Всероссийская астрометрическая конференция «Пулково-2018»
ГАО РАН, 01-05 октября 2018 г.

ИНАСАН

Результаты наблюдений искусственных космических объектов в Терскольской обсерватории в 2017-2018 гг.

Левкина П.А., Бахтигараев Н.С.

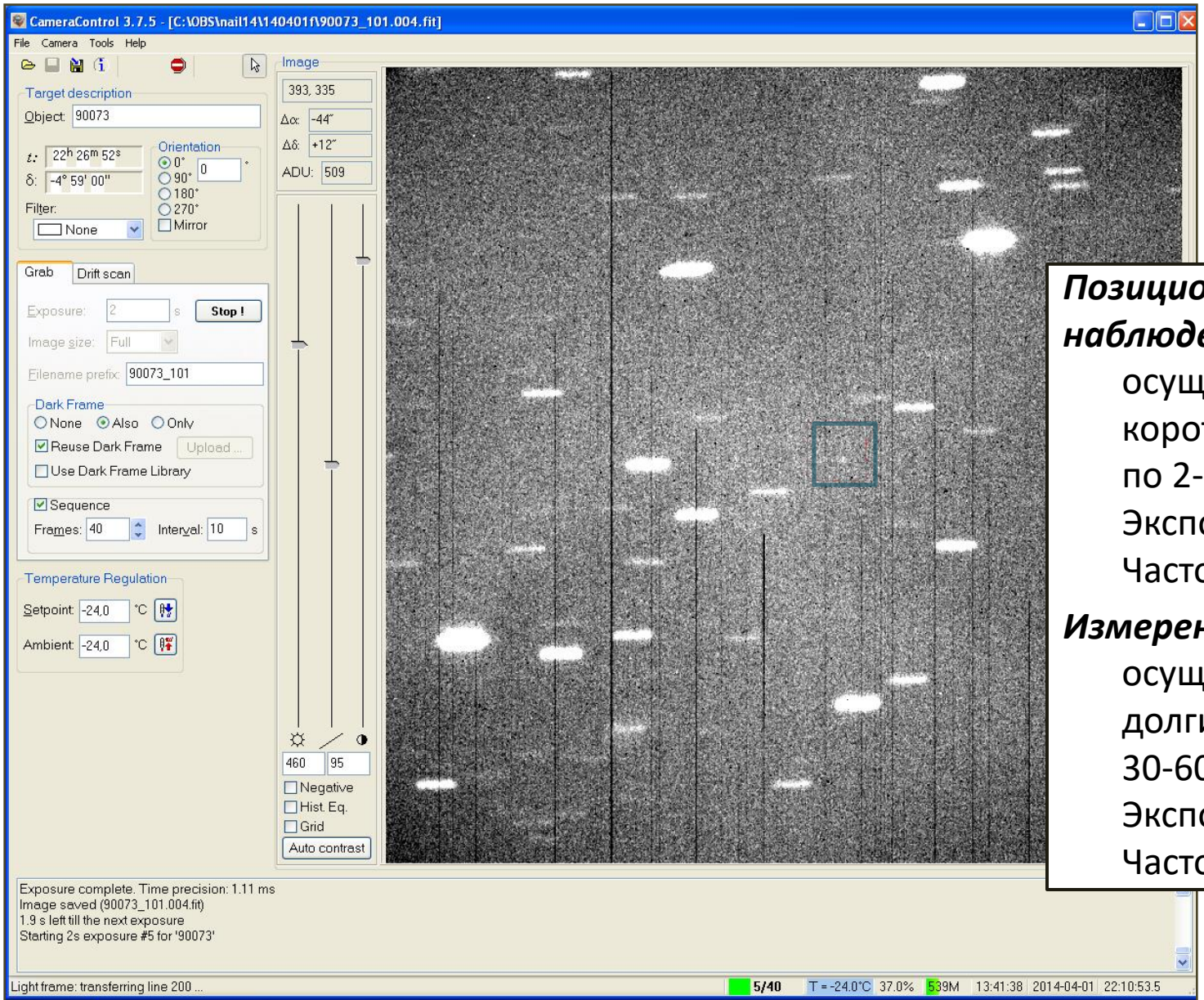
Институт астрономии Российской академии наук

Телескоп Zeiss-2000
Терскольского филиала ИНАСАН

	CCD-камера Fli PL 4301 (фокус Ричи-Кретьена)
Апертура	2 м
Фокальное расстояние	16 м
Размер CCD	2084 x 2084 пикселей
Размер пикселя	24 x 24 мкм
Поле зрения	~ 12' x 12'
Точность ед. измерения ГСС	0.15"
Порог обнаружения на ГСО	20^m
Сопровождение	21^m

$\varphi = 43^\circ 16'$ с.ш.
$\lambda = 42^\circ 30'$ в.д.
H = 3150 м

Оптические наблюдения, программное обеспечение



Позиционные наблюдения

осуществляются короткими сериями по 2-3 минуты.
Экспозиция: 1-2 с.
Частота кадров: 10 с.

Измерения блеска

осуществляются долгими сериями по 30-60 минут.
Экспозиция: 1 с.
Частота кадров: 6 с.

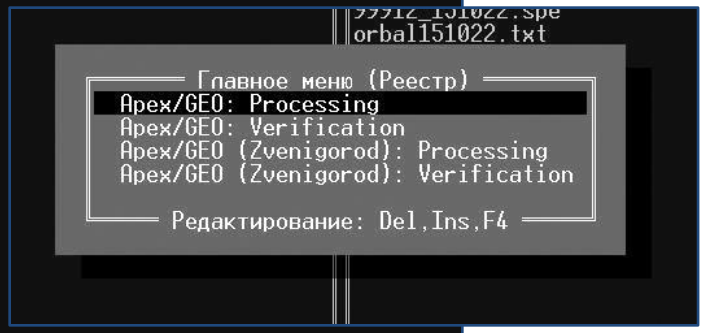
Программное обеспечение наблюдений и обработки полученных данных

просмотр 90073_151020.spe - Far

D:\Observations\spe\2015\Terskol_2015oct\spe151020\90073_151020.spe

СИСТ 10012 090073

```
201015 22151550 05003191 -05415985 001161
201015 22153500 05005138 -05413245 001172
201015 22154100 05005735 -05412416 001157
201015 22154800 05010432 -05411412 001173
201015 22155500 05011133 -05410471 001173
201015 22160900 05012528 -05404512 001149
201015 22161600 05013231 -05403512 001171
201015 22162300 05013926 -05402527 001161
201015 22163000 05014622 -05401534 001171
201015 22163700 05015316 -05400563 001157
201015 22164400 05020015 -05395563 001160
201015 22165100 05020711 -05394610 001145
201015 22165800 05021413 -05393615 001170
201015 22170500 05022111 -05392611 001144
201015 22171200 05022809 -05391631 001161
201015 22171900 05023506 -05390658 001158
201015 22173300 05024901 -05384693 001172
201015 22174700 05030299 -05382746 001145
201015 22175400 05030999 -05381801 001161
201015 22180100 05031695 -05380764 001163
201015 22180800 05032393 -05375823 001160
211015 00141300 06584989 -03085816 001184
211015 00141900 06585591 -03085122 001181
211015 00142600 06590281 -03084375 001182
211015 00145150 06592820 -03081502 001186
211015 00150350 06594004 -03080198 001185
211015 00151050 06594703 -03075434 001185
211015 00152675 07000316 -03073646 001187
211015 00153875 07001501 -03072356 00
211015 00155675 07003293 -03070314 00
211015 00160275 07003888 -03065640 00
211015 00160875 07004484 -03065011 00
211015 00162075 07005674 -03063648 00
```



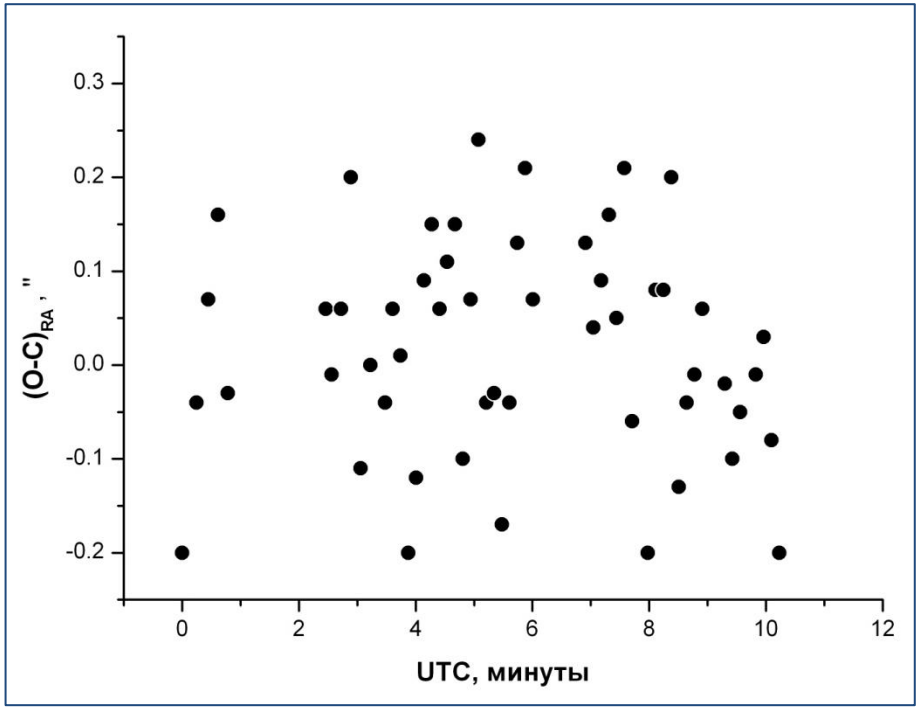
Полученные при наблюдениях ПЗС-кадры содержат: координаты центра поля, моменты времени UTC, номер объекта.

После обработки ПЗС-изображений получаем топоцентрические координаты объектов, приведённые к равноденствию звёздного каталога, и оценки блеска.

Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Куприянов В.В., Верещагина И.А., Астр. Вестн., 2010

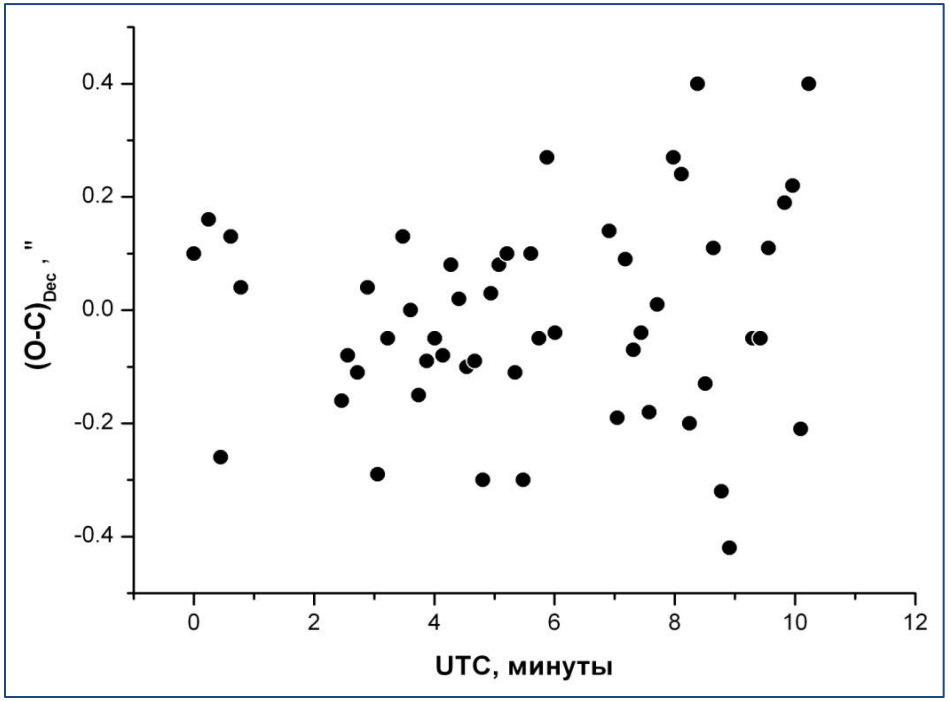
Внутренняя точность наблюдений

Невязки по прямому восхождению на короткой серии наблюдений ~10 минут



$(O-C)_{\alpha} = 0.14"$

Невязки по склонению на короткой серии наблюдений ~ 10 минут



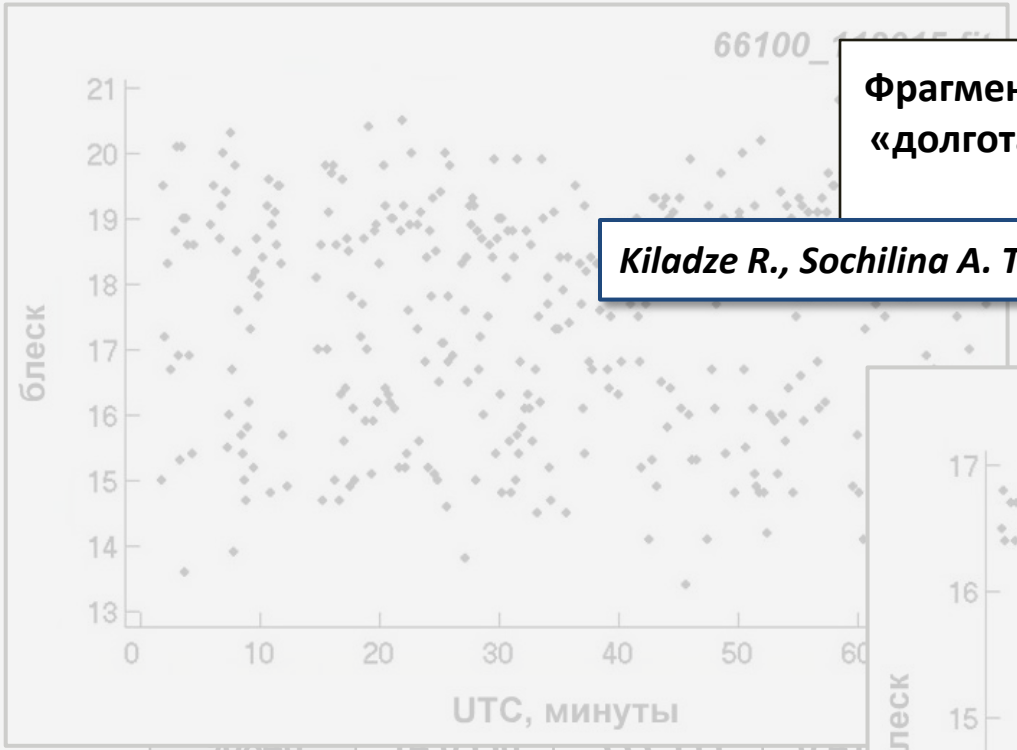
$(O-C)_{\delta} = 0.12"$

Модель движения ИСЗ и космического мусора

В используемой модели движения ИСЗ при обработке орбитальных данных учитываются следующие эффекты:

- возмущения, связанные с несферичностью Земли
- вековые изменения гармонических коэффициентов
- возмущения от приливных деформаций центрального тела
- возмущения от океанических приливов
- лунно-солнечные возмущения
- возмущения от светового давления

Новые объекты
в областях скопления последствий разрушений



Фрагменты космического мусора на диаграмме «долгота восходящего узла – угол наклонения» образуют скопления.

Kiladze R., Sochilina A. Theory of Motion of Geostationary Satellites, 2010

90886	13.955	343.986	0.01
99919	11.153	311.662	0.06

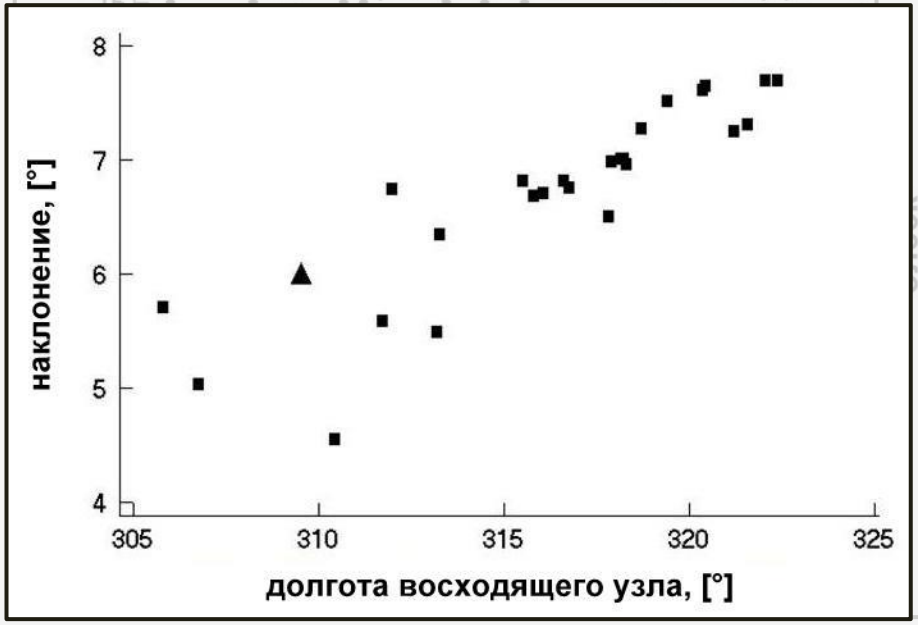
188.105	171.628	1.013828	112.579

Новые объекты
в областях скопления последствий разрушений

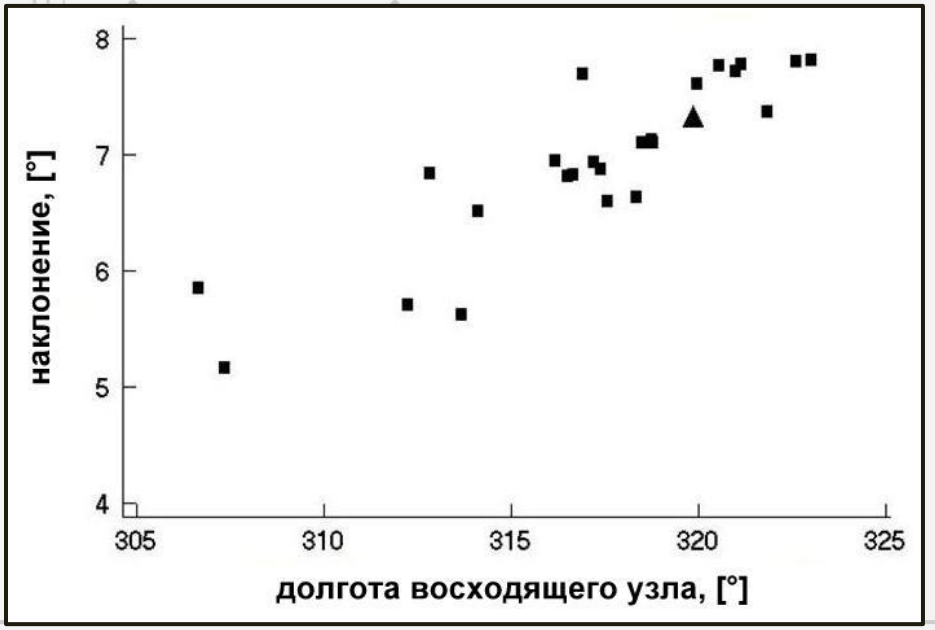
Фрагменты космического мусора на диаграмме «долгота восходящего узла – угол наклонения» образуют скопления.

Kiladze R., Sochilina A. Theory of Motion of Geostationary Satellites, 2010

Положения фрагментов р/б Transtage и нового объекта 66600 (июль 2015)



Положения фрагментов р/б Transtage и нового объекта 67100 (июль 2015)



Взрыв на ГСО в 1992 г.

