

УДК 629.78:52-13

**НАБЛЮДЕНИЯ ВЫСОКОЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ В ЗВЕНИГОРОДСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИНАСАН***Бахтигараев Н. С.¹, Костюк Н. Д.², Чазов В. В.³***OBSERVATIONS OF HIGH-ELLIPTICAL SPACE OBJECTS IN THE INASAN ZVENIGOROD
OBSERVATORY**

Bakhtigaraev N. S., Kostyuk N. D., Chazov V. V.

The camera VAU in the Zvenigorod Observatory was upgraded in 2009. The central guide of a triaxial mount of camera VAU was replaced by wide angle telescope "Santel-500", produced by A.V. Sankovitch in "Santel-M" company. The telescope equipped with a CCD-receiver FLI PL-9000 (3056 x 3056 pixels). Characteristics of the new telescope (aperture 0.5 m, the focal length 1.25 m, field of view 2.8 sq.deg) are providing successful observations of high-elliptical near-earth space objects. For example, in 2013, during 88 nights of observations carried out more than 45 thousands of definition of positions and star magnitudes for 850 high-orbit space objects, which are primarily used for the maintenance of the Catalogue of space objects in the of Space Surveillance System of the Russian Federation. The main attention is paid to the observations of space debris. Efforts were successful sessions observations of several "Molniya" type satellites before their reentering to the atmosphere. Observatory successfully participated in the optical ballistic following of Anik G1 satellite launch. The results of observations are discussed.

Keywords: space debris, observations of high-elliptical space objects.

В Звенигородской обсерватории ИНАСАН в 2009 г. была проведена модернизация камеры ВАУ. На трёхосной следящей монтировке камеры ВАУ был установлен короткофокусный телескоп «Сантел-500», изготовленный по заказу ИНАСАН А.В. Санковичем в ОАО «Сантел-М» и снабжённый ПЗС-приёмником FLI PL-9000 (3056 на 3056 пикселей) (рис. 1). Характеристики нового телескопа (апертура 0,5 м, фокус 1,25 м, поле зрения 2,8 кв. градуса) вместе с возможностями наведения монтировки ВАУ обеспечивают успешные наблюдения высокоорбитальных космических объектов. Ранее были проведены наблюдения спутника Молния 3-39 перед его попаданием в плотные слои атмосферы и определение времени падения [1]. Обработка ПЗС-кадров проводится с помощью программного комплекса Апекс-2, разработанно-

го в Пулковской обсерватории [2]. Орбитальные параметры наблюдаемых объектов вычислены на основе численно-аналитической теории движения искусственных спутников Земли [3].

Ниже приведены некоторые результаты наблюдений.

1. Наблюдения объекта № 95633

Этот объект был открыт и наблюдался в течение нескольких ночей в марте 2012 года, затем был «подхвачен» другими пунктами наблюдений и начал сопровождаться Системой контроля космического пространства РФ как космический мусор на высокоэллиптической орбите. Элементы орбиты объекта на 10 октября 2013 г. были: большая полуось — 26301,9 км, эксцентриситет — 0,72883,

¹Бахтигараев Наиль Сагитович, канд. физ.-мат. наук, доцент, старший научный сотрудник Института астрономии РАН; e-mail: nail@inasan.ru.

²Наталья Дмитриевна Костюк, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Института астрономии РАН; e-mail: kostyuk@inasan.ru.

³Чазов Вадим Викторович, д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга Московского государственного университета; e-mail: vadimchazov@yandex.ru.

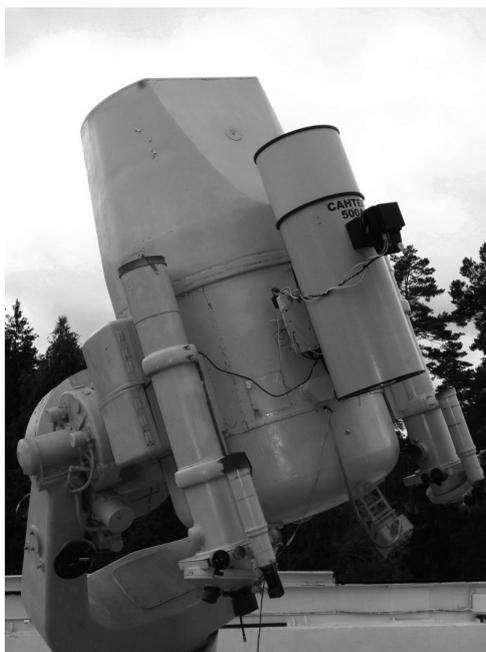


Рис. 1. Камера ВАУ Звенигородской обсерватории ИНАСАН с телескопом «Сантел-500»

