



Chaos and Correlation
International Journal, September 10,
2010

ВЛИЯНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ НА СМЕЩЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛЮСА И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

IMPACT OF CELESTIAL BODIES ON GEOGRAPHICAL POLES DISPLACEMENT AND EARTH MAGNETIC FIELD

Трунев Александр Петрович
к. ф.-м. н., Ph.D.
Директор, *A&E Trounev IT Consulting, Торонто, Канада*

Alexander Trunev
Ph.D.
Director, A&E Trounev IT Consulting, Toronto, Canada

Луценко Евгений Вениаминович
д. э. н., к. т. н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Lutsenko Evgeny Veniaminovich
Dr. Sci. Econ., Cand. Tech. Sci., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

На основе специальной и общей теории относительности исследовано возмущенное движение географического полюса и изменение магнитного поля Земли, связанное с электромагнитным и гравитационным воздействием небесных тел.

Movement of geographical and magnetic poles versus celestial bodies' positions is examined on the basis of the special and general relativity theory.

Ключевые слова: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПОЛЮС, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Keywords: COMPUTATIONAL EXPERIMENT, GEOGRAPHICAL POLES, EARTH MAGNETIC FIELD

Введение

В работе /1/ была обнаружена взаимосвязь смещений географического полюса Земли с изменением гравитационного потенциала Солнечной системы и с параметрами дипольного излучения Урана и Нептуна. Установлена высокая степень корреляции колебаний магнитного поля Земли вблизи магнитных полюсов с дипольным излучением Урана, что позволило создать достоверную модель изменения магнитного поля Земли на трех станциях - Vostok (IAGA Code: VOS lat:-78.45 long: 106.867), Alert (IAGA Code: ALE; lat: 82.5; long: 297.65), Resolute Bay (IAGA Code: RES; lat: 74.69; long: 265.105), расположенных вблизи магнитных полюсов. Так же была установлена высокая степень корреляции колебаний магнитного поля Земли в средних широтах с дипольным излучением Урана и Нептуна, что позволило создать достоверную модель изменения магнитного поля на станции Eskdalemuir (IAGA Code: ESK lat: 55.317 long: 356.8) на протяжении 97 лет.

В настоящей работе изучена взаимосвязь параметров, характеризующих смещение географического полюса и изменение индукции магнитного поля Земли с астрономическими параметрами небесных тел Солнечной системы. Обсуждаются информационные и физические модели влияния небесных тел на электромагнитные и механические процессы, http://chaosandcorrelation.org/Chaos/CR9_2010.pdf

протекающие на нашей планете. На основе специальной и общей теории относительности развита модель импульсного воздействия удаленных тел на магнитное поле и прецессионное движение полюса Земли.

Корреляционные связи геофизических и астрономических параметров

При создании моделей в настоящей работе были использованы данные по координатам географического полюса – X , Y /2/, а также данные по индукции магнитного поля Земли /3/.

Отметим, что в базе данных /3/ используется специфический формат записи параметров индукции магнитного поля - WDC, который включает несколько разнородных величин – D (склонение), F (амплитуда), H (горизонтальная составляющая индукции), I (наклонение), V_x (горизонтальная меридиональная составляющая вектора индукции), V_y (горизонтальная восточная составляющая вектора индукции), V_z (вертикальная составляющая вектора индукции). При этом в зависимости от методики исследования на каждой из 240 станций в разные годы велась запись от 3 до 7 параметров, что делает эту базу крайне неудобной для исследования. Поэтому для обработки базы данных /3/ была создана программа, позволяющая объединять все файлы базы данных /3/ в общую БД формата DBF4, а затем делать выборку для каждого из 7 параметров магнитного поля и для каждой станции наблюдения.

В качестве астрономических параметров были использованы долгота (LON), широта (LAT) и расстояние – R , от Земли до девяти небесных тел – Солнца, Луны, Марса, Меркурия, Венеры, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Астрономические параметры вычислялись на каждый день в фиксированной точке с географическими координатами Гринвича в 12:00 GMT в топоцентрической системе координат. Отметим, что выбор этой точки не является существенным для решаемого класса задач.

На рис. 1-2 и в таблицах 1-2 представлены результаты вычисления корреляции (Pearson Product Moment Correlation) смещений географического полюса с 27 астрономическими параметрами в зависимости от длины рядов N (числа дней). Эти данные свидетельствуют, что квазипериодический процесс смещения географического полюса имеет сильную корреляционную связь с параметрами Солнца, Сатурна, Урана и Нептуна и умеренно сильную связь с параметрами Меркурия, Венеры, Марса и Юпитера, что ранее было обнаружено в работе /4/. Вклад Луны в этом масштабе (точка на сутки) является незначительным. Укажем, что современные модели суточных колебаний географического полюса подробно обсуждаются в работе /5/ и других.

Отметим асимметрию в поведении коэффициентов корреляции, вычисленных для координат смещения географического полюса X , Y : коэффициенты корреляции X (смещений вдоль меридиана Гринвич) снижаются с ростом длины ряда (числа дней) значительно быстрее, нежели коэффициенты корреляции Y (смещений вдоль меридиана $90^\circ W$). Это,

видимо, объясняется тем, что смещения X , Y географического полюса связаны между собой дифференциальными уравнениями первого порядка. Поэтому, когда одна координата (Y) находится в фазе с движением небесных тел, другая координата (X) находится в противофазе. Следовательно, коэффициент корреляции координаты X с параметрами небесных тел затухает быстрее с ростом длины ряда. Доказательство будет дано ниже, при построении модели явления.

На рис. 3 и в таблице 3 представлены коэффициенты корреляции вертикальной компоненты индукции магнитного поля Земли (Bz_{RES}) с астрономическими параметрами. Данные [3] по магнитному полю получены вблизи Северного магнитного полюса на станции Resolute Bay (IAGA Code: RES; lat: 74.69; long: 265.105), поэтому они хорошо отражают смещение Северного магнитного полюса.

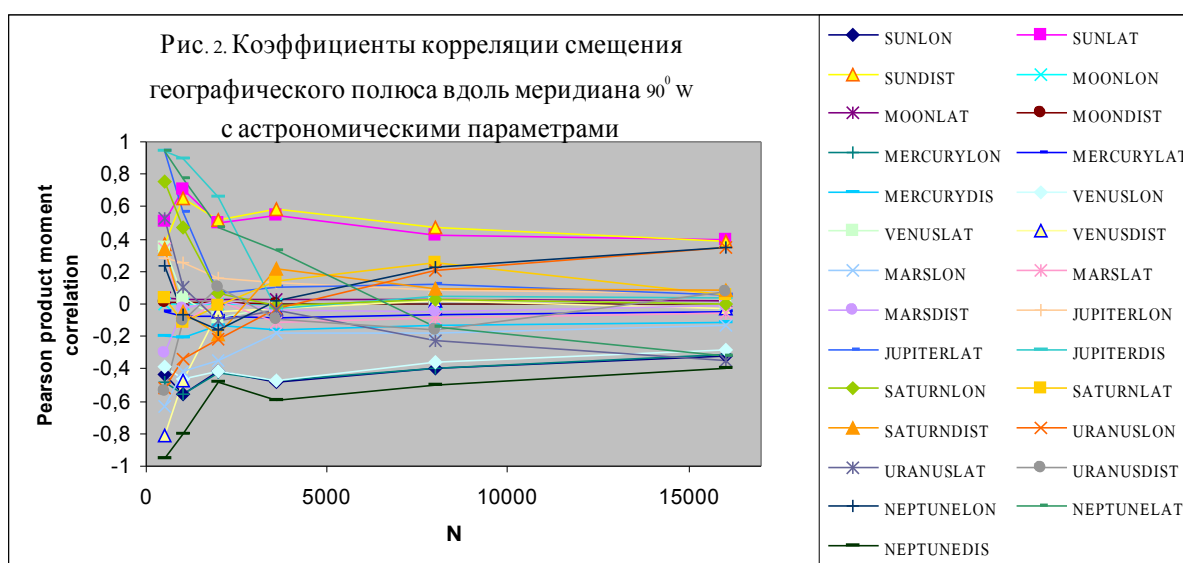
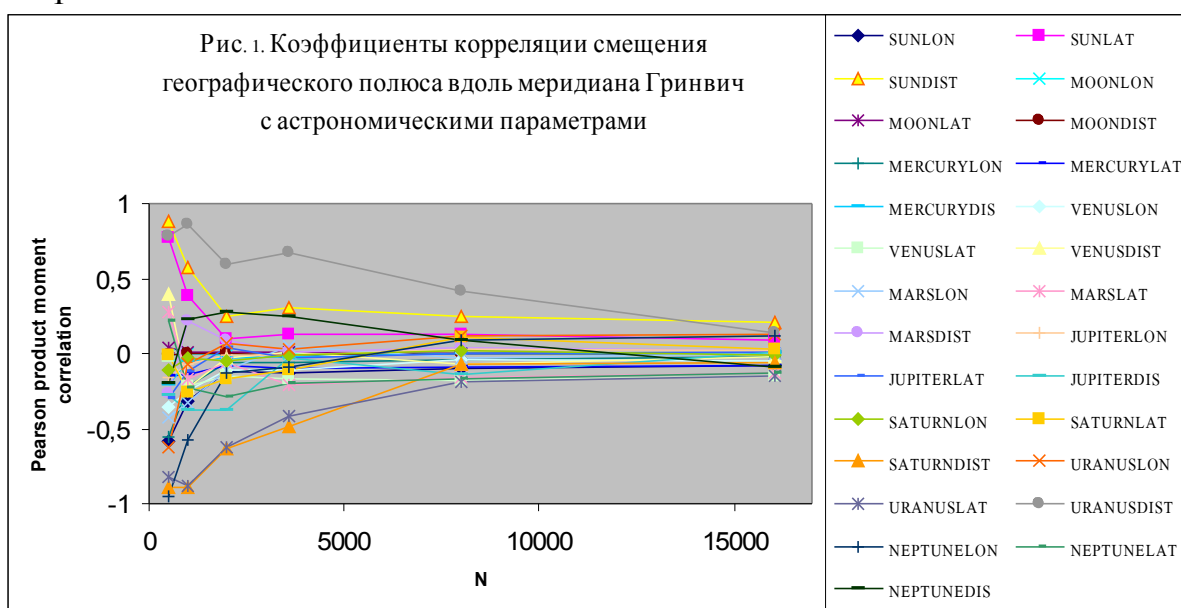


Таблица 1. Коэффициенты корреляции смещений географического полюса вдоль меридиана Гринвич с астрономическими параметрами

N	500	1000	2000	3599	8000	16032
SUNLON	-0,582	-0,32	-0,117	-0,13	-0,0961	-0,0769
SUNLAT	0,774	0,384	0,0988	0,132	0,127	0,093
SUNDIST	0,884	0,575	0,252	0,302	0,247	0,212
MOONLON	-0,00899	0,00282	-0,00701	0,00137	0,000321	-0,00174
MOONLAT	0,0432	0,0135	0,00881	0,00597	0,00417	0,00494
MOONDIST	-0,00805	0,000532	-0,00227	-0,00541	-0,00068	-0,00103
MERCURYLON	-0,551	-0,213	-0,0584	-0,0551	-0,0432	-0,0176
MERCURLAT	-0,152	-0,135	-0,0826	-0,0991	-0,0873	-0,0754
MERCURYDIS	-0,205	-0,0532	-0,0285	-0,0206	-0,00062	0,00141
VENUSLON	-0,36	-0,248	-0,105	-0,107	-0,0357	-0,0456
VENUSLAT	-0,0217	-0,217	-0,15	-0,173	-0,177	-0,152
VENUSDIST	0,396	-0,228	-0,0302	0,00892	-0,0666	-0,016
MARSLON	-0,423	-0,331	-0,108	0,0462	-0,0321	-0,00171
MARSLAT	0,281	-0,168	-0,0571	-0,207	-0,155	-0,131
MARSDIST	-0,272	0,221	0,092	0,00974	0,0419	0,0227
JUPITERLON	-0,161	-0,073	-0,00535	-0,00969	0,025	0,0234
JUPITERLAT	-0,297	-0,12	0,0353	-0,0303	0,000367	0,00718
JUPITERDIS	-0,273	-0,376	-0,376	-0,0313	-0,135	0,00919
SATURNLON	-0,106	-0,0263	-0,045	-0,00851	0,0157	-0,0105
SATURNLAT	-0,0128	-0,257	-0,172	-0,112	0,104	0,0329
SATURNDIST	-0,89	-0,894	-0,633	-0,488	-0,066	-0,0632
URANUSLON	-0,626	-0,0701	0,073	0,0259	0,12	0,13
URANUSLAT	-0,821	-0,881	-0,625	-0,412	-0,186	-0,15
URANUSDIST	0,786	0,864	0,598	0,669	0,412	0,143
NEPTUNELON	-0,949	-0,574	-0,131	-0,0895	0,0883	0,118
NEPTUNELAT	0,218	-0,224	-0,29	-0,201	-0,165	-0,13
NEPTUNEDIS	-0,194	0,232	0,28	0,246	0,0872	-0,0875

