



**ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЗЕНІТНИХ  
ТРОПОСФЕРНИХ ЗАТРИМОК НА ОСНОВІ GNSS  
СПОСТЕРЕЖЕНЬ**

**Аліна Хоптар**

Національний університет «Львівська політехніка»

Аналіз даних отриманих з GNSS спостережень базується на класичному методі утворення найменших подвійних різниць та абсолютному методі точного позиціонування.

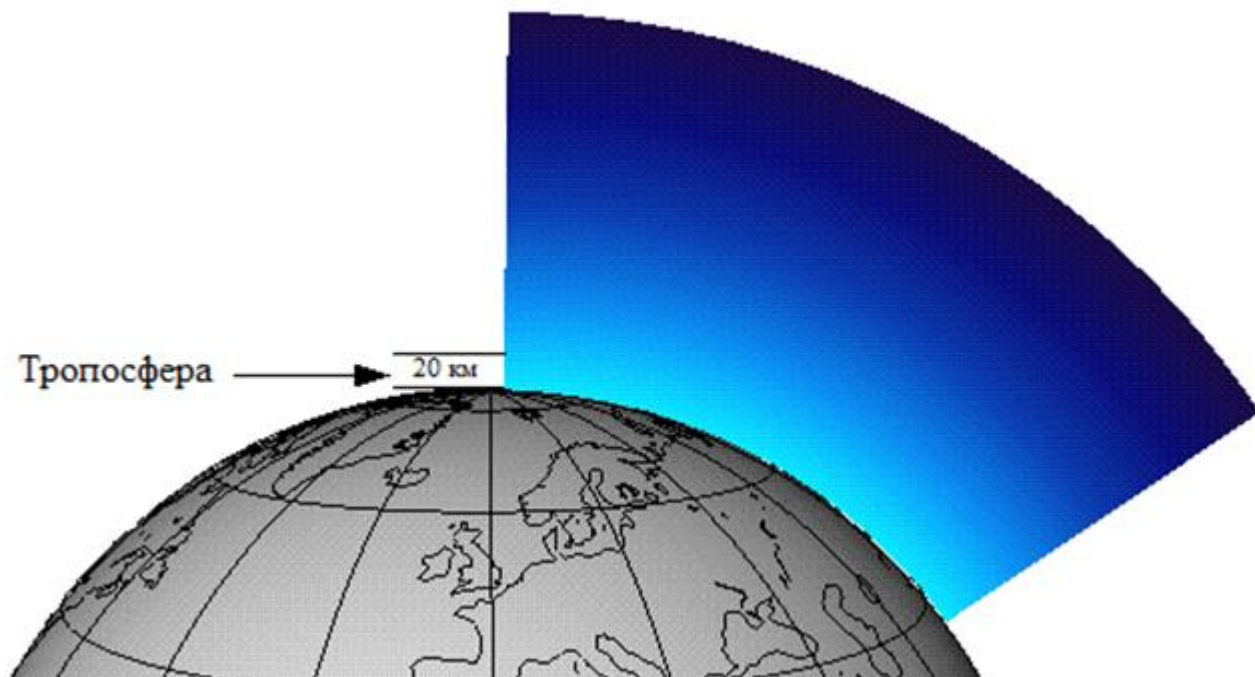
Спеціалізовані програми опрацювання GNSS даних абсолютним методом точного позиціонування:

- GIPSY-OASIS;
- Bernese GNSS Software;
- ...

# ЗЕНІТНА ТРОПОСФЕРНА ЗАТРИМКА

Джерела даних для визначення величини зенітної тропосферної затримки:

- дані аерозондування;
- дані GNSS спостережень.

