

## ДВАДЦЯТЬ РОКІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА ПОДВІЙНОМУ ШИРОКОКУТНОМУ АСТРОГРАФІ ГАО НАНУ

Л.М. Кізюн, М.Р. Нестерук

Головна астрономічна обсерваторія, НАН України, 03680 м. Київ, МСП,  
вул. Академіка Заболотного 27

[kisyun@mao.kiev.ua](mailto:kisyun@mao.kiev.ua)

[nesteruk@mao.kiev.ua](mailto:nesteruk@mao.kiev.ua)

З 1983 р. в ГАО НАНУ ведуться фотографічні спостереження геостационарних супутників на подвійному ширококутному астрографі ( $D=0.4$  м,  $F=2$  м), який доукомплектовано спеціальною камерою. Усього одержано 6514 положень супутників, що спостерігались в зоні довгот від  $19^{\circ}W$  до  $80^{\circ}E$ . На основі цих спостережень у співпраці з Лабораторією космічних досліджень Ужгородського Національного університету були опубліковані 8 каталогів положень та елементів орбіт геостационарних об'єктів, 6 з яких розміщено за адресою: <http://www.mao.kiev.ua/ast/astrom.htm>.

Починаючи з 1957 р., в навколосемний простір запущено понад 20 000 штучних супутників, а за результатами спостережень зареєстровано в космічному просторі більше, ніж 8500 об'єктів розмірами понад 10 см. Частина цих об'єктів є фрагментами використаних ракет і зруйнованих супутників. Кількість фрагментів з розмірами, меншими за 1 м на геостационарних орбітах невідома. З кожним роком збільшується кількість активних і пасивних об'єктів та космічного сміття на геостационарній орбіті. Це може зумовити зіткнення з керованими активними супутниками.

Для утримання супутників в межах  $\pm 0.1^{\circ}$  по довготі на геостационарній орбіті потрібно періодично здійснювати корекцію їх положень. Ось чому потрібен регулярний контроль космічного простору, зокрема в зоні геостационарної орбіти, а отже, необхідно знати точне положення (координати) об'єктів для ототожнення їх з уже зареєстрованими в міжнародних каталогах та виявлення незафіксованих там об'єктів.

Протягом останніх 10-15 років, поряд з традиційними фотографічними спостереженнями, використовуються оптико-електронні приймачі випромінювання. Але, у зв'язку з тим, що в нашій країні перехід на такі спостереження відбувається досить повільно, протягом

останніх десятиліть ще активно використовувались фотографічні методи спостереження геостационарних об'єктів.

З 1983 р. фотографічні спостереження геостационарних супутників ведуться в ГАО НАНУ на подвійному ширококутному астрографі ( $D=0.4$  м,  $F=2$  м). Телескоп доукомплектовано спеціальною камерою для відстежування зображень супутників у фокальній площині його оптичної системи. Камеру, що є оригінальним приладом для такого типу телескопів, створено дослідним підприємством ГАО НАНУ. Моменти часу фіксуються з точністю  $5 \cdot 10^{-3}$  с. Обробка фотографічних спостережень проводиться традиційним астрометричним методом: визначення положення об'єкта на фоні зір.

Зібраний протягом 20 років спостережень матеріал, що може використовуватись для фундаментальних досліджень, становить 6514 положень об'єктів, які спостерігались в зоні довгот  $0^{\circ} < \lambda \leq 80^{\circ}E$  та  $0^{\circ} < \lambda \leq 19^{\circ}W$ .

Починаючи з 1994 р., ми успішно співпрацюємо з Лабораторією космічних досліджень Ужгородського Національного університету (ЛКД УжНУ). Співробітники ЛКД УжНУ А.Г.Кириченко та В.У.Клімик виконували ототожнення спостережуваних геостационарних об'єктів шляхом порівняння елементів орбіт, обчислених

методом, розробленим в ЛКД УжНУ, з поданими в міжнародних каталогах. При опрацюванні спостережень 1996 року н.с. ГАО НАНУ С. Руденко виконав незалежно ототожнення геостационарних об'єктів, користуючись програмою "Kiev-Geodynamics-G" для обчислення їх елементів орбіт. Це дало можливість порівняти результати ототожнення, що, в основному, зійшлися між собою.

Під час ототожнення було виявлено велику кількість об'єктів, які були відсутні в міжнародних каталогах, наприклад, каталогах ESA/ESOC. У наведеній нижче таблиці подано число ідентифікованих та неідентифікованих об'єктів, одержаних в ГАО НАНУ протягом 1994-2001 рр.

Рік спост.	Ідентиф	Не-іdentиф.	Загальна кількість
1994-1995	24	11	35
1996	28	31	59
1997-1998	114	45	159
1999	61	19	80
2000	37	25	62
2001	46	50	96

На грудень 2001 р. загальна кількість об'єктів у геостационарній зоні, судячи по каталогу ESA/ESOC [1], становить 906, з яких 321- активні, 585 - пасивні об'єкти.

Фотографічні спостереження геостационарних об'єктів подано у вигляді каталогів, упорядкованих по довготах підсупутникових точок. Всього за 20 років спостережень було створено вісім каталогів, шість з яких поміщено на веб-сторінці ГАО НАНУ (<http://mao.kiev.ua/ast/astrom.htm>). Стисла інформація про ці каталоги є в публікаціях журналу "Кинематика и физика небесных тел" [2,3,4]. Каталоги 1994-1995 рр. та 1996 р. опубліковано в додатках до журналу "Космічна наука і технологія" [5,6]. Інформація про каталог 2001 р. готується до друку.