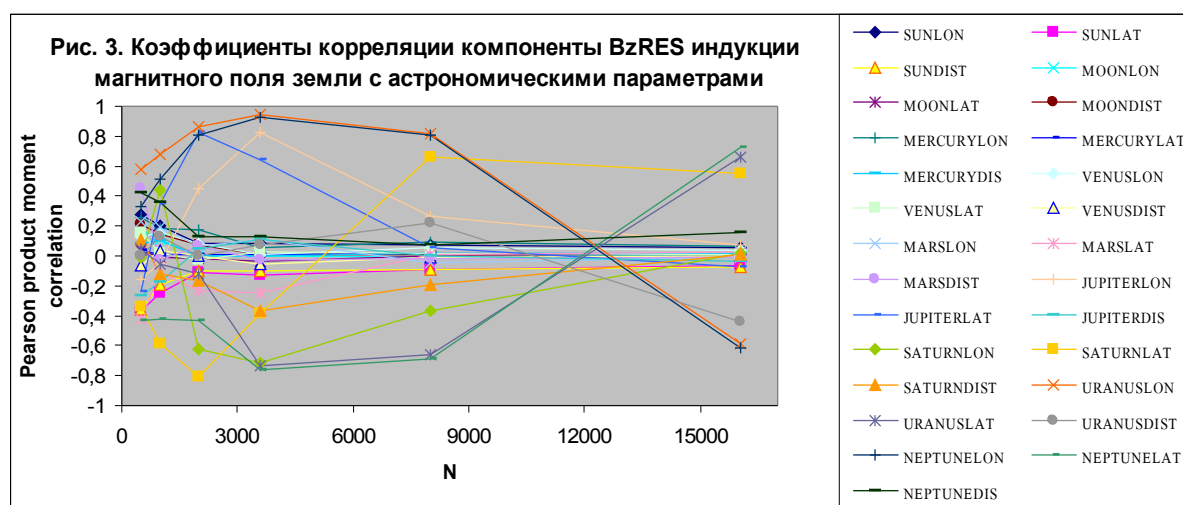


Таблица 2. Коэффициенты корреляции смещений географического полюса вдоль меридиана 90° W с астрономическими параметрами

N	500	1000	2000	3599	8000	16032
SUNLON	-0,433	-0,557	-0,411	-0,482	-0,396	-0,325
SUNLAT	0,511	0,711	0,504	0,545	0,425	0,395
SUNDIST	0,366	0,651	0,515	0,587	0,471	0,384
MOONLON	-0,00335	-0,0016	0,00381	0,00457	0,00312	-0,00034
MOONLAT	0,0345	0,0291	0,0279	0,0297	0,0236	0,0196
MOONDIST	0,00762	0,00875	0,00911	0,00347	-0,00277	-0,00205
MERCURYLON	-0,477	-0,56	-0,42	-0,47	-0,396	-0,307
MERCURYLAT	-0,0487	-0,0708	-0,0783	-0,0804	-0,0627	-0,049
MERCURYDIS	-0,195	-0,212	-0,131	-0,158	-0,131	-0,11
VENUSLON	-0,386	-0,464	-0,411	-0,473	-0,358	-0,282
VENUSLAT	0,353	0,0358	-0,0822	-0,0228	0,029	-0,00226
VENUSDIST	-0,807	-0,471	-0,0425	-0,0284	0,0176	-0,0283
MARSLON	-0,633	-0,415	-0,351	-0,176	-0,183	-0,135
MARSLAT	0,336	-0,113	0,0196	-0,111	-0,0875	-0,0572
MARSDIST	-0,303	-0,0285	0,0142	-0,0379	-0,0442	-0,00678
JUPITERLON	0,286	0,255	0,165	0,133	0,0838	0,063
JUPITERLAT	0,947	0,569	0,0644	0,107	0,127	0,0575
JUPITERDIS	0,946	0,897	0,659	-0,0274	0,0478	0,0403
SATURNLON	0,753	0,469	0,0654	-0,00846	0,0299	-0,00187
SATURNLAT	0,0346	-0,113	-0,0092	0,14	0,254	0,0571
SATURNDIST	0,336	-0,0506	-0,188	0,214	0,0907	0,0872
URANUSLON	-0,521	-0,339	-0,218	-0,0312	0,205	0,348
URANUSLAT	0,532	0,0998	-0,107	-0,0399	-0,226	-0,353
URANUSDIST	-0,538	-0,101	0,102	-0,0901	-0,156	0,0724
NEPTUNELON	0,233	-0,0697	-0,164	0,0186	0,223	0,353
NEPTUNELAT	0,94	0,771	0,473	0,328	-0,138	-0,319
NEPTUNEDIS	-0,95	-0,804	-0,48	-0,598	-0,496	-0,399

Данные, приведенные на рис. 3 и в таблице 3 указывают на сильную корреляционную связь изменения магнитного поля Земли с параметрами Юпитера Сатурна, Урана и Нептуна и умеренно сильную связь с параметрами Солнца, Луны, Меркурия, Венеры и Марса. Было установлено / 1/, что имеется сильная корреляционная связь данных по ежедневному изменению магнитного поля Земли, полученными на разных станциях, с определенными комбинациями астрономических параметров Урана и Нептуна, которые соответствуют дипольному излучению этих планет. Используя эту связь, можно построить мультилинейную модель регрессии, описывающую ежедневное изменение магнитного поля Земли с высокой точностью на протяжении 50-100 лет /1/.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции компоненты VzRES индукции магнитного поля с астрономическими параметрами

N	500	1000	2000	3599	8000	16032
SUNLON	0,273	0,199	0,0862	0,0821	0,0715	0,0514
SUNLAT	-0,371	-0,247	-0,109	-0,127	-0,0932	-0,0672
SUNDIST	-0,361	-0,193	-0,0993	-0,105	-0,0955	-0,0703
MOONLON	0,177	0,11	-0,00164	-0,00166	-0,00463	0,00564
MOONLAT	0,0351	-0,00863	-0,0141	-0,0368	-0,00308	-0,00965
MOONDIST	0,208	0,144	0,0707	0,012	0,0132	0,0103
MERCURYLON	0,258	0,184	0,17	0,053	0,0883	0,0598
MERCURYLAT	0,0381	0,0101	0,00789	0,0117	0,0148	0,0104
MERCURYDIS	0,0804	0,105	0,00423	0,00336	0,0162	0,0153
VENUSLON	0,128	0,153	0,0829	0,0062	0,0557	0,0388
VENUSLAT	0,158	0,0196	-0,0308	0,0296	0,0154	0,00504
VENUSDIST	-0,0624	0,0392	-0,00413	-0,0541	-0,00792	-0,0041
MARSLON	0,232	0,189	0,0618	0,113	-0,0483	-0,00527
MARSLAT	-0,426	-0,112	-0,226	-0,244	0,0115	0,0307
MARSDIST	0,448	-0,026	0,0676	-0,0319	-0,0168	-0,00558
JUPITERLON	-0,155	-0,0501	0,447	0,827	0,263	0,0721
JUPITERLAT	-0,239	0,351	0,83	0,646	0,0591	-0,0696
JUPITERDIS	-0,263	-0,17	0,0443	0,109	0,00425	-0,0345
SATURNLON	-0,00502	0,444	-0,623	-0,719	-0,364	0,0225
SATURNLAT	-0,341	-0,587	-0,807	-0,389	0,665	0,552
SATURNDIST	0,107	-0,118	-0,161	-0,369	-0,194	0,00839
URANUSLON	0,575	0,676	0,858	0,943	0,819	-0,59
URANUSLAT	0,0427	-0,0551	-0,121	-0,732	-0,663	0,66
URANUSDIST	0,00263	0,129	-0,00164	0,0693	0,217	-0,44
NEPTUNELON	0,333	0,517	0,809	0,929	0,81	-0,613
NEPTUNELAT	-0,434	-0,421	-0,429	-0,759	-0,691	0,726
NEPTUNEDIS	0,418	0,357	0,13	0,129	0,0715	0,16

Модель возмущения магнитного поля Земли небесными телами

Возникает вопрос о природе корреляционных связей смещений географического полюса и изменений магнитного поля Земли с астрономическими параметрами небесных тел Солнечной системы. В работе /1/ обсуждается индукционная модель, основанная на свойстве магнитных тел образовывать совместное магнитное поле. Модель /1/ позволяет объяснить возмущение магнитного поля Земли влиянием небесных тел, обладающих магнитным моментом. Эту модель можно расширить, включив в нее магнитные поля, которые возникают при движении небесных тел, обладающих, подобно нашей планете, электрическим зарядом. Векторный потенциал движущихся зарядов можно представить в виде /6/

$$\mathbf{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{i=1}^P \frac{\mathbf{u}_i Q_i}{R_i}$$

Здесь обозначено μ_0, \mathbf{u}_i, Q_i - магнитная постоянная, скорость и заряд небесного тела соответственно, c - скорость света. Индукция магнитного поля определяется согласно уравнению

$$\vec{\mathbf{B}} = \nabla \times \vec{\mathbf{A}} = - \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{i=1}^P \frac{Q_i}{R_i^3} [\vec{\mathbf{u}}_i \vec{\mathbf{R}}_i] \quad (1)$$

Поскольку наблюдение за магнитным полем ведется на поверхности Земли. т.е. в топоцентрической системе координат, скорость удобно будет выразить через мгновенную угловую скорость вращения небесного тела относительно точки наблюдения. Удерживая только слагаемое, пропорциональное угловой скорости вращения Земли вокруг оси, находим

$$\vec{\mathbf{B}} = \nabla \times \vec{\mathbf{A}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{i=1}^P \frac{Q_i}{R_i^3} (R_i^2 \vec{\Omega}_e - (\vec{\Omega}_e \vec{\mathbf{R}}_i) \vec{\mathbf{R}}_i) \quad (2)$$

Предполагая, что вариации магнитного поля обусловлены только влиянием движущихся зарядов небесных тел, можно оценить величину заряда каждого тела. Для этого построим модель регрессии, используя 27 комбинаций параметров (2), которые для каждого небесного тела с точностью до постоянного множителя можно представить в виде

$$\begin{aligned} P_{i1} &= \frac{\sin LAT_i}{R_i} - \frac{\cos \vartheta_e}{R_i} \\ P_{i2} &= K_i \frac{\cos LAT_i \sin LON_i}{R_i} - \frac{\sin \vartheta_e}{R_i} \\ P_{i3} &= K_i \frac{\cos LAT_i \cos LON_i}{R_i} \\ K_i &= \sin \vartheta_e \cos LAT_i \sin LON_i + \cos \vartheta_e \sin LAT_i \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $\vartheta_e = 23,439291^{\circ}$ - угол наклона земной оси относительно нормали к орбитальной плоскости. Отметим, что данные для расстояний до небесных тел вычисляются в формулах (3) в астрономических единицах.

Модель линейной регрессии для параметров индукции магнитного поля имеет вид:

$$B_i(n, S) = C_i(S) + \sum_{j,k} c_{ij}(S) P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N \quad (4)$$

Здесь S – станция наблюдения. В таблице 4 приведены географические координаты магнитных обсерваторий, данные которых были использованы в настоящем исследовании. Для каждой станции из таблицы 4 вычислялись

коэффициенты линейной регрессии, согласно (4), по которым восстанавливались значения зарядов небесных тел.