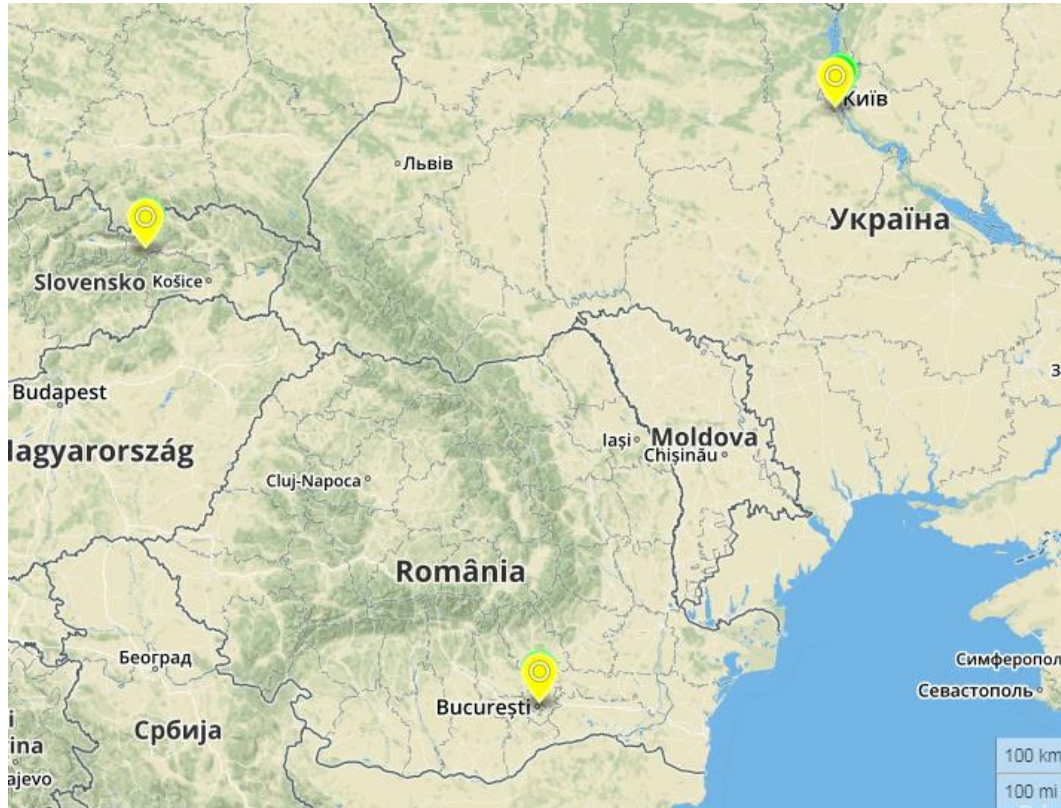


## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

---

Проведення огляду сучасних підходів визначення зенітних тропосферних затримок, а також аналіз можливості використання абсолютного методу точного позиціонування при опрацюванні GNSS спостережень задля вирішення задач моніторингу атмосфери.

# РОЗТАШУВАННЯ ОБРАНИХ СТАНЦІЙ



## Координати аерологічних станцій

Назва станції	Широта, °	Довгота, °	Висота, м
BUCHAREST	44,50	26,13	91,0
POPRAD	49,03	20,31	706,0
KYIV	50,40	30,56	167,0



## Координати GNSS станцій

Назва станції	Широта, °	Довгота, °	Висота, м
BUCU	44,46	26,13	143,2
GANP	49,03	20,32	745,2
GLSV	50,36	30,56	226,8

# ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ АЕРОЗОНДУВАННЯ

---

Значення вологої складової зенітної тропосферної затримки визначають за даними аерозондування шляхом інтегрування вертикального профілю індексу показника заломлення повітря.

$$d_w^z = 10^{-6} \int_{H_s}^{h_w} N_w dH$$

$d_w^z$  – значення вологої складової зенітної тропосферної затримки;

$H_s$  – початкова висота вертикального профілю індексу показника заломлення повітря;

$h_w$  – висота шару атмосфери, що містить у собі водяну пару;

$N_w$  – складова індексу показника заломлення повітря;

$dH$  – прошарки висоти.

# ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ GNSS СПОСТЕРЕЖЕНЬ

---

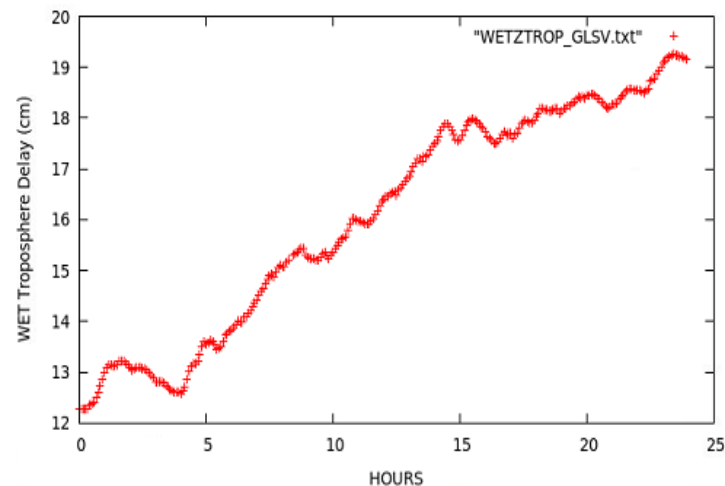
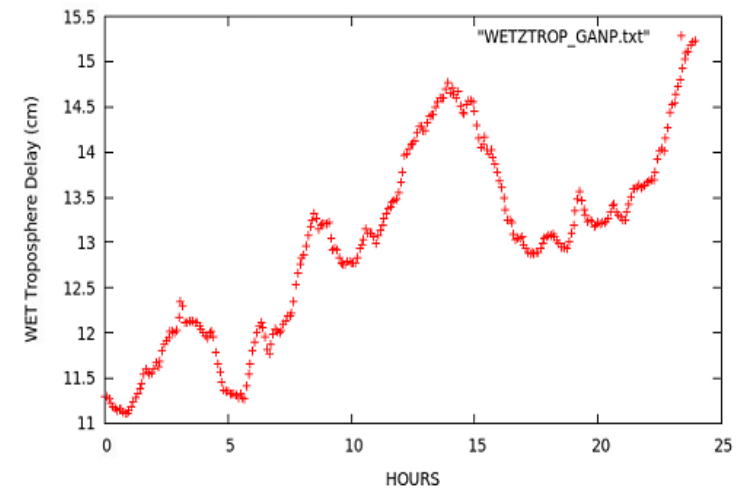
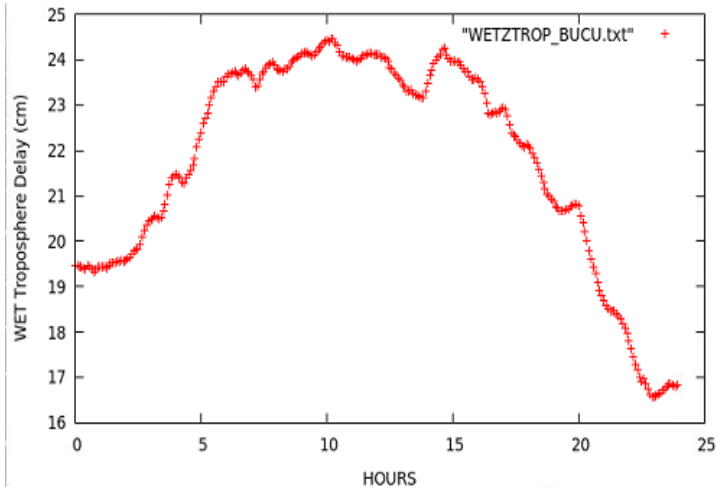
За допомогою GNSS спостережень визначення вологої складової зенітної тропосферної затримки визначається як різниця повної затримки з сухою складовою зенітної тропосферної затримки.

Наукові програмні пакети опрацювання GNSS спостережень :

- GIPSY-OASIS (version 6.4);
- Bernese GNSS Software (version 5.2);
- GAMIT-GLOBK (version 10.6).

# РЕЗУЛЬТАТИ

*Значення вологості складової зенітної тропосферної затримки визначеної з GNSS спостережень впродовж 15.07.2016 р.*