угол наклона — $63,525^\circ$, среднее движение — $2,0352$ об/сутки. Блеск объекта подвержен быстрым резким колебаниям от 12-й до слабее 17-й звёздной величины. В табл. 1 представлены результаты обработки наблюдений в Звенигороде, где N — количество положений в заданном интервале наблюдений, $\sigma(\alpha)$ — оценка средней квадратической погрешности одного измерения по прямому восхождению в секундах дуги, $\sigma(\delta)$ — оценка средней квадратической погрешности одного измерения по склонению в секундах дуги, A/m — оценка отношения средней площади к массе объекта на данном интервале наблюдений в квадратных метрах на килограмм массы. Средняя величина оценки отношения площади объекта к массе достаточно велика, порядка $0,12 \text{ м}^2/\text{кг}$.

На рис. 2 приведены остаточные отклонения измеренных координат после уточнения параметров движения объекта на каждом из интервалов, указанных в табл. 1.

2. Наблюдения ИСЗ «Молния 1-92» перед его попаданием в плотные слои атмосферы

В 2013 г. были проведены результативные наблюдения ИСЗ «Молния 1-92» в течение 9 вечеров в марте и апреле 2013 г., получено 740 положений объекта. Такие наблюдения

актуальны для определения времени и места падения на Землю ИСЗ [4]. На рис. 3 даны остаточные отклонения измеренных координат после уточнения параметров движения.

3. Наблюдения ИСЗ «Молния 3-53» перед его попаданием в плотные слои атмосферы

ИСЗ «Молния 3-53» наблюдался в течение 13 вечеров в марте, апреле и мае 2013 г., получено 496 положений. На рис. 4 даны остаточные отклонения измеренных координат после уточнения параметров движения.

17 мая 2013 г. был выполнен сеанс совместных наблюдений объекта «Молния 3-53» с трёх пунктов наблюдений: (Китаб (Узбекистан), Научный (Украина), Звенигород (РФ)) с целью проверки точности определения положений ИСЗ по синхронным наблюдениям. Общая продолжительность наблюдений составила 2 ч. Всего было получено 302 положения объекта. Улучшение начальных параметров движения на основе наблюдений показало, что средняя квадратическая погрешность одного измерения равна $1,5''$. На рис. 5 представлены остаточные отклонения измерений трёх пунктов, полученные с помощью уточнённых параметров движения.

Таблица 1. Наблюдения объекта № 95633 в Звенигороде

Период наблюдений	N	$\sigma(\alpha)$ (")	$\sigma(\delta)$ (")	A/m (м ² /кг)
03.03.2012–26.03.2012	520	1,27//	2,25//	0,126±0,012
06.04.2012–10.05.2012	351	1,52//	1,88//	0,100±0,014
02.05.2012–14.06.2012	88	1,81//	1,85//	0,117±0,017
08.08.2012–22.08.2012	21	1,11//	1,16//	0,117±0,031
16.09.2012–01.10.2012	71	1,30//	1,71//	0,107±0,024
02.01.2013–26.01.2013	274	1,26//	0,54//	0,162±0,010
21.02.2013–07.03.2013	360	0,76//	0,66//	0,129±0,007
02.03.2013–29.03.2013	115	1,55//	2,29//	0,121±0,023
28.03.2013–23.04.2013	121	0,73//	0,68//	0,110±0,012
17.04.2013–19.05.2013	109	0,55//	0,47//	0,115±0,010
10.08.2013–09.09.2013	42	1,39//	0,51//	0,167±0,028

