

## АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

про виконання наукового проекту у 2015 р. згідно Договору між НАН України та ГАО НАН України (на підставі розпорядження Президії НАН України від 01.02.13 № 56)

**Тема: «Створення системи збору, обробки та аналізу наземних і бортових космічних GPS/ГЛОНАСС спостережень для моніторингу, досліджень й моделювання повного електронного вмісту іоносфери у рамках міжнародного проекту «Іоносат-Мікро»**

**Етап 3 (2015 р.) «Створення та експериментальне дослідження алгоритмів обробки й аналізу бортових космічних ГНСС-спостережень для визначення параметрів руху низькоорбітальних космічних апаратів та наступного моделювання повного електронного вмісту іоносфери»**

У звітний період з 01.04.2015 р. по 31.12.2015 р. згідно технічного завдання та календарного плану виконано наступні роботи.

1. Розроблені алгоритмічні і програмні засоби обробки й аналізу бортових космічних кодових і фазових GPS-спостережень низькоорбітальних космічних апаратів (НКА) для точного позиціонування та підготовки до наступного (2016 р.) моделювання вертикального розподілу повного електронного вмісту (ПЕВ) іоносфери з використанням радіозатменних (Radio Occultation) технологій.

2. Виконано збір та попередній аналіз бортових GPS-спостережень (на 10 січня 2013 р. та 19 червня 2013 р.) спеціалізованих закордонних НКА COSMIC і GRACE для експериментальних досліджень – див. ілюстрації у Додатку.

3. Проведені обробка бортових GPS-спостережень НКА та їх експериментальні дослідження. Отримані попередні експериментальні результати обробки даних за технологією PPP (Precise Point Positioning) точного позиціонування. На основі порівняння отриманих результатів обробки траєкторних GPS-вимірювань з еталонними координатами НКА COSMIC доведено досягнення дециметрової точності визначення поточних координат – див. ілюстрації у Додатку.

4. З результатів бортових двочастотних кодових і фазових спостережень в результаті обробки виділені та проаналізовані іоносферні комбінації, що вміщують інформацію про електронний вміст іоносфери для подальшого моделювання висотного розподілу ПЕВ іоносфери з використанням радіозатменних (Radio Occultation) технологій – див. ілюстрації у Додатку.

5. Проведено аналіз і узагальнення результатів досліджень. Виконується підготовка річного звіту за результатами робіт.

Реалізація даної роботи дозволить виконати ряд важливих заходів та завдань Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної Програми України, зокрема, завдань щодо проведення наукових космічних досліджень в частині наукового космічного експерименту «Іоносат-Мікро» та виконання наукової програми, передбаченої експериментом.

