

УДК 521.2+522.5

А. Е. Вольвач¹, В. В. Румянцев¹, И. Е. Молотов^{2,3}, А. С. Сочилина²,
В. В. Титенко², В. М. Агапов³, Р. И. Киладзе⁴, Т. Шильдкнехт⁵,
В. В. Бирюков^{1,6}, М. А. Ибрагимов⁷, А. Л. Маршалкина⁷, В. В. Власюк⁸,
О. В. Юрышева⁹, И. Д. Стрепка¹, А. А. Коноваленко¹⁰, Дж. Туккари¹¹

¹Науково-дослідний інститут «Кримська астрофізична обсерваторія», с. Наукове

²Головна (Пулковська) астрономічна обсерваторія Російської академії наук, Санкт-Петербург, Росія

³Інститут прикладної математики ім. М. В. Келдиша Російської академії наук, Москва, Росія

⁴Національна астрофізична обсерваторія Грузії, Тбілісі, Грузія

⁵Астрономічний інститут Бернського університету, Берн, Швейцарія

⁶Державний астрономічний інститут ім. П. К. Штернберга Московського державного університету, Москва, Росія

⁷Астрономічний інститут ім. Улугбека, АН РУз, Ташкент, Узбекистан

⁸Спеціальна астрофізична обсерваторія Російської академії наук, с. Нижній Архиз, Росія

⁹Інститут сонячно-земної фізики Сибірського відділення Російської академії наук, Іркутськ, Росія

¹⁰Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України, Харків

¹¹Інститут радіоастрономії Італії, Ното, Італія

Исследования фрагментов космического мусора в геостационарной области

Надійшла до редакції 28.03.06

Подані результати досліджень об'єктів космічного сміття малих розмірів в геостационарній області. Роботи проводяться в НДІ «Кримська астрофізична обсерваторія» (НДІ КраО) в рамках проекту організації наукової мережі для дослідження об'єктів природного і техногенного походження в навколосемному космічному просторі. Спостереження виконувалися широкою кооперацією рядом європейських оптичних і радіоінструментів, включно ЗТШ, АТ-64 і РТ-22 у НДІ КраО. Знайдено 49 фрагментів з блиском 16—19.5^m, визначено їхні орбітальні параметри, оцінено фізичні характеристики, підтверджено існування груп фрагментів, приблизно зв'язаних загальним походженням (т.зв. «хмар»), і підтвердили існування нового класу об'єктів з унікально великим значенням відношення площі до маси. Проведена РНДБ-локація виявлених фрагментів з метою одержання високоточних траєкторних даних і оцінки розміру та параметрів руху об'єктів відносно центра мас за характером зміни і характеристик відбитого сигналу.

ВВЕДЕНИЕ

С 2003 г. НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» (НИИ КраО) принимает активное участие в программе исследований космического мусора, совместно инициированной Инс-

титутом прикладной математики им. М. В. Келдыша и Главной астрономической обсерваторией Российской академии наук (ИПМ РАН, ГАО РАН) в рамках проекта организации научной сети для исследования объектов естественного и техногенного происхождения в околоземном

© А. Е. ВОЛЬВАЧ, В. В. РУМЯНЦЕВ, И. Е. МОЛОТОВ,
А. С. СОЧИЛИНА, В. В. ТИТЕНКО, В. М. АГАПОВ,
Р. И. КИЛАДЗЕ, Т. ШИЛЬДКНЕХТ, В. В. БИРЮКОВ,
М. А. ИБРАГИМОВ, А. Л. МАРШАЛКИНА, В. В. ВЛАСЮК,
О. В. ЮРЫШЕВА, И. Д. СТРЕПКА, А. А. КОНОВАЛЕНКО, ДЖ. ТУККАРИ, 2006

космическом пространстве. Понятие «космический мусор» (КМ) охватывает широкий класс космических объектов искусственного происхождения (рис. 1).