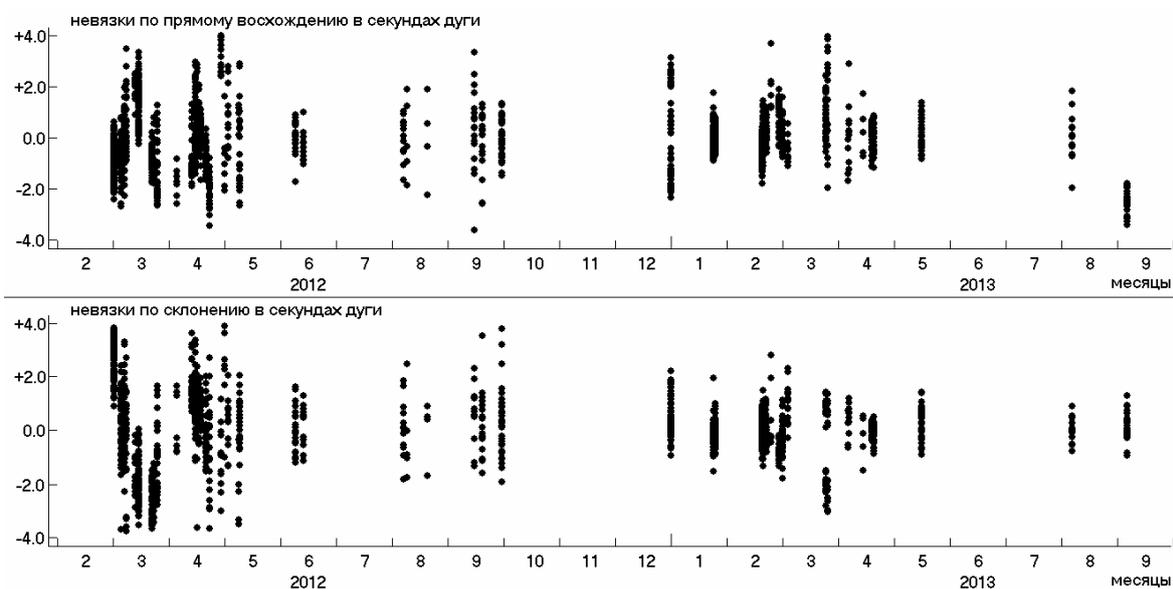


Рис. 2. Остаточные отклонения прямого восхождения и склонения объекта 95633 в секундах дуги

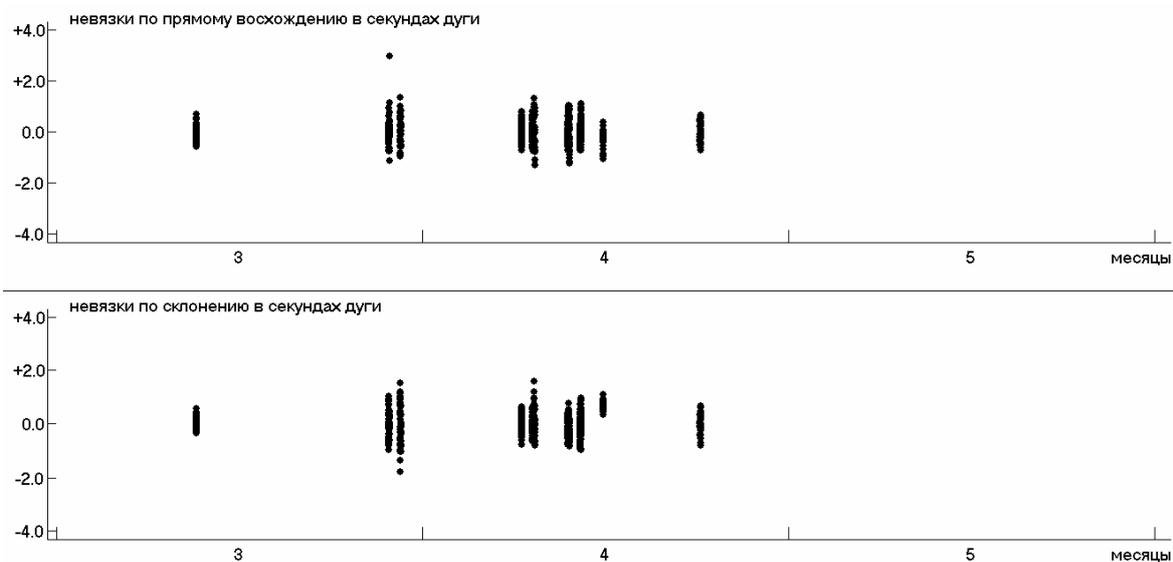


Рис. 3. Остаточные отклонения измеренных координат ИСЗ «Молния 1-92» в секундах дуги