Науковий керівник проекту

**О.О. Жаліло**

## Перелік наукових статей, інших публікацій за темою НДР (2014-2015 рр.)

- | Наукові статті  | Автори   |
|---|--|
| 01 Построение и валидация региональной модели полного электронного содержания ионосферы с использованием фазовых наблюдений в сетях перманентных референциальных ГНСС-станций.<br>Стаття прийнята до друку в журнал «Космічна наука і технологія» НКА і НАН України, № 6. – 2015 р. | Жалило А.А., Емец А.И.,<br>Бессонов Е.А., Дицкий И.В.,<br>Занимонский Е.М.                                 |
| 02 Сезонно-суточная изменчивость ионосферных задержек сигналов ГНСС и эффективность их компенсации с использованием сетевого дифференциального метода.<br>Стаття представлена (у листопаді 2015 р.) на розгляд в журнал «Космічна наука і технологія» НКА і НАН України.            | Жалило А.А., Бессонов Е.А.,<br>Занимонский Е.М.  |
| 03 Визначення орієнтації, координат, взаємного положення та параметрів руху об'єктів у космосі з використанням ГНСС технологій // Космічна наука і технологія. НКА і НАН України. - Т. 21, № 2. - 2015. - С. 40-46 .  | Луценко В.І., Попов Д.О.,<br>Лауш А.Г., Яценко В.О.,<br><u>Жалило О.О., Дицкий И.В.,<br/>Бессонов Е.А.</u> |
| 04 Modified algorithm of smoothing/filtering the differential GNSS observations in the kinematic positioning mode // «Proceedings of the National Aviation University», N 4(61), 2014, P. 56-64.  | V.M. Kondratyuk, A.A. Zhelanov,<br><u>I.V. Ditskiy, E.A. Bessonov</u>                                      |
| 05 Разрешение фазовой неоднозначности двухчастотных дифференциальных фазовых ГНСС-наблюдений и высокоточное позиционирование на базовых удалениях до 1000 км // Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник «Радиотехника» – № 179. – 2014 г. - С. 99-106.            | Дицкий И.В.  |
| 06 Предварительные результаты GNSS-наблюдений на пунктах геодезической сети Северного региона Украины // Сибирский государственный университет геосистем и технологий (Новосибирск), «Вестник СГГА» – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 29-38.  | Шульц Р.В., Терешук А.И.,<br>Жалило А.А., Анненков А.А.,<br>Желанов А.А., Нисторяк И.А.                    |
| Матеріали конференцій та тези доповідей   | Автори   |
| 07 Mapping the Regional Ionospheric TEC using Observations of GNSS Stations of Ukraine / TCSET'2014, 25 February -1 March 2014 г.: thesis. – Lviv– p.792.   | Evgeniy Bessonov, Igor Ditskiy,<br>Alexey Zhelanov, Alexey Zhalilo   |
| 08 Основные результаты разработок в области   | Жалило А.А., Дицкий И.В.,  |

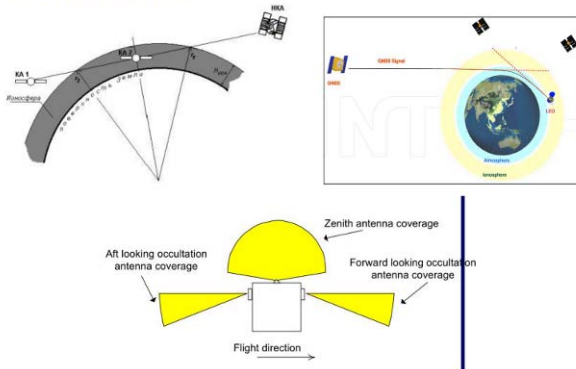
высокоточного  
позиционирования // Труды  
Международного радиоэлектронного форума  
«Прикладная радиоэлектроника. Состояние и  
перспективы развития», 14-17 октября 2014 г.:  
тезисы докл. – г. Харьков, Украина. – Т.1 ч.2.  
– С. 62–65.

ГНСС- Бессонов Е.А., Желанов А.А.

5-го

## Інформація про спеціалізовані низькоорбітальні космічні апарати (НКА) COSMIC і GRACE, бортова GPS-інфоформація яких була використана для досліджень

Radio Occultation метод з використанням низькоорбітальних космічних апаратів



### Істочники інформації о GPS-наблюдениях КА COSMIC & GRACE

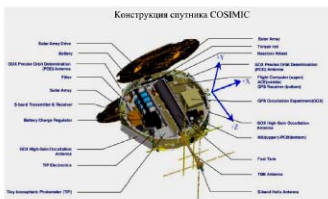
В НИР использованы данные бортовых GPS-наблюдений космической системы COSMIC (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere, and Climate) - группировки из 6 спутников.

Данные получены с сайта организации (США): University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) and the UCAR Community Programs (UCP), located in Boulder, Colorado (США) - <http://www.cosmic.ucar.edu/>, а именно из архива CDAAC (COSMIC Data Analysis and Archive Center) <http://cdaac-www.cosmic.ucar.edu/cdaac/index.html>

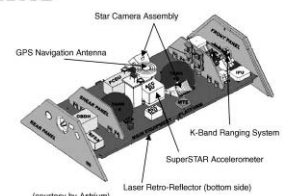
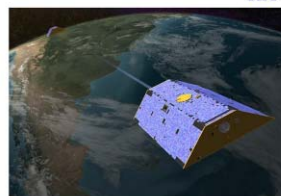
Данные GPS-наблюдений со спутника GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) получены из организации Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (ФРГ) <http://www.gfz-potsdam.de/>, из архива Information System and Data Center for Geoscientific Data <http://isdc.gfz-potsdam.de/index.php>