Количество выработавших ресурс спутников, различных ступеней ракет и их фрагментов в околоземном космическом пространстве достигло того уровня, когда они начинают создавать

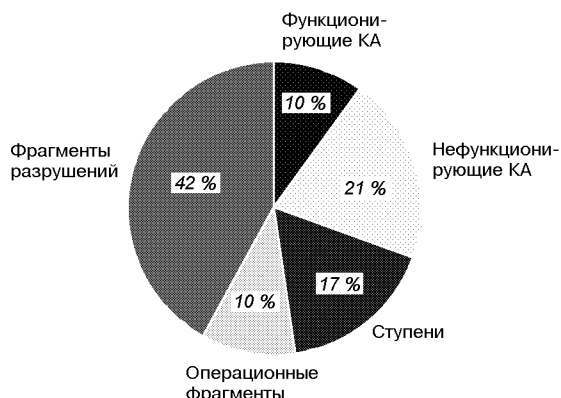


Рис. 1. Распределение каталогизированных орбитальных космических объектов по группам

серьезную угрозу не только для космических аппаратов (КА), но и для экологии Земли и околоземного космического пространства в целом.

В настоящее время наземными средствами контроля космического пространства США официально каталогизировано (т. е. регулярно сопровождается и идентифицировано с источником происхождения) более 9500 объектов, находящихся на околоземных орбитах. Общее же количество обнаруженных и сопровождаемых объектов с эквивалентным диаметром более 10 см превысило 13300. Дальнейшее освоение околоземного пространства невозможно без знания текущей обстановки, анализа источников и закономерностей эволюции КМ. В тоже время результаты исследований космического мусора могут быть использованы для совершенствования теорий орбитального движения, уточнения модели геопотенциала Земли, развития теории влияния светового давления (как прямого солнечного света, так и отраженного от Земли) на движение орбитальных космических объектов, исследования магнитного поля Земли и вариаций плотности верхней атмосферы Земли.

Таблица 1. Элементы орбит 12 спутников, которые вероятно разрушились

NN	T_0 , (MJD)	e	i , град	Ω , град	ω , град	λ , град	$d\lambda/dt$, %/сут	$\Delta(d\lambda/dt)$, %/сут
66053J	47071.688587 03.10.1987	0.010312 0.016240	11.5253 11.5321	9.4976 9.5757	281.7312 281.2806	288.3453 288.9544	22.53757 23.21439	0.67682
67066G	49397.408163 14.02.1994	0.005317 0.008096	11.6745 11.6578	25.3957 25.4061	25.8977 5.6721	6.2241 6.6536	32.02443 31.08647	-0.93796
68081E	48673.397616 21.02.1992	0.008545 0.008862	11.9100 11.9100	21.7275 21.7541	76.5843 71.3055	196.7101 196.8043	4.27995 4.48664	0.20669
73040B	44671.200700 08.03.1981	0.004358 0.002713	5.8669 5.8728	62.8461 62.8123	19.1543 328.2317	145.2013 144.8817	-2.32077 -2.53725	-0.21648
73100D	48718.887352 06.04.1992	0.027538 0.026787	13.3263 13.3121	45.5479 45.4283	165.4079 163.3701	215.9878 216.0936	-18.79458 -18.98845	-0.19387
75118C	46867.643023 13.03.1987	0.002005 0.001049	8.5729 8.5710	57.4781 57.0155	25.9386 154.5391	301.1890 300.6946	0.80057 0.97525	0.17468
76023F	43060.207900 09.10.1976	0.013845 0.014202	25.3482 25.2918	10.9980 10.6278	215.4257 215.9062	226.6138 226.5970	-7.22838 -7.25248	-0.02410
77092A	43680.632778 21.06.1978	0.003366 0.000195	0.1407 0.1356	77.3145 74.7306	256.1496 -50.7829	98.8366 98.5127	0.04767 -0.08512	-0.13279
78113D	50744.547145 23.10.1997	0.028236 0.027325	14.1715 14.1604	38.2444 38.1593	177.1164 166.2476	163.1494 163.8886	-22.90318 -23.45809	-0.55491
79087A	45121.755000 01.06.1982	0.000987 0.000451	1.6575 1.6578	90.9652 92.3283	196.5378 83.5444	52.5730 52.5333	0.07580 -0.01223	-0.08803
2019B	45960.349103 17.09.1984	0.000518 0.001376	0.3705 0.3440	143.1092 138.3305	301.5961 35.1682	201.9020 201.7803	3.06907 3.54342	0.47435
84129B	50074.650093 23.12.1995	0.000938 0.005996	5.9226 5.8441	57.9216 55.5646	294.3247 203.3469	359.9551 359.6639	-4.06615 -4.86859	-0.80244

