

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/298305610>

# knit-2015-21-3-12-shulga

DATASET · MARCH 2016

---

READS

22

18 AUTHORS, INCLUDING:



[Y. Sybiryakova](#)

Nikolaev Astronomical Observatry

15 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE



[Igor Vladimirovich Kara](#)

Odessa National University

7 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE



[Yevgen Kozyryev](#)

Nikolaev Astronomical Observatry

12 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

SEE PROFILE



[Nikolay Koshkin](#)

Odessa National University

30 PUBLICATIONS 48 CITATIONS

SEE PROFILE

УДК 629.78

О. В. Шульга<sup>1</sup>, С. Г. Кравчук<sup>2</sup>, Є. С. Сибірякова<sup>1</sup>, А. І. Білінський<sup>3</sup>, Я. Т. Благодир<sup>3</sup>, Є. Б. Вовчик<sup>3</sup>,  
В. П. Єпішев<sup>4</sup>, І. В. Кара<sup>5</sup>, Є. С. Козирев<sup>1</sup>, М. І. Кошкін<sup>5</sup>, В. І. Кудак<sup>4</sup>, М. О. Куліченко<sup>1</sup>, І. В. Любич<sup>6</sup>,  
О. Е. Мажаєв<sup>1</sup>, К. А. Мартинюк-Лотоцький<sup>3</sup>, Я. О. Романюк<sup>2</sup>, С. С. Терпан<sup>5</sup>, Л. С. Шакун<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія», Миколаїв

<sup>2</sup> Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України, Київ

<sup>3</sup> Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету, Львів

<sup>4</sup> Лабораторія космічних досліджень Ужгородського національного університету, Ужгород

<sup>5</sup> Науково-дослідний інститут «Астрономічна обсерваторія Одеського національного університету», Одеса

<sup>6</sup> Державний міжвузівський центр «Оріон»

## РОЗВИТОК УКРАЇНСЬКОЇ МЕРЕЖІ ОПТИЧНИХ СТАНЦІЙ УМОС ЯК СКЛАДОВОГО ЕЛЕМЕНТУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ НАВКОЛОЗЕМНОГО КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ

---

*Українську мережу оптичних станцій УМОС створено в 2011 р. з метою вивчення та контролю космічних об'єктів в навіколоземному просторі. В роботі описані склад, інструменти та основні завдання мережі УМОС.*

**Ключові слова:** *навіколоземний космічний простір, потенційно небезпечні космічні об'єкти.*

---

### ВСТУП

Космічні об'єкти, що проходять поблизу Землі (зокрема астероїди), космічні апарати, що вичерпали свій ресурс чи вийшли з ладу, елементи ракет-носіїв та їхні уламки, кількість яких в навіколоземному просторі катастрофічно зростає, несуть потенційну загрозу не тільки для безпечної роботи космічної техніки, але й регіональну чи навіть глобальну загрозу для наземних об'єктів.

Так, на сьогодні відомі характеристики 1561 астероїда з розмірами, що перевищують 100 м, які можуть становити загрозу для нашої планети. Але це лише незначна частка потенційно

небезпечних космічних об'єктів. Навколо Землі обертаються близько 8000 створених людством штучних космічних об'єктів, серед яких лише 2500 — це супутники, що ще функціонують чи вичерпали свій ресурс. Інші об'єкти, так зване космічне сміття, — це захисні кожухи космічних апаратів, елементи та уламки ракет, паливні баки тощо.

Якщо ж взяти до уваги об'єкти з розмірами до 1 см, то їхня кількість складає мільйони. У зв'язку із зростаючою загрозою зіткнень космічних об'єктів у навіколоземному просторі все актуальнішою стає задача контролю за чистотою навіколоземного космічного простору.

В США під егідою NASA створено спеціальну програму виявлення потенційно небезпечних об'єктів, до якої залучені як космічні, так і наземні засоби спостереження. В останні роки в Європейському Союзі активно ведеться підготовка програми моніторингу космічного сміття.

---

© О. В. ШУЛЬГА, С. Г. КРАВЧУК, Є. С. СИБІРЯКОВА,  
А. І. БІЛІНСЬКИЙ, Я. Т. БЛАГОДИР, Є. Б. ВОВЧИК,  
В. П. ЄПІШЕВ, І. В. КАРА, Є. С. КОЗИРЕВ, М. І. КОШКІН,  
В. І. КУДАК, М. О. КУЛІЧЕНКО, І. В. ЛЮБИЧ, О. Е. МАЖАЄВ,  
К. А. МАРТИНЮК-ЛОТОЦЬКИЙ, Я. О. РОМАНЮК,  
С. С. ТЕРПАН, Л. С. ШАКУН, 2015

Враховуючи наукові здобутки України в космічній галузі, в галузі моніторингу ближнього космосу, наявні спостережні ресурси та кадровий потенціал, а також досягнення у розробці нових методів визначення координат космічного сміття та його геометричних і функціональних характеристик наша країна розглядається як потенційний учасник міжнародної системи моніторингу навколосемного космічного простору.