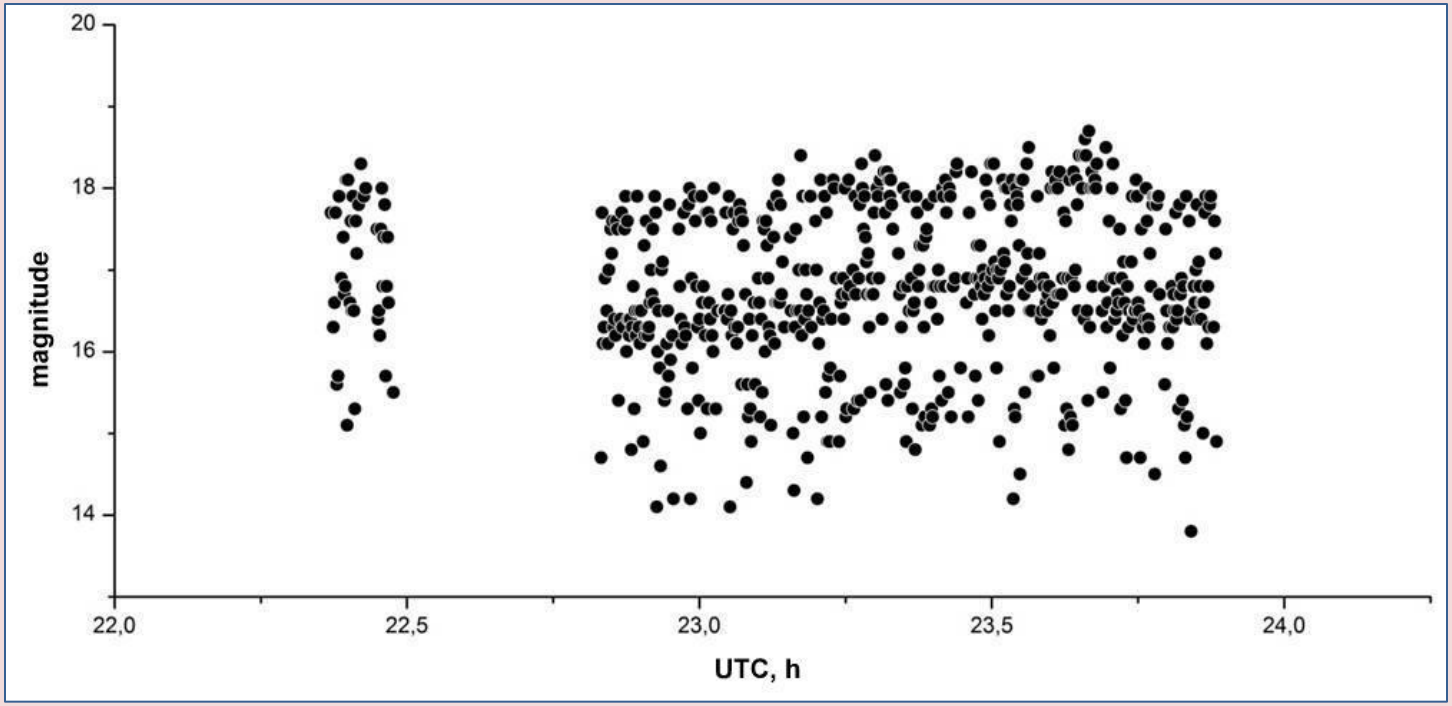
Объект 91133

- Открыт 05.04.2016 при наблюдениях на пике Терскол
- Наблюдался 10 ночей, получено 1319 положений

	Значение параметра
Дата	07.04.2016 20:28:59.7
большая полуось (км)	18964.5
эксцентриситет	0.65010
угол наклонения	7.047°
долгота восходящего узла	112.427°
оценка площадь/масса ($м^2$/кг)	0.038
корреляция фаза – блеск	0.027
средняя оценка блеска	18.7^m

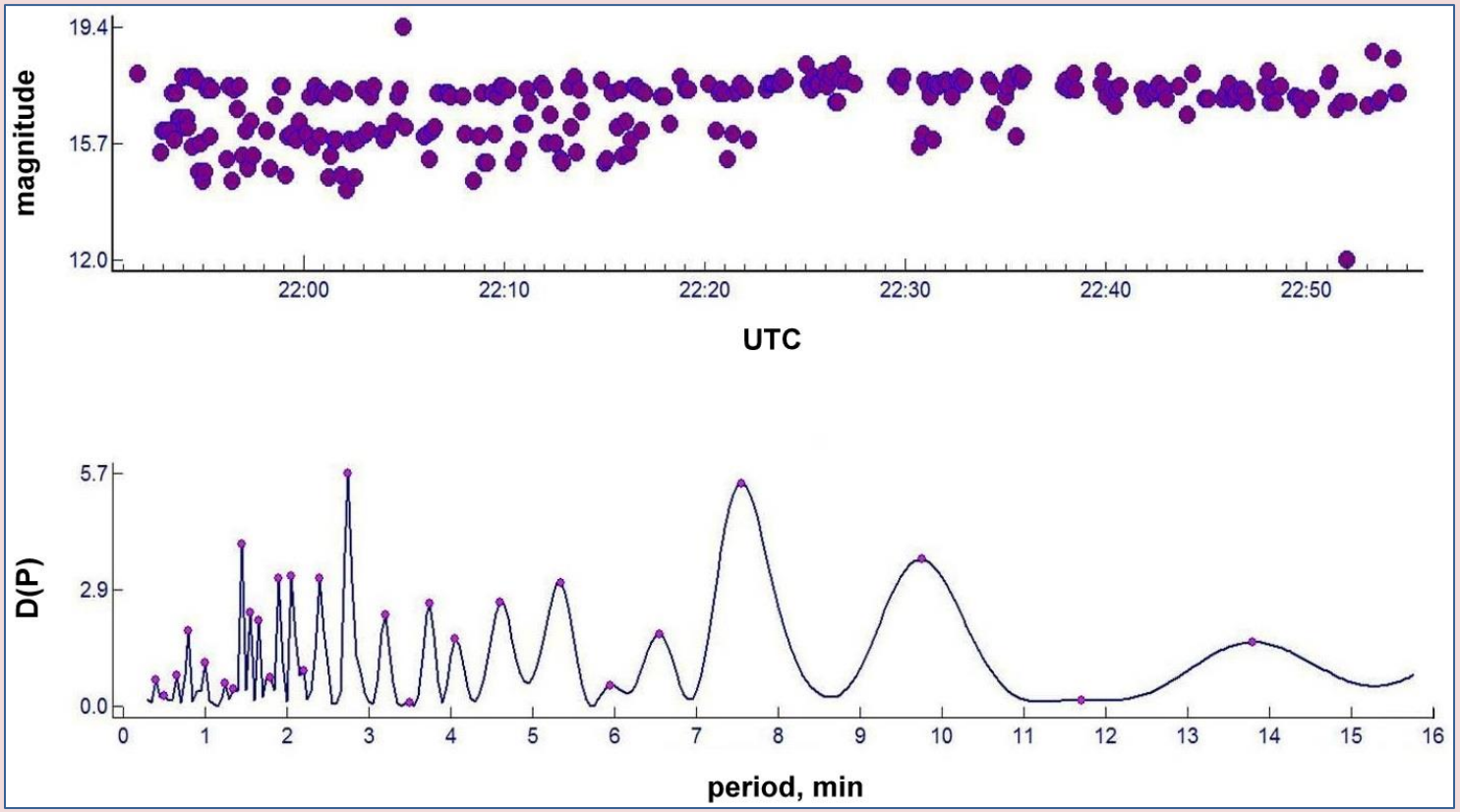
Levkina P., Bakhtigaraev N., et al. Open Astronomy, 2018

Объект 91133



Изменение блеска объекта 91133, 7 апреля 2017.
Сложный характер осевого вращения – блеск меняется на 4 зв. величины за время меньше минуты.

Объект 91133



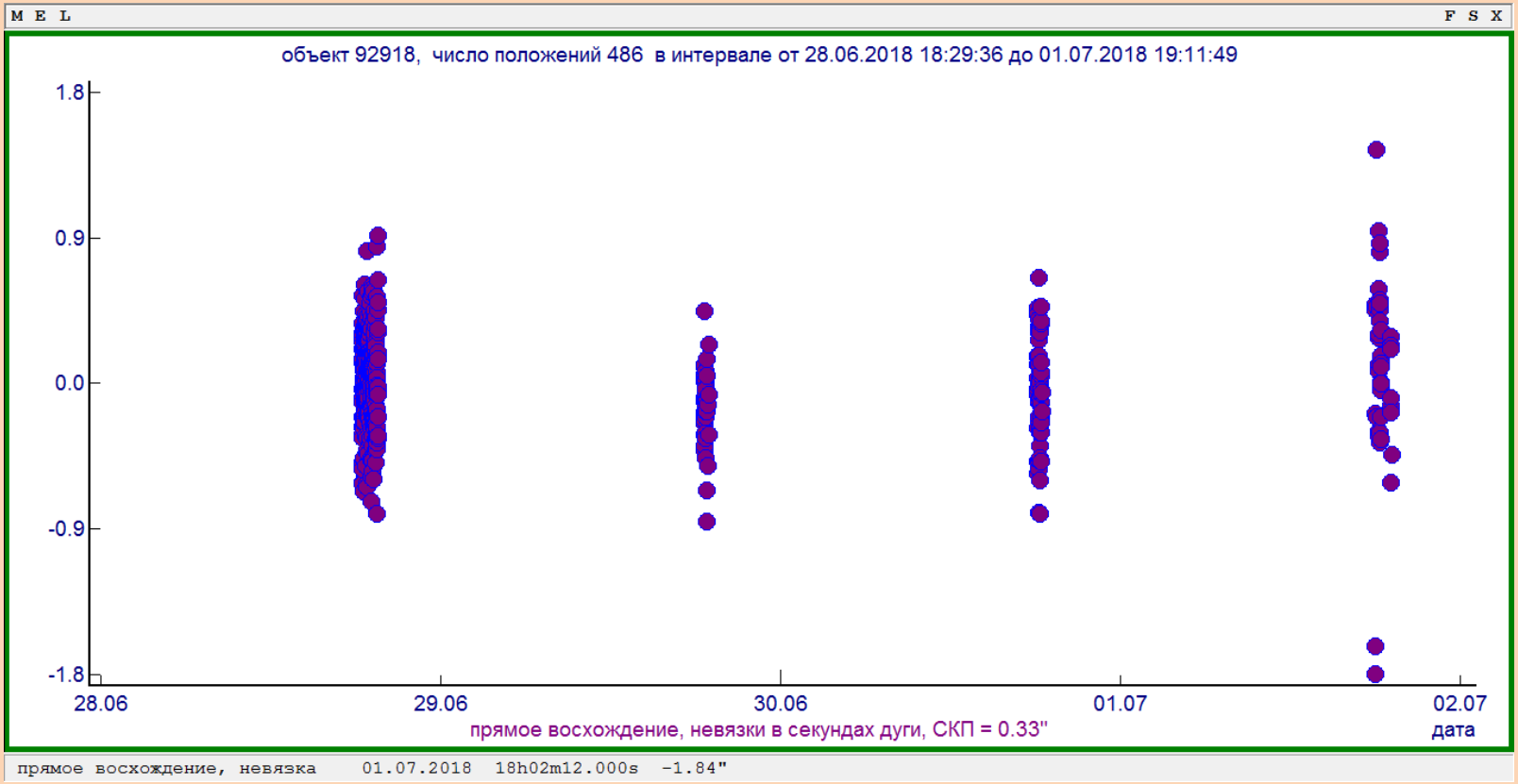
На часовом интервале построена периодограмма объекта. Выделяются несколько периодов, наиболее выраженный из которых – 7.5 минут.