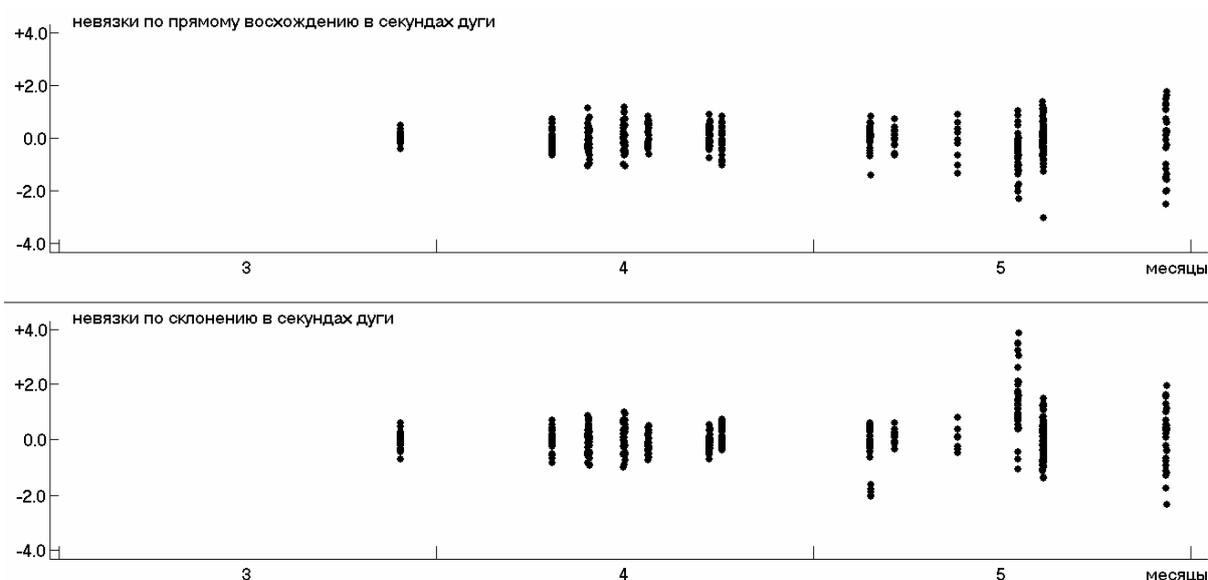


Рис. 4. Остаточные отклонения измеренных координат ИСЗ «Молния 1-92» в секундах дуги

Таблица 2. Параметры движения объектов

параметр	объект 40060		объект 40061	
	Вычисленная орбита	Расчётная орбита	Вычисленная орбита	Расчётная орбита
большая полуось (км)	17341,610	17359,600	24480,762	24474,668
эксцентриситет	0,61210016	0,6123558	0,72218973	0,7220541
угол наклонения (°)	49,36321	49,3309	49,12786	49,0962
долгота восходящего узла (°)	132,07075	131,9844	131,82029	131,7341
аргумент перигея (°)	355,49730	355,5974	359,92153	359,9925
средняя аномалия (°)	30,00774	13,5880	17,25577	7,3596
среднее движение (об./сутки)	3,80105410		2,26632716	
количество наблюдений	98		152	
СКП (прямое восхождение)	5,95''		3,69''	
СКП (склонение)	1,92''		0,78''	

4. Сопровождение запуска спутника ANIK G1

В апреле 2013 г. в Звенигородская обсерватория по просьбе ЦККП участвовала в баллистическом сопровождении запуска спутника ANIK G1.

15 апреля в 22 ч. 36 мин. по московскому времени со стартового комплекса площадки 200 космодрома Байконур пусковыми расчетами предприятий ракетно-космической отрасли России был произведен пуск ракеты космического назначения (РКН) «Протон-М» с разгонным блоком (РБ) «Бриз-М», предназначенной для выведения на орбиту телекоммуникационного космического аппа-

рата (КА) «Anik G1» (Пресс-служба Роскосмоса).

Несмотря на большое расстояние между Звенигородом и Байконуром, были проведены успешные наблюдения запуска на трех участках траектории. Определены параметры движения разгонного блока с космическим аппаратом и отделившегося топливного бака. В табл. 2 приводятся параметры движения разгонного блока с КА и топливного бака, полученные на основе наблюдений. Объект 40061 — это разгонный блок с космическим аппаратом (NORAD 39127). Объект 40060 это BREEZE-M DEB (TANK) (NORAD 39129).