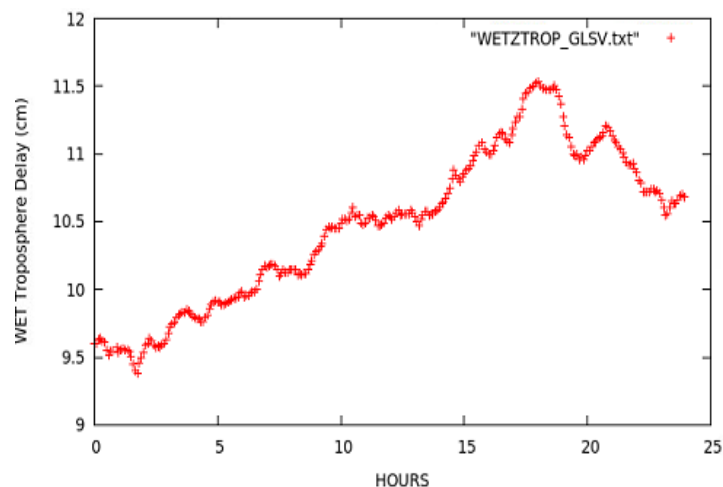
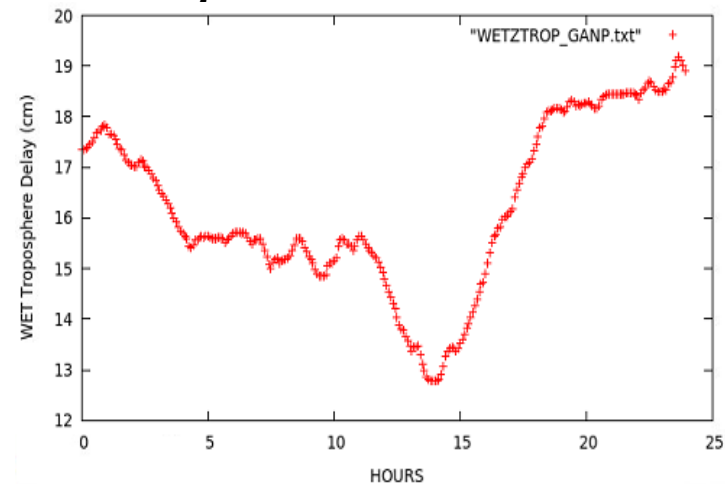
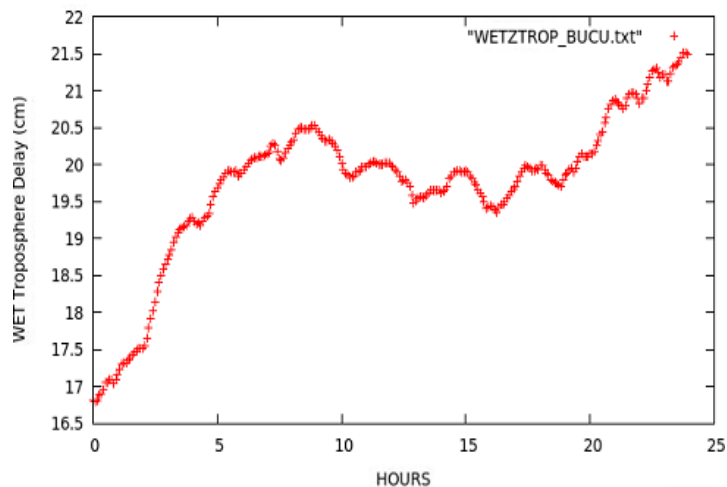






