Спектр LOD (за вычетом тренда)

имеются две мощные гармоника с периодами  $T=35.2$  и  $50.3$  года

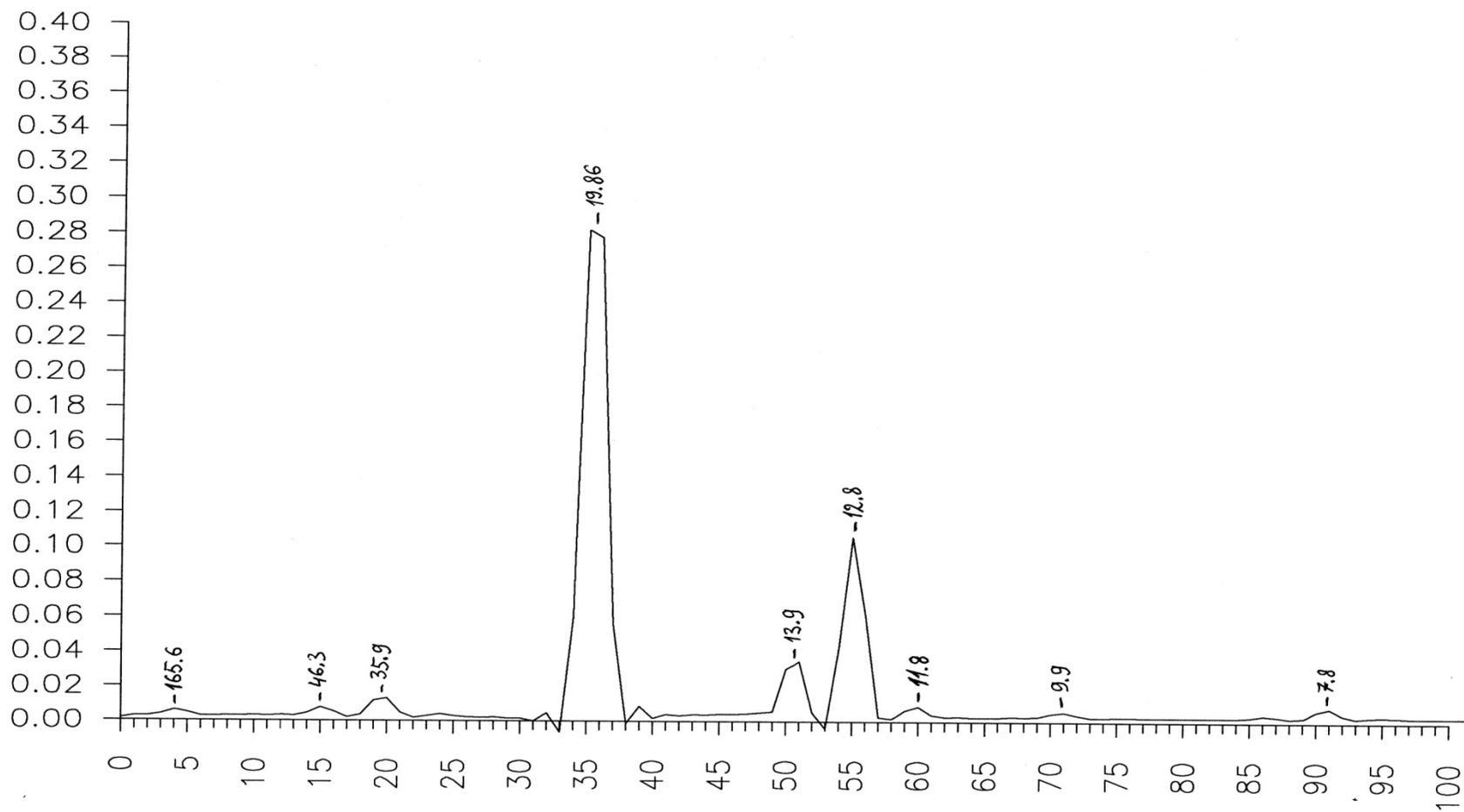


# Спектр барицентрического движения Солнца

Тем же методом был проведен спектральный анализ различных функций барицентрического движения Солнца (расстояния  $R_{bc}$  центра Солнца от барицентра, скорости, ускорения и момента количества движения Солнца)



