

ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ ІОНОСФЕРНИХ ЗБУРЕНЬ РІЗНИХ ПРОСТОРОВИХ І ЧАСОВИХ МАСШТАБІВ ЗА ДАНИМИ ГУСТИХ GPS МЕРЕЖ

Панасенко С. В.¹, Отсука Ю.², Тсугава Т.³

¹Інститут іоносфери НАН і МОН України, м. Харків

²Інститут досліджень навколоземного середовища, м. Нагоя, Японія

*³Національний інститут інформаційно-комунікаційних технологій,
м. Токіо, Японія*

В наші часи широкого поширення та застосування набули глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС). Однією з постійно діючих ГНСС є NAVSTAR GPS (англ. NAVigation Satellites providing Time And Range; Global Positioning System – навігаційні супутники, що забезпечують вимірювання часу та відстані; глобальна система позиціонування), що часто називають GPS. Важливим застосуванням ГНСС є дистанційна діагностика та моніторинг стану іоносферної плазми. При цьому, завдяки випромінюванню сигналів на двох частотах, можна отримати значення повного електронного вмісту (ПЕВ або ТЕС) вздовж напрямку від приймача на супутник (скісний ПЕВ або STEC). За останні два десятиріччя кількість GPS приймачів суттєво зростає. Це дозволило утворити густі мережі, що покривають території Західної та Північної Європи, США, Японії та Нової Зеландії. Наявність таких мереж надало можливість досліджувати не тільки добові, а й більш короткоперіодичні нерегулярні та хвильові варіації ТЕС, а також оцінювати їх характеристики.

Нами розроблено нові методики виявлення рухомих іоносферних збурень (РІЗ), що мають різні часові та просторові масштаби, з використанням даних густих GPS мереж. Показано, що для видалення довгоперіодичних варіацій STEC для кожної з пар приймач – супутник бажано використовувати метод найменших квадратів 3-го порядку замість методу простого ковзного середнього. Це дозволяє суттєво зменшити похибки оцінки параметрів хвильових процесів особливо на інтервалах часу, де значення STEC зазнають суттєвих змін. Показано необхідність застосування інтерполяції часових варіацій вертикального ТЕС після видалення тренду dTEC, щоб усунути пропуски даних, а також зробити можливим використання спектрального аналізу та смугової фільтрації. Для розділення РІЗ на середньо- та великомасштабні запропоновано проведення двовимірної фільтрації результатів у просторовій області з усередненням даних, пов'язаних з підіоносферними точками, що опиняються всередині кіл радіусами 200 і 1000 км. Показано, що така методика дозволяє більш точно визначити вектор горизонтальної фазової швидкості хвиль, що часто має не тільки різну абсолютну величину, а й різний напрямок для середньо- та великомасштабних збурень з близькими періодами.

Розроблені методики показали свою ефективність під час виявлення та оцінки характеристик переважаючих РІЗ над Західною Європою, викликаних повним сонячним затемненням 20 березня 2015 р.