Для кожного ідентифікованого об'єкта в каталогах подано його назву, міжнародний номер (COSPAR), тип об'єкта, довготу його підсупутникової точки, дрейф по довготі, нахил орбіти супутника до екватора, довготу

висхідного вузла, аргумент перигею. Точність вміщених у каталогах екваторіальних координат об'єктів належить проміжку  $0.3''-0.5''$ , що зумовлено, в основному, точністю каталога PPM та якістю фотоплатівок.

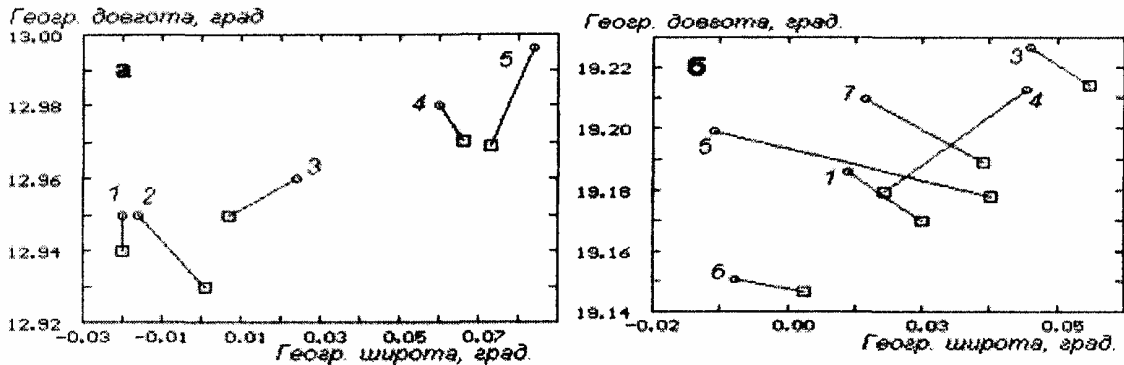
Аналіз спостережень показав, що при ототожненні об'єктів виникають ускладнення. Так, протягом багатьох років в ГАО НАНУ спостерігався об'єкт з довготою підсупутникової точки  $60.0^{\circ} \pm 0.1^{\circ}$  поряд з об'єктом 90056A. У 1997 р. на цій довготі з'явився ще один об'єкт, який не вдалось ототожнити з об'єктами каталога ESA/ESOC, а починаючи з 1999 р. у цій зоні спостерігалось тільки два об'єкти, ототожнити які не вдалось.

Недоліком наявних каталогів зареєстрованих об'єктів є відсутність даних в них про переведення активних супутників на інші довготи. Немає в цих каталогах також даних про корекцію всіх супутників, яка змінює довготу, нахил орбіти до екватора та інші параметри об'єкта. Особливо складно ототожнювати активні супутники в зонах колокації, якщо невідомі їх параметри після корекції. Тому для успішного ототожнення цих супутників потрібно вести регулярні оглядові спостереження об'єктів для відстежування існуючих та виявлення нових об'єктів.

Одержані на основі спостережень в ГАО НАНУ та ЛКД УжНУ каталоги, дали можливість дослідити ризик зіткнення при небезпечних зближеннях об'єктів, що особливо має місце в зонах колокації. Для цього досліджувалась зміна положень об'єктів, що протягом певного часу були розміщені в цих зонах. Так, з рис.5 [7] видно, що ризик зіткнення в зонах колокації досить великий. Досліджуючи зміну величини дрейфу пасивних супутників по довготі, зміну схилень та часових кутів цих об'єктів, можна коректувати прогноз видимості супутників, контролювати їх рух, робити спостереження ефективнішими. Регулярні спостереження дають змогу також уточнювати параметри руху супутників та

оновлювати наявні каталоги зареєстрованих об'єктів. Спостереження пасивних супутників дозволяють

проводити дослідження еволюції елементів їх орбіт та обчислювати їх ефемериди.



Мал. 5. Переміщення геосинхронних супутників по результатах спостережень в Києві (ГАО НАНУ) в 1999 році в січні в двох зонах колокації: (а) за 1,1 доби; (б) за 0,12 доби. Кружечки – початкове положення супутника, квадратики – кінцеве положення. Цифрами позначені номери супутників

1. Classification of geosynchronous objects, Issue 4, ESA/ESOC, Darmstadt, Germany, Jan. 2002, 99p.;

2. Кинематика и физика небесных тел т.16, №4, Киев, 2000, с.381-384;

3. Кинематика и физика небесных тел т.17, №1, Киев, 2001, с.92-96;

4. Кинематика и физика небесных тел т.18, №1, Киев, 2002, с.90-96;

5. Космічна наука і технологія. Додаток до журналу, т.2, №1, Київ, 1996, 52с.;

6. Космічна наука і технологія. Додаток до журналу, т.4, №1, Київ, 1998, 52с.;

7. Кинематика и физика небесных тел, Приложение, №3, Киев, 2000, с.66-68

## TWENTY YEARS OF OBSERVATIONS OF SATELLITES WITH DOUBLE-WIDE ASTROGRAPH AT THE MAO NASU.

L.M. Kizyun, M.R. Nesteruk

Main Astronomical Observatory, NAS of Ukraine 27 Akademika Zabolotnoho St., 03680 Kyiv, Ukraine.

[kizyun@mao.kiev.ua](mailto:kizyun@mao.kiev.ua)

[nesteruk@mao.kiev.ua](mailto:nesteruk@mao.kiev.ua)

Beginning from 1983 photographic observations of geostationary satellites are performed at MAO NASU using the double-wide astrograph (D=0.4 m, F=2 m) supplied with a special camera. 6514 satellites positions covered the longitudes from 19° W to 80° E. Using these observations in cooperation with Space Research Laboratory of Uzhgorod National University 8 catalogues of positions and orbital elements of geostationary objects we compiled, 6 of these catalogues are situated <http://www.mao.kiev.ua/ast/astrom.htm>