Объект 92918

- Открыт 28.06.2018 при наблюдениях на пике Терскол
- Наблюдался с 28.06.2018 по 01.07.2018: 4 ночи наблюдений, 486 положений

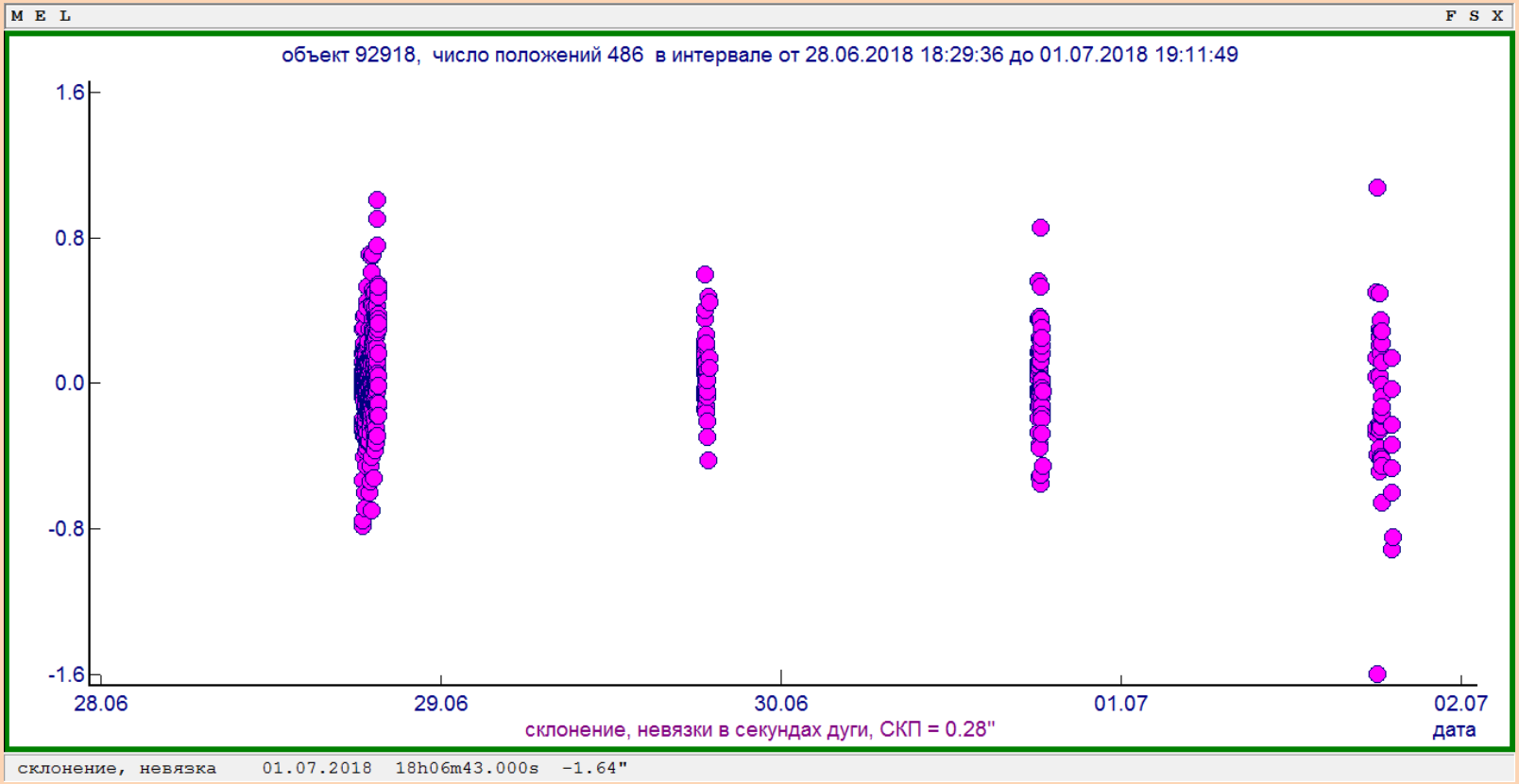
	Значение параметра
Дата	28.06.2018 00:00:00.0
большая полуось (км)	41601.356
эксцентриситет	0.11089044
угол наклонения	3.72159°
долгота восходящего узла	321.78721°
аргумент перигея	31.38595°
средняя аномалия	346.38595°
среднее движение (об./сутки)	1.02311591
оценка площадь/масса ($м^2$/кг)	3.71027
корреляция фаза – блеск	0.027
средняя оценка блеска	18.7^m

Объект 92918

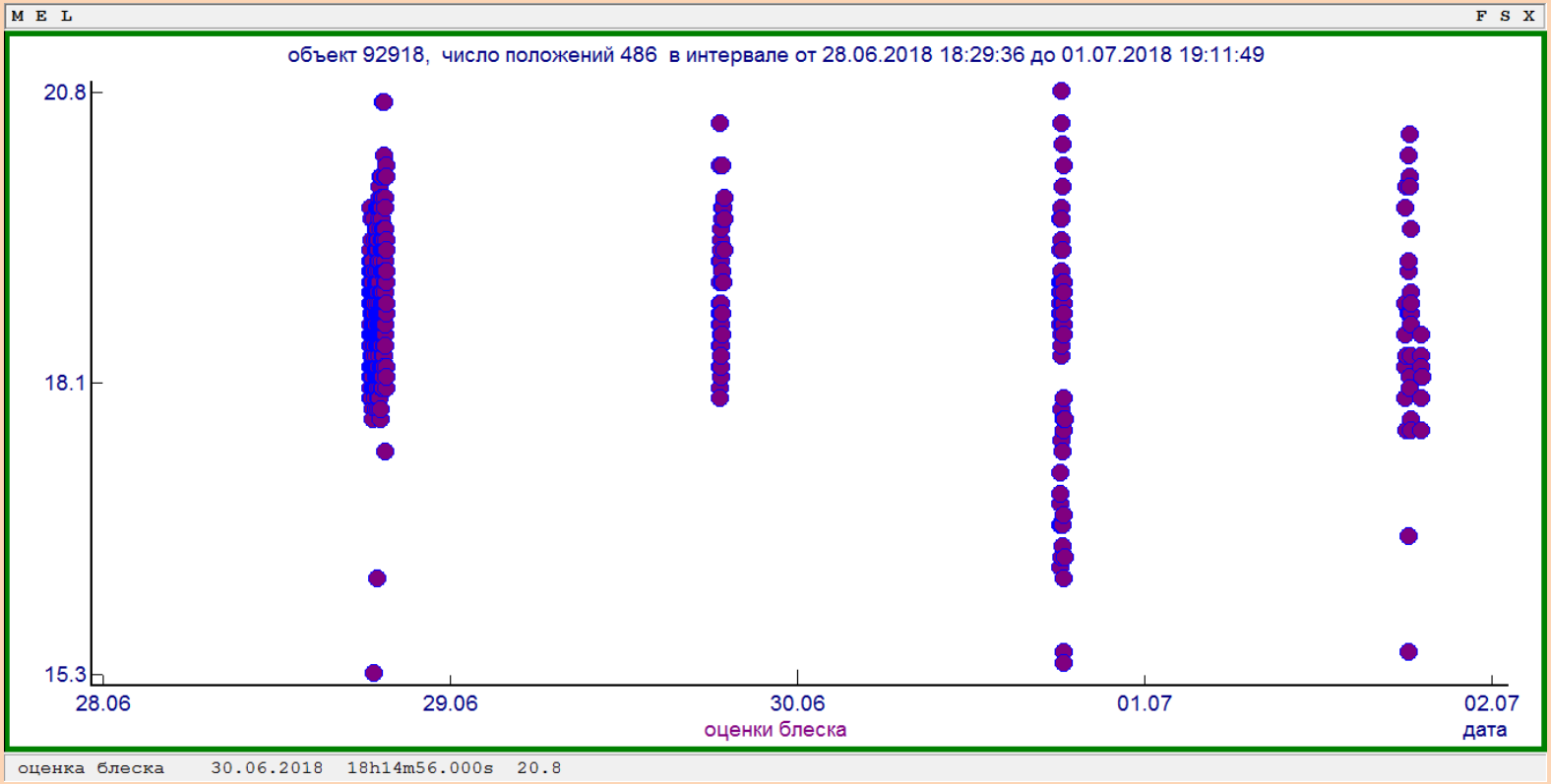


Средняя квадратическая погрешность:
прямое восхождение – 0.33", склонение – 0.28".