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА В ОБЛАСТИ ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЫ

До сих пор в области геостационарной орбиты (ГСО) каталогизировались в основном объекты крупнее 1 м в поперечнике. При этом достоверно известно о существовании значительного количества не каталогизированных объектов размером от 0.2 до 1.5 м (фрагменты, сопровождающие запуски КА, обломки крупных объектов и т. п.). Следует отметить, что практически все объекты космического мусора на ГСО остаются там навсегда, накапливаясь со временем численно и увеличивая вероятность столкновения с КА. Поэтому проблема исследований малоразмерной фракции космического мусора на ГСО является чрезвычайно актуальной. Регулярные международные кампании по наблюдению области ГСО, в том числе с использованием метровых телескопов, выявили наличие сотен не каталогизированных фрагментов размером от 10 до 50 см [4]. Разработанная в ГАО РАН теория долгопериодического движения ГСО-объектов ЛАПЛАС [3] позволяет анализировать наблюдения неуправляемых объектов на длительных интервалах времени и обнаруживать случайные изменения орбит, обусловленные разрушениями или столкновениями с частицами космического мусора. Исследование движения 456 неуправляемых спутников на интервале 1993—2003 гг. с использованием накопленного в ИПМ РАН и ГАО РАН архива орбитальных данных позволило обнаружить 1155 изменений скоростей дрейфа ГС, не объясняемых естественной эволюцией. При этом был отмечен прогрессивный характер этих изменений, т. е. в каждом последующем временном отрезке их количество уве-

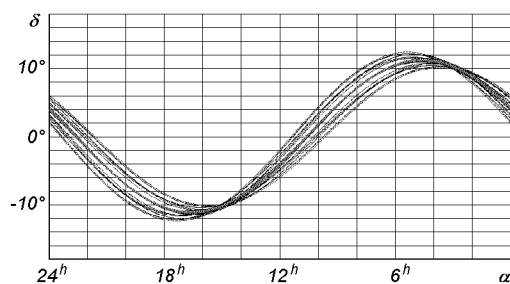


Рис. 2. Траектория объекта 1967-066G Транстейдж и модельных фрагментов его разрушения в геоцентрических координатах

личивалось. На основе анализа изменений скорости дрейфа был составлен перечень из 12 объектов, предположительно испытавших разрушение взрывного характера (табл. 1). Для обнаружения фрагментов этих взрывов был предложен т. н. «барьерный» метод. В соответствии с этим подходом должны наблюдаться локальные области пересечения траекторий фрагментов с областью ГСО.

Каждая такая область рассчитывается на основе прогноза баллистической эволюции модельных фрагментов разрушившегося родительского объекта (при этом для моделирования используется сферически-симметричная модель взрыва). Было доказано [5], что все образовавшиеся фрагменты в течение суток пересекают две локальные области («барьеры») шириной менее 0.1° на ГСО, отстоящие друг от друга на 180° по аргументу широты, и которые фактически являются местами сгущения траекторий фрагментов.

На рис. 2 в геоцентрических координатах изображена траектория объекта 1967-066G Транстейдж и траектории смоделированных фрагментов его разрушения. Момент разрушения известен из эволюции орбиты объекта. Расчетная скорость разлета смоделированных фрагментов в начальный момент времени была взята равной 75 м/с. Как видно, имеются два барьера (на небесной сфере это диаметрально противоположные точки), где траектории фрагментов сгущаются. В области таких барьеров и выбира-