В табл. 2 приведены параметры движения этих объектов на момент UTC 22 ч. 45

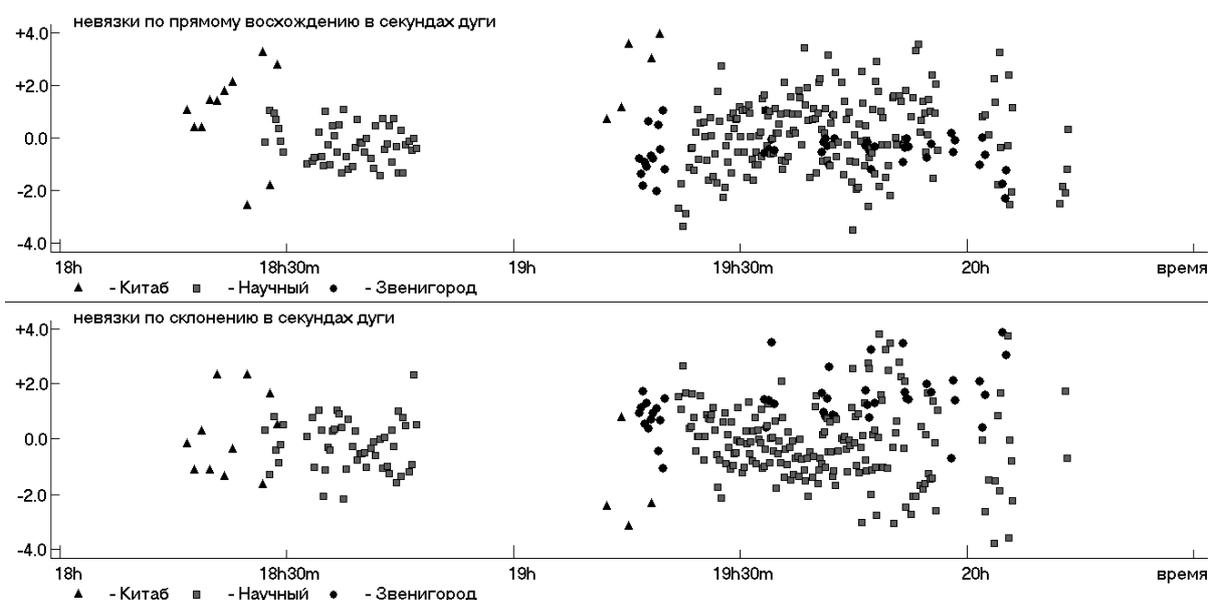


Рис. 5. Остаточные отклонения для наблюдений Молнии-3-53 17 мая 2013 года. Треугольниками обозначены наблюдения Китаба, квадратами – Научного, кругами – Звенигорода

мин. 15 апреля 2013 г., полученные на основе наблюдений.

Заключение

Несмотря на неблагоприятные погодные условия в Звенигороде по сравнению с южными пунктами наблюдений (здесь только около 100 ясных ночей в год и засветка от населённых пунктов), в последние годы Звенигородская обсерватория ИНАСАН вносит весомый вклад в пополнение и поддержание Российского каталога космических объектов. Особенно успешно наблюдаются объекты на высокоэллиптической орбите.

Литература

1. Бахтигараев Н. С., Костюк Н. Д., Чазов В. В. Наблюдения спутника Молния 3-39 в Звени-

городской обсерватории ИНАСАН и определение времени падения // Вестник СибГАУ. 2011. Вып. 6 (39). С. 183–185.

2. Kouprianov V. Distinguishing features of CCD astrometry of faint GEO objects // Advances in Space Research. 2008. Vol. 41. P. 1029–1038.
3. Бахтигараев Н. С., Чазов В. В. Информационное обеспечение космических экспериментов на основе численно-аналитической теории движения искусственных спутников Земли // Космические исследования. 2005. Т. 43. № 5. С. 386–389.
4. Шилин В., Хуторовский З. Сопровождение, определение времени прекращения существования и района возможного падения обломков космических аппаратов “Молния-1-92” и “Молния-3-53”. М.: ОАО «МАК “Вымпел”», 2013. Рукопись. 30 с. [URL]: http://vimpel.ru/images/stories/skkr/__.doc (дата обращения 12.12.2013)

Ключевые слова: космический мусор, наблюдения космических объектов.

Статья поступила 12 декабря 2013 г.

Институт астрономии РАН, г. Москва

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского государственного университета, г. Москва

© Бахтигараев Н. С., Костюк Н. Д., Чазов В. В., 2013