Таблица 4. Коды и географические координаты магнитных обсерваторий

Station	Dumont d'Urville	Hermanus	Gnangara	Fuquene	Guam	Alibag	Honolulu	Kakioka
IAGA Code	DRV	HER	GNA	FUQ	GUA	ABG	HON	KAK
Lat	-66,667	-34,425	-31,8	5,47	13,59	18,638	21,32	36,232
Long	140,009	19,227	118	286,265	144,89	72,874	204	140,188
Station	Chambon-la-Forêt	Furstenfeldbruck	Dourbes	Hartland	Niemegk	Patrony	Meanook	Lerwick
IAGA Code	CLF	FUR	DOU	HAD	NGK	IRT	MEA	LER
Lat	48,017	48,17	50,1	51	52,072	52,167	54,615	60,133
Long	2,269	11,3	4,8	355,519	12,675	104,47	246,655	358,817
Station	Baker Lake	Resolute Bay	Qaanaaq (Thule)	Sodankyla	Alma Ata	Addis Ababa	Antananarivo	San Juan
IAGA Code	BLC	RES	THL	SOD	AAA	AAE	TAN	SJG
Lat	64,333	74,69	77,483	67,367	43,25	9,03	-18,917	18,117
Long	263,969	265,105	290,833	26,633	76,917	38,765	47,552	293,85
Station	MBour	Faraday Islands	Apia	Bangui	Tucson	Byrd Station 2	Meanook	Cape Wellen (Uelen)
IAGA Code	MBO	AIA	API	BNG	TUC	BYR	MEA	CWE
Lat	14,384	-65,245	-13,807	4,333	32,17	66,163	54,615	66,163
Long	343,033	295,742	188,225	18,867	249,27	240,483	246,653	190,165
Station	Nurmijarvi	Valentia	Wingst	College	Kanozan	Niemegk	Memambetsu	Leirvogur
IAGA Code	NUR	VAL	WNG	CMO	KNZ	NGK	MMB	LRV
Lat	60,508	51,933	53,743	64,87	35,256	52,072	43,91	64,183
Long	24,655	349,75	9,073	212,14	139,956	12,675	144,189	338,5

Оценка зарядов получается неоднозначной – см. таблицу 5, поэтому для каждого небесного тела можно выделить гипотетическую величину, используя среднее значение по всем станциям. В свою очередь, из средних значений можно выбрать наиболее значимое, в результате были получены следующие порядки величин (Кулон): Солнце – 10^{16} ; Луна – 10^{10} ; Меркурий – 10^{13} ; Венера – 10^{13} ; Марс – 10^{13} ; Юпитер – 10^{14} ; Сатурн – 10^{15} ; Уран – 10^{17} ; Нептун – 10^{18} .

Эти данные показывают, что небесные тела должны обладать гигантскими зарядами, чтобы обеспечить наблюдаемую вариацию индукции магнитного поля Земли. В этой связи заметим, что Земля обладает отрицательным зарядом, распределение которого создает в приземном слое атмосферы электрическое поле напряженностью около 100 В/м. По теореме Гаусса этому полю соответствует суммарный отрицательный заряд около 451615 кулон, что на 5-10 порядков меньше, чем приведенные оценки.

Проблема большого заряда легко разрешается, если предположить, что носителями электричества выступают не ионы и электроны, а крупные образования – кластеры, кристаллы, капли и т.п. Максимальный заряд, который может удержать небесное тело, определяется из баланса силы

гравитационного притяжения и силы Кулона отталкивания одноименных зарядов в виде

$$\frac{Q^2}{4\pi \varepsilon_0 N_e r^2} = \frac{GmM}{r^2} \quad (5)$$

Здесь ε_0, G электрическая и гравитационная постоянная соответственно, N_e – общее число носителей электричества. Отсюда находим заряд небесного тела

$$Q = \sqrt{4\pi \varepsilon_0 G N_e m M} \quad (6)$$

Таблица 5. Коэффициенты моделей линейной регрессии вариаций вертикальной компоненты индукции магнитного поля и соответствующий им средний заряд

STATION	KAK	MMB	CLF	FUR	HAD	Q, Кулон
R=	0,998	0,998	0,999	0,999	0,998	
Constant	3,797575	3,918072	6,015683	5,439575	5,836794	
SUN1	2,156975	2,320956	3,876403	3,479264	3,718508	6,41E+16
SUN2	0,008794	0,009831	0,015294	0,011703	0,009992	2,29E+14
SUN3	0,003658	0,005581	0,002942	0,003197	0,002389	7,32E+13
MOON1	0,000193	0,000131	-8,67E-05	-9,19E-05	-0,00003	4,75E+11
MOON2	2,81E-05	1,97E-05	-1,03E-05	-1,16E-05	-2,22E-06	9,73E+10
MOON3	1,56E-05	1,36E-05	-3,11E-07	1,07E-06	-2,62E-07	1,22E+11
MERCURY1	-0,00398	-0,00472	-0,00237	-0,00278	-0,00252	-6,74E+13
MERCURY2	-0,00241	-0,00166	-0,00459	-0,00262	-0,003	-5,88E+13
MERCURY3	-0,01361	-0,0141	-0,01045	-0,00924	-0,01026	-2,38E+14
VENUS1	-0,00167	-0,00179	-0,0012	-0,00089	-0,00195	-3,09E+13
VENUS2	0,00435	0,004903	0,00205	0,002908	0,004819	7,84E+13
VENUS3	0,003433	0,002081	0,003881	0,003125	0,002356	6,13E+13
MARS1	-0,00529	-0,00523	-0,00371	-0,00239	-0,00285	-8,02E+13
MARS2	0,001369	0,002572	0,004842	0,004797	0,00016	5,66E+13
MARS3	0,005525	0,003436	-0,00411	-0,00534	-0,00086	-5,54E+12
JUPITER1	0,163169	0,131408	0,042344	0,039258	0,034583	1,69E+15
JUPITER2	-0,01562	-0,01259	0,05185	0,033114	0,033647	3,72E+14
JUPITER3	-0,06074	-0,05493	0,017375	0,004247	0,005156	-3,66E+14
SATURN1	0,900206	0,678317	0,538817	0,294714	0,760256	1,31E+16
SATURN2	0,906956	0,900878	-0,4955	-0,28283	-0,38613	2,65E+15
SATURN3	-0,1365	4,97E-05	0,498336	0,272967	0,986864	6,68E+15
URANUS1	-17,214	-13,9422	-24,1043	-22,4837	-26,4272	-4,29E+17
URANUS2	10,36017	7,186717	5,329775	3,175997	8,928747	1,44E+17
URANUS3	16,00536	14,50029	-9,95766	-9,43402	-10,3066	3,33E+15
NEPTUNE1	54,83559	49,98008	94,94126	87,9602	96,60819	1,58E+18
NEPTUNE2	4,4182	18,91763	17,80636	16,79089	3,133958	2,52E+17
NEPTUNE3	60,22368	55,4146	63,46015	65,44635	59,93677	1,25E+18

Если бы Земля состояла только из носителей электричества, тогда, согласно (6), ее максимальный заряд составил бы $5,15 \cdot 10^{14}$ кулон, что по порядку величины совпадает с оценкой заряда Юпитера, приведенной выше. Реально же общая масса носителей электричества нашей планеты, вычисленная по уравнению (6), составляет всего около 4500 тонн, поэтому ее суммарный заряд не столь велик, как у планет-гигантов.

При нарушении условия равновесия (5) слишком большой заряд не сможет удержаться на поверхности небесного тела, а элементарные носители в виде кристаллов или даже крупных глыб будут выброшены на орбиту, где образуют скопление типа колец Сатурна, Урана или Нептуна. Кратковременные всплески излучения, характерные для электрических разрядов, а также необычные образования типа спиц, обнаруженные в кольце В, свидетельствуют о наличии значительного электрического заряда у глыб льда, образующих кольца Сатурна. Если предположить, что величины суммарных зарядов колец Сатурна, Урана и Нептуна согласуются с полученными данными, тогда механизм возмущения магнитного поля Земли можно полностью объяснить на основе модели (1). Кроме того, на основе этой модели можно объяснить суточные колебания напряженности электрического поля в приземном слое, достигающие 30В/м, а также возникновение грозных облаков.

Излучение Вавилова-Черенкова при сверхсветовом относительном движении небесных тел

В работе /1/ были построены модели линейной регрессии для данных по магнитному полю /3/ в зависимости только от параметров дипольного излучения Урана и Нептуна. Действительно, как следует из полученных данных, вклад Урана и Нептуна в вариации магнитного поля Земли значительно превышает вклады других небесных тел.

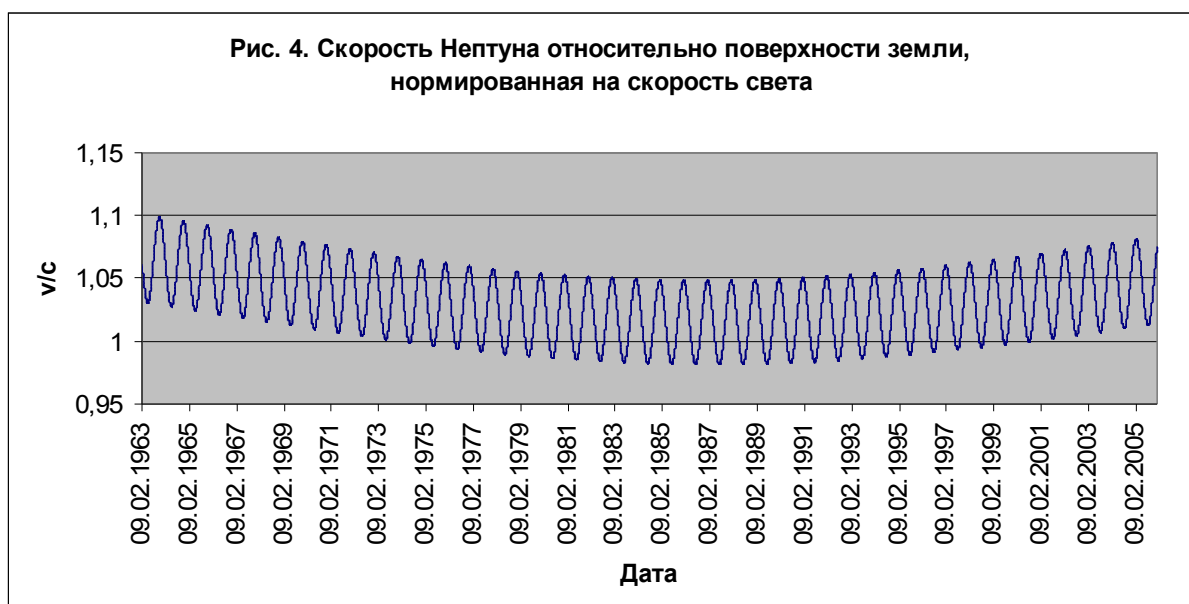
Столь сильное влияние Нептуна, возможно, объясняется тем, что в системе отсчета, связанной с поверхностью вращающейся Земли, относительная скорость Нептуна, периодически превышает скорость света – рис. 4. При такой относительной скорости движения необходимо учитывать релятивистские поправки в уравнениях электродинамики и механики, тогда как в современных астрономических вычислениях в пределах Солнечной системы используются уравнения классической небесной механики.

