

УДК 537.877

О. В. Чаркіна^{1, *}, А. В. Залізовський^{1, 2, 3}, Ю. М. Ямпольський¹

¹ Радіоастрономічний інститут, Національна академія наук України, вул. Мистецтв, 4, м. Харків, 61002

² Державна установа Національний антарктичний науковий центр МОН України, м. Київ

³ Центр космічних досліджень Польської академії наук, 18 А, вул. Бартишка, Варшава, 00716, Польща

* Corresponding author: charkina@rian.kharkov.ua

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗОНДУВАННЯ ГРАНИЦЬ ПІВНІЧНОГО АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛУ ЗА РЕЄСТРАЦІЯМИ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ НА НАДДАЛЕКИХ РАДІОЛІНІЯХ

РЕФЕРАТ. Мета. Розробка метода дослідження динаміки екваторіальної границі нічної сторони північного аврорального овалу за даними реєстрацій розсіяних сигналів на наддалекій радіолінії. **Методи.** Спектральний, часовий і частотно-часовий аналіз ВЧ сигналів станцій служби точного часу, що реєструються на Українській антарктичній станції (УАС) «Академік Вернадський». Виділення просторової моди сигналів, розсіяних на плазмових неоднорідностях високоширотної іоносфери північної півкулі. Розроблена методика ґрунтується на вимірюванні доплерівського зсуву частоти та часу групового запізнювання радіосигналу. **Результати.** За характеристиками розсіяних ВЧ сигналів станцій точного часу, зареєстрованих на УАС, представляється можливим вивчати динаміку екваторіальної границі нічної частини північного аврорального овалу. **Висновки.** При реєстрації ВЧ сигналів станції РВМ (55,75° пн. ш., 37,64° с. д.) на УАС (65,25° пд. ш., 64,27° з. д.) вдається виділити моду, розсіяну на неоднорідностях високоширотної іоносфери північної півкулі. Запропоновано методику діагностики екваторіальної границі аврорального овалу за даними спостережень на УАС розсіяних радіосигналів станцій служби точного часу. Використання таких станцій в якості джерел пробного випромінювання є досить зручним для діагностики іоносфери, оскільки вони мають ряд переваг, серед яких мала відносна частотна нестабільність задаючих генераторів; слабконаправлені антени та досить потужні передавачі, завдяки чому їх сигнали можна реєструвати в різних областях земної кулі; безперервна робота за заздальгідь відомим розкладом і, нарешті, той факт, що вони одночасно випромінюють на декількох частотах, що розширює можливості їх діагностичного використання. Даний підхід не вимагає додаткових передавальних пристроїв і дорогих антенних систем. Регулярні вимірювання за запропонованою схемою дозволяють вести моніторинг авроральної іоносфери, що згодом дасть можливість уточнювати існуючі моделі її поведінки.

Ключові слова: іоносферна плазма, неоднорідності електронної концентрації, розсіювання ВЧ сигналів, полярна іоносфера, границя аврорального овалу.

ВСТУП

Як відомо, авроральні овали являють собою області високоширотної іоносфери, в яких відбуваються висипання великої кількості електронів та іонів з магнітосфери Землі. Ці частинки мають енергії до сотень кеВ і збуджують атоми й молекули, які входять до складу верхньої атмосфери,

в результаті можна спостерігати випромінювання кисню, азоту та водню, як в оптичному діапазоні довжин хвиль, так і в ультрафіолетовому. Видимі з космосу смуги, які безперервно світяться оточують обидва геомагнітні полюси та розташовуються на висотах іоносфери (Frey et al., 2007). Зазвичай, авроральний овал асоціюють з дискретними формами випромінювання, такими, як промені та арки. Згідно з представленими роботами (Borovsky et al., 1993), вони можуть

© О. В. ЧАРКІНА, А. В. ЗАЛІЗОВСЬКИЙ,
Ю. М. ЯМПОЛЬСЬКИЙ, 2018

мати масштаби від декількох сотень метрів до сотень кілометрів і змінювати свої розміри, форму та розташування упродовж декількох хвилин і навіть секунд. З екваторіального боку, овал полярних сьйів обмежує область так званого дифузного світіння, яке проявляється у вигляді плям або неоднорідної поверхні. В деяких випадках, присутність дифузних форм світіння було виявлено ближче до полюса. Варто зазначити, що у більшій частині сучасних робіт (див., наприклад, Xiong et al., 2014) область дифузного світіння вважають частиною аврорального овалу.