### МЕРЕЖА УМОС

Українську мережу оптичних станцій було створено в 2011 р. з метою організації систематичного дослідження та контролю засмічення навколосемного космічного простору. Основні завдання мережі УМОС:

- регулярні позиційні спостереження,
- уточнення орбітального руху космічних об'єктів (КО),
- дослідження форми та періоду обертання КО,
- фотометричні спостереження штучних КО,
- підтримка каталогу елементів орбіт КО,
- підтримка спеціалізованого інформаційного сайту УМОС.

### УЧАСНИКИ МЕРЕЖІ УМОС ТА ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

До складу мережі на 2014 р. входять:

- Головна астрономічна обсерваторія НАН України (ГАО),
- НДІ «Миколаївська астрономічна обсерваторія» (НДІ МАО),
- НДІ «Астрономічна обсерваторія Одеського національного університету (АО ОНУ),
- Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету (АО ЛНУ),
- Лабораторія космічних досліджень Ужгородського національного університету (ЛКД УжНУ),
- Державний міжвузівський центр «Оріон» (ДМЦ «Оріон»),
- Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (ЦПОСІ та КНП).

З кінця 2014 р. до виконання окремих завдань мережі УМОС з контролю космічного простору підключилась Андрушівська астрономічна обсерваторія.

У складі УМОС налічується 10 діючих телескопів. Технічні характеристики телескопів, які

Таблиця 1. Характеристики телескопів мережі УМОС

Організація/телескоп	D, мм	F/D	Тип камери	Поле зору, град	Тип спостережень	Фотометрична смуга	Зоряна величина
АО ЛНУ, м. Львів ЛД-2 (Юпітер-9)	42	2	LCL-902H 795×596 8.6×8.3 мкм	4.2×3.2	CCTV	Інт.	1 1
АО ЛНУ, м. Львів ГЛД-250	250	5	CCD SXV-9M	0.4×0.3	Добовий супровід	V, Інт.	15
ГАО НАНУ, м. Київ Целестрон (Геліос-40)	56	1.5	WAT-902H2 752×582 8.6×8.3 мкм	4.2×3.2	CCTV	Інт.	11
ДМЦ «Оріон», м. Алчевськ ТПЛ-1М (гід)	80	2.5	WAT-902H2 752×582 8.6×8.3 мкм	1.7×1.4	CCTV	Інт.	10
ЛКД УжНУ, м. Ужгород ТПЛ-1М (гід)	56	1.5	CCTV 795×596 8.6×8.3 мкм	4.2×3.2	CCTV	Інт.	11
НДІ АО ОНУ, м. Одеса КТ-50	500	4	WAT-902H2 752×582 8.6×8.3 мкм	0.18×0.14	Супровід по видимій траєкторії	Інт.	11
НДІ МАО, м. Миколаїв МОБІТЕЛ КТ-50	500	6	Alta U9000 3056×3056, 12×12 мкм	0.7×0.7	TDI	R	18
НДІ МАО, м. Миколаїв МОБІТЕЛ ТВ	48	2.8	WAT-902H2 752×582 8.6×8.3 мкм	2.6×2.0	CCTV	Інт.	11
НДІ МАО, м. Миколаїв АФУ-75	260	2.9	Alta U9000 3056×3056 12×12 мкм	2.8×2.8	TDI	R	16
ЦПОСІ і КНП, м. Дунаївці АЗТ-28	500	16	ТВ трубка	0.2×0.25	Супровід по видимій траєкторії	V, Інт.	12

Таблиця 2. Типи та призначення КО, відібраних для спостережень

Назва КО	Висота орбіти, км	Призначення
КС на низьких орбітах, де впливає атмосфера	420—1400	Поліпшення теорії руху КО
КС низьких орбітах, де не впливає атмосфера	1400—2500	
Низькоорбітальні КО з кутовими відбивачами	440—1500	Оцінка точності спостережень
Навігаційні КО з кутовими відбивачами	~20000	
Геосинхронні об'єкти КС	~36000	Планові спостереження
Фрагменти запуску ракети «Дніпро» з ШСЗ «Січ-2»	~700 км	Спостереження на замовлення сторонніх організацій
Підтримка експерименту «Інтерферометр РТ-70»	2000—36000	
Список ЦК КП України	300—36000	
Лазерно активний ГСС ARTERMIS	~36000	Оцінка можливості спостережень
Високоеліптичний супутник «Спектр-Р»	600—340000	
Мінісупутники ДЗЗ («RapidEye»)	630	
Мінісупутники комунікаційні («Orbcomm»)	660—790	
Наносупутники розмір $10 \times 10 \times 10$ см («CubeSat»)	450—830	

застосовуються мережею УМОС для спостережень, представлені в табл. 1.

### ПОЗИЦІЙНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Основна мета позиційних спостережень — формування каталогів положень та елементів орбіт КО.

Для позиційних спостережень мережею УМОС застосовуються такі методи:

- 1) добовий супровід телескопом,
- 2) SSTV — спосіб накопичення кадрів із зсувом [1],
- 3) супровід КО по видимій траєкторії,
- 4) TDI — режим синхронного переносу заряду (time delay and integration) [2].

Формування робочого списку КО здійснювалось на основі моделювання видимості обраних КО протягом одного місяця з телескопів НДІ МАО. До робочого списку потрапляли КО, які були видимі кожну ніч як мінімум по 4 хв.

За період з 2011р. по 2014 р. станціями мережі отримано 165992 положень 982 КО, з яких сформовано каталог положень. У табл. 3 представлено кількість отриманих положень за типом орбіти.

Мережею було проведено 331 ніч спостережень. Загальну статистику наповнення каталогу положень по роках наведено у табл. 4. Під проводкою мається на увазі спостереження КО на одному витку орбіти з одного телескопа.

Для аналізу точності спостережень телескопів мережі УМОС виконано оцінку внутрішньої і зовнішньої похибки отриманих положень КО. Розраховані середні значення випадкової і систематичної складових похибок для різних телескопів і типів орбіти (табл. 5).

Подальша обробка каталогу положень включала такі етапи:

- 1) розрахунок статистики спостережень,
- 2) одновіковий розрахунок елементів орбіт,
- 3) підготовка вхідних даних для багатовиткового розрахунку орбіт,
- 4) багатовитковий розрахунок орбіт,
- 5) розрахунок ефемерид КО за отриманим каталогом орбіт у вигляді векторів стану,
- 6) розрахунок елементів орбіти у форматі TLE із застосуванням аналітичної моделі руху SGP4 по ефемеридах КО,

Таблиця 3. Наповнення каталогу положень за типом орбіти КО

Тип КО	Кількість об'єктів	Кількість положень
Геосинхронні	39	4422
Середньоорбітальні	47	2103
Низькоорбітальні	896	159467

Таблиця 4. Статистика наповнення каталогу положень КО по роках

Рік	Кількість об'єктів	Кількість проводок	Кількість положень	Загальна тривалість спостережень, хв	Кількість ночей
2011	79	271	1558	784.05	10
2012	325	1859	63351	49049.36	95
2013	318	2417	48380	52129.79	108
2014	260	3633	52703	19436.55	118
Всього	982	8180	165992	121399.75	331

7) формування даних для розміщення на зовнішньому сайті УМОС,

8) розрахунок похибок ефемерид шляхом порівняння із каталогом положень,

9) аналіз похибок ефемерид.

З каталогу положень для КО, які спостерігались більш ніж на двох сусідніх витках, було розраховано 1450 наборів елементів орбіт у TLE-форматі. За елементами орбіт обчислені ефемериди у вигляді векторів стану у форматі CPF. Всі обчислені елементи орбіт та ефемериди представлено на сайті УМОС.

За каталогом ефемерид проведений аналіз точності шляхом порівнянням отриманих ефемерид з результатами спостережень. Результатом порівняння є графіки залежності різниці між даними спостережень та ефемеридою уздовж орбіти  $dL$  та поперек орбіти  $dH$  від різниці  $t$  епох орбіти та спостережень.

На рис. 1 та 2 наведено залежності точності обчислення ефемерид від різниці епох для низь-

коорбітального та геосинхронного КО. З рисунків можна зробити висновок про те, що точність ефемериди поперек орбіти значно краща, ніж уздовж орбіти. Похибка ефемериди уздовж орбіти має залежність від часу прогнозу, близьку до лінійної.