# Спектр Rbc для всех планет



# Анализ спектра

- Доминантными периодами полученного спектра являются  $T=19.86$ ,  $T=12.8$  и  $T=13.9$  г. Согласно Табл.1, эти периоды соответствуют парным соединениям Юпитера с Сатурном, Нептуном и Ураном. Видны также две слабые гармоника с периодами  $T=35.9$  и  $T=46.3$  года, близкие к главным периодам LOD.



# Таблица 1

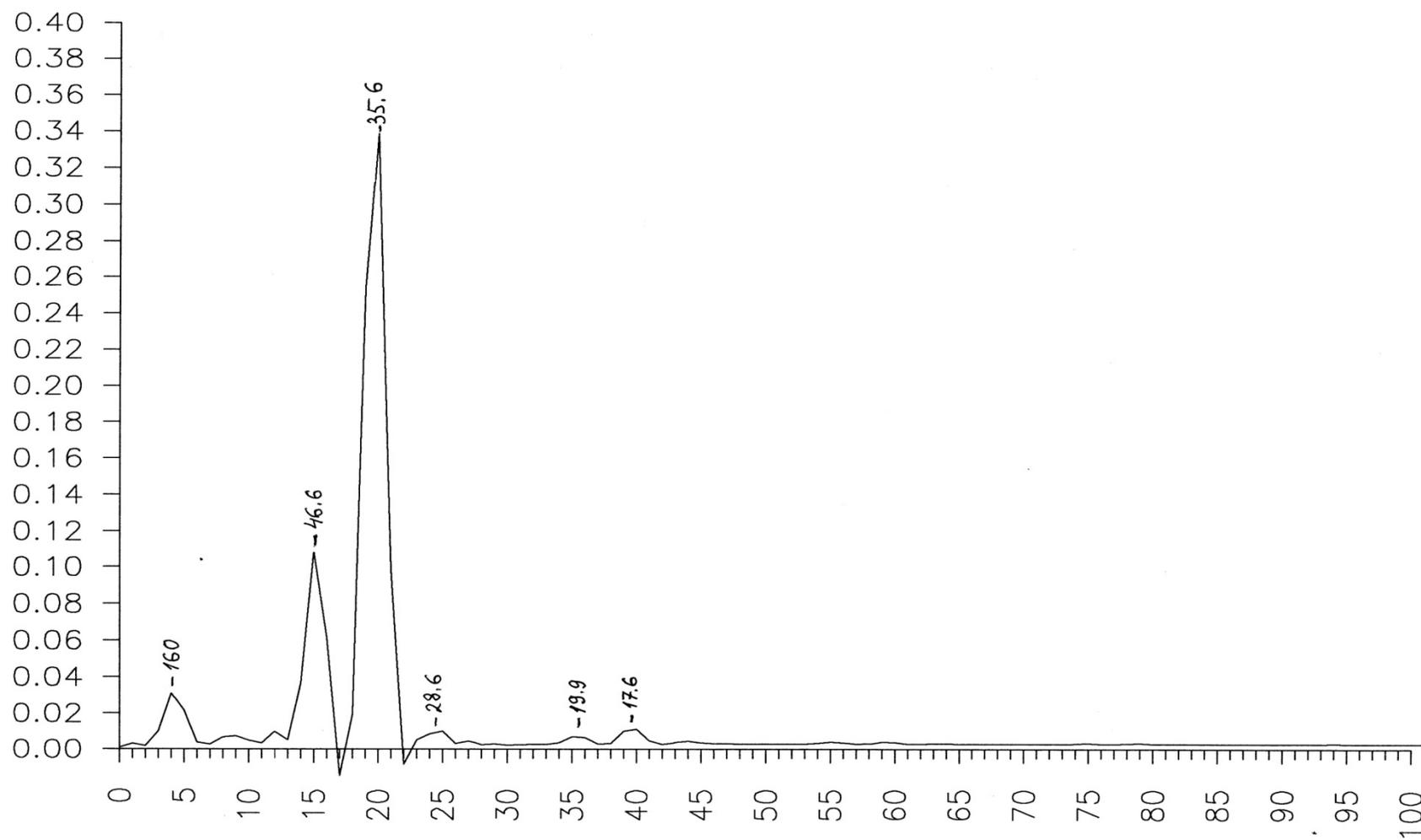