Хоча овал полярних сьйів являє собою єдину область вторгнення часток, джерела цих висипань на денній і нічній сторонах відрізняються. Світіння денної сторони пов'язано з висипаннями часток сонячного вітру через область каспа, а нічні сьйива викликаються частинками плазмового шару хвоста магнітосфери, прискореними електричними полями.

Динаміка аврорального овалу тісно пов'язана зі змінами геомагнітної активності, оскільки найбільш інтенсивні струми у високоширотній іоносфері протікають в областях, де спостерігаються світіння. Відомо також, що опівночі сьйива спускаються на низькі широти та піднімаються до полюса у вечірні та ранкові години (Старков та ін., 2000).

Внаслідок висипання заряджених частинок в області аврорального овалу виникає широкий спектр неоднорідностей електронної концентрації, витягнутих вздовж силових ліній магнітного поля Землі. Вони стають причиною анізотропного ракурсного розсіювання на висотах E і F шарів. Для вивчення цього ефекту, в останні роки, використовуються когерентні ВЧ-радары (високочастотні радары) мережі SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network) (Greenwald et al., 1995), які перекривають високоширотні області північної (19 установок) та південної (11 установок) півкуль.

Попередньо авторами було показано перспективність використання ВЧ сигналів станцій служби точного часу і частоти для діагностики іоносферної турбулентності авроральних овалів як на наддалеких радіолініях (Зализовский и др., 2015),

так і на коротких радіотрасах (Галушко и др., 2016). На короткій радіолінії зондування неоднорідностей північного аврорального овалу проводилось з використанням випромінювання станції служби точного часу РВМ (RWM), приймання та обробка здійснювались на Радіоастрономічній обсерваторії ім. С.Я. Брауде РІ НАН України. Інформаційними параметрами були час розповсюдження, доплерівські зміщення частоти та кути приходу різних просторових компонент пробних сигналів, що дозволяло локалізувати області розсіювання і оцінювати швидкості дрейфу плазмових неоднорідностей.

В даній роботі продемонстровано можливість зондування екваторіальної границі північного аврорального овалу за характеристиками радіосигналів станції служби точного часу РВМ на наддалеких радіолініях, зареєстрованих на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський».

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

У якості джерела діагностуючого випромінювання використано радіостанцію служби точного часу та частота РВМ (Московська обл., 55,75° пн. ш., 37,64° с. д.). Її перевагою є цілодобове синхронне випромінювання когерентних сигналів на трьох частотах 4996, 9996 та 14996 кГц. Модуляція сигналів змінюється в кожному півгодинному циклі наступним чином. З нульової хвилини до 55-ї секунди й 7-ї хвилини випромінюється безперервний сигнал, з 10-ї хвилини до 55-ї секунди 19-ї хвилини – радіоімпульси довжиною 100 мс з частотою повторювання 1 Гц. З 20-ї хвилини до 55-ї секунди 29-ї хвилини тривалість імпульсів становить 20 мс, а частота повторювання 10 Гц. В даній роботі розглянуто результати вимірювань, проведених на частоті 9996 кГц. Сигнали станції РВМ реєструвались на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський» (65,25° пд. ш., 64,27° з. д.) за допомогою когерентного приймального ВЧ комплексу, оснащеного горизонтальною дипольною антеною, діаграма спрямованості якої орієнтована в напрямку північ-південь, і цифровим приймачем фірми WinRadio G-313i

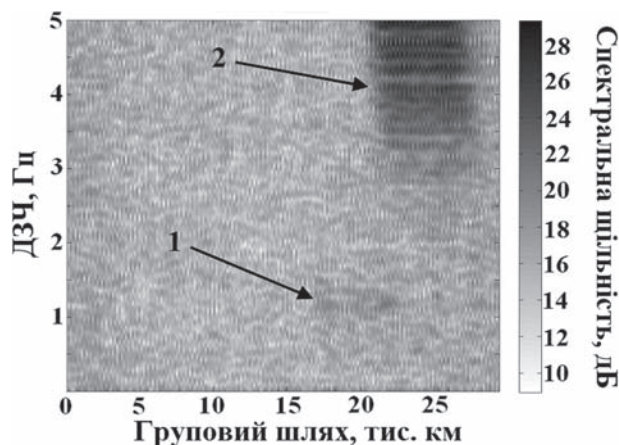


Рис. 1. Частотно-часова діаграма інтенсивності сигнала станції РВМ частотою 9996 кГц в координатах «ДЗЧ-дальність (груповий шлях)», отримані за даними вимірювань 22.10.2013 для проміжку часу 04:54–04:56 UTC

