

УДК 528.2:629.78+528.516

**Визначення координат нової перманентної  
GPS-станції UZHL (Ужгород)**

О. О. Хо́да

Головна астрономічна обсерваторія НАН України  
03680 МСП, Київ-127, Голосіїв

*Для визначення координат нової перманентної GPS-станції UZHL використано спостереження GPS-супутників на перманентних станціях UZHL, GLSV та POTS з 8 по 10 лютого 1999 р.*

*DETERMINATION OF THE COORDINATES OF THE NEW PERMANENT GPS STATIONS UZHL (UZHGOROD), by Khoda O. A. — The GPS observations made during February 8-10, 1999 at the permanent stations UZHL, GLSV, and POTS were processed to determine the coordinates of the new permanent GPS station UZHL.*

*ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ НОВОЙ ПЕРМАНЕНТНОЙ GPS-СТАНЦИИ UZHL (УЖГОРОД), Хо́да О. А. — Для определения координат новой перманентной GPS-станции UZHL использованы наблюдения GPS-спутников на перманентных станциях UZHL, GLSV та POTS с 8 по 10 февраля 1999 г.*

**ВСТУП**

Продовжуючи роботи зі створення мережі перманентних GPS-станцій на території України, Головна астрономічна обсерваторія НАН України (ГАО) з 5 лютого 1999 р. розпочала спостереження GPS-супутників на новій станції в м. Ужгород.

Станція UZHL розташована на території лабораторії космічних досліджень (ЛКД) Ужгородського державного університету (УжДУ). Носій координат — перетин верхньої поверхні сталевого стовпа, що знаходиться на даху будівлі ЛКД, з його вертикальною віссю. Обладнання і режим роботи станції такі ж, як і на перманентній GPS-станції GLSV (м. Київ) [2]. В декількох метрах від вказаного металевого стовпа розташований маркер UZLD — пункт міжнародної GPS-кампанії ГЕОДУК'95 [3].

У квітні 1999 р. станція UZHL була зареєстрована як перманентна станція мереж IGS та EUREF.

**ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ GPS-СТАНЦІЇ UZHL**

Для визначення координат станції UZHL дані спостережень на ній оброблялися сумісно з даними станцій Голосіїв (GLSV) та Потсдам (POTS). Сесії

Таблиця 1. Сесії спостережень

Дата	08.02.99	09.02.99	10.02.99
День року 1999	039	040	041
GPS-тиждень	0996	0996	0996
Сесія	0390	0400	0410
POTS	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>
GLSV	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>
UZHL	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> — 23 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> — 13 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	00 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> — 21 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>

Таблиця 2. Порівняння координат станцій з побазових рішень (СКП — середня квадратична похибка)

Сесія	Компонент, м		
	Північний	Східний	Висотний
GLSV			
0390	-0.003	0.001	0.000
0400	0.002	-0.007	0.006
0410	0.000	0.006	-0.005
СКП	0.002	0.007	0.006
UZHL			
0390	-0.001	0.002	-0.002
0400	0.000	-0.002	0.004
0410	0.001	0.000	-0.001
СКП	0.001	0.002	0.003

спостережень цих станцій наведені у табл. 1.

Обробка GPS-даних була виконана в ГАО НАН України за допомогою програми Bernese 3.5 [4]. Використовувались комбіновані точні ефемериди IGS. Координати станції POTS вважались зафіксованими.

Попередня обробка даних виконувалась у такій послідовності:

- файли спостережень і точних ефемерид перетворювались з форматів RINEX та SP3 відповідно у внутрішні формати даних;
- перевірялась якість кодових спостережень (маркування випадінь);
- визначались похибки годинників GPS-приймачів на кожну епоху за допомогою кодових спостережень;
- формувались перші різниці фазових спостережень;
- перевірялась якість фазових спостережень (маркування випадінь, визначення моментів стрибків фаз);
- будувались моделі іоносфери (моделі тонкого шару [5, с. 44—48] на чотиригодинних інтервалах).

Фіксування фазових невизначеностей виконувалось на лінійній комбінації  $L5$  з урахуванням отриманих моделей іоносфери. Для визначення затримки за тропосферу використовувалась стандартна модель Саастамойнена [1, с. 141] з наступною оцінкою параметрів тропосфери (1 параметр за 4 години). Було зафіксовано 85.7 % від загальної кількості фазових невизначеностей, що для даних баз (600—1200 км) є непоганим результатом.

Розв'язок для кожної сесії отримувався на вільній від впливу іоносфери лінійній комбінації  $L3$ . Критерії якості розв'язків — порівняння складових координат станцій (табл. 2), повторюваність параметрів баз для різних сесій (табл. 3) та перевірка на зімкненість трикутників (табл. 4). Гірші результати для сесій 0400 і 0410 можна пояснити меншою кількістю спостережень у ці дні (див. табл. 1).