Объект 92918

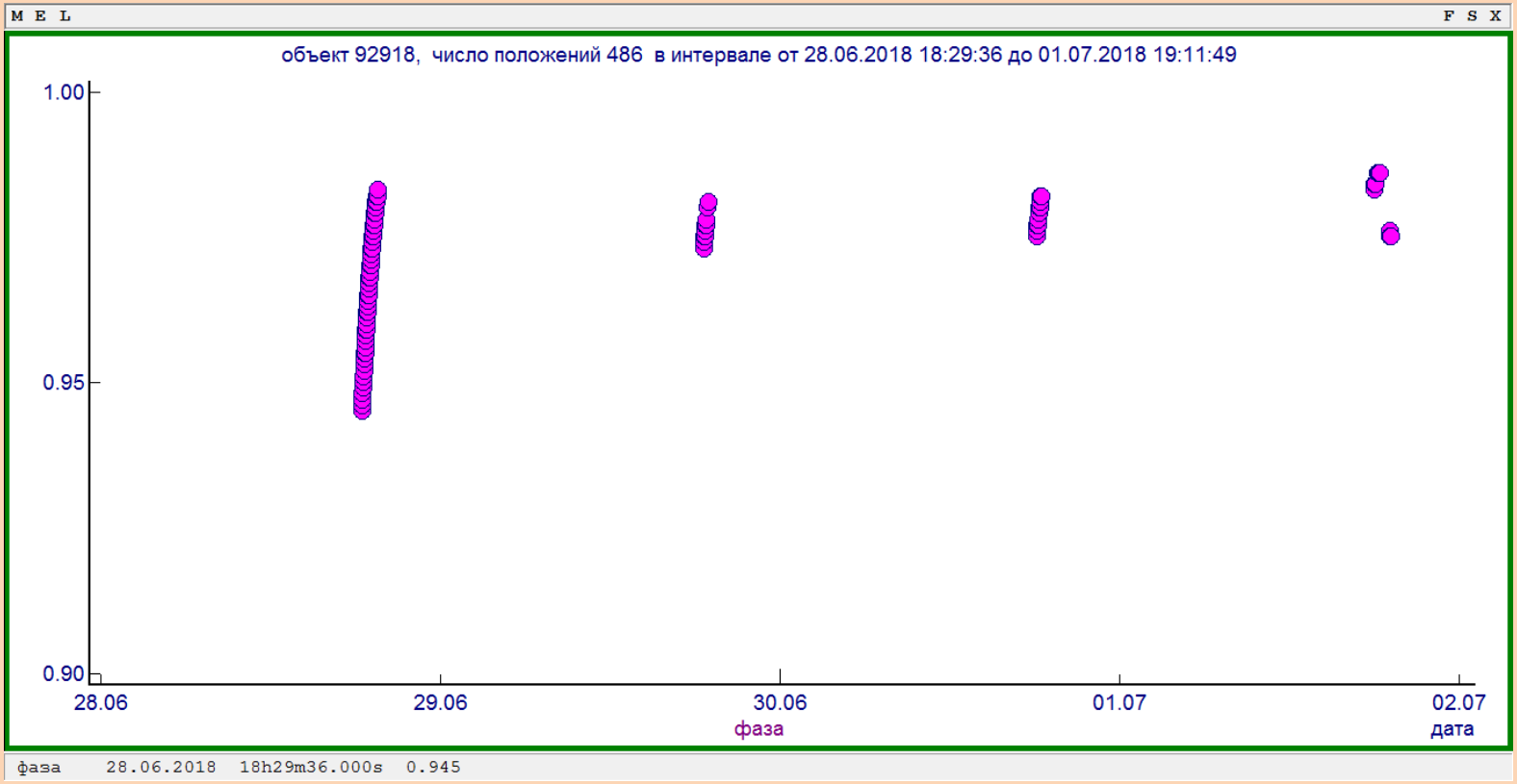


Объект 92918

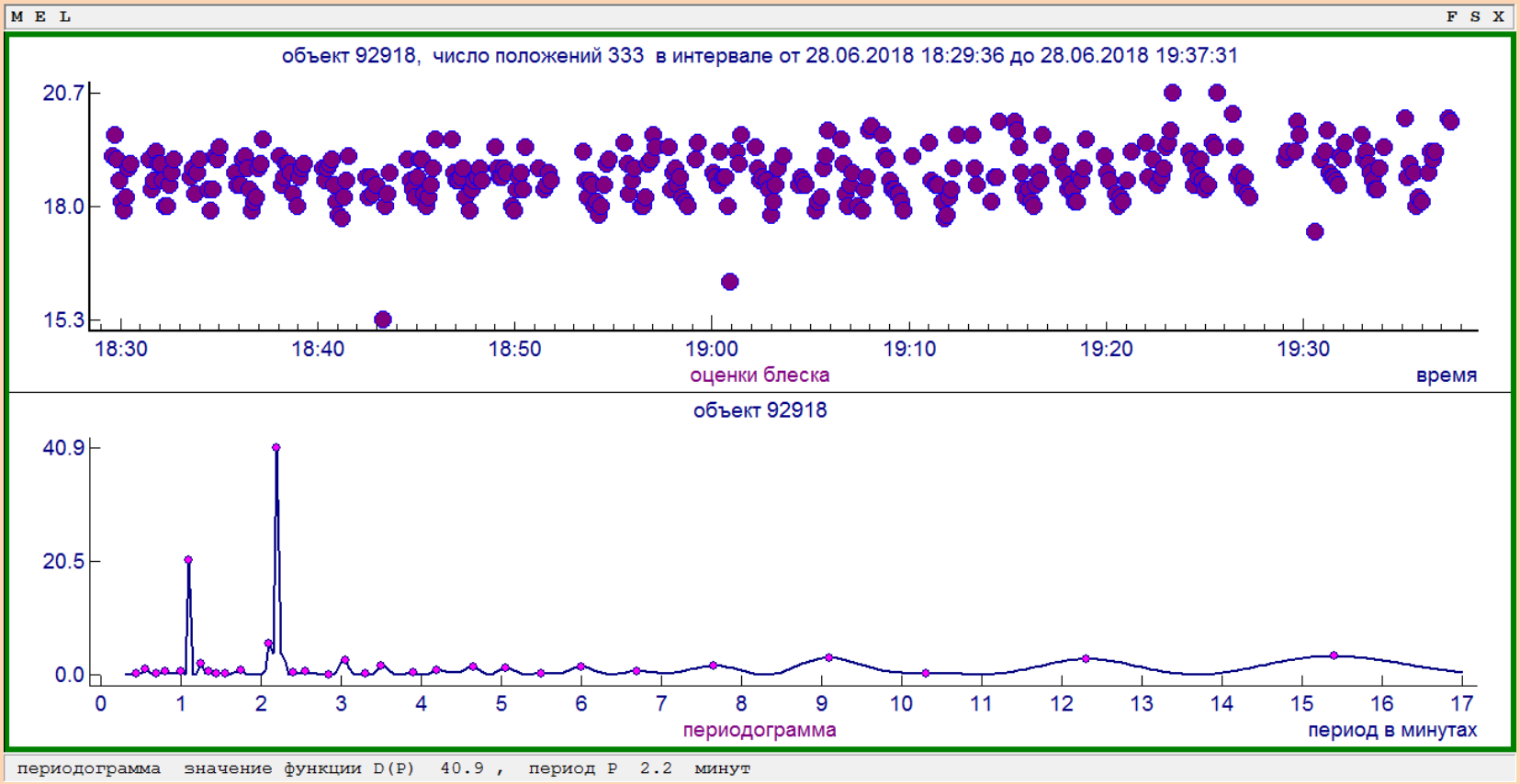


Оценки блеска: от 15.3 зв. вел. до 20.8 зв. вел.

Объект 92918



Объект 92918



Объект 92918

По критерию А.С. Сочилиной (угол наклонения – долгота восходящего узла) объект 92918 попадает в группу осколков с номером КОСПАР 68081:

0 TITAN 3C TRANSTAGE DEB *
1 38697U 68081X 18180.63815108 +.00000036 +00000-0 +00000-0 0 9995
2 38697 003.9405 336.4509 0851468 105.1695 264.6056 01.01482091045346
0 TITAN 3C TRANSTAGE DEB
1 38698U 68081Y 18180.98223709 -.00000124 +00000-0 +00000-0 0 9993
2 38698 003.2713 300.1935 0175995 276.3690 082.0218 01.04396776055400

Все другие объекты с таким углом наклонения имеют долготу восходящего узла от 50 градусов до 100 градусов.

Kiladze R., Sochilina A. Theory of Motion of Geostationary Satellites, 2010

Проверка методики определения A/m осуществлялась по данным спутника Sirio с известными характеристиками.

Для Sirio:

$A/m = 0.009$ м^2/кг

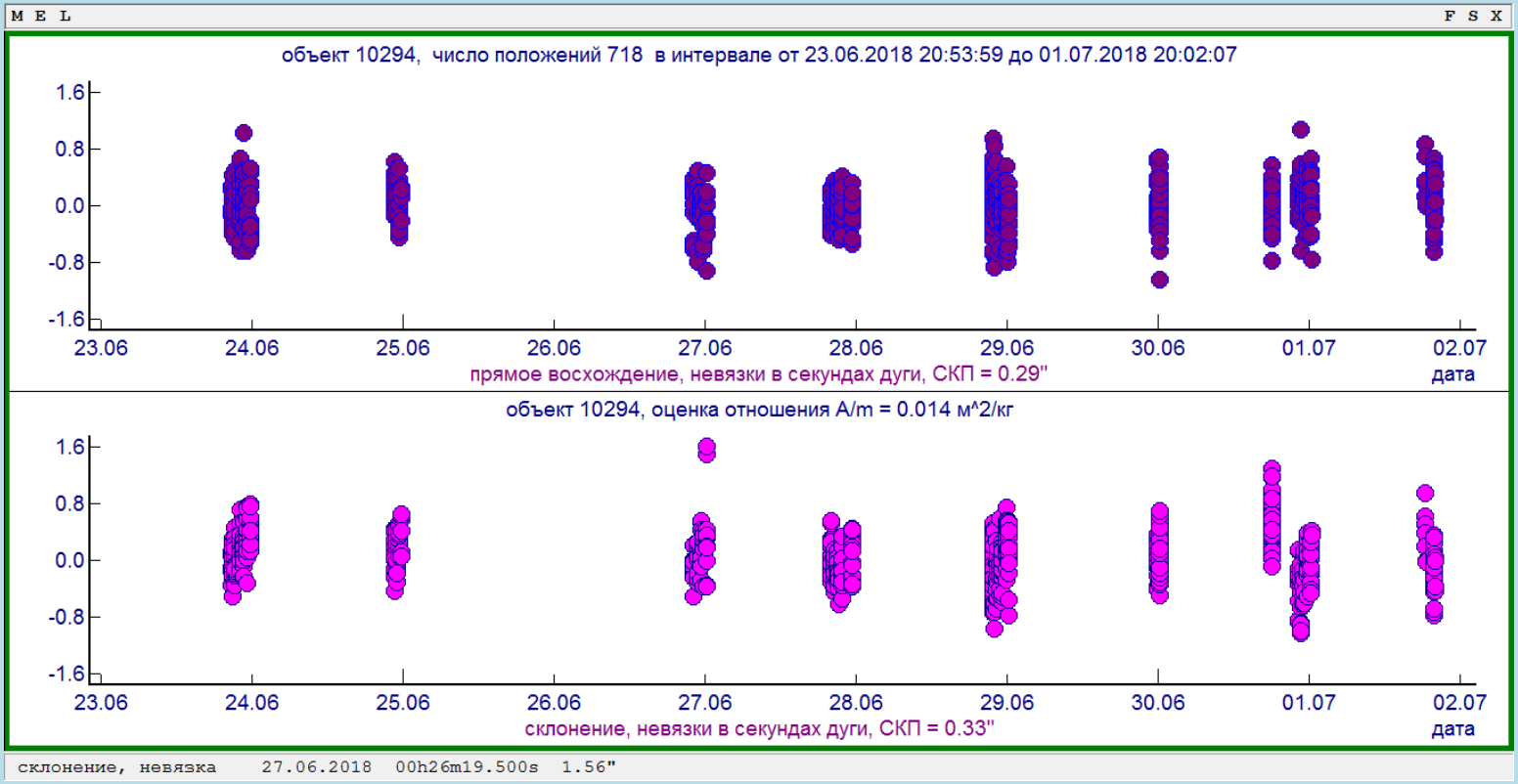
Это итальянский экспериментальный научный аппарат, находящийся в либрационном режиме с малой амплитудой около точки либрации 75° в.д.