### КА FORMOSAT-3/COSMIC

Колличество	Шесть идентичных спутников
Вес	Около 61 кг (с полезной нагрузкой и топливом)
Форма спутника	Цилиндрическая, диаметром около 116 см и высотой около 18 см
Орбита	Круговая, наклонная, восходящая высотой около 800 км
Угол наклонения орбиты	72°
Аргумент широты	52,5° друг от друга
Период обращения	Около 100 мин.
Мощность	Около 81 Вт
Связь	S-диапазон, 32кб/с восходящая, 2 Мбит/с нисходящая
Колличество зондирований	Около 2000 в сутки
Задержка передачи данных	От 15 минут до 3 часов
Расчётное время жизни	5 лет
Дата запуска	15 апреля 2006г.



### КА GRACE



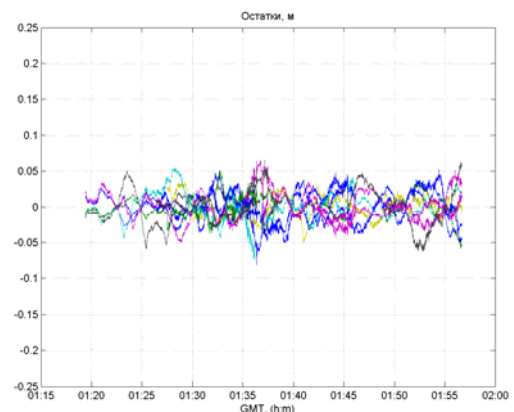
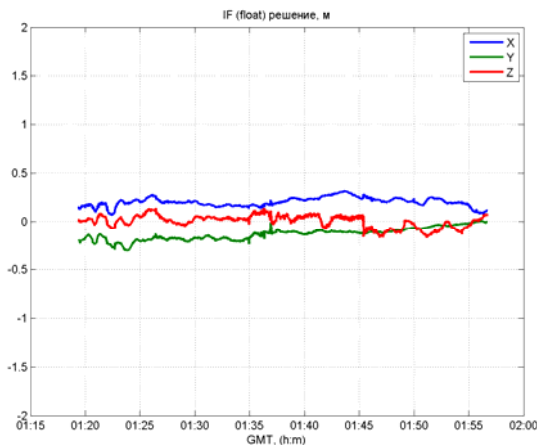
#### Характеристики миссии:

- Наклонение орбиты 89°
- Эксцентриситет орбиты ~0.001
- Высота орбиты 450-500км
- Расстояние между двумя спутниками ~220км
- Расчётное время жизни - 5 лет

GPS оборудование включает в себя GPS-приёмник и антенну. Приёмник BlackJack позволяет отслеживать спутники GPS на двух частотах и передаёт данные наблюдений с интервалом 10с. Антенна POD (POD - Precise Orbit Determination) типа choke-ring расположена сверху и «смотрит» в зенит.

## Ілюстрацій попередніх експериментальних результатів обробки двочастотних кодових і фазових GPS-спостережень (10.01.2013 р.) НКА COSMIC за технологією PPP (Precise Point Positioning) точного позиціонування.

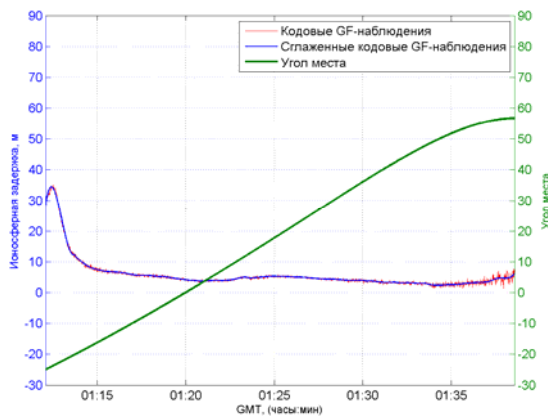
На рисунках показано відхилення (у метрах) PPP-оцінок поточних координат НКА від еталонних значень на вибраному інтервалі (ліворуч) та залишки (у метрах) float IF PPP-рішення (праворуч).