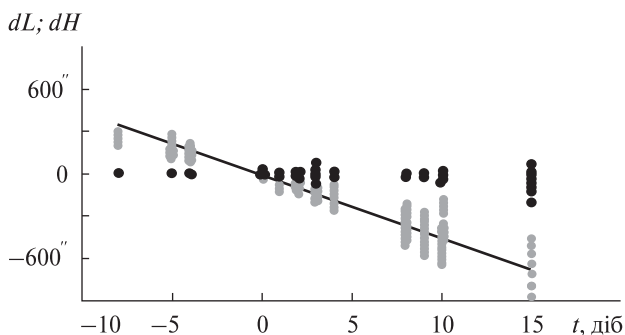


Рис. 1. Похибки ефемериди (сірі точки —  $dL$ , чорні точки —  $dH$ , пряма лінія —  $dL = -44.11t - 14.44$ ) для низькоорбітального КО 16098 (1490 км), орбіта розрахована за двома проводками на базі 1.075 витка

Таблиця 5. Похибки спостережень на різних телескопах мережі

Обсерваторія	Телескоп	Тип орбіти	Середня систематична похибка	СКП
НДІ МАО	КТ-50	LEO	1.2"	0.6"
НДІ МАО	ТВГ	LEO	2"	2.5"
НДІ МАО	АФУ-75	LEO	2"	10"
НДІ МАО	КТ-50	МЕО/GEO	0.7"	0.3"
НДІ МАО	АФУ-75	МЕО	2"	1.0"
НДІ АО ОНУ	КТ-50	LEO	0.5"	0.5"
АО ЛНУ	ЛД-2	LEO	3"	4"
ЛКД УжНУ	ТПЛ-1М	LEO	—	4.5"
ДМЦ «Оріон»	ТПЛ-1М	LEO	—	2.5"

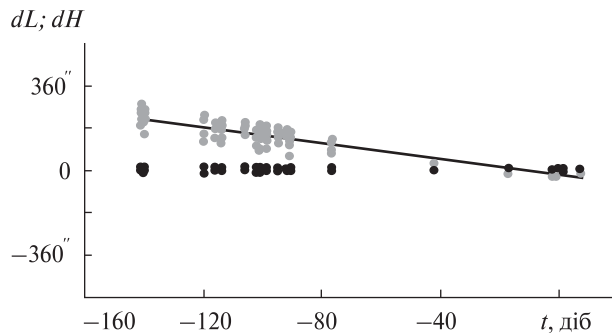


Рис. 2. Похибки ефемериди (сірі точки —  $dL$ , чорні точки —  $dH$ , пряма лінія —  $dL = -1.642t - 15.17$ ) для геосинхронного КО 17125 (35800 км), орбіта розрахована за двома проводками на базі 2.53 витка

## WEB-САЙТ УМОС

Web-сайт УМОС призначено для надання широкого доступу до інформації про учасників УМОС та демонстрації результатів роботи мережі. Web-сайт УМОС працює на сервері ГАО НАН України. Адреса сайту <http://umos.mao.kiev.ua>. Розробка інтерфейсу сайту та наповнення даними здійснюється у НДІ МАО. На сайті міститься інформація про принципи функціонування УМОС, опис станцій учасників мережі з фотографіями телескопів, інформація про склад та основні технічні характеристики телескопів, технічні параметри оптико-електронних систем телескопів та їхні географічні координати у табличному вигляді. Крім того, на сайті розміщено каталог орбіт КО у вигляді таблиці, відсортованої по номеру супутника, який містить номер NORAD, міжнародний код, назву, висоту перигею, висоту апогею, нахил орбіти, період обертання, кількість обчислених наборів елементів

орбіт. Для кожного КО у таблиці доступні посилання на текстові файли з елементами орбіт у форматі TLE та ефемеридами у форматі CPF. З 2014 р. функціонує англomовна версія сайту, додано елементи орбіт та ефемериди КО, розраховані за даними спостережень у 2014 р.

## ФОТОМЕТРИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Основною метою фотометричних спостережень була розробка методик обробки фотометричної інформації та отримання кривих блиску обраних КО. До списку обраних КО були включені 20 супутників: «Мідас-3», «Мідас-4», «Мідас-6», «Мідас-7», IRAS, «Аджисай», «Топекс», «Січ-1», ARTEMIS, «Енвісат», «Єгиптсат-1», «Сbers 2В», SL-24 DEB, «Січ-2», «Фобос-Грунт», «Космос-2486», SL-24 R/B, «Деймос-2», «Казеосат-1». Основною метою їхніх спостережень є розробка методики виявлення КО з різним характером стабілізації у просторі (тривісна стабілізація, одновісна стабілізація або стабілізація через обер-