Дадим качественную оценку электродинамических эффектов, связанных с субсветовым и сверхсветовым движением Нептуна, основанную на преобразованиях Лоренца для поля равномерно движущегося заряда и потенциалах Лиенара-Вихерта /6-7/. Предположим, что заряд движется с до световой скоростью. В этом случае с учетом релятивистских эффектов уравнение (1) имеет вид /6/:

$$\mathbf{B} = \frac{1}{c^2} \sum_i \mathbf{u}_i \times \mathbf{E}_i, \quad \mathbf{E}_i = - \frac{Q_i}{4\pi \epsilon_0} \frac{\mathbf{R}_i}{R_i^3} \frac{(1 - \beta_i^2)}{(1 - \beta_i^2 \sin^2 \theta_i)^{3/2}} \quad (7)$$

Здесь $\beta_i^2 = u_i^2 / c^2$, θ_i - угол между направлением движения и радиус-вектором небесного тела. Согласно второму уравнению (7), электрическое поле содержит особенности (стремится к бесконечности) в точках $\beta_i \rightarrow 1$, $\theta_i = \pi / 2$, которые, очевидно, являются источниками возмущений электрического и магнитного поля Земли. Согласно уравнениям (7) в этом случае наведенные электрические и магнитные поля неограниченно возрастают по величине, что на практике эквивалентно электромагнитному импульсу.

В настоящее время нет теории, позволяющей описать движение Нептуна со сверхсветовой скоростью относительно поверхности Земли, чтобы оценить влияние его электромагнитных и гравитационных полей на параметры земной ионосферы, магнитосферы и скорость прецессии земной оси. Так, в учебном пособии /6/ утверждается, что вращающейся системой координат можно пользоваться лишь до расстояний, равных c/Ω_e , поскольку для больших расстояний такую систему отсчета невозможно осуществить материальными телами. В случае Земли это составляет 27,5566 астрономических единиц, тогда как орбиты Нептуна и Плутона пролегают несколько дальше этого расстояния (например, на 22.07.2010 расстояние от Земли до указанных небесных тел составило 29,12 а.е. и 30,96 а.е. соответственно). С другой стороны, астрономические наблюдения за удаленными объектами Солнечной системы, звездами и галактиками, которые движутся относительно поверхности Земли со сверхсветовой скоростью, осуществляются во вращающейся евклидовой системе координат, которая простирается сколь угодно далеко. Следовательно, можно использовать вращающуюся евклидову систему координат с учетом возможных релятивистских поправок.



Отметим, что задача о поведении электромагнитных полей при сверхсветовой относительной скорости движения заряда была решена Хевисайдом (1888), де Кудром (1900) и Зоммерфельдом (1904) еще до открытия Эйнштейном релятивистской формы уравнений электродинамики в 1905 г /7-8/. В последнее время наблюдается повышенный интерес к такого рода задачам, что связано с обнаружением релятивистских струй, испускаемых ядрами галактик /9/, а также с различными модификациями эффекта излучения Вавилова-Черенкова /8/. Как известно, электромагнитные потенциалы заряда, движущегося со сверхсветовой скоростью, определены в конусе, вершина которого совпадает с зарядом, а угол раствора определяется из уравнения $\sin \theta_i = c/u$. Поверхность конуса, ограничивающего решение, является огибающей волн Вавилова-Черенкова. Эти волны можно наблюдать в сплошных средах с большим показателем преломления, типа воды или свинцового стекла, в которых скорость видимого света меньше скорости света в вакууме, при движении заряженных частиц со сверхсветовой скоростью. Излучение Вавилова-Черенкова распространяется под углом к скорости движения, а сам угол определяется из уравнения $\cos \vartheta_0 = c/u$ /7-8/.

Будем исходить из уравнений потенциалов электромагнитного поля движущегося заряда в форме Лоренца

$$\begin{aligned} \nabla^2 \phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi &= - \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla^2 \mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \mathbf{A} &= - \frac{\mathbf{u}}{c^2 \epsilon_0} \rho \end{aligned} \quad (8)$$

В частном случае движения с постоянной скоростью векторный потенциал выражается через скалярный потенциал в виде /6/

$$\mathbf{A} = \frac{\mathbf{u}}{c^2} \phi$$

Рассмотрим автомодельное решение первого уравнения (8) в однородном случае, когда плотность заряда равна нулю. Предположим, что заряд движется вдоль оси OX. Введем цилиндрическую систему координат с осью, совпадающей с траекторией движения, положим

$$\phi = \phi(\zeta), \quad \zeta = \frac{x - ut}{r\sqrt{\beta^2 - 1}} \quad (9)$$

Подставляя зависимость (9) в первое уравнение (8), находим

$$(\zeta^2 - 1)\phi'' + \zeta\phi' = 0 \quad (10)$$

Разрешая уравнение (10), окончательно получим

$$\phi' = \frac{\phi'_0}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}, \quad \zeta^2 = \frac{(x - ut)^2}{r^2(\beta^2 - 1)} = \frac{ctg^2\theta_i}{\beta^2 - 1} \geq 1 \quad (11)$$

Используя решение (11), найдем компоненты электрического и магнитного поля в виде

$$\mathbf{E} = -\nabla\phi - \frac{\partial\mathbf{A}}{\partial t} = -\left(\nabla\zeta + \vec{\beta}\zeta_t/c\right)\phi'$$

$$E_x = \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{r} \frac{\phi'_0}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}, \quad E_r = \frac{\zeta}{r} \frac{\phi'_0}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}, \quad E_\varphi = 0 \quad (12)$$

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A} = c^{-2} \mathbf{u} \times \nabla \phi$$

$$B_x = B_r = 0, \quad B_\varphi = \frac{u}{c^2} \frac{\zeta}{r} \frac{\phi'_0}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}$$

Выражения (12) описывают излучение заряженной частицы, движущейся со сверхсветовой скоростью. Полное решение задачи о поле заряда, движущегося со сверхсветовой скоростью, является суммой решений, первое из которых соответствует частному решению первого уравнения (8) для точечного заряда, т.е. определяется на основе потенциалов Лиенара-Вихерта [7], а второе, описывающее поле излучения, задается в виде (12).

Неопределенную константу, фигурирующую в выражениях (12) можно доопределить, предположив, что в лобовой точке сферического заряда конечного радиуса радиальная компонента электрического поля обращается в ноль, т.е. $E_R = 0$, $R = R_{0i}$, $\theta_i = 0$. Отсюда находим

$$\phi'_0 = -\frac{Q_i}{4\pi\epsilon_0 R_{0i}} \frac{(\beta_i^2 - 1)}{\beta_i^2}$$

Здесь R_{0i} - радиус сферического заряда. Следовательно, имеем

$$E_{Ri} = \frac{Q_i}{4\pi\epsilon_0 R_i^2} \frac{(\beta_i^2 - 1)}{(1 - \beta_i^2 \sin^2\theta_i)^{3/2}} - \frac{Q_i}{4\pi\epsilon_0 R_{0i} R_i} \frac{(\beta_i^2 - 1) \cos\theta_i}{\sqrt{1 - \beta_i^2 \sin^2\theta_i}} \quad (13)$$

Из полученных выражений (12-13) следует, что электромагнитное поле точечного заряда, движущегося со сверхсветовой скоростью, определено в http://chaosandcorrelation.org/Chaos/CR9_2010.pdf

конусе, вершина которого совпадает с зарядом, а угол раствора определяется из уравнения $\sin \theta_i = c/u$.

Согласно последнему уравнению (12), магнитное поле излучения заряда, движущегося со сверхсветовой скоростью во вращающейся системе координат, не зависит от расстояния. Действительно, в общем случае выражение (1) необходимо модифицировать с учетом влияния релятивистских эффектов. Используя выражения (7) и (13), получим

$$\vec{B} = \frac{1}{c^2} \sum_{i=1}^P \frac{E_{Ri}}{R_i} [\vec{u}_i \vec{R}_i] = - \frac{1}{c^2} \sum_{i=1}^P \frac{E_{Ri}}{R_i} (R_i^2 \vec{\Omega}_e - (\vec{\Omega}_e \vec{R}_i) \vec{R}_i)$$

Подставляя сюда выражение электрического поля (13), находим, что магнитное поле излучения заряда содержит слагаемое, не зависящее от расстояния. Это слагаемое появляется лишь при относительном сверхсветовом движении. Если, например, заряд Нептуна излучает волны Вавилова-Черенкова в какой-либо проводящей среде – ионосфере, морской воде, ядре или мантии, то эти волны отразятся на величине магнитного поля Земли. Согласно (13), интенсивность этих волн зависит от величины электростатического потенциала на поверхности небесного тела.

Указанные особенности, видимо, присущи не только электромагнитным полям Нептуна, но и Урана, Плутона и их спутников. Здесь необходимо отметить, что земная кора состоит из горных пород с большой диэлектрической проницаемостью и слабой проводимостью. В таких средах излучение зарядов небесных тел распространяется с низкой скоростью, которая может быть в несколько раз меньше скорости света в вакууме. Можно предположить, что Юпитер, Сатурн и Уран движутся относительно этих сред со сверхсветовой скоростью. Это, очевидно, выполняется и для морской воды, в которой скорость видимого света составляет около $2c/3$, а относительная диэлектрическая проницаемость приблизительно равна 81.

Таким образом, мы показали, что существует релятивистский механизм усиления электромагнитных полей Нептуна, обусловленный большой относительной скоростью движения этой планеты в системе координат, связанной с поверхностью Земли.

Модель возмущения движения полюса Земли

Заметим, что выражение в круглых скобках в правой части (2) есть ничто иное, как механический момент пробной частицы единичной массы, вращающейся вокруг центра Земли по орбите небесного тела с угловой скоростью вращения нашей планеты. Исходя из этой аналогии, можно предположить, что в Солнечной системе существует обмен механическим моментом, подобно тому, как происходит обмен магнитным моментом, согласно приведенной выше модели. Можно также предположить, что

гравитационный потенциал небесных тел играет в отношении механического момента роль, аналогичную потенциалу электрического поля.

Для доказательства этой гипотезы воспользуемся известными результатами общей теории относительности, касающимися прецессии шарового волчка, совершающего орбитальное движение в гравитационном поле массивного тела, обладающего моментом вращения (H. Weyl, 1923 и L. Schiff, 1960). Решение этой задачи приводит к уравнению (см. /6/, стр. 439):

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = [\vec{\Omega}\vec{L}]$$

$$\vec{\Omega} = \frac{3Gm_i}{2c^2 R_i^3} [\vec{R}_i \vec{u}_i] + \frac{G}{c^2 R_i^5} (3\vec{R}_i (\vec{R}_i \cdot \vec{L}_i) - \vec{L}_i)$$
(14)

Здесь m_i, \vec{L}_i - масса центрального тела и момент его вращения соответственно. Отметим, что модель (14) является линейной по скорости прецессии, поэтому обобщение модели на случай движения волчка в гравитационном поле нескольких массивных тел осуществляется на основе принципа суперпозиции с использованием соответствующей функции Лагранжа (см. /6/, уравнение (106,17) на с. 437). Таким образом, в общем случае имеем

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = [\vec{\Omega}\vec{L}]$$

$$\vec{\Omega} = \sum_i \left(\frac{3Gm_i}{2c^2 R_i^3} [\vec{R}_i \vec{u}_i] + \frac{G}{c^2 R_i^5} (3\vec{R}_i (\vec{R}_i \cdot \vec{L}_i) - \vec{L}_i) \right)$$
(15)

При регулярном движении модель (15) описывает прецессию с большим периодом порядка 100 млн. лет, поэтому обычно не рассматривается в приложениях к движению полюса Земли. Ниже дано обобщение этой модели на случай нерегулярного быстрого движения при импульсном воздействии, имеющем релятивистскую природу, как и в случае возмущения электромагнитного поля Земли. Легко видеть, что первое слагаемое в правой части второго уравнения (15) по своей структуре аналогично правой части уравнения (1). В таком случае следует ожидать, что скорости смещений географического полюса описываются моделью линейной регрессии, аналогичной (4), т.е.

$$\dot{x}(n) = a_1 y(n) + b_1 + \sum_{j,k} c_{jk} P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N$$
(16)

$$\dot{y}(n) = a_2 x(n) + b_2 + \sum_{j,k} d_{jk} P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N$$

В таблице 6 приведены коэффициенты модели (16). Точность определения скорости смещения вдоль меридиана Гринвич практически совпадает с точностью определения скорости вдоль меридиана 90°W.