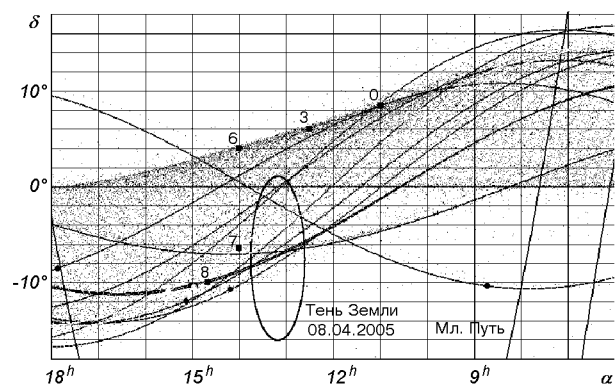


Рис. 3. Положения барьеров, выбранных для наблюдений в Крао в апреле 2005 г. Квадраты — области барьеров, линии — трассы Экранов и Транстейджей. Обозначены границы области Млечного Пути (10° от галактического экватора) и контур тени Земли на дату новолуния 08/04/2005. Точки — расчетные положения каталогизированных объектов в области ГСО в течение ночи

лись поисковые площадки. Поисковые площадки могут также выбираться в областях пространства с повышенной плотностью известных геостационарных объектов, которые образуются из-за специфического распределения плоскостей орбит КМ, обусловленного гравитационными возмущениями [2]. На рис. 3 показаны положения барьеров, использованных для поиска фрагментов в НИИ КраО со 2 по 15 апреля 2005 г. Барьеры 0, 3 и 6 расположены в области повышенной плотности ГСО-объектов, барьер 7 — на траектории объекта 1979-087А Экран-4, а барьер 8 — на траекториях объектов 1977-092А Экран-2, 1968-081Е Транстейдж и 1967-066С Транстейдж. Изображено положение тени Земли и Млечного пути, поскольку барьеры должны выбираться в областях с малыми фазовыми углами (вблизи тени Земли), но по возможности дальше от галактического экватора (вне областей с повышенной плотностью звезд).

Для поиска фрагментов, при поддержке грантов министерства образования и науки РФ и ИНТАС 03-70-567 была организована кооперация Центров сбора, анализа и обработки информации в ИПМ РАН и ГАО РАН и обсерваторий с оптическими телескопами, способными наблюдать космические объекты слабее 16^m . Методика обнаружения фрагментов в выбранных поисковых площадках отрабатывалась на телескопах АТ-64 (для объектов с блеском до 17.5^m) и ЗТШ (для объектов с блеском до 19.5^m) в НИИ КраО. Методика сопровождения обнаруженных фрагментов также отрабатывалась на 60-см телескопах Крымской станции ГАИШ в п. Научном, в обсерватории на горе Майданак и в Саянской обсерватории «Монды» ИСЗФ СО РАН, а также 1-м телескопе в САО РАН (п. Нижний Архыз). Кроме того, в наблюдениях приняли участие обсерватория Астрономического института Бернского университета в Циммервальде (Швейцария) и обсерватория Европейского космического агентства на пике Теиде, о. Тенерифе (Канарские острова, Испания) с 1-м телескопами, которые проводили поиск объектов, а также сопровождали фрагменты, обнаруженные по наблюдениям НИИ КраО. В свою очередь, в НИИ КраО сопровождалась фрагменты, обнаруженные в Циммервальде и Тенерифе.

Для получения более полного представления об открытых объектах в области ГСО целесооб-

разно использовать не только оптические, но и радиолокационные наблюдения. Радиолокация позволяет получить высокоточные траекторные измерения, необходимые для уточнения орбитальных параметров объектов, параметры движения объектов относительно центра масс (в частности, период вращения), оценки формы и размеров. В рамках данной работы координатные и некоординатные радиолокационные измерения получены с использованием метода радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ), который является наиболее точным в астрометрии.

Были проведены совместные оптико-радиолокационные наблюдения:

- 1) измерения по каталогизированным объектам с известными координатами;
- 2) статистические измерения количества мелких фрагментов, пролетающих через объем пространства, образованный пересечением лучей диаграммы направленности передающей и приемной антенны;
- 3) поиск новых не каталогизированных объектов в выбранных областях ГСО.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

К настоящему моменту с помощью оптических инструментов обнаружено 49 объектов с блеском $15-19.4^m$, (рис. 4), отсутствующих в доступных каталогах. Из них 34 объекта обнаружены в КраО, 15 — в обсерваториях Теиде и Циммервальд. По этим объектам получено около 6000 измерений. 14 фрагментов (в том числе один размером порядка 20 см) наблюдались на интервалах от 60 до 388 сут, что подтверждает прин-

