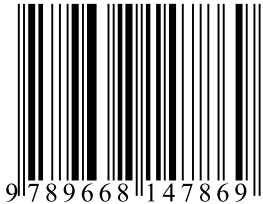




ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ
ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

ISBN 966-8147-86-3



9 789668 147869

НАО

ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Министерство образования
и науки Украины
НИИ «Николаевская
астрономическая
обсерватория»



**ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ
ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

2. Абалакин В.К., Аксенов Е.П., Гребенников Е.А., Рябов Ю.А. 1971, Справочное руководство по небесной механике и астродинамике, М.: Наука.

3. O.A. Bazyuev, E.S. Sibiryakova, A.V. Shulga 2005, Odessa Astronomical Publications, vol. 18, p. 8—14.

О ВОЗМОЖНОСТИ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СИГНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НАЗЕМНЫХ СДВ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ, GPS И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАДАРА

А.В. Шульга¹⁾, Ф.И. Бушуйев¹⁾, Н.А. Калюжный^{1),2)}, Ю.М. Образцов¹⁾,
А.П. Сливинский^{1),2)}, А.С. Терехов³⁾

¹⁾Научно-исследовательский институт «Николаевская астрономическая обсерватория» (НИИ НАО), Украина (bushuev@mao.nikolaev.ua);

²⁾Украинский радиотехнический институт (УРТИ), Украина;

³⁾Николаевский научно-технический центр академии наук прикладной радиоэлектроники (ННТЦ АНПРЭ), Украина

ABOUT POSSIBILITY OF THE SHORT-TEMPORAL PREDICTION OF EARTHQUAKES FROM SIGNALS OF GROUND-BASED SLW RADIO TRANSMITTERS, GPS AND GEOPHYSICAL RADAR. A.V. Shulga, F.I. Bushuev, N.A. Kalyuzhny, U.M. Obratsov, A.P. Slivinsky, A.S. Terehov — The results of searching the earthquake ionospheric prediction using SLW and GPS signal information, and also the results of earthquake registrations by astronomical pendulum clocks Fedchenko are cited in the article. We propose to combine analyses of data from SLW, GPS and the USW above horizontal geophysical radar for the purpose of identification and localization of atmospheric and ionospheric perturbations which are caused by earthquake preparations.

1. Аппаратно-программный комплекс

В НИИ НАО проводится непрерывное наблюдение возмущенности нижнего D-слоя ионосферы с помощью аппаратно-программного комплекса наклонного зондирования ионосферы сигналами станций точного времени и частоты СДВ диапазона DCF-77 (Германия, Майнфлинген) и RBU-66 (Россия, Москва) [1]. Карта радиотрасс DCF–Николаев и RBU– Николаев показана на рис. 1.

В рамках программ международного GPS мониторинга в НИИ НАО ведутся регулярные наблюдения с использованием перманентной GPS станции «Trimble 4700» (шифр MIKL) при поддержке «The INTAS Infrastructure grant «Modernization of the existing Ukrainian network of Space Geodesy Stations». Для анализа влияния геотектонической активности на сигнальную информацию GPS привлекались также доступные из Internet измерения других перманентных GPS станций, расположенных в евразийском регионе. Местоположение этих GPS станций показано на рис. 1 (кружки).