Таблица 6. Коэффициенты моделей линейной регрессии (16)

	dx/dt	dy/dt
N	16032	16032
R	0,96	0,973
Standard Error of Estimate	0,001	0
b	0,0122	-0,0208
a	0,0148	-0,0145
SUN1	0,0173	-0,0154
SUN2	0,00049	1,73E-05
SUN3	-6,1E-05	0,000158
MOON1	-8,1E-07	1,14E-07
MOON2	-5,2E-07	-3,2E-07
MOON3	3,46E-08	6,47E-09
MERCURY1	-6,5E-05	-4,8E-05
MERCURY2	0,000138	-0,00012
MERCURY3	-0,00016	-0,0002
VENUS1	7,46E-05	-3,1E-06
VENUS2	-0,00024	-2,8E-05
VENUS3	6,31E-05	-4,3E-05
MARS1	-5E-06	2,71E-05
MARS2	5,94E-05	3,46E-05
MARS3	0,000124	2,78E-05
JUPITER1	-0,00017	-0,00098
JUPITER2	0,00105	0,000408
JUPITER3	-0,00165	-0,00122
SATURN1	0,00734	0,00317
SATURN2	0,00368	0,00312
SATURN3	0,00437	0,00108
URANUS1	-0,0739	0,0557
URANUS2	0,00816	0,0089
URANUS3	-0,0113	0,0236
NEPTUNE1	0,116	-0,325
NEPTUNE2	-0,0727	-0,0371
NEPTUNE3	0,156	-0,05

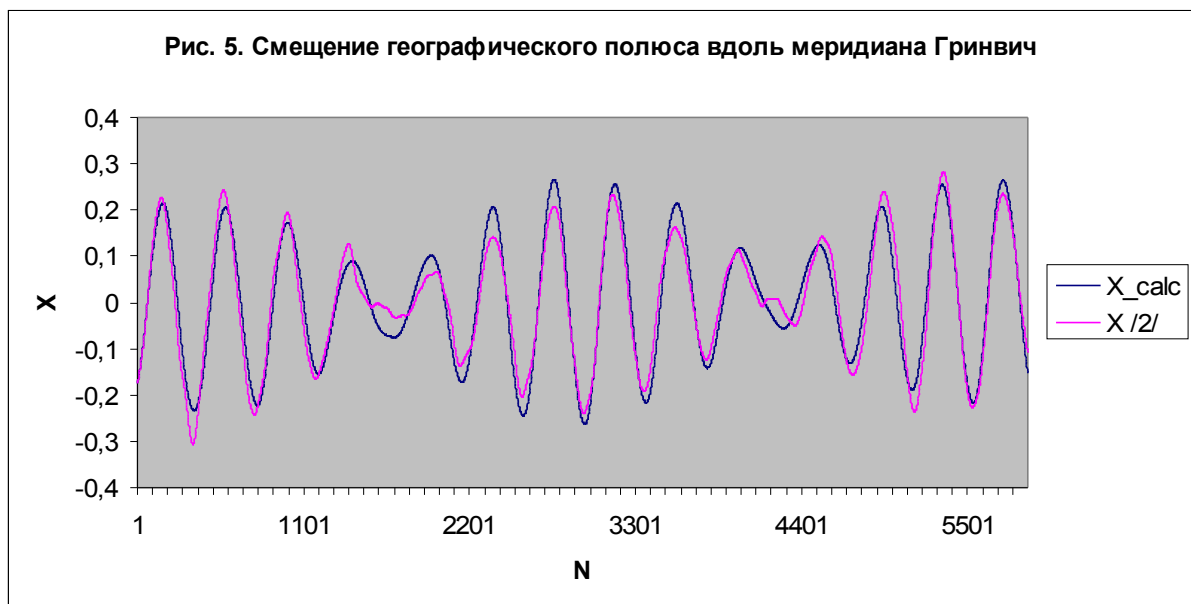
Модель (16) может быть записана в виде системы уравнений второго порядка:

$$\ddot{x} = -\omega^2 x + a_1 g + \dot{f}, \quad f = \sum_{j,k} c_{jk} P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N$$

$$\ddot{y} = -\omega^2 y + a_2 f + \dot{g}, \quad g = \sum_{j,k} d_{jk} P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N$$
(17)

Здесь $\omega^2 = -a_1 a_2$. Используя данные из таблицы (6), находим период колебаний $T = 2\pi / \omega = 428,9089$ суток, что практически совпадает с нижним значением периода чандлеровских колебаний, использованным в модели /11/ - 429,7 суток. Как известно эти колебания соответствуют свободной нутации деформируемой Земли /4-5, 10-11/.

Система уравнений (17) интегрировалась численным методом. Результаты расчетов представлены на рис. 5-6 вместе с данными /2/. Можно отметить неплохое согласие результатов с экспериментальными данными как по периоду, так и по амплитуде колебаний.



В численных расчетах было установлено, что модель (17) содержит вязкость, поэтому предлагается следующий окончательный вид модели

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= -\omega^2 x + a_1 \dot{g} + \dot{f} - \lambda_1 \dot{x}, \\ \ddot{y} &= -\omega^2 y + a_2 \dot{f} + \dot{g} - \lambda_2 \dot{y},\end{aligned}\quad (18)$$

Здесь $\lambda_1 \approx 0,0003$; $\lambda_2 \approx 0,00023$ - параметры затухания свободных колебаний географического полюса. Модель (18) весьма чувствительна к выбору параметров затухания. Путем перебора удалось оптимизировать модель лишь на интервале $1 \leq n \leq 6000$, что составляет около 16,4 года.

Таким образом, на основе аналогии с моделью обмена магнитным моментом в Солнечной системе, разработана модель обмена механическим моментом, описывающая чандлеровские колебания Северного полюса Земли. Мы также доказали, что модель линейной регрессии возмущенного движения полюса в форме (16) является следствием общей теории относительности Эйнштейна.

Оценка релятивистских динамических эффектов в Солнечной системе

Как следует из уравнений (16) и данных таблицы 6, демонстрирующих значительный вклад Урана и Нептуна в динамику возмущенного движения полюса Земли, должен существовать механизм усиления гравитационных возмущений, аналогичный релятивистскому механизму усиления электромагнитных возмущений. Этот механизм легко установить на основе уравнений (15). Заметим, что угловая скорость прецессии в форме второго уравнения (14) или (15) является первым членом разложения релятивистского выражения, описывающего эффект увеличения массы и момента при субсветовых скоростях относительного движения небесных тел. В общем случае механический момент преобразуется по формулам, которые в специальной системе отсчета имеют вид /6/

$$L'_x = L_x, L'_y = \frac{L_y}{\sqrt{1 - \beta_x^2}}, L'_z = \frac{L_z}{\sqrt{1 - \beta_x^2}} \quad (19)$$

Таким образом, поперечная к относительной скорости компонента момента резко возрастает при субсветовой скорости движения. Следовательно, угловая скорость прецессии испытывает сильные возмущения при $\beta_x \rightarrow 1$. Это означает, что существует релятивистский механизм усиления возмущений угловой скорости прецессии, аналогичный механизму усиления электромагнитных возмущений.

Релятивистский механизм усиления возмущений скорости прецессии приводит к следующим легко проверяемым следствиям. Земля при каждом механическом встряхивании отзывается серией землетрясений, поэтому должна быть заметная корреляция ежедневного числа сейсмических событий

с астрономическими параметрами Урана и Нептуна. Такая корреляция действительно была обнаружена в работе /1/ - см. таблицу 7.

Второе следствие связано с достижением субсветовой скорости Ураном и Нептуном, что более вероятно на максимальном удалении от Земли для Урана и на минимальном удалении для Нептуна. В таком случае корреляция числа сейсмических событий должна возрастать с расстоянием до Урана и убывать с расстоянием до Нептуна. Чтобы определить указанные зависимости в работе /1/ на основе всемирной базы /9/ была создана семантическая информационная модель сейсмической активности Земли, охватывающая 20489816 записей регистрации различными сейсмостанциями событий Землетрясений, произошедших на нашей планете в период с 1 января 1961 года по 31 декабря 2006 г. На рис. 7 представлены диаграммы коэффициентов корреляции параметров сейсмической активности с расстоянием до Урана и Нептуна. Из приведенных на этой диаграмме данных действительно следует, что ежедневное число землетрясений с магнитудой $m_b \geq 4$, их суммарная магнитуда, суммарная энергия и суммарный объем убывает с увеличением расстояния до Нептуна и возрастает с ростом расстояния до Урана.

Третье, легко проверяемое следствие - это эффекты, связанные с движением Плутона, орбита которого пересекается с орбитой Нептуна, а также астероида Хирон, орбита которого пересекается с орбитой Урана. Следует ожидать, что часть сейсмических событий обусловлена импульсным воздействием полей этих небесных тел при движении с субсветовой скоростью относительно Земли.

В таблице 7 представлены значимые коэффициенты корреляции суммарных и средних за сутки параметров сейсмической активности нашей планеты с комплексами P_{ik} , рассчитанными в соответствии с (7) по астрономическим параметрам Урана, Нептуна, Плутона, Хирона, Солнца и Луны.

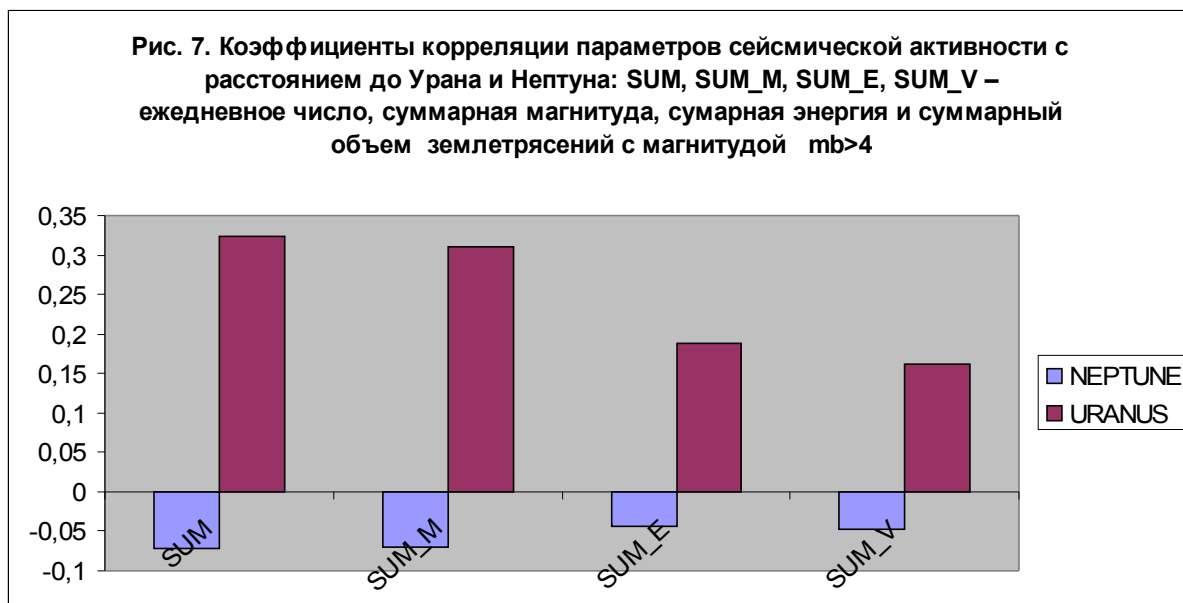
Как следует из приведенных в таблице 7 данных, коэффициенты корреляции параметров сейсмической активности с комплексами P_{ik} Урана, Нептуна, Плутона и Хирона вполне сопоставимы между собой, тогда как аналогичные коэффициенты Солнца и Луны, являющихся основными источниками возмущения скорости прецессии, на порядок меньше. Отметим, что коэффициенты корреляции параметров сейсмической активности с расстоянием до Урана значительно превосходят по абсолютной величине аналогичные коэффициенты для Нептуна – рис. 7, хотя коэффициенты корреляции с параметрами P_{ik} этих небесных тел вполне сопоставимы между собой – см. таблицу 7. Это, видимо, связано с тем, что Уран вращается вокруг оси с периодом 17 ч 24 мин, поэтому скорость Земли относительно поверхности Урана периодически превышает скорость света – рис. 8. Как известно, Уран вращается вокруг оси, наклоненной на $97,77^\circ$

http://chaosandcorrelation.org/Chaos/CR9_2010.pdf

относительно нормали к орбитальной плоскости /13/. Его ось вращения ориентирована в сторону звезды Сабик и проецируется на эклиптику на $257,311^\circ$, т.е. $17,311^\circ$ знака Стрельца. Поскольку ось вращения Урана практически параллельна плоскости эклиптики, скорость Земли относительно его поверхности будет максимальной в те периоды, когда вектор угловой скорости вращения Урана становится перпендикулярно радиус вектору, соединяющему планеты, например, в 1962-1971 г, в 2003-2012 г и т.д.. В другие периоды относительная скорость резко уменьшается, достигая минимума в те периоды, когда вектор угловой скорости вращения Урана становится параллельно радиус вектору, например, в 1981-1990 г, 2025-2033 г и т.д.