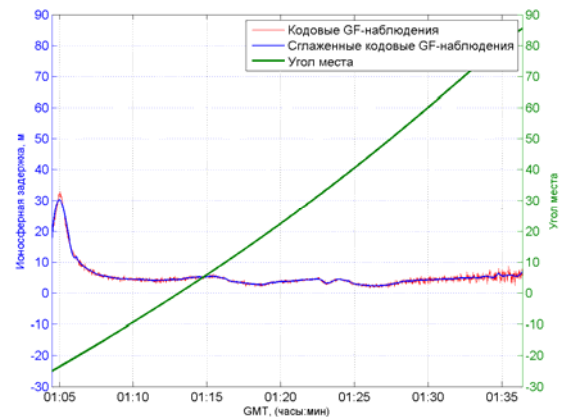
На основі порівняння отриманих результатів обробки траєкторних GPS-вимірювань з еталонними координатами НКА COSMIC доведено досягнення точності визначення поточних координат 0,05-0,10 м (RMS).

Ілюстрацій результатів обробки бортових двочастотних кодових і фазових GPS-спостережень (10.01.2013 р. та 19.06.2013 р.) низькоорбітальних космічних апаратів (НКА) COSMIC та GRACE та виділення іоносферних комбінацій, що вміщують інформацію про електронний вміст іоносфери для подальшого моделювання висотного розподілу ПЕВ іоносфери з використанням радіозатмєнних (Radio Occultation) технологій

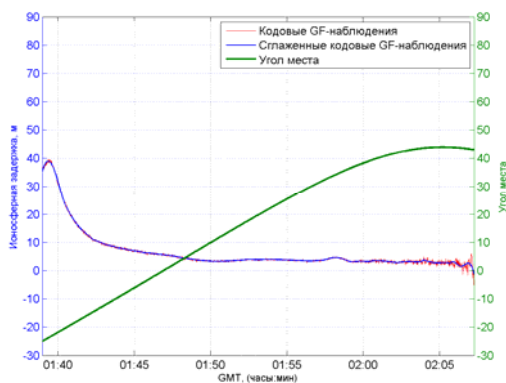
Приклади виділених іонотримок – КА FM1 COSMIC,  
10.01.2013 р., інтервал спостережень - 3 години