Объект 10294

- Объект 10294, Sirio, номер НОРАД 10294, номер КОСПАР 7708001
- Наблюдался с 23.06.2018 по 01.07.2018: 8 ночей наблюдений, 718 положений

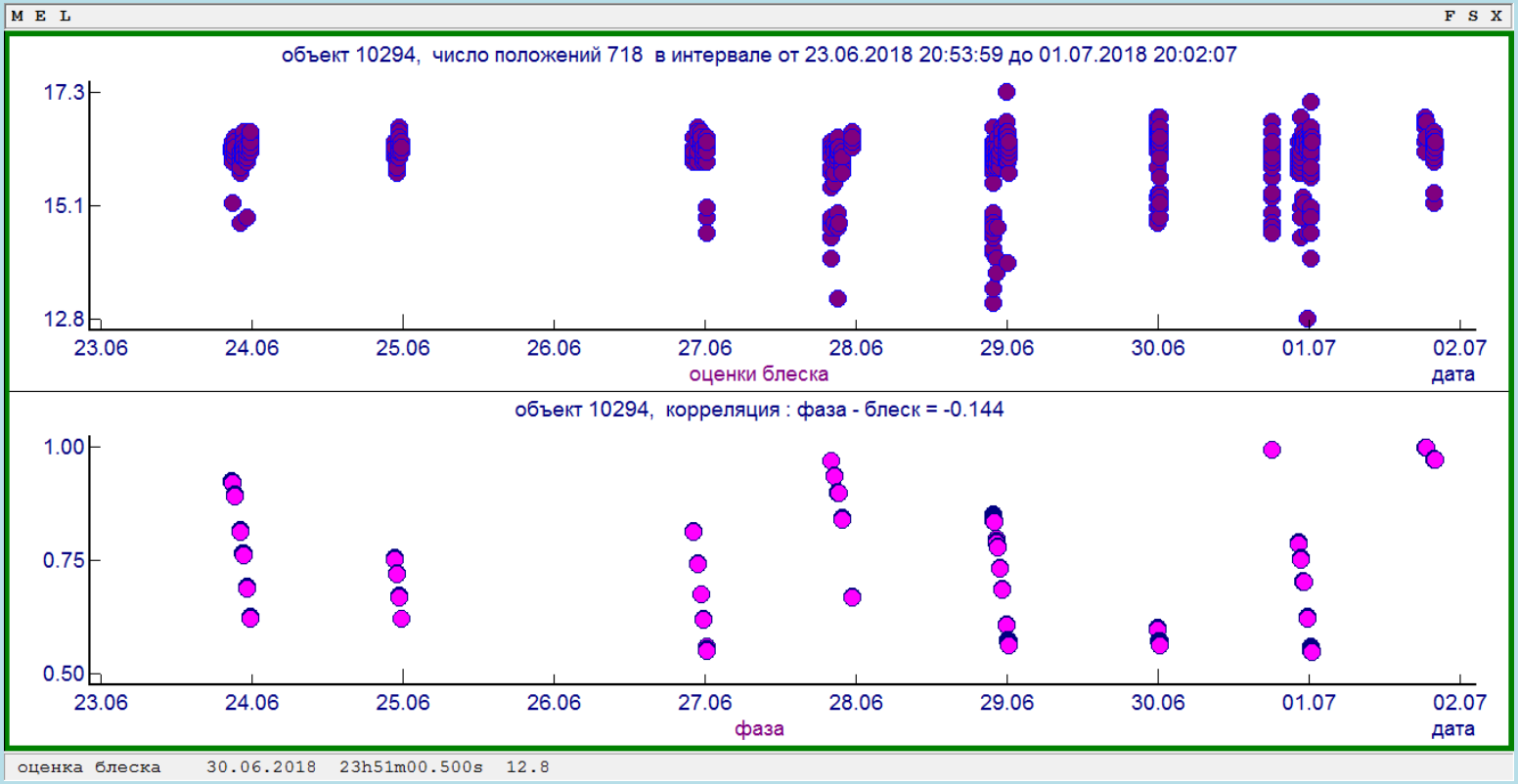
	значение параметра
дата	23.06.2018 00:00:00.0
большая полуось (км)	42163.586
эксцентриситет	0.00072362
угол наклонения	13.14723°
долгота восходящего узла	328.05165°
аргумент перигея	67.04279°
средняя аномалия	310.95128°
среднее движение (об./сутки)	1.00272344
оценка площадь/масса ($м^2$/кг)	0.01365

Объект 10294



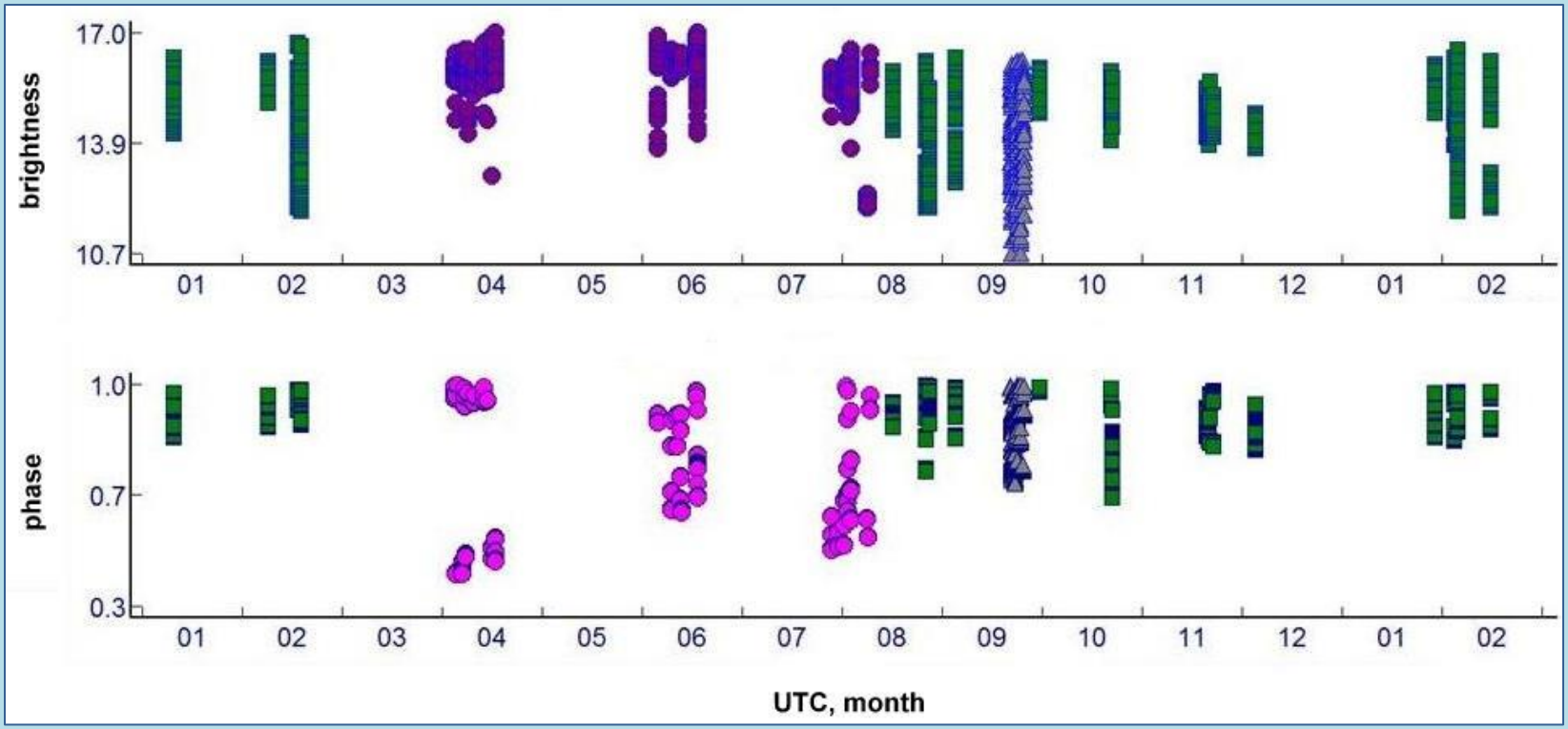
Средняя квадратическая погрешность:
прямое восхождение – 0.29", склонение – 0.33".

Объект 10294



Объект 10294

Обнаружено резкое изменение параметров орбиты по наблюдениям в Звенигороде, на Терсколе и на Санглоке. Исследование продолжается.