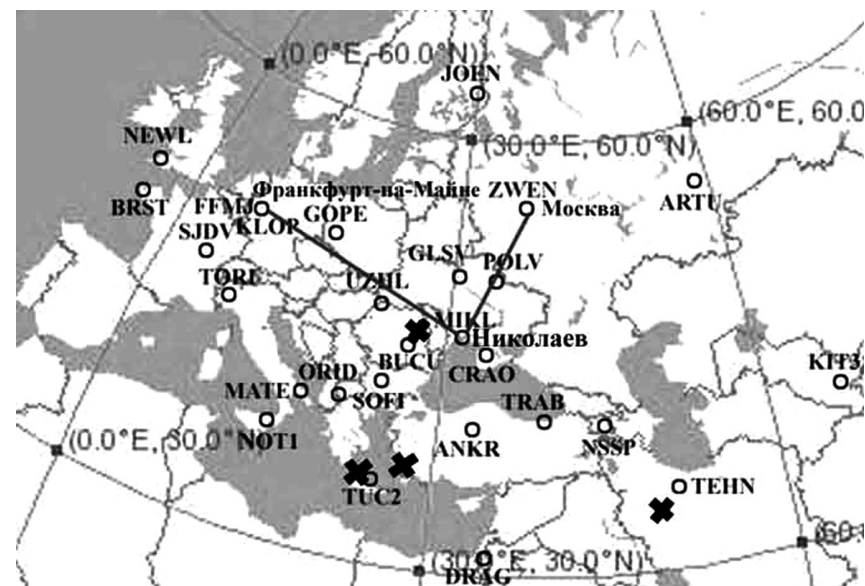


Рис. 1. Карта¹⁾ радиотрасс DCF–Николаев и RBU– Николаев и перманентных GPS станций

В дополнение к сигнальной информации СДВ диапазона и GPS с тактом 1 секунда проводится цифровая запись показаний времени механических маятниковых астрономических часов Федченко относительно рубидиевого стандарта НИИ НАО [2].

2. Влияние гелио-геофизических факторов на сигнальную информацию СДВ диапазона и GPS

В работах [1, 3] рассматриваются примеры воздействия на сигнальную информацию СДВ и GPS, регистрируемую в НИИ НАО, рентгеновских вспышек на Солнце и возмущений геомагнитного поля. Еще один пример воздействия приводится на рис. 2, где представлены графики из-

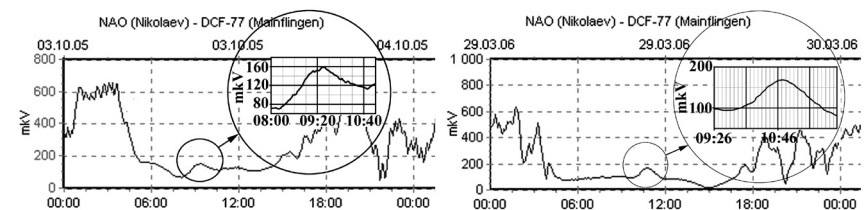


Рис. 2. Амплитуда сигнала радиостанции DCF-77 по данным НИИ НАО во время солнечных затмений 03.10.2005 и 29.03.2006

¹⁾На рис. 1 и ниже на рис. 4 базовые карты взяты с сайта <http://sopac.ucsd.edu>.

менения амплитуды сигнала радиостанции DCF-77 для двух солнечных затмений 03.10.2005 (кольцевое) и 29.03.2006 (полное) с сайта НИИ НАО <http://www.mao.nikolaev.ua>. Здесь же в увеличенном масштабе представлены графики изменения амплитуды сигнала во время прохождения затмениями радиотрассы DCF-Николаев.

Временной интервал существования возмущений сигнала СДВ (03.10.2005 — с 08:20 UT до 10:40 UT и 29.03.2006 — с 09:56 UT до 11:46 UT) с учетом необходимых поправок на высоту нижнего D-слоя ионосферы, ответственного за затухание сигнала СДВ, согласуется с данными сайта <http://sunearth.gsfc.nasa.gov> о времени прохождения лунной тени по поверхности Земли.

3. Влияние геотектонической активности на сигнальную информацию СДВ диапазона и GPS

Учитывая устойчивое регулярное изменение амплитуды в дневное время (рис. 2), в данной работе для радиотрассы DCF-Николаев по дневным значениям амплитуды (с 09:00 до 12:00 UT) для избранных землетрясений выделены характерные для предвестников возмущения: уменьшения амплитуды сигнала СДВ. Для этих возмущений получены оценки отношения $q=A_0/A_n$, где A_n — средняя амплитуда сигнала предвестника, а A_0 — средняя амплитуда на предшествующем невозмущенном периоде длительностью неделя.