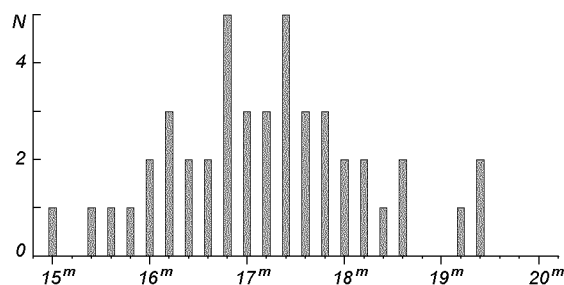


Рис. 4. Распределение количества N обнаруженных фрагментов по среднему блеску

ципиальную возможность каталогизации таких объектов при организации регулярных наблюдений. На рис. 5 показан типовой кадр с изображением слабого объекта в области ГСО.

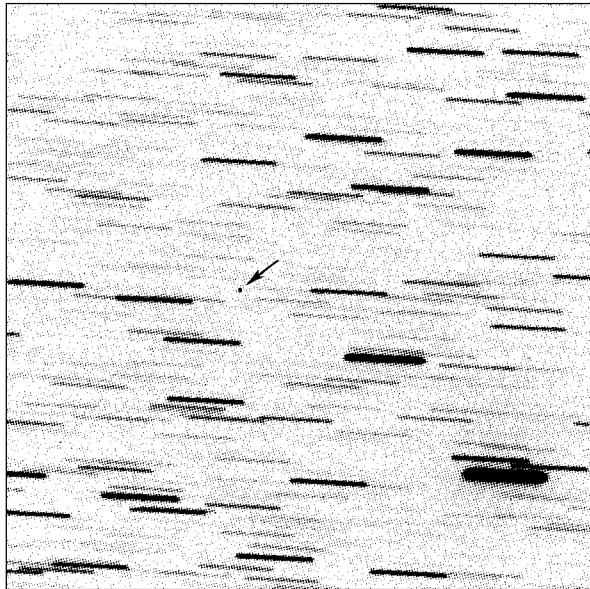


Рис. 5. Кадр с изображением объекта 90008

24 фрагмента наблюдались на интервале больше 5 сут (см. табл. 2), что дало возможность проследить эволюцию их орбит и оценить влияние светового давления на изменения параметров орбиты.

На основе полученных значений коэффициентов светового давления проведена оценка отношения площади поперечного сечения к массе (рис. 6). В большинстве случаев отношение площади к массе для фрагментов оказывается в десятки и сотни раз больше, чем для КА. Это обстоятельство представляет дополнительную трудность для наблюдения фрагментов, поскольку влияние светового давления носит не столь регулярный характер, как гравитационные возмущения, и не может быть полностью учтено из-за незнания формы, отражательных характеристик и других свойств фрагментов. Поэтому при прогнозировании их движения накапливаются ошибки, превышающие в несколько раз поле зрения используемых инструментов, и при больших перерывах в наблюдениях объекты теряются, так как осуществлять их поиск чрезвычайно затруднительно. На рис. 7 приведен график эволюции эксцентриситета орбиты на 11-летнем интервале объекта 90015, имеющего на-

Таблица 2. Интервалы сопровождения для 24 фрагментов

Объект	Дата начала наблюдений	Дата последних наблюдений	Интервал наблюдений, сут	Обсерватория, открывшая объект
90003	2004-10-18	2005-01-10	84	КраО
90004	2004-10-14	2005-02-10	119	КраО
90005	2004-11-07	2005-11-12	339	КраО
90006	2004-12-17	2005-12-26	373	КраО
90007	2004-12-18	2005-01-13	26	КраО
90008	2005-01-09	2006-02-01	388	КраО
90009	2005-03-15	2006-01-24	315	КраО
90010	2005-07-08	2005-09-06	60	КраО
90014	2005-09-05	2006-01-25	141	КраО
90015	2005-10-06	2005-10-11	5	КраО
90016	2005-10-07	2005-12-30	84	КраО
90017	2005-10-09	2005-10-24	15	КраО
90019	2005-10-07	2006-01-30	122	КраО
43007	2005-03-08	2006-01-09	306	Теиде
43012	2005-08-01	2005-09-15	35	Теиде
43014	2005-08-04	2005-09-02	29	Теиде
43015	2005-08-04	2005-08-12	8	Теиде
43016	2005-08-05	2005-08-17	12	Теиде
43019	2005-08-06	2005-12-05	121	Теиде
43020	2005-08-07	2005-08-30	23	Теиде
43021	2005-08-06	2005-10-12	67	Теиде
43022	2005-08-08	2006-01-11	157	Теиде
43023	2005-08-10	2005-08-31	22	Теиде
43101	2005-12-29	2006-02-22	56	Циммервальд