## Парные соединения планет

Периоды парных соединений планет (в скобках — в годах, без — в сут)

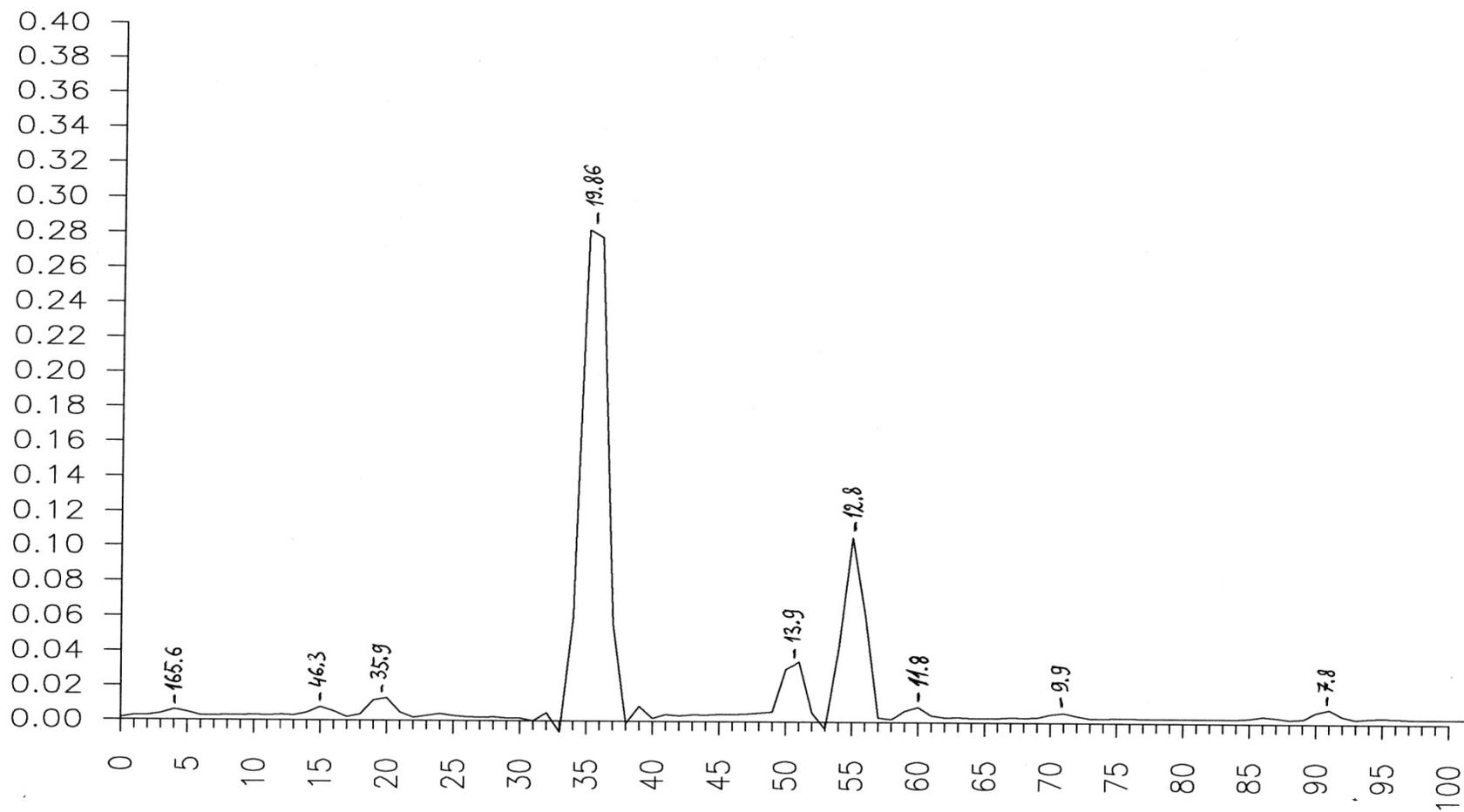
Планета	Меркурий	Венера	Земля	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Венера	144,57	-----	583,92	236,99	229,49	226,36	225,54
Земля	115,88	583,92	-----	398,88	378,09	369,66	367,49
Юпитер	89,792	236,99	398,88	-----	(19,86)	(13,81)	(12,78)
Сатурн	88,94	229,49	378,09	(19,86)	-----	(45,35)	(35,87)
Уран	88,22	226,36	369,66	(13,81)	(45,35)	-----	(171,52)