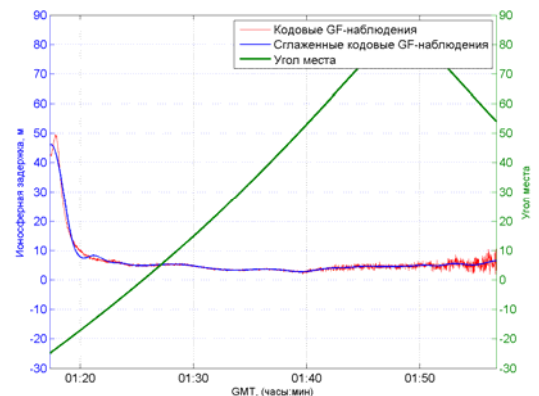
sv07\_sect2



sv11\_sect1

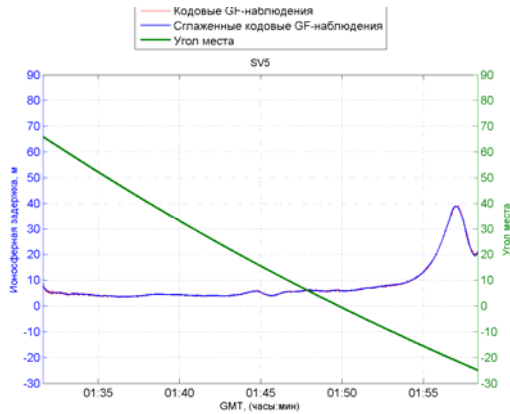


sv15\_sect2

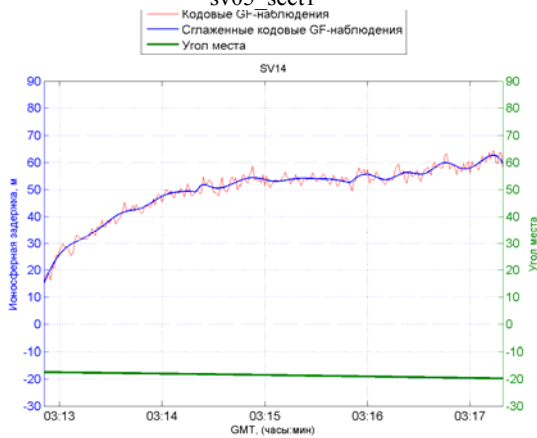


sv19\_sect1

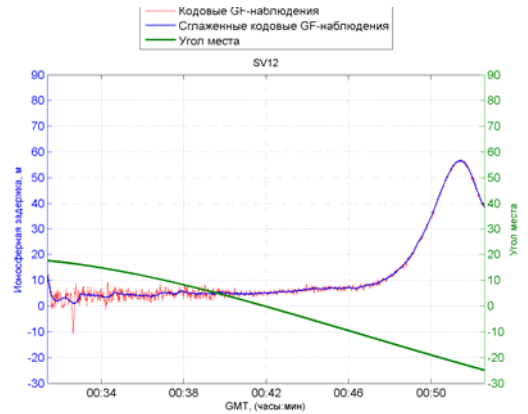
## Приклади виділених іонотримок – КА FM1 COSMIC, 19.06.2013 р., інтервал спостережень - 4 години



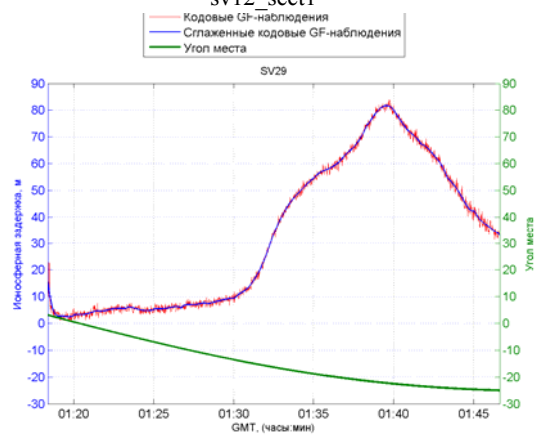
sv05 sect1



sv14 sect2



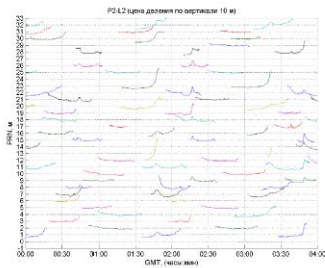
sv12 sect1



Sv29 sect1

## Виявлені іоносферні аномалії у GPS-спостереженнях супутника GRACE (H=450 км)

**ВЫДЕЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ ИОНОСФЕРНЫХ ЗАДЕРЖЕК GPS-СИГНАЛОВ ИЗ БОРТОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КА GRACE**  
(интервал наблюдений 4 часа, 00:00+04:00)



**Аномалии STEC:**

- t ~ 00:45 => B= -58 L= +65
- t ~ 01:45 => B= +06 ; L= -128
- t ~ 02:15 => B= -71°; L= +42°
- t ~ 03:50 => B= -66°; L= +18°

**Аномалии STEC**



t ~ 01:45 => B= +06°; L= -128°



t ~ 00:45 => B= -58° L= +65°  
t ~ 02:15 => B= -71°; L= +42°  
t ~ 03:50 => B= -66°; L= +18°