Таблица 7. Коэффициенты корреляции средних параметров сейсмической активности с комплексами P_{ik} : SUM, SUM_M, SUM_E, SUM_V – ежедневное число, суммарная магнитуда, суммарная энергия и суммарный объем землетрясений с магнитудой $m_b \geq 4$; AVR_M, AVR_E, AVR_V – средние значения магнитуды, энергии и объема.

	SUM	SUM_M	SUM_E	SUM_V	AVR_M	AVR_E	AVR_V
URANUS1	0,325	0,313	0,188	0,163	-0,136	-0,292	-0,286
URANUS2	-0,0206		0,103	0,0668	0,176	-0,105	-0,104
URANUS3	-0,349	-0,33	-0,104	-0,13	0,222	0,236	0,226
NEPTUNE1						0,0252	0,0215
NEPTUNE2	-0,264	-0,238		-0,0309	0,256	0,0549	0,0507
NEPTUNE3	-0,473	-0,456	-0,292	-0,269	0,206	0,458	0,442
PLUTO1	-0,335	-0,329	-0,262	-0,235	0,108	0,4	0,386
PLUTO2	0,484	0,453	0,164	0,178	-0,327	-0,309	-0,297
PLUTO3	0,388	0,379	0,274	0,245	-0,133	-0,419	-0,405
CHIRON1	-0,289	-0,281	-0,181	-0,176	0,135	0,328	0,317
CHIRON2	-0,0358	-0,0308	0,0186	0,0156	0,0724	0,0164	
CHIRON3	-0,0891	-0,0921	-0,0424	-0,00565	-0,0511		
SUN1					-0,0269	-0,0336	-0,0318
SUN2							
SUN3	0,0279	0,0268					
MOON1							0,0169
MOON2							
MOON3	-0,0247	-0,0234					



Каким же образом влияние Земли на Уран, связанное с переходом через скорость света, передается обратно на Землю? Обратимся к первому уравнению (15), в котором в системе отсчета, связанной с поверхностью Урана, фигурирует скорость прецессии, обусловленная, в том числе, движением Земли. Эта часть возмущения в правой части первого уравнения (15) описывает момент сил, приложенный к Урану. Если бы система Земля-Уран была замкнутой, то в силу закона сохранения момента импульса к Земле должен был быть приложен момент сил такой же по величине, но противоположного знака. Для незамкнутой системы этот баланс выполняется приближенно, т.е.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = [\vec{\Omega}\vec{L}] - \sum_i [\vec{\Omega}_i^e \vec{L}_i]$$

$$\vec{\Omega} = \sum_i \left(\frac{3Gm_i}{2c^2 R_i^3} [\vec{R}_i \vec{u}_i] + \frac{G}{c^2 R_i^5} (3\vec{R}_i (\vec{R}_i \cdot \vec{L}_i) - \vec{L}_i) \right) \quad (20)$$

Здесь m_e, R_{ie} - масса Земли и расстояние от небесного тела до ее центра; $\vec{\Omega}_i^e = \vec{\Omega}_i^e(\beta_{ei})$ - скорость прецессии, обусловленная релятивистским механизмом усиления возмущений; $\vec{\Omega}_i$ - угловая скорость вращения тела.

Разумеется, что модель (20) может служить лишь для оценки эффекта релятивистского взаимодействия небесных тел. Тем не менее, у нее есть свои интересные следствия. Например, коэффициенты корреляции параметров сейсмической активности с параметрами P_{ik} , характеризующими интенсивность влияния гравитационного поля Урана на земные процессы, должны быть в период максимального взаимодействия больше по абсолютной величине, чем в период минимального взаимодействия. Действительно, максимальный по величине коэффициент корреляции, вычисленный в период 1963-1971гг (максимальное взаимодействие) в 4 раза превосходит аналогичный коэффициент, вычисленный в период 1981-1990 гг (минимальное взаимодействие).

Интересно, что этот результат справедлив только для сейсмических событий, тогда как индукция магнитного поля имеет одинаково высокий максимальный коэффициент корреляции с параметрами P_{ik} , около 0,95-0,98, во все периоды. Это объясняется тем, что система Земля-Уран имеет совместное магнитное поле [1], которое поддерживается за счет движения планет, а накачивается, видимо, за счет релятивистского механизма, описанного выше.

Вращение Урана вокруг оси с периодом 17 ч 24 мин приводит к еще одному интересному эффекту: в системе координат, связанной с поверхностью этой планеты, Солнце движется со скоростью света в те периоды, когда ось вращения перпендикулярна радиус-вектору, соединяющему эти небесные тела. В этом смысле Уран является выделенной планетой в Солнечной системе. Существует множество гипотез относительно необычной ориентации его оси вращения. Согласно уравнениям (20), на Уран должен действовать момент сил, вызывающий прецессию вектора углового момента планеты. При этом релятивистское взаимодействие в системе Солнце-Уран будет минимальным при условии, что вектор собственного углового момента Урана перпендикулярен вектору углового момента Солнца, как это следует из формул преобразования момента импульса (19). В настоящее время угол между указанными векторами близок к прямому (ось

вращения Солнца ориентирована в сторону созвездия Дракона, проецируется на $286,13^\circ$, склонение - $63,87^\circ$).

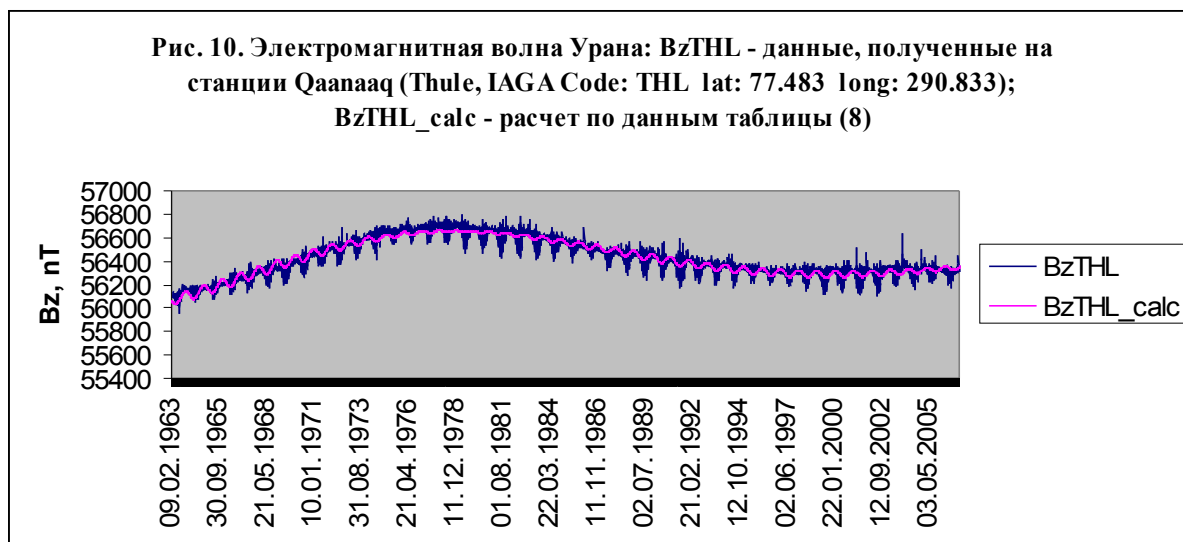
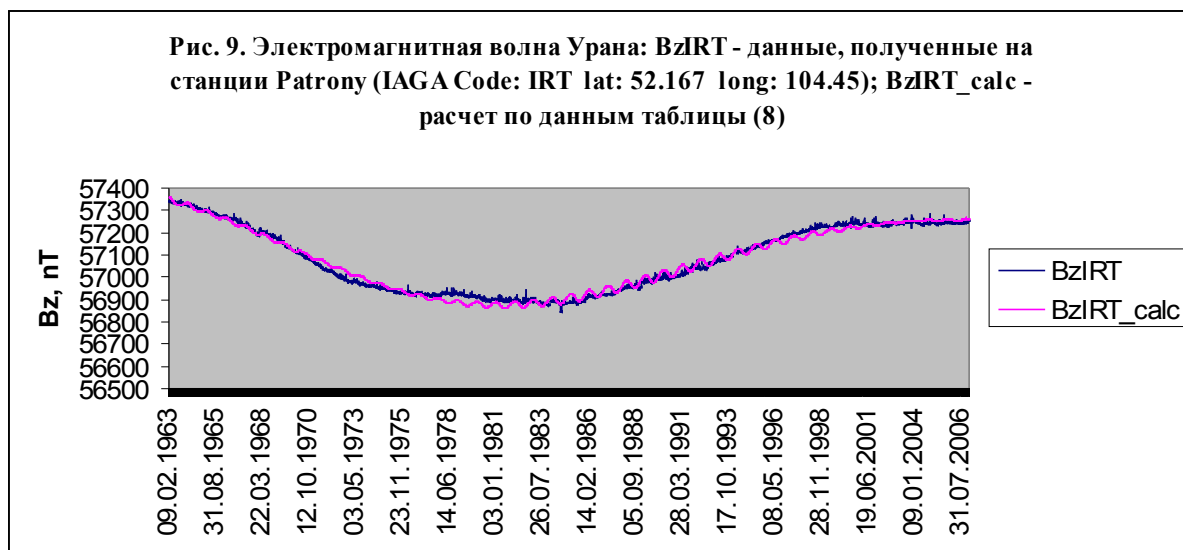
Не только Земля и Солнце, но и другие планеты Солнечной системы в определенные периоды движутся относительно поверхности Урана с субсветовой скоростью, чем создается возможность для обмена механическим моментом. Таким образом, Уран выступает как своеобразный пункт перераспределения углового момента в Солнечной системе. Это удивительное свойство Урана оказывает влияние на множество процессов, протекающих на нашей планете, включая сейсмические события, прецессию земной оси и процессы в магнитосфере.

Электромагнитные волны, вызванные движением Урана и Нептуна

Наиболее убедительным фактом, свидетельствующим о наличии совместного магнитного поля в системе Земля-Уран, являются электромагнитные волны с длительным периодом, равным сидерическому периоду обращения Урана, составляющему около 84,048 земных лет – рис. 9. Для поиска этих волн был разработан специальный интерфейс, позволяющий обрабатывать экспериментальные данные /3/, собранные на станциях, расположенных в различных пунктах на нашей планете. Данные /3/ являются фрагментарными, полученными в различные годы. Большинство станций наблюдения открывались на короткий период, а затем закрывались, в силу организационных и иных трудностей. Среди 240 станций было отобрано 30, данные которых образовывали ряды длительностью не менее 42 лет в период с 9 февраля 1963 г по 31 декабря 2006 г.

В таблице 8 приведены коэффициенты моделей линейной регрессии (8) для вертикальной компоненты индукции магнитного поля земли для тех станций, на которых в 1963-2006 гг. отчетливо наблюдалась электромагнитная волна Урана. Указанные станции находятся на разных широтах и меридианах. По данным семи станций из таблицы 8 можно определить, что в указанный период волна Урана имела минимум на станциях с восточной долготой (см. рис. 9) и максимум на станциях с западной долготой – рис. 10 (см. также рис. 5 из работы /1/). Форма волны близка к синусоидальной, поэтому модели линейной регрессии имеют высокую степень точности для всех станций – см. таблицу 8.