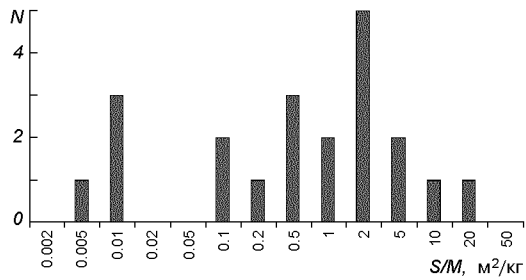


Рис. 6. Распределение количества N обнаруженных фрагментов по значениям отношения площади к массе (всего 21 фрагмент)

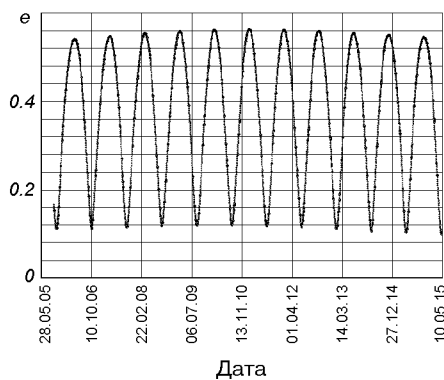


Рис. 7. Эволюция эксцентриситета e орбиты объекта 90015

ибольшее значение отношения площади к массе. Величина эксцентриситета всего за полгода изменяется более чем в четыре раза. До сих пор на ГСО не было известно ни одного подобного объекта. Орбита объекта 90015 регулярно пересекает не только орбиты других объектов в области ГСО, но также орбиты КА навигационных систем GPS, ГЛОНАСС, «Galileo».

В то же время у некоторых объектов (90006, 90008, 90009) обнаружены малые значения отношения площади к массе, что указывает на различную физическую природу разных фрагментов. Для ряда фрагментов определен предполагаемый источник их образования, на основе близости орбиты фрагмента и орбиты объекта-источника. Подтверждено существование «облаков» фрагментов, возникших при разрушении спутников серии Экран и ступеней типа Транстейдж.

В качестве примера на рис. 8 представлен график изменения блеска фрагмента 90006, полученного на ЗТШ 8 октября 2005 г. Блеск

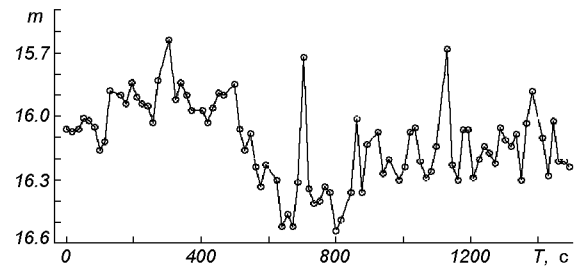


Рис. 8. Кривая блеска ГСО-фрагмента 90006, 08.10.2005

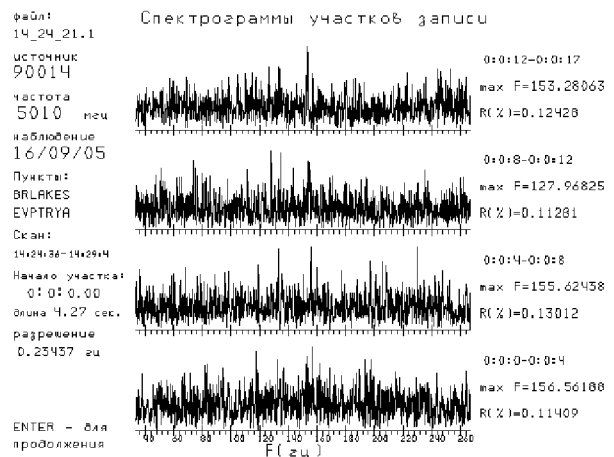


Рис. 9. Кросс-корреляция записей зондирующего радиосигнала и принятого эхо-сигнала для малоразмерного геостационарного фрагмента 90014 на базовой линии «Евпатория — Медвежий Озера», 16.09.2005, 14:24:36 UTC, частота Доплера равна 15777 Гц. Обработка коррелятора НИРФИ-3