# Спектр Rbc без Юпитера



# Спектр Rbc для всех планет



# Сравнение спектров (в скобках- малые компоненты)

Rbc все план	(46.3)	(35.9)	19.86	13.9	12.8
Rbc без Юп	46.6	35.6	(19.90)		
LOD	50.3	35.2			
Ю(С, У, Н)			19.86	13.8	12.8
С (У, Н)	45.4	35.9			

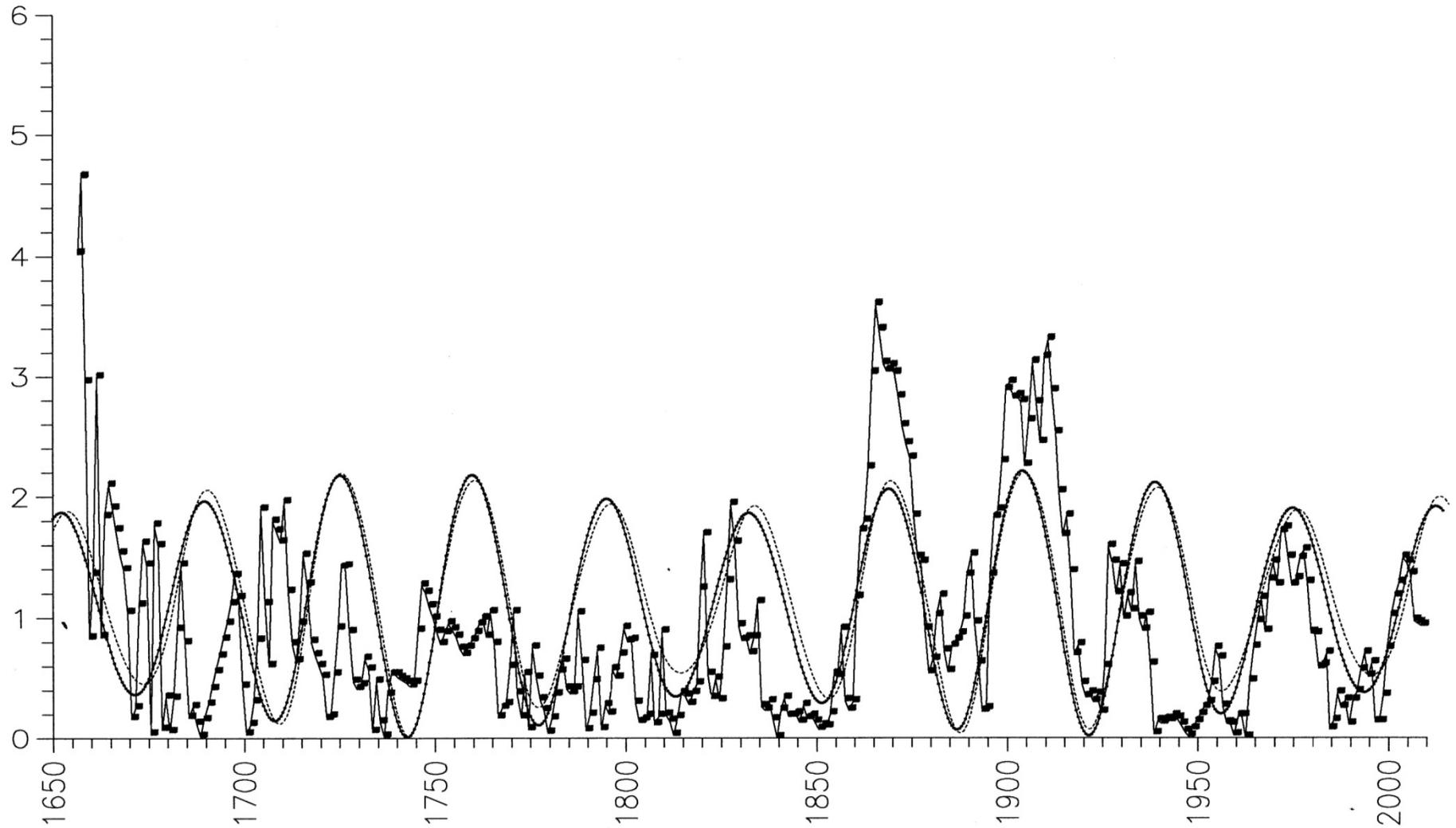


# «Лишний» Юпитер

Заметим, что исключение Юпитера из расчетов барицентрического движения Солнца, впервые проведенное Я. Вильсоном, являлось просто искусственным математическим приемом. Однако такая процедура оправдана в системах с выделенными резонансными частотами. Действительно, парные взаимодействия *Юпитера* с Сатурном, Ураном и Нептуном дают периоды 19.86, 13.8 и 12.8 лет, далеко отстоящие от главных периодов в спектре LOD ( $T=35.2$  г. и  $T=50.3$ ), что исключает возможность резонанса. В то же время, периоды парных взаимодействий Сатурн - Нептун и Сатурн - Уран ( $T = 35.9$  и  $T = 45.4$  г. соответственно) достаточно близки к периодам LOD, чтобы обеспечить резонансную раскачку вариаций скорости вращения Земли. Таким образом, «непопадание» Юпитера в резонансную область делает его «лишним» в рассматриваемой задаче и поэтому его можно не учитывать в расчетах.

# Наложение графиков

■ ■ ■ LOD    — Rbc



- Видно, что в большинстве случаев эти графики показывают синхронный ход с периодом около 36 лет, что объясняется совместным влиянием Сатурна и Нептуна с периодичностью 35.87 года на изменение скорости вращения Земли. Это совпадает с известным циклом Э. Брюкнера чередования теплых и сухих периодов с холодными и влажными через 30 – 35 лет, найденным им в 1890 году по данным наблюдений на 111 метеостанциях Англии, Шотландии, Западной Европы и России.



На основании приведенного рисунка можно ожидать, что рост скорости вращения Земли, начавшийся в 1975 году, продлится примерно до 2012 года, а затем в течение 36 лет скорость будет убывать. Учет приливов от Луны и Солнца, а также влияния различных геофизических процессов позволит, со временем, более точно рассчитывать весь сложный спектр вариаций скорости вращения Земли. Это поможет повысить надежность прогнозов климатических изменений, сейсмической и вулканической активности и других важных для жизни человека процессов и явлений.

**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !**