Аналогично можно определить электромагнитную волну, период которой совпадает с сидерическим периодом обращения Нептуна – 164,49 лет. В базе данных /3/ есть 5 станций, ряды которых имеют длительность 100 и более лет, что позволяет проследить волну, создаваемую движением Нептуна – рис. 11. Наличие этой волны свидетельствует о существовании механизма электромагнитного обмена в системе Земля-Нептун.



Заметим, что в моделях в таблице 8 фигурируют только параметры P_{ik} , соответствующие Урану и Нептуну. Это согласуется с полученными выше результатами, приведенными в таблице 5. Согласно этим данным вклад Урана и Нептуна в изменение магнитного поля Земли на один-два порядка превышает вклады других небесных тел. Тем не менее, по имеющимся данным [3] можно распознать электромагнитные волны, создаваемые движением Сатурна и Юпитера.

Электромагнитные волны, вызванные движением Урана и Нептуна, могут складываться между собой, что легко обнаруживается при построении моделей линейной регрессии – см. таблицу 8. На некоторых станциях эти волны образуют единую волну причудливой формы. Представленные же на рис. 9-11 волны существовали отдельно, поэтому их удалось идентифицировать.

Таблица 8. Станции, на которых в 1963-2006 гг отчетливо наблюдалась волна Урана с периодом 42 года. Коэффициенты моделей линейной регрессии определены по данным для вертикальной компоненты вектора индукции.

Станция	Gnangara	Guam	Kakioka	Memambetsu	Patrony	Resolute Bay	Qaanaaq (Thule)
IGAA Code	GNA	GUA	KAK	MMB	IRT	RES	THL
Lat	-31,8	13,59	36,232	43,91	52,167	74,69	77,483
Long	118	144,89	140,188	144,189	104,47	265,105	290,833
N	15217	14791	16032	15938	15587	15150	15980
R	0,985	0,993	0,997	0,997	0,99	0,979	0,963
Constant	-53560,9	7648,119	35002,8	41725,81	57316,1	58713,31	56923,98
URANUS1	-614,416	-3616,39	5286,915	2180,263	-6881,06	3941,543	6470,857
URANUS2	-12204,8	-18365,3	-8588,59	-5779,09	-2394,63	-3579,53	-6726,2
URANUS3	6871,205	-13116,8	-13365	-12035,6	-13685,3	16438,94	20200,36
NEPTUNE1	9517,41	19726,3	-1847,04	4304,122	22487,73	4824,746	5098,304
NEPTUNE2	-20230,6	-32394,7	-904,107	-13006	-26259,4	37359,19	29737,03
NEPTUNE3	-981,855	-4253,55	-49135,8	-44958,9	1102,556	13779,4	-13761

Рис. 11. Электромагнитная волна Нептуна: данные получены на станции Eskdalemuir (IGAA Code: ESK lat: 55.317 long: 356.8)



Распознавание сейсмических событий по изменению магнитного поля Земли

Данные по магнитному полю /3/ могут быть использованы для распознавания сейсмических событий на основе системы искусственного интеллекта «Эйдос-астра» /14/.

Методика распознавания сейсмических событий по астрономическим параметрам небесных тел подробно изложена в работах /1, 15-17/ и других. В работе /1/ было показано, что добавление в число входных параметров данных по магнитному полю /3/ позволяет повысить вероятность

распознавания сейсмических событий. Возникает вопрос о вероятности распознавания сейсмических событий только по данным /3/. Чтобы ответить на этот вопрос, была сформирована база данных, содержащая категории сейсмических событий /12/ и данные по магнитному полю /3/.

Определим суммарную и среднюю магнитуду, магнитуду энергии и объема сейсмических событий в виде:

$$\begin{aligned}
 SM &= \sum_{i=1}^n mb_i \\
 SE &= \ln \sum_{i=1}^n \exp(amb_i) \\
 SV &= \ln \sum_i H_i^3 \exp(amb_i) \\
 M &= SM / n, E = SE / n, V = SV / n
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

Здесь $n=SN$ – число ежедневных событий, H – глубина очага. Параметр энергии задан постоянным и равным $a=1.5$.

Отметим, что магнитуда mb рассчитывается по максимальной скорости смещения в короткопериодных объемных волнах по формулам /11/:

$$mb = \log_{10}(A/T) + Q(\Delta, H) \tag{22}$$

где, A – амплитуда Р-волн смещение грунта в мкм (рассчитывается по максимальной амплитуде), T – периода в секундах, $T < 3c$; $Q(\Delta, H)$ – функция ослабления Гутенберг и Рихтер (1956), Δ – эпицентрального расстояние в градусах, $21^\circ \leq \Delta \leq 100^\circ$.

На рис. 12 представлены абсолютные значения корреляции параметров сейсмической активности (21) с данными по магнитному полю /3/. В таблице 10 приведены значения параметра сходства при распознавании категорий сейсмических событий трех типов – А (однократные события с заданной магнитудой), В (двукратные события с заданной магнитудой), С (трехкратные события с заданной магнитудой), в 4 моделях:

M12(12) – модель содержит данные по магнитному полю, полученными на 12 обсерваториях с максимальным коэффициентом корреляции - КАК, ММВ, АВГ, НОН, СЛФ, ВЛС, ДОУ, ФУР, НАД, КНЗ, МЕА, ААЕ, а также 11 параметров долготы 10 небесных тел и Лунного Узла;

M12(23) - модель содержит только данные по магнитному полю, полученные на 23 обсерваториях;

M12(XY) – модель содержит астрономические параметры небесных тел и параметры смещения географического полюса /1/;

M12 – модель содержит астрономические параметры небесных тел /1/.

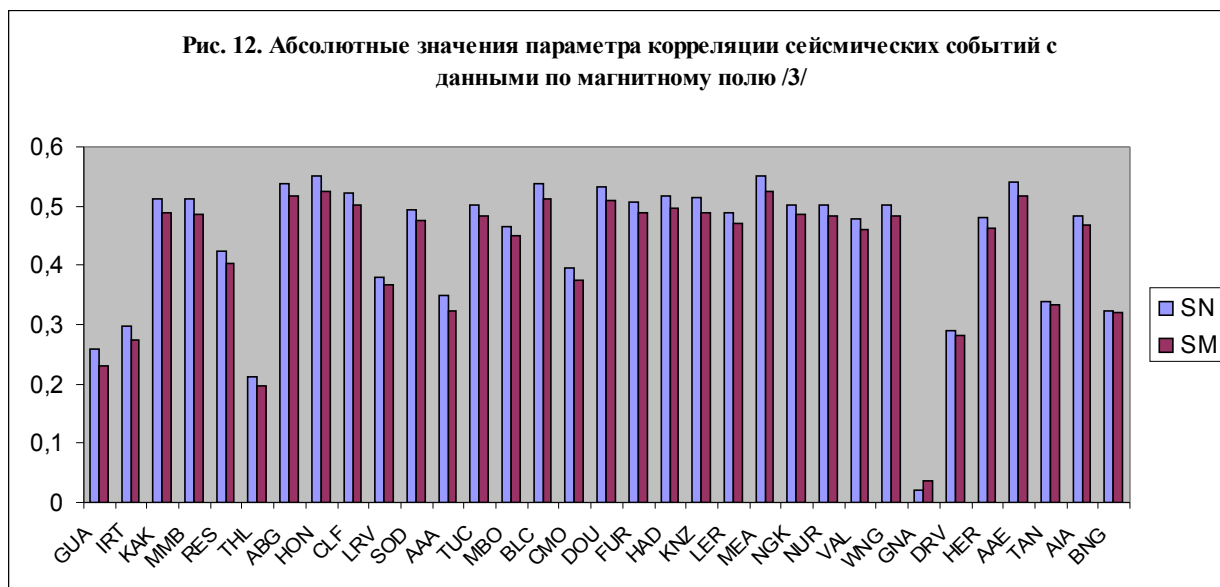


Таблица 10. Параметр сходства в четырех моделях

Категория	Число событий	M12(12)	M12(23)	M12(XY)	M12
A40-Mb=4,0	1362	-28,687	-22,434	-14,590	-25,688
A41-Mb=4,1	1580	-21,691	-13,994	-7,849	-20,518
A42-Mb=4,2	1796	-15,622	-9,258	-1,395	-15,137
A43-Mb=4,3	2224	-11,312	-7,530	1,030	-6,386
A44-Mb=4,4	2744	-31,799	-29,949	-22,716	-23,526
A45-Mb=4,5	3358	-6,908	-17,653	-19,410	-0,521
A46-Mb=4,6	4119	3,692	-9,560	-9,544	15,326
A47-Mb=4,7	4768	26,700	21,277	14,571	38,967
A48-Mb=4,8	4954	18,832	11,067	2,334	27,220
A49-Mb=4,9	5008	24,835	26,297	10,863	42,279
A50-Mb=5	4904	32,526	29,969	24,695	46,679
A51-Mb=5,1	4582	30,525	33,256	20,833	47,280
A52-Mb=5,2	4134	39,536	30,590	29,093	46,136
A53-Mb=5,3	3563	35,548	38,466	27,200	46,183
A54-Mb=5,4	3010	40,405	36,535	36,763	47,303
A55-Mb=5,5	2367	31,806	27,764	27,214	38,980
A56-Mb=5,6	1940	41,577	41,062	41,983	50,124
A57-Mb=5,7	1460	44,856	45,732	49,226	51,014
A58-Mb=5,8	1179	33,183	26,749	41,285	46,721
A59-Mb=5,9	864	34,713	30,815	32,374	39,544
A60-Mb=6,0	656	30,172	21,124	24,966	30,715
A61-Mb=6,1	453	43,822	30,386	41,083	37,473
A62-Mb=6,2	319	23,436	17,044	18,568	20,561
A63-Mb=6,3	202	27,448	20,787	26,755	28,077