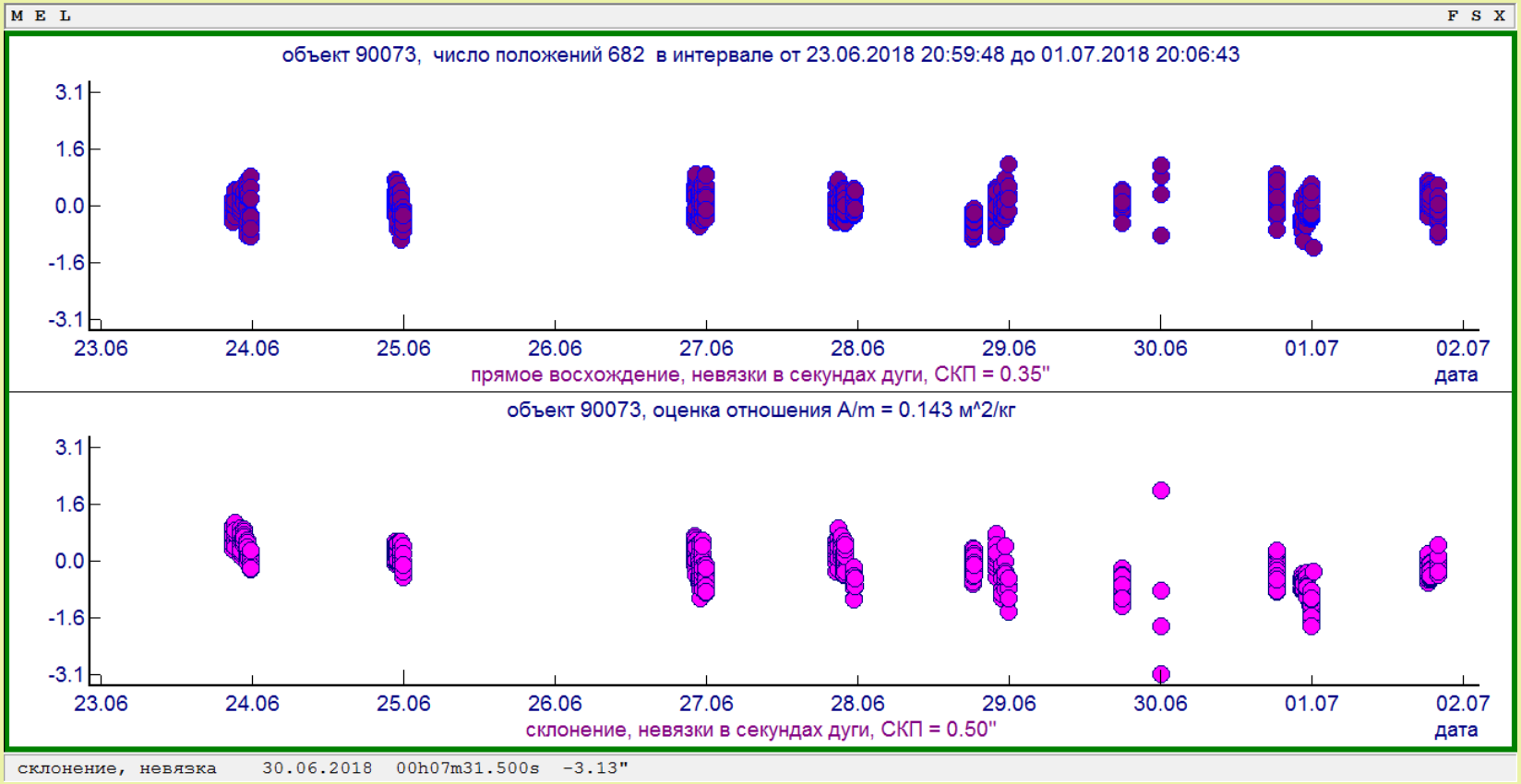
Квадраты – Звенигород, круги – Терскол, треугольники – Санглок

Объект 90073

- Объект 90073, Fengyun 2D Deb, номер НОРАД 10294, номер КОСПАР 7708001
- Наблюдался с 23.06.2018 по 01.07.2018: 8 ночей наблюдений, 682 положений

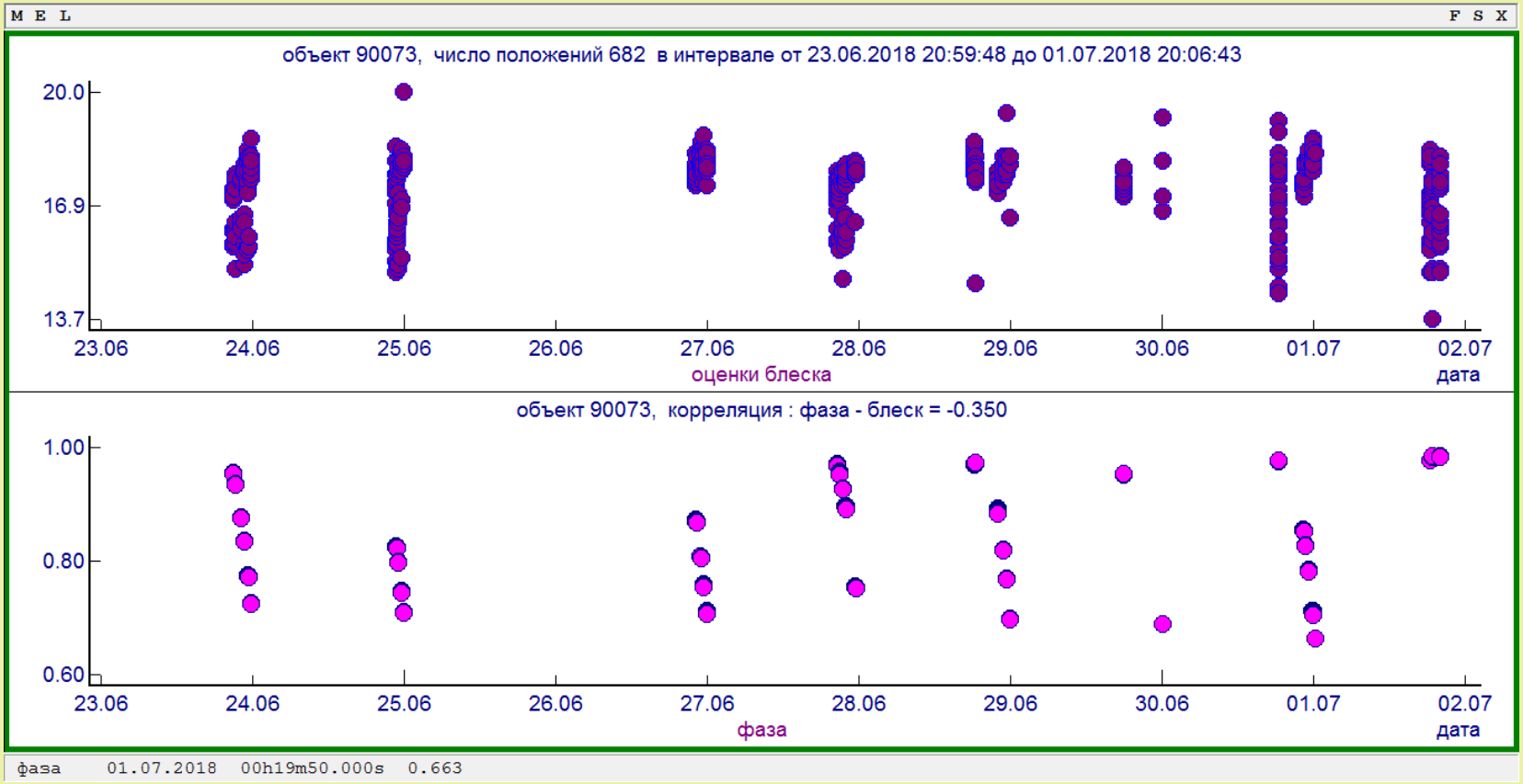
	значение параметра
Дата	23.06.2018 00:00:00.0
большая полуось (км)	42157.336
эксцентриситет	0.00784092
угол наклонения	6.58303°
долгота восходящего узла	56.25399°
аргумент перигея	332.10185°
средняя аномалия	310.09727°
среднее движение (об./сутки)	1.00294499
оценка площадь/масса ($м^2$/кг)	0.14283