Таблиця 7. Статистика фотометричних спостережень за окремими КО

Номер NORAD	Назва	Одеса	Львів	Ужгород	Дунаївці	Євпаторія
00163	«Мідас-3»	10	—	—	—	3
00192	«Мідас-4»	3	—	3	—	2
00574	«Мідас-6»	6	—	2	—	3
00622	«Мідас-7»	5	—	5	—	2
13777	IRAS	5	2	—	—	—
16908	«Аджисай»	110	3	9	4	19
22076	«Топекс»	61	—	8	3	13
23657	«Січ-1»	—	—	—	—	3
26863	ARTEMIS	—	—	—	—	4
27386	«Енвісат»	51	—	4	7	11
31117	«Єгиптсат-1»	4	—	—	1	22
32062	«Сbers 2В»	35	—	—	5	—
36602	SL-24 DEB	7	—	—	—	—
37794	«Січ-2»	49	2	10	—	84
37872	«Фобос-Грунт»	—	2	—	—	5
39177	«Космос-2486»	13	—	—	8	—
39228	SL-24 R/B	—	—	—	—	6
39731	«Казеосат-1»	19	—	—	7	—
40013	«Деймос-2»	1	—	—	—	—
40048	SL-24 DEB	1	—	—	—	—

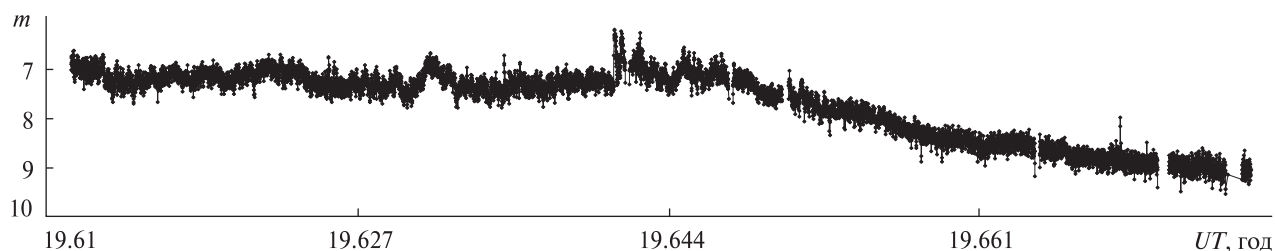


Рис. 3. Крива блиску «Січ-2» під час періоду активного життя (21 травня 2012 р.)

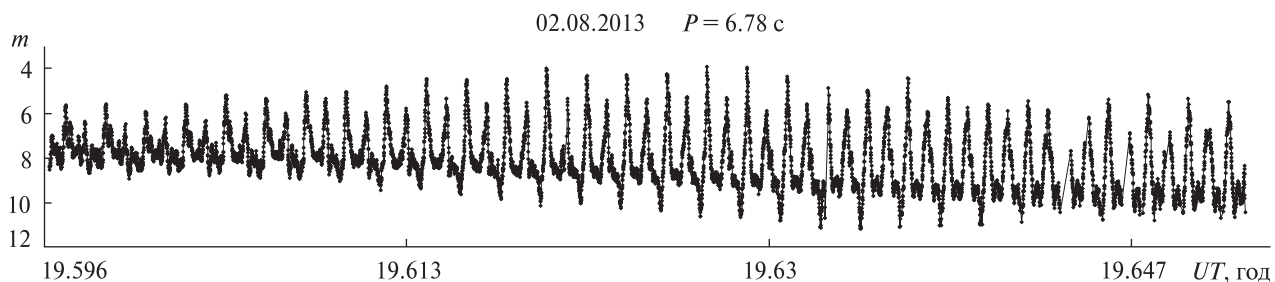


Рис. 4. Крива блиску «Січ-2» після закінчення періоду активного життя (2 серпня 2013 р.,  $P = 6.78$  с)

тання, вільне обертання некерованого тіла із прецесією).

Протягом 2011—2014 рр. п'ять станцій спостережень взяли участь у фотометричних спостереженнях. Всі дані спостережень представлено на сайті та ftp-сервері УМОС у табличному та графічному вигляді.

У табл. 7 наведено дані про кількість отриманих кривих блиску КО зі списку УМОС.

Всього мережею отримано 642 кривих блиску 20 КО.

Для визначення типу стабілізації КО на орбіті використовувалися вимірювання блиску КО з одного або декількох пунктів спостереження. Звісно, ця інформація має оціночний характер, і для остаточного визначення типу або параметрів стабілізації необхідно порівнювати спостережені дані із модельними розрахунками. Одним із поширених типів стабілізації діючих супутників Землі є орієнтування однієї осі тіла в надир. Це досягається коли період обертання КО навколо центра мас збігається з орбітальним періодом. При цьому лише одна вісь тіла є сталою — вісь, яка є нормальною до площини орбіти КО. З часом і на цю вісь діє прецесія разом з прецесією орбіти. Таким чином орієнтуються всі космічні

апарати, призначені для дослідження Землі із космосу.