Таблиця 3. Повторюваність довжин баз із розв'язків для окремої сесії

База	Сесія	Довжина бази, м	D(LAT), м	D(LON), м	D(HGT), м	D(LGT), м	D(LGT), PPM
POTS—GLSV	0390	1229282.4915	0.0027	0.0000	0.0004	0.0007	0.001
	0400	1229282.4848	-0.0022	0.0060	-0.0058	-0.0060	-0.005
	0410	1229282.4961	-0.0005	-0.0060	0.0054	0.0053	0.004
	Середня	1229282.4908	0.0024	0.0060	0.0056	0.0057	0.005
POTS—UZHL	0390	774959.4546	0.0010	-0.0016	0.0021	0.0019	0.002
	0400	774959.4515	-0.0001	0.0016	-0.0036	-0.0012	-0.002
	0410	774959.4521	-0.0009	0.0001	0.0015	-0.0007	-0.001
	Середня	774959.4527	0.0009	0.0016	0.0031	0.0017	0.002
GLSV—UZHL	0390	623788.2590	-0.0017	-0.0014	0.0017	-0.0021	-0.003
	0400	623788.2577	0.0020	-0.0048	0.0023	-0.0035	-0.006
	0410	623788.2668	-0.0004	0.0063	-0.0039	0.0056	0.009
	Середня	623788.2612	0.0019	0.0057	0.0034	0.0049	0.008

Таблиця 4. Перевірка на зімкненість трикутника POTS—GLSV—UZHL

Сесія	dH, мм	dB, мм	dL, мм	Помилка по довжині бази, мм
0390	-4.8±1.0	-0.5±0.2	-0.4±0.5	-0.2±0.4
0400	-11.5±1.3	-1.5±0.3	-6.7±0.6	-7.2±0.5
0410	-7.2±1.2	0.3±0.2	4.1±0.5	-3.8±0.5

Таблиця 5. Фінальний розв'язок (система координат WGS-84)

X, м	$\sigma_X$ , м	Висота H, м	$\sigma_H$ , м
Y, м	$\sigma_Y$ , м		$\sigma_B$ , м
Z, м	$\sigma_Z$ , м	Широта B	$\sigma_L$ , м
		Довгота L	
POTS			
3800689.8354	0.0000	144.4615	0.0000
882077.2316	0.0000	52°22'45.465064"	0.0000
5028791.2490	0.0000	13°03'57.918400"	0.0000
GLSV			
3512889.1627	0.0003	226.3166	0.0005
2068979.7243	0.0002	50°21'51.053871"	0.0001
4888903.1231	0.0004	30°29'48.224232"	0.0002
UZHL			
3907587.6652	0.0003	232.0435	0.0005
1602428.5337	0.0003	48°37'55.115242"	0.0001
4763783.6858	0.0004	22°17'51.416306"	0.0002

Враховуючи результати перевірки якості рішень для кожної сесії для сукупного розв'язку були вибрані бази: POTS—GLSV та POTS—UZHL. Цей фінальний розв'язок наводиться у табл. 5.

У табл. 6 приведені параметри Гельмерта, отримані порівнянням координат з фінального розв'язку і розв'язків для окремої сесії, а у табл. 7 — порівняння координат станцій для кожної сесії з фінальними.

## ВИСНОВКИ

Нова перманентна GPS-станція Ужгород (UZHL) створена в ході виконання Державної програми «Створення і розвиток Державної служби єдиного часу

Таблиця 6. Параметри перетворення Гельмерта між фінальним розв'язком і розв'язками для окремої сесії

Сесія	0390	0400	0410
СКП, мм	1.4	1.7	2.1
Зсув по X, мм	-1.1±0.8	0.5±1.0	0.7±1.2
Зсув по Y, мм	-0.8±0.8	2.4±1.0	-1.9±1.2
Зсув по Z, мм	-0.7±0.8	3.5±1.0	-2.3±1.2
Поворот по X, 0.001"	0.1±0.4	1.1±0.5	1.2±0.6
Поворот по Y, 0.001"	1.1±1.1	0.2±1.2	1.1±1.6
Поворот по Z, 0.001"	0.2±0.3	0.2±0.4	0.2±0.5
Масштабний множник, мм/км	0.000±0.002	-0.004±0.002	0.004±0.002

Таблиця 7. Порівняння координат станцій з розв'язків для окремої сесії з фінальним розв'язком

Сесія	Компонент, м		
	Північний	Східний	Висотний
GLSV			
0390	-0.003	0.001	-0.001
0400	0.002	-0.007	0.006
0410	0.001	0.006	-0.005
СКП	0.003	0.006	0.006
UZHL			
0390	-0.001	0.002	-0.002
0400	0.000	-0.001	0.004
0410	0.001	0.000	-0.002
СКП	0.001	0.002	0.003

і еталонних частот. 1995—1999 рр.» за підтримки лабораторії космічних досліджень УЖДУ (керівник М. В. Братійчук). Визначені координати цієї станції в системі координат WGS-84 з точністю 0.3—0.4 мм. Похибка отриманих координат в локальній системі складає для горизонтальних компонентів 0.1—0.2 мм, а для висотної — 0.5 мм.

1. Гофманн-Велленгоф Б., Ліхтенеггер Г., Коллінз Д. Глобальна система визначення місцеположення (GPS): Теорія і практика; Пер. з англ. третього вид. під ред. Я. С. Яцківа. — Київ: Наук. думка, 1996.—380 с.
2. Хо́да О. О. Перманентна GPS-станція Голосіїв (GLSV): спостереження у 1998 році // Космічна наука і технологія.—1999.—5, № 4.
3. Gaiovitch I., Khoda O., Samoilenko A., Yatskiv Ya. GEODUC'95 GPS Campaign data processing. Comparisons to zero data epoch ('93) // GPS in Central Europe: Proc. of the 4th Intern. Seminar; Пенс, 7—9 May, 1997. — Reports on Geodesy.—1997.—N 4(27).—P. 351—362.
4. Rothacher M., Beutler G., Gurtner W., et al. Bernese GPS Software Version 3.4. Documentation, 1993.
5. Wild U. Ionosphere and geodetic satellite systems: Permanent GPS tracking data for modelling and monitoring // Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz.—1994.—Band 48.—156 p.

Поступила в редакцію 09.08.99