объекта претерпевает сложные колебания в интервале звездных величин 15.7...16.5^m. Характерное время высокочастотных колебаний — около 1 мин, низкочастотных — 14 мин.

В сентябре 2005 г. впервые удалось провести радиолокацию трех фрагментов, обнаруженных в НИИ КраО, в рамках международной кампании по отработке метода РСДБ-локации [1]. Наблюдения проходили с участием передающей антенны РТ-70 в Евпатории и приемного радиотелескопа РТ-22 в Симеизе НИИ КраО и других антенн с регистрацией излучаемого и эхо-сигналов на РСДБ-терминалах. На рис. 9 представлена спектрограмма корреляционной обработки, полученная на корреляторе НИРФИ-3 в Нижнем Новгороде для объекта 90014.

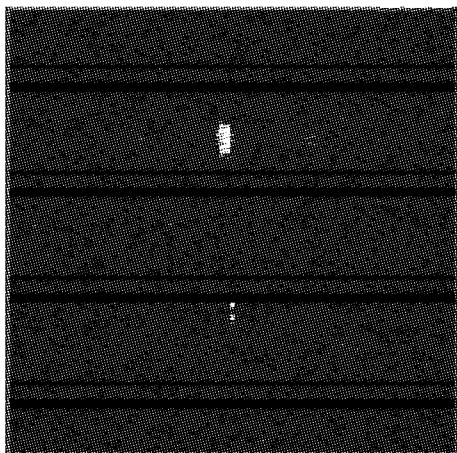


Рис. 10. Обнаружение двух объектов в области ГСО в эксперименте «бим-трек». Обработка коррелятора в Ното

Для отработки метода радиолокационного обнаружения ГСО-объектов в экспериментах методом РСДБ-локации предложена техника наблюдения в так называемом режиме «бим-трек». При этом выбранная область пересечения лучей передающей и приемных антенн неподвижна относительно звезд и таким образом смещается вдоль геостационарной орбиты. Для регистрации эхо-сигналов в этом режиме был специально разработан РСДБ терминал квазиреального времени (NRTV), позволяющий осуществлять высокоскоростную запись сигналов на жесткие диски ПК в полосе частот 48 МГц и их последующую трансляцию в центр обработки по каналам интернета [6]. На рис. 10 показан пример детектирования двух объектов при обработке последовательности кадров записи формата NRTV в Ното (Италия).

В дальнейшем предполагается организовать центры экспресс-анализа «бим-трек» экспериментов непосредственно на радиотелескопах, а терминалы NRTV будут использоваться также и для проведения локационных РСДБ-измерений по обнаруженным фрагментам в квазиреальном времени. С этой целью предложена концепция «распределенного коррелятора» [7], предусматривающая выполнение первой фазы обработки (комплексное быстрое преобразование Фурье с частотным разрешением 0.015 Гц) на радиотелескопах, и передачу на коррелятор по каналам связи только выделенного полезного эхо-сигна-

ла. Также разработан проект дооснащения антенн РСДБ-сети [6], в рамках которой происходит развитие метода РСДБ-локации, цифровыми видеоконверторами гDBBC с многоуровневым квантованием, что позволяет применить для анализа принятых эхо-сигналов классические радиолокационные методы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках научной программы исследований космического мусора, реализуемой совместно обсерваториями стран СНГ и Европы с участием НИИ КраО, впервые начали проводиться систематические работы по поиску и сопровождению объектов слабее 16^m в области геостационарной орбиты. Привлечение второго по величине телескопа в СНГ с диаметром главного зеркала 2.6-м обеспечило настоящий прорыв как в изучении популяции фрагментов, так и в сотрудничестве с европейскими учеными. Разработанные стратегии поиска фрагментов на ГСО позволяют уверенно обнаруживать новые объекты с блеском $15-19.4^m$ и сопровождать их на длительных интервалах времени (14 из 49 найденных фрагментов наблюдались более двух месяцев). Получение независимого подтверждения существования нового класса объектов с таким большим отношением площади поперечного сечения к массе, что влияние светового давления приводит к существенной эволюции эксцентриситета и наклона их орбит, требует пересмотра существующих моделей динамического распределения космического мусора в околоземном пространстве и оценок опасности для функционирующих КА.