Прикладом порівняння кривих блиску стабілізованого та не стабілізованого КО є криві блиску українського супутника «Січ-2» (номер NORAD 37794), призначеного для дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Форма супутника — короб з чотирма панелями сонячних батарей. Криву блиску під час періоду активного існування «Січ-2», яка спостерігалася у Одесі 21 травня 2012 р., наведено на рис. 3.

Як бачимо, крива блиску після приведення до стандартних умов (винесення «за атмосферу» та «віднесення» на 1000 км) демонструє невеликі зміни, що обумовлені зміною ракурсу видимості КО та відбиттям світла на неоднорідній поверхні тіла. Відсутність періодичних (циклічних) коливань блиску є ознакою такого типу стабілізації.

Однак після закінчення періоду активного життя супутника його крива блиску суттєво змінилася — тепер він демонструє періодичні коливання блиску. Тобто, була розбалансована стабілізація КО дією зовнішніх збурень, насамперед взаємодією з розрідженою атмосферою Землі. Іншою причиною виникнення швидкого обертання КО може бути залишкова дія некерованих

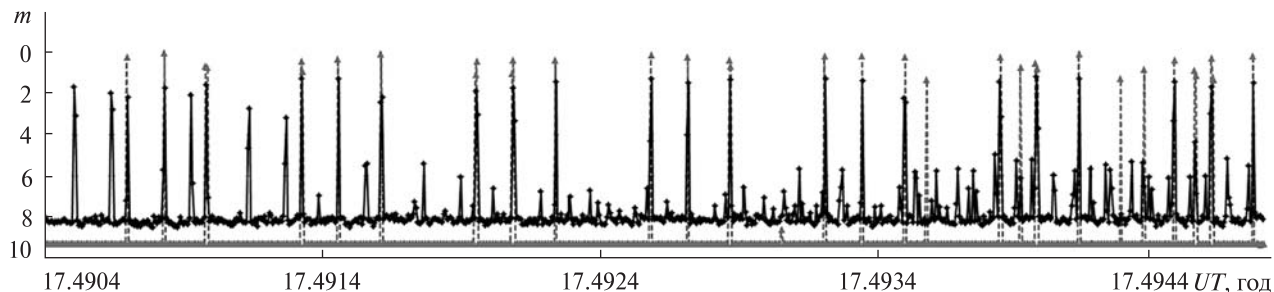


Рис. 5. Криві блиску КО 16908 «Аджисай», синхронно отримані 3 листопада 2014 р. на станціях спостережень у Одесі та Львові

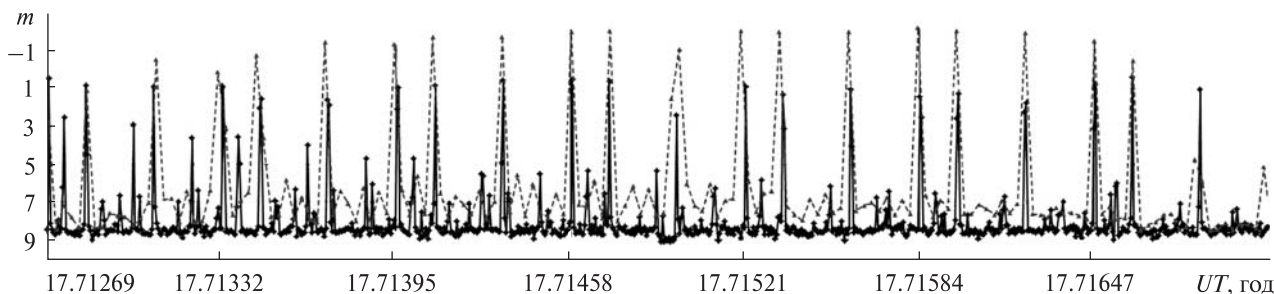


Рис. 6. Криві блиску КО 16908 «Аджисай», синхронно отримані 27 жовтня 2014 р. на станціях спостережень у Одесі та Ужгороді