# РЕЗУЛЬТАТИ

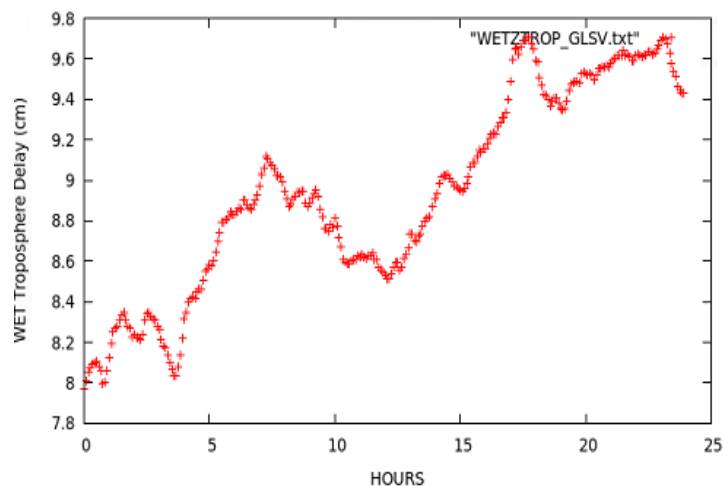
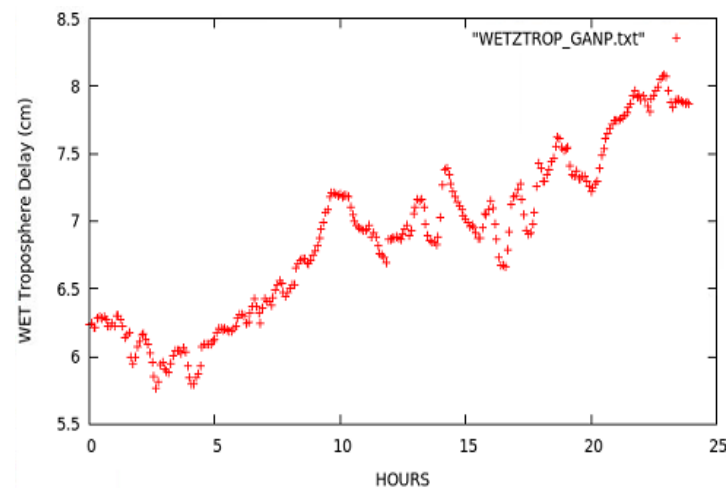
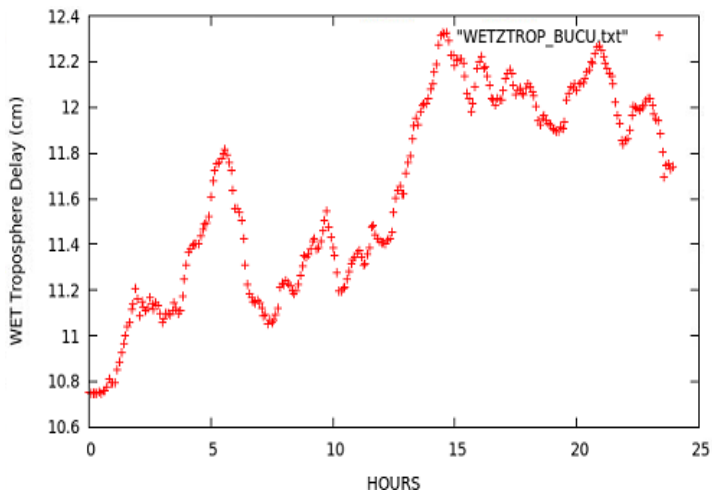
## *Значення вологості складової зенітної тропосферної затримки визначеної з GNSS спостережень впродовж 15.10.2016 р.*



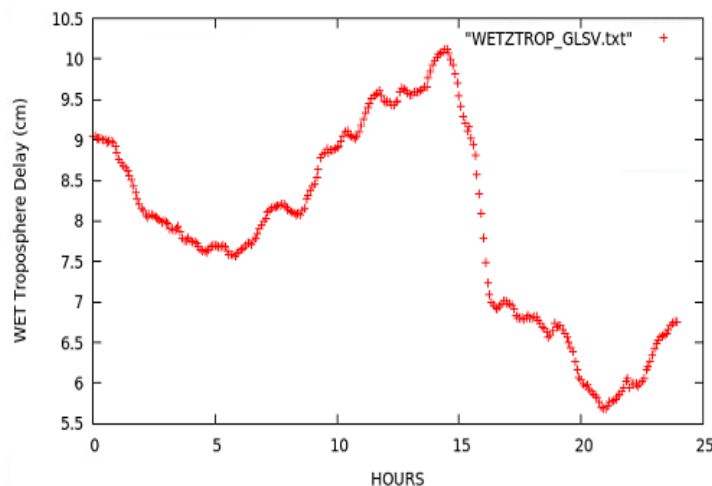
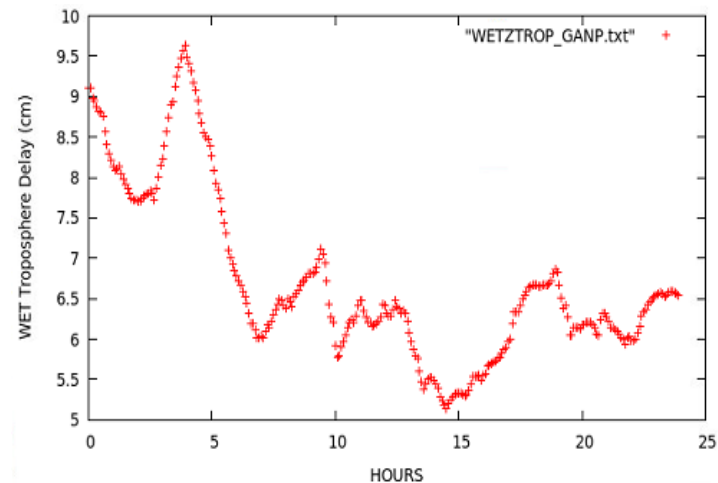
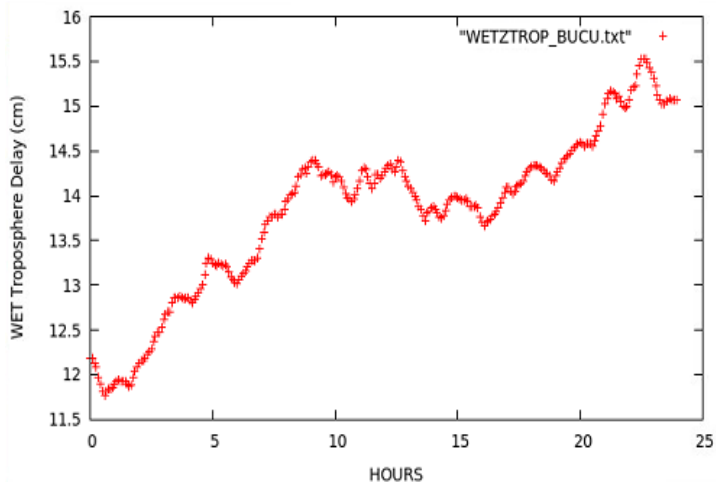