К избранным были отнесены землетрясения с магнитудой $M>5$, произошедшие в сейсмоактивной зоне Вранча (Румыния) 27.10.2004 ($M=5.9$) и 14.05.2005 ($M=5.2$), землетрясения в Турции 20.10.2005 ($M=5.9$), Греции 08.01.2006 ($M=6.7$), Северном Иране 31.03.2006 ($M=6.1$), а также землетрясение в Пакистане 08.10.2005 ($M=7.6$). Местоположения эпицентров перечисленных землетрясений (кроме пакистанского) показаны на карте (рис. 1) (крестики).

Гелио-геофизическая обстановка накануне и во время указанных шести землетрясений была спокойной.

3.1. Землетрясение в Румынии 27.10.2004, 20:34:36 UT, $M=5.9$, $R_i=365$ км, $D_{DCF}=270$ км, $D_{RBU}=340$ км¹⁾

За двое суток до землетрясения 25.10.2004 нами были выявлены характерные для ионосферных предвестников уменьшения амплитуды сигнала СДВ, регистрируемой по обоим трассам DCF-Николаев и RBU-Николаев [1]. Возмущения амплитуды сигнала на меридиональной радиотрассе RBU-Николаев оказались существенно более сильными, чем на радиотрассе DCF-Николаев, простирающейся приблизительно вдоль параллели.

Динамика изменения 5-ти минутных отсчетов амплитуды сигнала DCF-77 в дневное время с 09:00 до 12:00 UT и на интервале с 04.10.2004 по 01.11.2004 представлена на рис. 3. Стрелкой отмечен момент землетрясения.

¹⁾Здесь и дальше $R_i \approx e^M$ [км] — радиус ионосферного возмущения [4], D_{xxx} — расстояние от эпицентра землетрясения до радиотрассы XXX-Николаев.

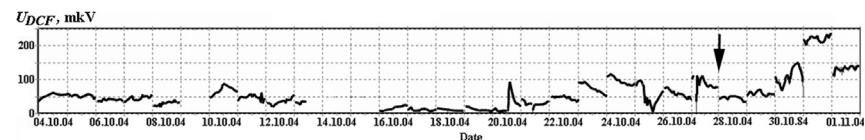


Рис. 3. Динамика изменения 5-ти минутных отсчетов амплитуды сигнала DCF-77 в дневное время с 09:00 до 12:00 (UT) и на интервале с 20.10.2004 по 01.11.2004.

Из данных, представленных на рис. 3, видно, что, кроме выявленного ранее предвестника 25.10.1004 [1], заметное уменьшение амплитуды сигнала DCF-77 произошло в период с 13.10.2004 по 20.10.2004. Для возмущения 17.10.2004 оценка отношения $q=4$.

В работе [3] на основе анализа данных перманентных GPS станций BUCU (Бухарест) и MIKL (Николаев, НИИ НАО) показано, что 25.10.2004 над очагом подготовки землетрясения произошло увеличение полного электронного содержания (TEC — total electronic content) ионосферы относительно невозмущенного состояния.

3.2. Землетрясение в Румынии 14.05.2005, 20:37:00 UT, $M=5.2$, $R_i=180$ км, $D_{DCF}=270$ км

Анализ динамики изменения 5-ти минутных отсчетов амплитуды сигнала станции DCF-77 в дневное время с 09:00 до 12:00, аналогичный изложенному в п. 3.1, показал, что уменьшение амплитуды сигнала накануне землетрясения началось 10.05.2005 и продолжалось вплоть до 14.05.2005. Оценка отношения q для возмущения 11.05.2005 составила величину равную 1.7.

Для рассматриваемого землетрясения проводился также анализ ∇ отклонений от невозмущенного значения величины разности псевдодальностей P_2 и P_1 , измеренных для спутника G7 перманентными GPS станциями, координаты и шифры которых показаны на рис. 1. Исходные значения P_2 и P_1 брались с сайта <http://sopac.ucsd.edu>. Анализируемый параметр Δ пропорционален отклонению TEC и рассчитывался в единицах TECU ($TECU=10^{16}M^{-2}$).