Fw: Звіти про виконані дослідження

17 ноября, 13:21

----- Original Message -----

**From:** Черемных О.К.

**To:** [yukor@ire.kharkov.ua](mailto:yukor@ire.kharkov.ua) ; [lutsenko@ire.kharkov.ua](mailto:lutsenko@ire.kharkov.ua) ; [ss\\_snake@ukr.net](mailto:ss_snake@ukr.net) ; [valery.skresanov@gmail.com](mailto:valery.skresanov@gmail.com) ; [tborisov@biochem.kiev.ua](mailto:tborisov@biochem.kiev.ua) ; [ValentinVolkov@ukr.net](mailto:ValentinVolkov@ukr.net) ; [shulzh@ipmach.kharkov.ua](mailto:shulzh@ipmach.kharkov.ua) ; [shulzhenkong@mail.ru](mailto:shulzhenkong@mail.ru) ; [victan@ipp.kiev.ua](mailto:victan@ipp.kiev.ua) ; [vida@mao.kiev.ua](mailto:vida@mao.kiev.ua) ; [fedorov@mao.kiev.ua](mailto:fedorov@mao.kiev.ua) ; [kuzkov@mao.kiev.ua](mailto:kuzkov@mao.kiev.ua) ; [vavilova@nas.gov.ua](mailto:vavilova@nas.gov.ua) ; [a.a.s tanislavsky@rian.kharkov.ua](mailto:a.a.s tanislavsky@rian.kharkov.ua) ; [yampol@rian.kharkov.ua](mailto:yampol@rian.kharkov.ua) ; [dudnik@kharkov.com](mailto:dudnik@kharkov.com) ; [georgii.lizunov@gmail.com](mailto:georgii.lizunov@gmail.com) ; [ash48@rambler.ru](mailto:ash48@rambler.ru) ; [vash@a-teleport.com](mailto:vash@a-teleport.com) ; [shuv@vash.dp.ua](mailto:shuv@vash.dp.ua) ; [gkorotaev@gmail.com](mailto:gkorotaev@gmail.com) ; [office.itm@nas.gov.ua](mailto:office.itm@nas.gov.ua) ; [admi@ipmach.kharkov.ua](mailto:admi@ipmach.kharkov.ua) ; [inst@botany.kiev.ua](mailto:inst@botany.kiev.ua) ; [secretar@biochem.kiev.ua](mailto:secretar@biochem.kiev.ua) ; [inform@imbg.org.ua](mailto:inform@imbg.org.ua) ; [director@ibss.iuf.net](mailto:director@ibss.iuf.net) ; [jus@ukrpack.net](mailto:jus@ukrpack.net) ; [gzavil@gmail.com](mailto:gzavil@gmail.com) ; [ecoinst@mail.lviv.ua](mailto:ecoinst@mail.lviv.ua) ; [iz@izan.kiev.ua](mailto:iz@izan.kiev.ua) ; [secretar@ire.kharkov.ua](mailto:secretar@ire.kharkov.ua) ; [director@mao.kiev.ua](mailto:director@mao.kiev.ua) ; [str@alpha.mhi.iuf.net](mailto:str@alpha.mhi.iuf.net) ; [pminasu@ipm.lviv.ua](mailto:pminasu@ipm.lviv.ua) ; [rai@ri.kharkov.ua](mailto:rai@ri.kharkov.ua) ; [adm@iapmm.lviv.ua](mailto:adm@iapmm.lviv.ua) ; [itp@bitp.kiev.ua](mailto:itp@bitp.kiev.ua) ; [kinr@kinr.kiev.ua](mailto:kinr@kinr.kiev.ua) ; [interdep@kinr.kiev.ua](mailto:interdep@kinr.kiev.ua) ; [ips@ipp.kiev.ua](mailto:ips@ipp.kiev.ua) ; [office@paton.kiev.ua](mailto:office@paton.kiev.ua) ; [dir@ipms.kiev.ua](mailto:dir@ipms.kiev.ua) ; [fizyka@iop.kiev.ua](mailto:fizyka@iop.kiev.ua) ; [iao@i.com.ua](mailto:iao@i.com.ua) ; [metall@imp.kiev.ua](mailto:metall@imp.kiev.ua) ; [casre@casre.kiev.ua](mailto:casre@casre.kiev.ua) ; [ikd@ikd.kiev.ua](mailto:ikd@ikd.kiev.ua) ; [yuriy.rapoport@mail.com](mailto:yuriy.rapoport@mail.com)

**Sent:** Monday, November 16, 2015 5:54 PM

**Subject:** Звіти про виконані дослідження

Шановні керівники проектів «Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.»,  
прошу Вас до 15 грудня підготувати та подати в електронній формі на е-адресу О.К. Черемних ([oleg.cheremnykh@gmail.com](mailto:oleg.cheremnykh@gmail.com))  
короткі звіти про виконані дослідження у 2015 р.  
(з конкретними результатами та ілюстраціями)  
обсягом 2-3 стор.

З повагою,  
голова наукової ради Програми  
академік НАН України  
Я.С. Яцків