Объект 90073

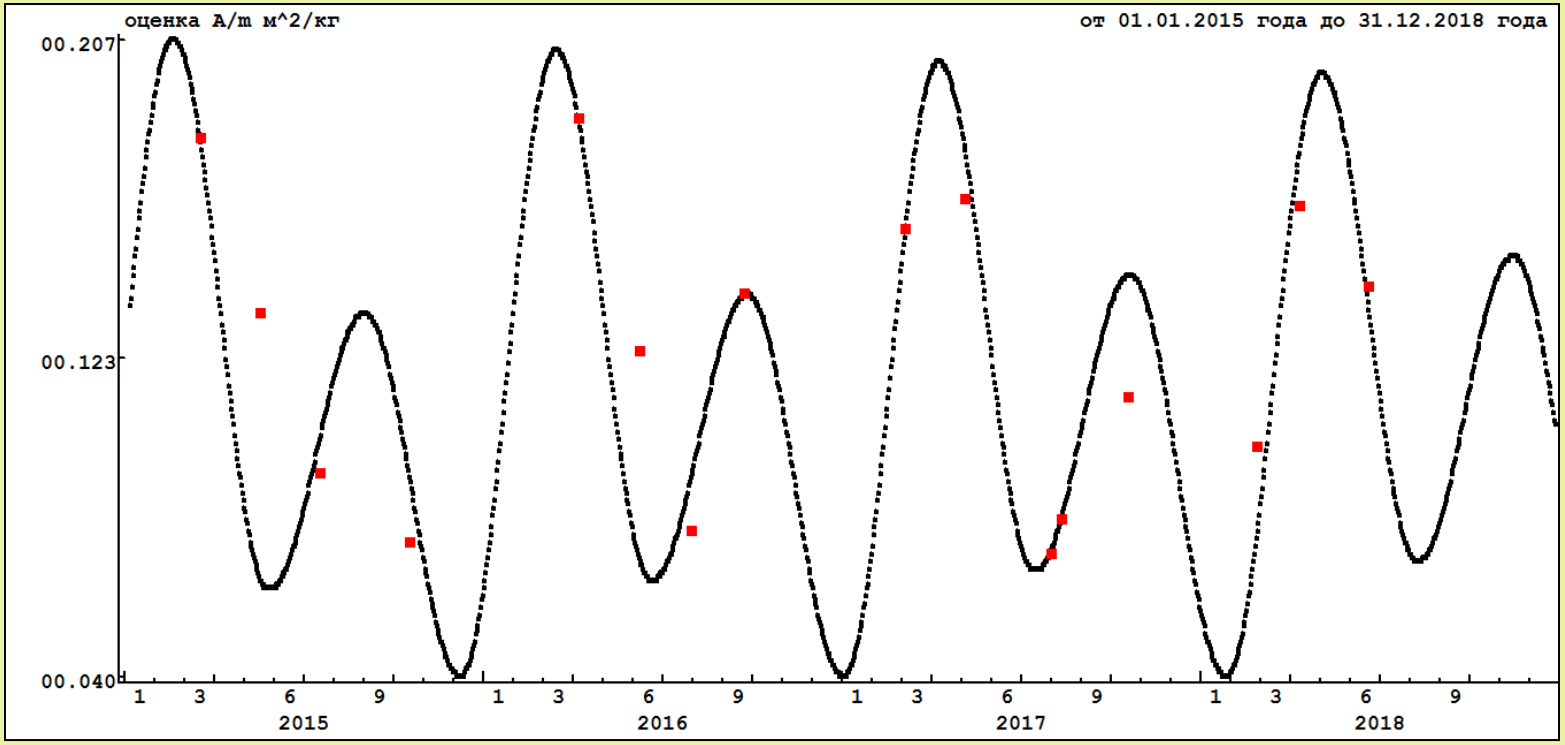


Средняя квадратическая погрешность:
прямое восхождение – 0.35", склонение – 0.50".

Объект 90073



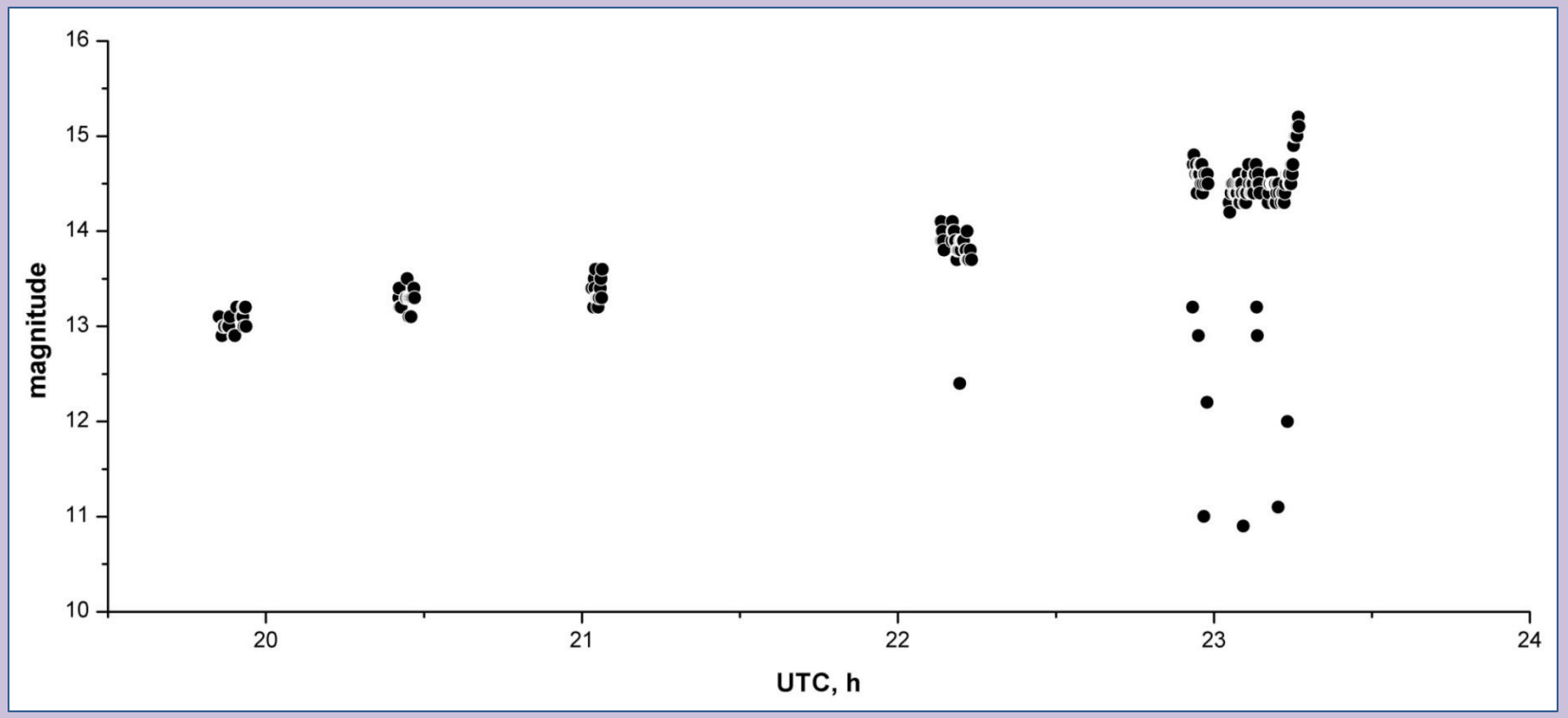
Объект 90073



Бахтигараев Н.С., Левкина П.А., Чазов В.В., Астр. Вестн., Т.50, №2, 2016

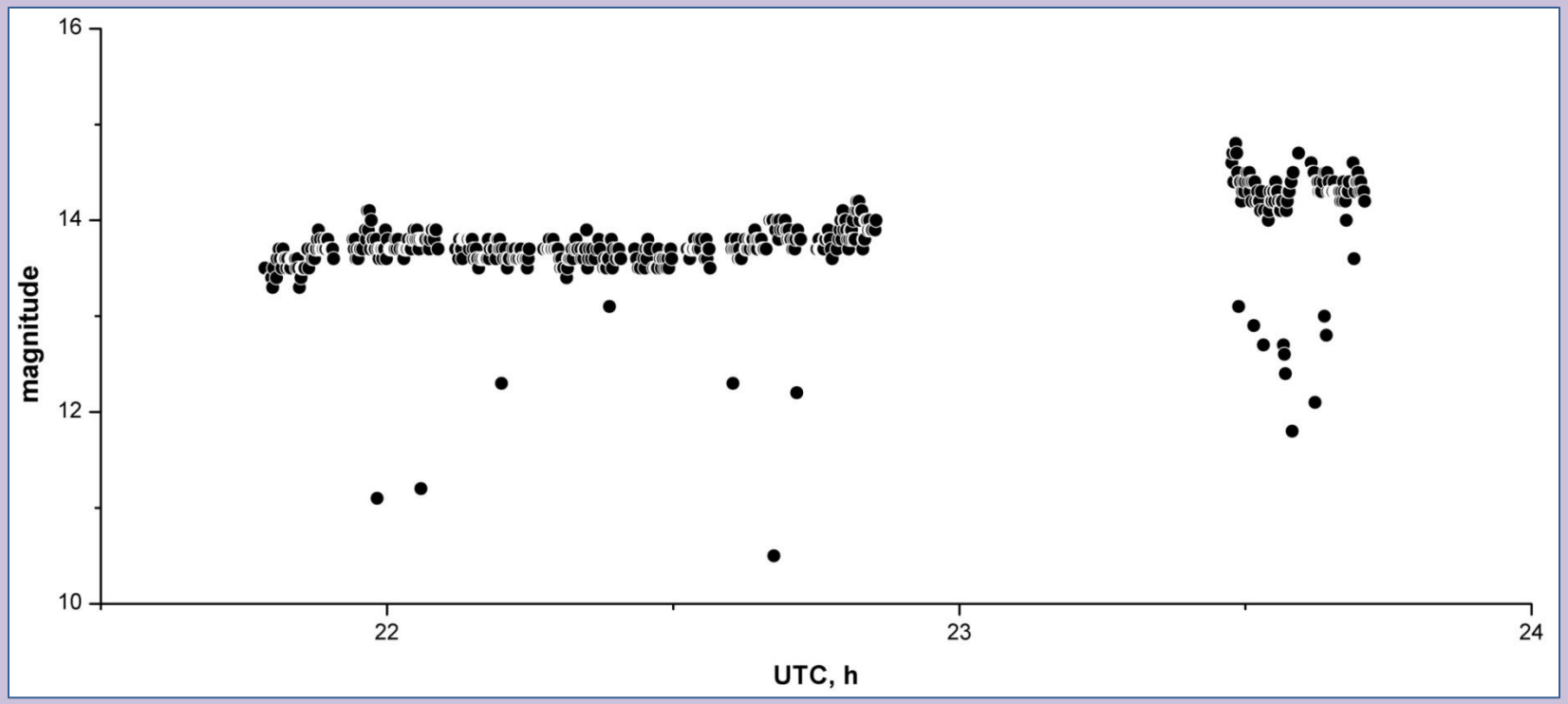
Объект 03692

Ступень р/б Transtage (взрыв 2018 г.)



Объект 03692

Ступень р/б Transtage (взрыв 2018 г.)



Касименко Т.В., Микиша А.М., Рыхлова Л.В., Смирнов М.А. Взрывы на геостационарной орбите. – Столкновения в околоземном пространстве (космический мусор). М.: Космосинформ, 1995. С. 252.

Заключение

- На Zeiss-2000 проводятся регулярные наблюдения искусственных космических объектов, в том числе последствия разрушений и объекты с большим отношением A/m
- Продолжают обнаруживаться обломки разрушений аппаратов и сопутствующих запускам объектов, выведенных на орбиту несколько десятков лет назад
- Определены орбитальные параметры и физические характеристики избранных объектов космического мусора
- Обнаружено резкое изменение элементов орбиты отработавшего аппарата Sirio (10294) по данным наблюдений с трёх обсерваторий
- Продолжается уточнение параметров модели изменения отношения площади к массе малоразмерного искусственного объекта, движущегося в режиме либрации вокруг устойчивой точки 75° в.д.

Спасибо за внимание!