Максимальное положительное возмущение TEC, предшествующее землетрясению, наблюдалось 11.05.2005. На рис. 4 представлена карта это-

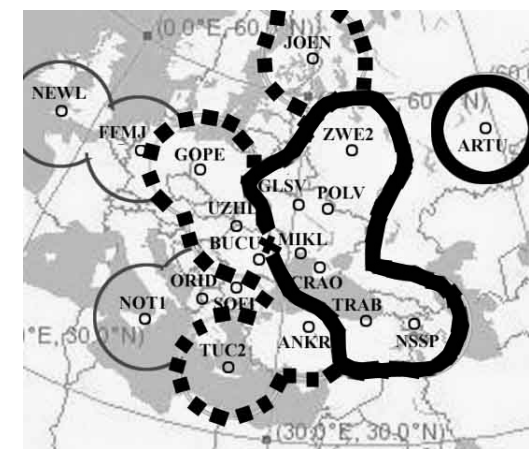


Рис. 4. Карта ионосферного возмущения 11.05.2005 г. для дневной траекторий спутника G7

го возмущения. На карте тонкой линией выделены области, для которых выполнялось условие $\Delta > 1\sigma$, штриховой линией выделены области с $\Delta > 2\sigma$ и жирной линией — с $\Delta > 3\sigma$. Величина σ равна СКО параметра Δ на предшествующем 7-ми дневном интервале времени. Эпицентр землетрясения на карте рис. 4 показан крестиком.

3.3. Землетрясение в Пакистане 08.10.2005, 03:50:38 UT, M=7.6. R₁=2000 км, D_{DCF}=3700 км

Возмущения сигнальной информации СДВ диапазона накануне землетрясения в Пакистане (06 и 07 октября 2005) были рассмотрены нами в работе [2]. Анализ динамики изменения 5-ти минутных отсчетов амплитуды сигнала станции DCF-77 в дневное время с 09:00 до 12:00 показал, что максимальное уменьшение амплитуды сигнала СДВ накануне землетрясения наблюдалось 07.10.2005. Оценка отношения q для этого возмущения составила величину равную 2.

В работе [2] также приводятся данные об отклонении хода астрономических маятниковых часов Федченко, вызванном землетрясением в Пакистане. Оценена скорость распространения волны деформации ~ 7 км/с. Отмечено также заметное уменьшение в Николаеве дисперсии показаний часов за 7.2 минуты перед первым ударом. Если это явление связано с землетрясением, то скорость этого возмущения, возможного предшественника землетрясения, составляла ~ 40 км/с, что, однако, представляется труднообъяснимым.

3.4. Землетрясения в Турции 20.10.2005, Греции 08.01.2006 и Северном Иране 31.03.2006

Результаты анализа динамики изменения 5-ти минутных отсчетов амплитуды сигнала станции DCF-77 в дневное время с 09:00 до 12:00 для землетрясений в Турции 20.10.2005, Греции 08.01.2006 и в Северном Иране 31.03.2006 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики шести избранных землетрясений и их предвестников, обнаруженных по сигналам СДВ радиостанции DCF-77

Землетрясение								Предвестник	
Дата	Время, UT	СШ, град.	ВД, град.	Район	M	H, км	D _{DCF} / R _p , км	Дата	q
27.10.04	20:34:36	45.7	26.6	Румыния	5.9	95	270/365	17.10.04	4.0
14.05.05	20:37:00	45.8	26.6	Румыния	5.2	140	270/180	11.05.05	1.7
08.10.05	03:50:38	34.4	73.5	Пакистан	7.6	10	3700/2000	07.10.05	2.0
20.10.05	21:40:05	38.1	26.7	Турция	5.9	10	1070/365	17.10.05	2.3
08.01.06	11:34:55	36.3	23.2	Греция	6.7	66	1345/812	06.01.06	4.0
31.03.06	01:17:01	33.5	48.8	Сев. Иран	6.1	7	2060/446	28.03.06	2.0

Здесь СШ и ВД, соответственно, северная широта и восточная долгота, а H — глубина очага землетрясения. В табл. 1 приводятся также аналогичные данные для землетрясений, рассмотренных выше в п.п. 3.1–3.3. Характеристики землетрясений взяты с сайта <http://earthquake.usgs.gov>.