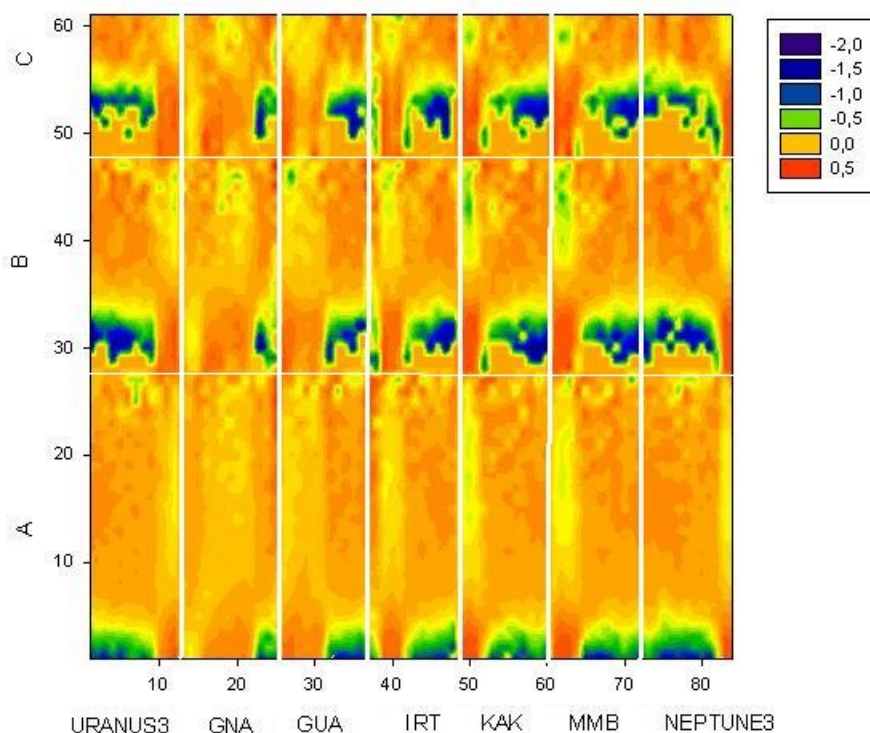
A64-Mb=6,4	137	18,711	16,951	19,372	24,298
A65-Mb=6,5	87	25,511	17,891	29,916	30,510
A66-Mb=6,6-7,0	68	13,140	9,655	20,598	26,687
B40-Mb=4,0	446	21,405	15,696	12,946	17,327
B41-Mb=4,1	660	10,685	10,786	9,673	5,457
B42-Mb=4,2	835	14,268	14,063	12,518	6,970
B43-Mb=4,3	955	-10,465	-4,924	-2,587	-5,802
B44-Mb=4,4	1099	-28,557	-21,572	-14,031	-25,511
B45-Mb=4,5	1223	-31,751	-21,707	-10,406	-22,087
B46-Mb=4,6	1455	-43,298	-32,299	-25,726	-31,305
B47-Mb=4,7	1612	-71,505	-50,901	-51,265	-49,250
B48-Mb=4,8	1817	-38,542	-32,212	-32,803	-33,589
B49-Mb=4,9	1636	-25,626	-27,323	-39,548	-21,027
B50-Mb=5	1428	17,449	3,950	7,943	20,604
B51-Mb=5,1	1206	12,052	0,526	1,955	13,382
B52-Mb=5,2	936	27,364	22,223	26,812	30,887
B53-Mb=5,3	617	35,569	29,057	28,142	35,937
B54-Mb=5,4	422	22,890	16,908	9,911	16,797
B55-Mb=5,5	261	29,666	20,419	18,977	30,859
B56-Mb=5,6	180	30,729	24,177	27,145	33,095
B57-Mb=5,7	93	32,396	27,423	29,805	37,129
B58-Mb=5,8	73	29,378	25,765	32,485	33,490
B59-Mb=5,9-6,4	69	29,517	22,033	31,826	31,720
C40-Mb=4,0	130	41,918	30,478	39,240	39,554
C41-Mb=4,1	259	27,006	18,653	24,084	22,882
C42-Mb=4,2	362	17,572	10,454	14,101	6,392
C43-Mb=4,3	436	15,686	14,563	15,123	8,862
C44-Mb=4,4	482	18,490	18,857	16,697	11,107
C45-Mb=4,5	468	6,944	9,793	8,423	4,193
C46-Mb=4,6	515	-40,238	-32,726	-25,373	-24,811
C47-Mb=4,7	501	-47,387	-38,056	-27,132	-29,617
C48-Mb=4,8	450	-44,882	-33,374	-27,852	-28,145
C49-Mb=4,9	447	-4,602	-1,358	-6,788	-7,566
C50-Mb=5	356	14,731	10,449	4,252	11,773
C51-Mb=5,1	293	18,109	15,502	4,136	11,662
C52-Mb=5,2	166	17,001	22,702	15,381	25,651
C53-Mb=5,3-6,0	105	25,082	19,041	27,651	27,622
Среднее	1374	10,394	8,690	10,179	14,671

Отметим, что модель M12(23), содержащая только данные по магнитному полю /3/ заметно уступает модели M12, содержащей только астрономические параметры, как по среднему, так и по максимальному параметру сходства. Однако эта модель сама по себе вполне может быть использована для распознавания сейсмических событий.

Данные, приведенные на рис. 12 и в таблице 10 свидетельствуют о сильной взаимосвязи сейсмических событий с вариациями магнитного поля Земли. Механизм возникновения этой взаимосвязи в настоящее время неизвестен. Можно лишь предположить, что сейсмические события, вариации магнитного поля и вариации угловой скорости вращения нашей планеты обусловлены, в том числе, движением небесных тел – см. рис. 1-3, 4-5. Этот факт хорошо прослеживается при сравнении матриц http://chaosandcorrelation.org/Chaos/CR9_2010.pdf

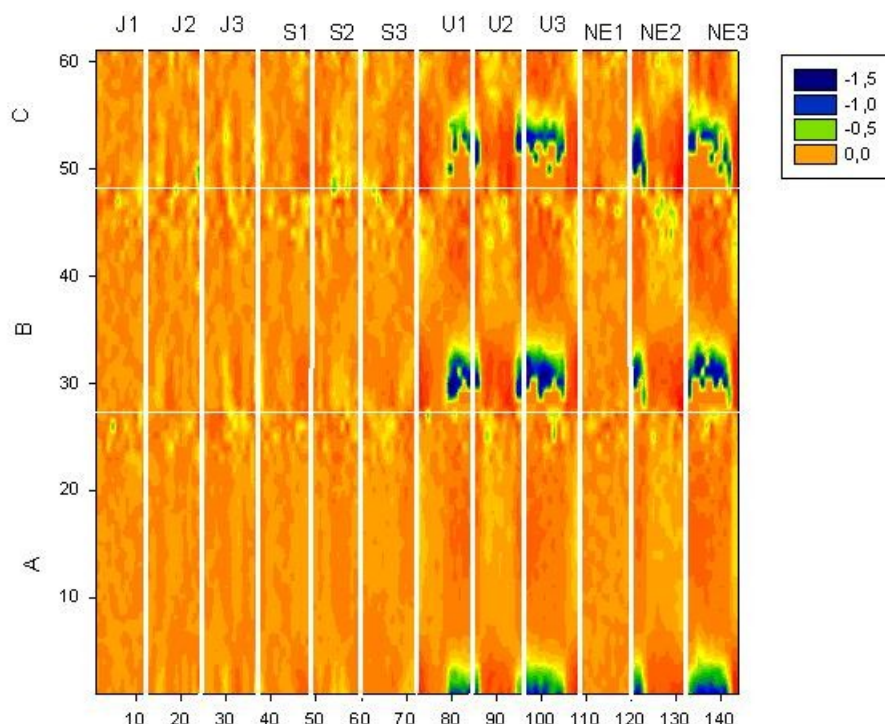
информативностей категорий сейсмических событий из таблицы 10 (см. определение матрицы информативностей в работах /1, 14-17/ и других) в различных моделях – рис. 13, а также при построении моделей линейной регрессии – таб. 4, 6, 8.

Рис. 13. Визуализация матриц информативностей категорий сейсмической активности в зависимости от астрономических комплексов URANUS3, NEPTUNE3 и данных по вертикальной компоненте индукции магнитного поля по измерениям на обсерваториях GNA, GUA, IRT, KAK, MMB



Данные на рис. 13 убедительно свидетельствуют, что сейсмические события связаны с вариациями магнитного поля на перечисленных станциях наблюдения точно так же, как и с астрономическими комплексами, отражающими влияние Урана и Нептуна. Для сравнения на рис. 14 представлена визуализация матриц информативностей, отражающих вклады в сейсмическую активность других небесных тел – Юпитера и Сатурна. Влияние комплексов Урана и Нептуна на категории сейсмических событий распознается на рис. 13-14 по характерным «кляксам».

Рис. 14. Визуализация матриц информативностей категорий сейсмических событий А-В-С в зависимости от астрономических комплексов Юпитера (J1,J2,J3), Сатурна (S1,S2,S3), Урана (U1,U2,U3) и Нептуна (NE1,NE2,NE3).



В этой связи заметим, что если в отношении происхождения вариаций вектора угловой скорости вращения Земли существует мнение о доминирующей роли гравитации небесных тел (см., например, работы /4, 10-11/ и другие), то в отношении происхождения вариаций вектора индукции магнитного поля традиционная точка зрения сводится к утверждению о наличии замкнутых электрических токов в океанах, коре и мантии (см. например, работы /18-19/), причем эта гипотеза распространяется и на другие планеты /20/. Очевидно, что гипотеза о наличии в океанах и недрах планеты циркулирующих электрических токов никак не противоречит обсуждаемой гипотезе о влиянии небесных тел, поскольку вопрос о происхождении этих токов никогда не был решен до конца.

Можно предположить, что изменение вектора угловой скорости вращения складывается из пропорциональных откликов – течений и деформаций в сплошных средах, составляющих оболочки нашей планеты, на воздействие небесных тел. При этом в мантии, литосфере, океане и атмосфере происходят не только плавные, непрерывные изменения, но и резкие толчки, сопровождающиеся высвобождением большой энергии в форме землетрясений, цунами, ураганов и гроз. Таким образом, сейсмические события и возмущения магнитного поля земли, оказываются связанными как с воздействием небесных тел – рис. 3, 9-10, 14, так и друг с другом – рис. 12-13. Течения и электрические токи, индуцированные

движением небесных тел, складываются с течениями и токами, вызванными локальными силами. Разделить их будет достаточно сложно. Однако совпадение периода волн, представленных на рис. 9-11. с сидерическим периодом обращения Урана и Нептуна, позволяет предположить, что влияние небесных тел преобладает над локальными силами. Механизм же обмена механическим и магнитным моментом в Солнечной системе, связанный с особым положением Нептуна относительно Земли, а также специфическим периодом вращения Урана нуждается в дальнейшем исследовании.

Литература

1. Трунев А.П. Семантические информационные модели глобальной сейсмической активности при смещении географического и магнитного полюса / А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №02(56). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/02/pdf/15.pdf>
2. Earth orientation centre / <http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/>
3. World Data Centre for Geomagnetism (Edinburgh)/ <http://www.wdc.bgs.ac.uk/catalog/master.html>
4. Пономарева О.В.. О механизме возмущения периодического движения полюса земли планетами солнечной системы// http://kcs.dvo.ru/ivs/publication/volc_day/2007/art20.pdf
5. Зотов Л. В. Вращение Земли: анализ вариаций и их прогнозирование / Дис. на соискание уч. степени к.ф.м.н., специальность 01.03.01 - астрометрия и небесная механика, Москва, 2005.
6. Ландау Л.Д, Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.2. Теория поля. – 7 изд. – М.: Наука. - 1988. - 512 с.
7. Болотовский Б.М., Быков В.П. Излучение при сверхсветовом движении заряда// УФН. – 1990. – Т. 160. - №6.
8. Болотовский Б.М., Серов А. В. Излучение сверхсветовых источников в вакууме// УФН. - 2005.- Т. 175. - №9.
9. T. J. Pearson, J. A. Zensus. Superluminal radio sources: Introduction/ in Superluminal Radio Sources, edited by J. A. Zensus and T. J. Pearson. - Cambridge University Press. – Cambridge. – 1987. - pp. 1–12.
10. Акуленко Л.Д., Кумакшев С.А., Марков Ю.Г., Рыхлова Л.В. Модель движения полюса деформируемой Земли, адекватная астрометрическим данным// Астрон. ж. - 2002. - Т. 79. - N 1. - С. 81-89.
11. Л.Д. Акуленко, С.А. Кумакшев, А.М. Шматков. Возмущенное вращение Земли// http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop_theory_rus.pdf
12. International Seismological Center/ <http://www.isc.ac.uk/>
13. Seidelmann, P. Kenneth; Archinal, B. A.; A’hearn, M. F.; et al. (2007). "Report of the IAU/IAGWorking Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006". Celestial Mech. Dyn. Astr. 90: 155–180. DOI:10.1007/s10569-007-9072-y
14. Луценко Е.В. Artificial intelligence system for identification of social categories of natives based on astronomical parameters / Е.В. Луценко, А.П. Трунев // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №03(37). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/03/pdf/07.pdf>
15. Трунев А.П. Прогнозирование землетрясений по астрономическим данным с использованием системы искусственного интеллекта / А.П. Трунев,

- Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №08(52). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0086. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/08/pdf/13.pdf>
16. Трунев А.П. Прогнозирование сейсмической активности и климата на основе семантических информационных моделей / А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №09(53). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0098. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/09/pdf/09.pdf>
 17. Трунев А.П. Системно-когнитивный анализ и прогнозирование сейсмической активности литосферы Земли, как глобальной активной геосистемы / А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №01(55). – Шифр Информрегистра: 0421000012\0001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/22.pdf>
 18. Hollerbach R., Jones C. A. Influence of the Earth's inner core on geomagnetic fluctuations and reversals// *Nature*, 365, pp. 541-543, 1993.
 19. G.A. Glatzmaier and P.H. Roberts. A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal// *Nature*, 377, 203-209, 1995.
 20. Holme R. Three-dimensional kinematic dynamos with equatorial symmetry: application to the magnetic fields of Uranus and Neptune// *Phys. Earth Planet. Interiors*, 102, pp.105-122, 1997.