# РЕЗУЛЬТАТИ

## *Значення вологості складової зенітної тропосферної затримки визначеної з GNSS спостережень впродовж 17.01.2017 р.*



*Значення вологості складової зенітної тропосферної затримки визначеної з GNSS спостережень впродовж 16.04.2017 р.*



# РЕЗУЛЬТАТИ

*Різниці обчислення  
повної зенітної тропосферної затримки  
на 15.07.2016*

Назва станції	$\Delta$ GIPSY-OASIS, мм	$\Delta$ Bernise GNSS Software, мм	$\Delta$ GAMIT-GLOBK, мм
BUCU- BUCHAREST	-2	4	8
GANP- POPRAD	0	-2	3
GLSV-KYIV	12	15	5

*Різниці обчислення  
повної зенітної тропосферної затримки  
на 15.10.2016*

Назва станції	$\Delta$ GIPSY-OASIS, мм	$\Delta$ Bernise GNSS Software, мм	$\Delta$ GAMIT-GLOBK, мм
BUCU- BUCHAREST	10	14	-31
GANP- POPRAD	-1	-5	0
GLSV-KYIV	11	19	8

*Різниці обчислення  
повної зенітної тропосферної затримки  
на 17.01.2017*

Назва станції	$\Delta$ GIPSY-OASIS, мм	$\Delta$ Bernise GNSS Software, мм	$\Delta$ GAMIT-GLOBK, мм
BUCU- BUCHAREST	4	11	11
GANP-POPRAD	0	-12	9
GLSV-KYIV	17	23	21

*Різниці обчислення  
повної зенітної тропосферної затримки  
на 16.04.2017*

Назва станції	$\Delta$ GIPSY-OASIS, мм	$\Delta$ Bernise GNSS Software, мм	$\Delta$ GAMIT-GLOBK, мм
BUCU- BUCHAREST	7	13	17
GANP-POPRAD	-3	4	-9
GLSV-KYIV	5	11	9

# РЕЗУЛЬТАТИ

## *Середні різниці повної зенітної тропосферної затримки за період досліджень*

Назва станції	$\Delta$ GIPSY-OASIS, мм	$\Delta$ Bernise GNSS Software, мм	$\Delta$ GAMIT-GLOBK, мм
BUCU-BUCHAREST	8	13	22
GANP-POP RAD	2	8	8
GLSV-KYIV	14	20	14

# ВИСНОВКИ

---

Запропоновано опрацювання GNSS спостережень за допомогою програмного забезпечення GIPSY-OASIS з використанням абсолютного методу точного позиціонування. Отриманими результатами продемонстровано задовільну точність визначення величини зенітної тропосферної затримки між результатами опрацювання в таких програмних пакетах, як GIPSY-OASIS, Bernese GNSS Software, GAMIT-GLOBK та результатами зондування атмосфери.

Проведені дослідження підтверджують, що запропонована стратегія може бути використана для цілей визначення величини зенітної тропосферної затримки.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**

Аспірантка  
Хоптар Аліна Андріївна  
Національний університет “Львівська політехніка”  
Інститут геодезії  
Кафедра вищої геодезії та астрономії

Контактна інформація  
тел.: +38 093 110 78 22  
ел. пошта: [alina.khohtar@gmail.com](mailto:alina.khohtar@gmail.com)