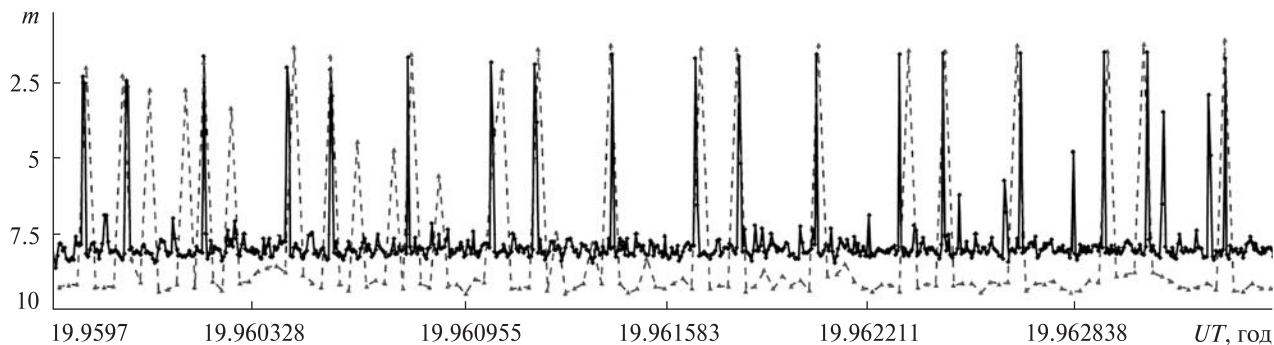


Рис. 7. Криві блиску КО 16908 «Аджисай», синхронно отримані 28 липня 2014 р. на станціях спостереження у Одесі та Дунаївцях

маховиків. Криву блиску КО «Січ-2», отриману в Одесі 2 серпня 2013 р., приведено на рис. 4.

Фотометричні спостереження, отримані одночасно в різних обсерваторіях мережі, мають додатково збільшену інформативність. У 2014 р. пунктами УМОС здобуто низку синхронних спостережень:

КО 13777 Одеса — Львів — 2 проходження;

КО 22076 Одеса — Ужгород — 1 проходження;

КО 16908 Одеса — Євпаторія — 4 проходження;

КО 16908 Одеса — Львів — 2 проходження;

КО 16908 Одеса — Ужгород — 6 проходжень;

Безумовно, лише високоякісні спостереження можуть бути ефективно використані для спільної обробки та здобуття корисного результату у вигляді орієнтації осі обертання КО або періоду чи типу стабілізації КО і його орієнтації у момент спостереження. Особливо важливим в цьо-

му сенсі є надійна прив'язка власної шкали часу приймальної апаратури до стандартної світової шкали UTC. Тобто, синхронні спостереження мають бути синхронними принаймні до величини «часу інтегрування»  $\delta t$ .

На рис. 5 наведено дві криві блиску, синхронно отримані на станціях спостережень у Одесі та Львові. Для наочного збігу моментів спалахів на кривих блиску вісь часу для одеських вимірювань зсунута на відоме значення ( $-167.706$  с), що включає в себе 74 повних оберти супутника. Однак між двома шкалами часу крім цього спостерігається невелика нев'язка, яка дорівнює  $0.1145$  с.

Розташування та послідовність спалахів на кривих тотожні тільки на короткому інтервалі часу (на 2-3 оборотах, які відбиті вертикальними лініями), тому що умови спостереження різні та координати бісектриси фазового кута (насамперед схилення) змінюються із різною швидкістю.

На рис. 6 наведено дві криві блиску, синхронно отримані на станціях спостережень у Одесі та Ужгороді. Для збігу моментів спалахів на кривих блиску вісь часу для одеських вимірювань зсунута на необхідне значення ( $-77.0226$  с), що включає в себе 34 повних обороти супутника. При цьому між двома шкалами часу також спостерігається невелика нев'язка, яка дорівнює  $0.0503$  с. Така нев'язка менша, ніж «час інтегрування» при спостереженнях в Ужгороді, тому не є достовірною та впливовою.

На рис. 7 наведено дві криві блиску, синхронно отримані на станціях спостереження у Одесі та Дунаївцях. Для збігу моментів спалахів на кривих блиску вісь часу для одеських вимірювань зсунута на відоме значення ( $-377.9028$  с), що включає в себе 167 повних оберти супутника. У Дунаївцях при спостереженнях використовується велике значення часу інтегрування ( $0.1$  с). Од-

нак між двома шкалами часу виявляється дуже велика нев'язка, яка дорівнює  $0.539$  с.

Таким чином, проведені синхронні фотометричні спостереження КО «Адджисай» дозволили провести зіставлення шкал часу на всіх чотирьох пунктах спостережень та виявити нев'язки.

## ВИСНОВКИ

1. В рамках програми систематичних координатних координатних спостережень КО за 2011 — 2014 рр. отримано 165992 положень 982 КО.

2. Забезпечено підтримку та регулярне наповнення каталогу положень УМОС.

3. За каталогом положень УМОС здійснено розрахунок орбіт із застосуванням позиційних спостережень на декількох витках: отримано більш ніж 1450 орбіт у TLE-форматі, за якими розраховано ефемериди у форматі SPF.