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что с ростом магнитуды и уменьшением D_{DCF} увеличивается q , что качественно согласуется с результатами предшествующих исследований [5]. Наряду с данными GPS [6, 7] эти результаты указывают на огромный масштаб возмущений ионосферы, предшествующих сильным землетрясениям.

4. Предложения по непрерывному мониторингу областей возмущения атмосферы и ионосферы над очагами подготовки землетрясений

Для решения проблем идентификации и локализации предвестников землетрясений, связанных с возникновением ионизированных областей в атмосфере и возмущений ионосферы, предлагается следующее:

— создать сеть пунктов контроля нижнего D-слоя ионосферы методом наклонного зондирования ионосферы сигналами станций точного времени и частоты СДВ диапазона. В 2006-2007 гг. планируется дополнительно развернуть (предположительно, в г. Ужгород) второй пункт мониторинга D-слоя ионосферы методом наклонного зондирования сигналами станций точного времени и частоты СДВ диапазона. Данные наклонного зондирования будут передаваться по Internet в НИИ НАО для анализа;

— спроектировать и развернуть (совместный проект ННТЦ АНПРЕ, НИИ НАО и УРТИ) ультракоротковолновый надгоризонтный радиолокатор (геофизический радар) для контроля методом обратного рассеивания ионизированных неоднородностей, которые возникают в атмосфере во время подготовки землетрясения.

Основные характеристики геофизического радара: мощность излучения — 10 мВт, режим излучения — непрерывный, модуляция — псевдослучайная шумовая последовательность, период — 1 с.

В случае расположения геофизического радара в Николаеве можно успешно контролировать появление ионизированных возмущений атмосферы над крымским, турецким (север и запад) и румынским сейсмоопасными районами.

ЛИТЕРАТУРА

- Сливинский А.П., Бушуев Ф.А., Калужный Н.А., Образцов Ю.М., Шульга А.В. 2006, Геофизический журнал, т. 28, № 2, с. 109—117.
- Сливинский А.П., Бушуев Ф.А., Калужный Н.А., Образцов Ю.М., Шульга А.В. 2006, Наукові праці МДГУ ім. П. Могили. «Техногенна безпека», т. 49, вип. 23, с. 130.
- Сливинский А.П., Бушуев Ф.А., Калужный Н.А., Шульга А.В. 2006, Наукові праці МДГУ ім. П. Могили. «Техногенна безпека», т. 49, вип. 23, с. 121.

4. Добровольский И.П. 1984, Механика подготовки тектонического землетрясения, М., 188 с.
5. Электромагнитные предвестники землетрясений / Сб. под ред. Гохберга М.Г. 1982, М., Наука, с. 89.
6. Захаренкова И.Е., Шагимуратов И.И., Лаговский А.Ф., Ефишов И.И. Ионосферные предвестники землетрясений, полученные по данным GPS наблюдений. С-П., Девятая региональная конференция по распространению радиоволн. 28-30 октября 2003. <http://radio4.niirf.spbu.ru/conf/nine/26.doc>.
7. Захаренкова И.И., Шагимуратов И.И., Лаговский А.Ф., Кранковский А. 2006, Электронный научный журнал «Исследовано в России», <http://zhurnal.ape.relam.ru/articles/2006/039.pdf>.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОБСТВЕННОГО ВРАЩЕНИЯ ПАССИВНЫХ ИСЗ ПО ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В. Драгоморецкий, С. Колесник, Н. Кошкин, Т. Науменко, С. Страхова
Астрономическая обсерватория Одесского национального университета им. И.И. Мечникова,
Украина (nikkoshkin@yahoo.com)

DETERMINATION OF ROTATION PARAMETERS OF PASSIVE ARTIFICIAL SATELLITES FROM PHOTOMETRY DATA *V. Dragomiretskiy, S. Kolesnik, N. Koshkin, T. Naumenko, S. Strakhova* — The new modification of method of determination of the rotation axis in space and sidereal period of rotation of the Earth's satellites was worked out in the department of cosmic research of Odessa astronomical observatory using the light curves which have "specular" maximums. The indicated model can be applied to the last (orbital) stages of space carrier, and also to nonstabilized cone-formed cosmic apparatuses (CA).