С участием радиотелескопа РТ-22 в Симеизе отработана технология получения высокоточных траекторных данных по высокоорбитальным объектам методом РСДБ-локации, а также технологии обнаружения неизвестных объектов в области ГСО в режиме «бим-трек».

Данные исследования были проведены в результате скоординированных усилий большого количества участников. Авторы благодарны персоналу телескопов, корреляторов и центров анализа за помощь в проведении наблюдений. Особую благодарность хотелось бы выразить НИИ КраО за предоставленную возможность исполь-

зования наблюдательного времени на уникальных инструментах и радиотелескопе.

Работа частично поддержана грантами INTAS IA 03-59-11 и 03-70-567.

1. Молотов И. Е., Вольвач А. Е., Коноваленко А. А. и др. Международные эксперименты по исследованию околоземных объектов с помощью метода РСДБ-локации // Космічна наука і технологія.—2004.—10, № 2/3.— С. 87—92.
2. Agapov V., Biryukov V., Kiladze R., et al. GEO objects search and orbital analysis // Proceedings of the 4th European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 18—20 April 2005 / Ed. by D. Danesy. — Darmstadt, 2005.—P. 153—158.
3. Kiladze R. I., Sochilina A. S. On the new theory of Geostationary satellite motion // Astron. and Astrophys. Transactions.—2003.—22, N 4-5.—P. 525—528.
4. Schildknecht T., Musci R., Flury W., et al. Optical observations of space debris in high-altitude orbits // Proceedings of the 4th European Conference on Space Debris, 18—20 April 2005 / Ed. by D. Danesy. — Darmstadt, 2005.—P. 113—118.
5. Sochilina A., Kiladze R., Grigoriev K., et al. On the orbital evolution of explosion fragments // Adv. Space Res.—2004.—34, N 5.—P. 1198—1202.
6. Tuccari G., Molotov I., Buttacio S., et al. E-LFVN — An Internet Based VLBI Network // International VLBI Service for Geodesy and Astrometry, NICT Technology Development Center News National Institute of Information and Communications Technology. — Tokyo, Japan,

2004.—N 25.—P. 59—63.

7. Tuccari G., Molotov I., Vovach A. E-NRTV — Radar VLBI Network // Abstracts of the Fourth IVS General Meeting, January 9-13, 2006. — Concepcion, Chile.—2006.—P. 35.

RESEARCHES OF SPACE DEBRIS FRAGMENTS OVER THE GEOSTATIONARY AREA

A. E. Vovach, V. V. Rumjantsev, I. E. Molotov, A. S. Sochilina, V. V. Titenko, V. M. Agapov, P. I. Kiladze, T. Schildknecht, V. V. Biryukov, M. A. Ibragimov, A. L. Marshalkina, V. V. Vlasyuk, O. V. Yurischeva, I. D. Strepka, A. A. Konovalenko, G. Tuccari

The researches carried out at the CrAO with the use of the ZTSh, AT-64 and RT-22 optical and radio telescopes in large international cooperation during 2004—2005 are described. The space debris is a new scientific field for the Crimean astrophysical observatory, nevertheless, the results obtained are significant. These works were arranged under project of organization of scientific sensors network for the investigation of near-Earth objects. In all, 49 GEO-fragments fainter than 16 star magnitude were detected and tracked to determine their orbital parameters and to estimate their physical characteristics. The existence of fragment clouds and a new class of the unique objects with extra-high area-to-mass ratio was confirmed. The VLBI radar experiment was arranged for few discovered fragments to obtain precise trajectory measurements and some data on fragment sizes and rotation periods.