

**Моніторинг стану геокосмосу та збурень космічної погоди з
використанням національних і міжнародних систем дистанційного
зондування**

Дані про створену та впроваджену наукову і науково-технічну продукцію

одиниць

Класифікація наукової (науково-технічної) продукції	Створено продукції	Впроваджено продукції
1. Види виробів (прилади і системи, пристрої, агрегати, установки та їх компоненти; лабораторні макети і дослідні зразки; хімічні речовини, препарати, біологічно активні речовини; програмні продукти)	1. Програмне забезпечення для оцінки сезонно-добових варіацій параметрів рухомих іоносферних збурень за даними багатопозиційного доплерівського ВЧ зондування іоносфери	1. ПЗ 2. Модернізована приймальна позиція на РАО ім. С.Я. Брауде (Харківська обл.) комплексу багатопозиційного доплерівського ВЧ зондування рухомих іоносферних збурень
1.1. з них техніки		1
2. Технології		
3. Матеріали		
4. Сорти рослин та породи тварин		
5. Методи, теорії (в тому числі і наукові концепції)		
6. Інше:		
6.1. Заключні чи проміжні звіти	1	
6.2. Монографії (або їх глави)		
6.3. Підручники, посібники, довідники, словники		
6.4. Рекомендації, методичні рекомендації, технологічні рекомендації, методики, технологічні інструкції.	1. Методика розрахунку параметрів ВЧ сигналів, що поширюються крізь іоносферу у присутності рухомих іоносферних збурень 2. Модернізована методика розрахунку параметрів рухомих іоносферних збурень за даними багатопозиційного просвічування іоносфери сигналами супутників ГНСС	2
6.5. Проекти законодавчих та нормативних актів (закон, концепція, стратегія, стандарт тощо)		

6.6. Математичні моделі	1. Математична модель для розв'язання прямої задачі поширення ВЧ сигналів на радіолініях довільної довжини і орієнтації у присутності рухомих іоносферних збурень	
6.7. Технічна документація, технічні умови, стандарт, регламент, тощо		
6.8. Наукові, аналітичні доповіді та записки		
6.9. Експертні (науково-експертні) висновки		
6.10. Штами та лінії мікроорганізмів, культури клітин; дослідні та експериментальні зразки біологічного походження, колекції		

Вказати також:

– кількість друкованої продукції:

✓ Монографій – 0

✓ статей у наукових фахових журналах, **2**

1. Zalizovski, A.V., Yampolski, Y.M., Mishin, E., Kashcheyev, S.B., Sopin, A.O., Koloskov, A.V., Lisachenko V.N., Reznichenko A.I., (2021). Multi-position facility for HF Doppler sounding of ionospheric inhomogeneities in Ukraine. *Radio Science*, 56, e2021RS007303. <https://doi.org/10.1029/2021RS007303>
2. Zalizovski, A., Stanislawski, I., Lisachenko, V., & Charkina, O. (2021). Variability of Weddell Sea ionospheric anomaly as deduced from observations at the Akademik Vernadsky station. *Ukrainian Antarctic Journal*, 1, 47-55. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.1.2021.666>

Розгорнуті тези (Extended abstract) і доповіді на Генеральній асамблеї URSI-2021:

1. Andriy Zalizovski, Yuri Yampolski, Evgeny Mishin, Alexander Koloskov, Andrii Sopin, Sergei Kashcheyev, Volodymyr Lisachenko, Artem Reznichenko. Travelling ionospheric disturbances over Ukraine: results of three years of Doppler HF monitoring. **URSI GASS 2021**, Rome, Italy, 28 August - 4 September 2021. Fr-BG-AM2-2
2. Andriy Zalizovski, Yuri Yampolski, Evgeny Mishin, Olesia Charkina, Alexander Koloskov, Sergei Kashcheyev, Bogdan Gavrylyuk. Long-distance HF propagation due to scattering on the plasma irregularities in the auroral ovals. **URSI GASS 2021**, Rome, Italy, 28 August - 4 September 2021. Fr-BG-AM2-1
3. Andriy Zalizovski, Volodymyr Lisachenko, Bogdan Gavrylyuk. Impact of sporadic E layers on long-distance HF propagation: case study. **URSI GASS 2021**, Rome, Italy, 28 August - 4 September 2021. We-GHJ-PM1-3

✓ в тому числі статей у наукових фахових журналах, що входять до міжнародних баз даних – **1**

Zalizovski, A.V., Yampolski, Y.M., Mishin, E., Kashcheyev, S.B., Sopin, A.O., Koloskov, A.V., Lisachenko V.N., Reznichenko A.I., (2021). Multi-position facility for HF Doppler sounding of

- кількість поданих заявок на видачу охоронних документів - 0;
- кількість одержаних охоронних документів - 0.

У 2021 році було продовжено моніторинг атмосферних гравітаційних хвиль і викликаних ними рухомих іоносферних збурень (АГХ/РІЗ) із застосуванням установок РІ НАНУ в Україні, Арктиці та Антарктиці. В Україні вимірювання проводились багатопозиційним доплерівським ВЧ комплексом разом із доплерівським іонозондом, що було розгорнуто в Харківській області на попередніх етапах робіт за проектом. Проведено модернізацію приймальної позиції, що розташована на Радіоастрономічній обсерваторії РІ НАНУ в Харківській області. В Антарктиці вимірювання проводяться доплерівським іонозондом, двоканальним доплерівським ВЧ приймально-вимірювальним комплексом, а також двочастотних ГНСС приймачем.

Проведено вдосконалення фізичних моделей РІЗ на основі бази даних багаторічних спостережень. А саме, розроблено методику, що дозволяє за даними доплерівського іонозонду обрати більш адекватну модель РІЗ між моделями схвильованої ідеально відбиваючої поверхні та об'ємними плазмовими неоднорідностями, що рухаються у іоносферному шарі. В моделі рухомої ідеально відбиваючої схвильованої поверхні, що рухається на іоносферних висотах, відтворено характеристик РІЗ, які в подальшому було використано для вирішення задач оцінки параметрів ВЧ радіосигналів, що поширюються на радіолініях довільної довжини і орієнтації

Модернізовано алгоритми і методики чисельної обробки сигналів супутникових передавачів ГНСС, зареєстрованих на Землі, з метою відтворення та візуалізації характеристик АГХ/РІЗ. Проведено порівняння характеристик РІЗ, отриманих за даними багатопозиційного доплерівського ВЧ зондування та радіопросвічування іоносфери сигналами ГНСС супутників.

Проведено статистичний аналіз параметрів АГХ/РІЗ за даними майже чотирирічних вимірювань багатопозиційним ВЧ доплерівським комплексом в Харківській області. Оцінено розподіли РІЗ за періодами, швидкостями поширення, розраховано усереднену «розу напрямів» поширення РІЗ, показано сезонні і добові варіації основних параметрів РІЗ.