4. Мережею УМОС проведено координатні фотометричні спостереження низькоорбітальних КО. Отримано 642 кривих блиску 20 КО. Проведено зіставлення шкал часу на чотирьох пунктах спостережень та виявлено нев'язки.

5. Створено Web-сайт УМОС. Здійснюється підтримка та розвиток сайту: створено англійську версію, додано елементи орбіт та ефемериди КО, розраховані за даними спостережень.

1. *Козырев Е. С., Сибирякова Е. С., Шульга А. В.* Телевизионные наблюдения низкоорбитальных объектов околоземного космического пространства с использованием способа накопления кадров со смещением // Космічна наука і технологія. — 2011. — 17, № 3. — С. 83—87.
2. *Kara I. V., Kozryrev Y. S., Sybiryakova Y. S., Shulga O. V.* NAO catalog of geocentric state vectors of geosynchronous space objects // *Bull. Crimean Astrophys. Observatory.* — 2011. — 107. — P. 98—102.

*Стаття надійшла до редакції 24.03.15*

А. В. Шульга<sup>1</sup>, С. Г. Кравчук<sup>2</sup>, И. С. Сибирякова<sup>1</sup>,  
А. И. Билинский<sup>3</sup>, Я. Т. Благодир<sup>3</sup>, Е. Б. Вовчик<sup>3</sup>,  
В. П. Епишев<sup>4</sup>, И. В. Кара<sup>5</sup>, Е. С. Козырев<sup>1</sup>,  
Н. И. Кошкин<sup>5</sup>, В. И. Кудак<sup>4</sup>, Н. А. Куличенко<sup>1</sup>,  
И. В. Любич<sup>6</sup>, А. Э. Мажаяев<sup>1</sup>, К. А. Мартинюк-  
Лотоцкий<sup>3</sup>, Я. О. Романюк<sup>2</sup>, С. С. Терпан<sup>5</sup>, Л. С. Шакун<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт «Николаевская астрономическая обсерватория», Николаев

<sup>2</sup> Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины, Киев

<sup>3</sup> Астрономическая обсерватория Львовского национального университета, Львов

<sup>4</sup> Лаборатория космических исследований Ужгородского национального университета, Ужгород

<sup>5</sup> Научно-исследовательский институт «Астрономическая обсерватория Одесского национального университета», Одесса

<sup>6</sup> Государственный междувузовский центр «Орион»

#### РАЗВИТИЕ УКРАИНСКОЙ СЕТИ ОПТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ УМОС КАК СОСТАВНОГО ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Украинская сеть оптических станций УМОС создана в 2011 г. с целью изучения и контроля за космическими объектами в околоземном пространстве. В работе описаны состав, инструменты и основные задачи сети УМОС.

**Ключевые слова:** околоземное космическое пространство, потенциально опасные космические объекты.

A. V. Shulga<sup>1</sup>, S. G. Kravchuk<sup>2</sup>, Y. S. Sybiryakova<sup>1</sup>,  
A. I. Bilinsky<sup>3</sup>, Ya. T. Blagodyr<sup>3</sup>, E. B. Vovchik<sup>3</sup>,  
V. P. Epishev<sup>4</sup>, I. V. Kara<sup>5</sup>, Y. S. Kozryrev<sup>1</sup>, N. I. Koshkin<sup>5</sup>,  
V. I. Kudak<sup>4</sup>, N. A. Kulichenko<sup>1</sup>, I. V. Lubich<sup>6</sup>,  
A. E. Mazhaev<sup>1</sup>, K. P. Martynyuk-Lototsky<sup>3</sup>,  
Ya. O. Romanyuk<sup>2</sup>, S. S. Terpan<sup>5</sup>, L. S. Shakun<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Research Institute Mykolaiv Astronomical Observatory, Mykolaiv

<sup>2</sup> Main Astronomical Observatory of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

<sup>3</sup> Research Institute Astronomical Observatory of Lviv National University, Lviv

<sup>4</sup> Space Research Laboratory of Uzhgorod National University, Uzhgorod

<sup>5</sup> Research Institute Astronomical Observatory of Odessa National University, Odessa

<sup>6</sup> State Interuniversity Center «Orion»

#### DEVELOPMENT OF UKRAINIAN NETWORK OF OPTICAL STATIONS UMOS AS COMPONENT OF CONTROL SYSTEMS FOR NEAR-EARTH SPACE

Ukrainian network of optical stations UMOS was established in 2011 to study and control near-Earth space objects. The paper describes the structure, tools, and basic tasks of UMOS network.

**Key words:** near-Earth space, potentially dangerous space objects.