Знание периода вращения и ориентации в пространстве космического аппарата (КА) важно для расчета его температурного режима, оценки аэродинамического сопротивления и т.п. В тех случаях, когда невозможно использовать показания датчиков ориентации, установленных на КА, используют данные дистанционного лоцирования, например, фотометрические изменения блеска КА. Измерение отраженного солнечного света может обеспечить информацию о мгновенном пространственном положении спутника, его форме и т.д.

Исследование фотометрической информации, полученной при наблюдении КА, в числе прочих содержит два важных и необходимых раздела:

а) построение фотометрической кривой объекта, если известна его форма, фотометрические и динамические характеристики и условия наблюдения (прямая задача);

б) определение формы, фотометрических и динамических характеристик объекта по известным фотометрическим данным (обратная задача).

Прямая задача, будучи весьма трудоемкой для объектов сложной формы, в принципе имеет однозначное решение. Обратная же задача, как правило, неоднозначна и решается обычно для частных случаев, то есть с использованием различных упрощающих предположений.

Один из таких частных, но достаточно важных случаев рассмотрен ниже. Речь идет о зеркально отражающем свет цилиндрическом или коническом спутнике, который прецессирует вокруг своего центра масс.

Обозначим угол прецессии КА (т.е. угол между осью симметрии КА $\vec{\Omega}$ и ортом момента импульса $\vec{\Omega}$) через θ , угол раствора конуса через β , биссектрису угла КА-наблюдатель-Солнце через \vec{b} (рис. 1, где изображены проекции векторов на небесную сферу). В момент, когда наблюдатель регистрирует зеркальную вспышку, орт \vec{b} совпадает с одной из нормалей поверхности конуса, поэтому угол между ортами \vec{b} и $\vec{\Omega}$ составляет $\frac{\pi}{2} - \beta$ (рис. 1).

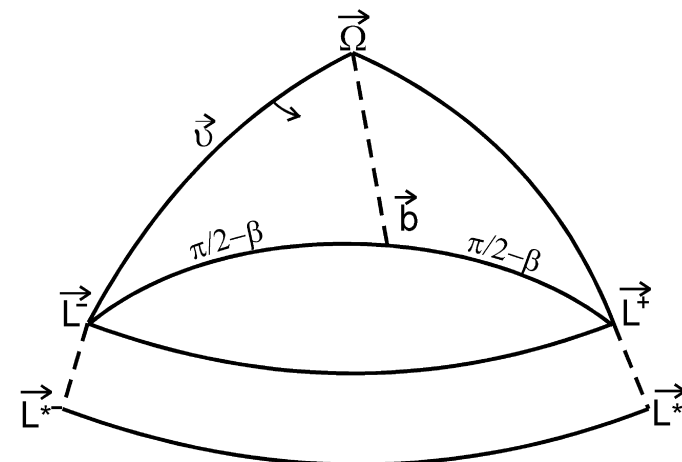


Рис. 1. Проекция векторов на небесную сферу

Следовательно, изображенные на рис. 1 орты \vec{L}^- и \vec{L}^+ — два возможных положения орта \vec{L} в момент зеркальной вспышки. Спроектировав орты \vec{L}^- и \vec{L}^+ на «экваториальную» плоскость вектора $\vec{\Omega}$, получим орты \vec{L}^{*-} и \vec{L}^{*+} .

Будем считать, что параметры $\vec{\Omega}$, θ , β известны. Орт \vec{b} на любой момент времени можно вычислить, зная элементы орбиты КА и положение Солнца в момент наблюдения.

Будем считать также известной угловую скорость ω прецессии спутника относительно центра масс. Тогда, выбрав произвольное начальное положение орта \vec{L}^* (обозначим его через \vec{L}_0^*), можно вычислить положение орта \vec{L}^* на момент вспышки t :