Fig. 1. Time-and-frequency diagram of RWM signal at 9996 kHz in the coordinates of the frequency-range (group path) for the time interval 04:54–04:56 UTC October 22, 2013

(Колосков та ін., 2014). Довжина прямої траси по поверхні Землі приблизно дорівнює 15800 км.

Варто зазначити, що смуга частот приймача становила близько 1 кГц, темп зацифрування – 2 кГц, що забезпечувало роздільну здатність за дальністю близько 150 км. Це дозволяло проводити тимчасове розділення різноманітних просторових компонент зондувальних сигналів, оцінювати час їх групової затримки та спектральний склад. До вихідних даних вимірювань застосовано частотно-часова обробка за алгоритмом, який було викладено раніше в роботі (Кашеев та ін., 2013). Як приклад, на рис. 1 продемонстровано результати такої обробки для проміжку часу 04:54–04:56 UTC 22 жовтня 2013 р. у координатах «доплерівське зміщення частоти (ДЗЧ) – дальність». Видно, що отриманий сигнал містить в собі дві основні складові. Першій відповідає довжина групового шляху близько 16500 км. Дану моду мож-

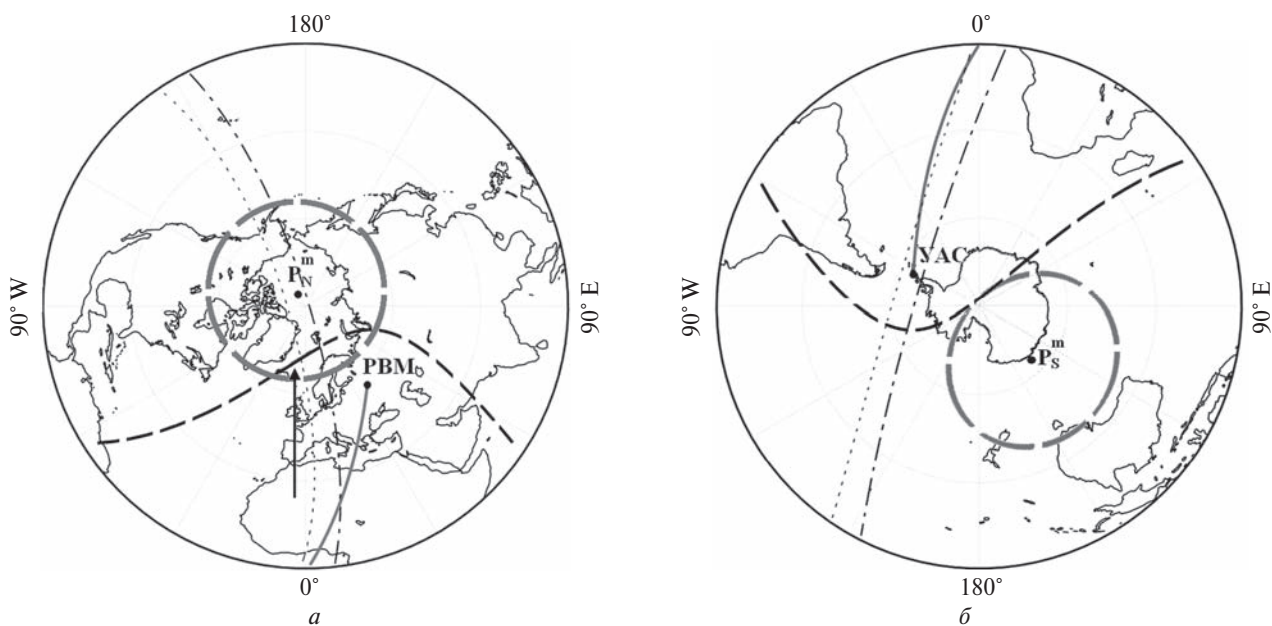


Рис. 2. Карти північної (а) та південної (б) півкуль, траса РВМ-УАС (суцільна сіра крива), 60-й градус геомагнітної широти (сіра штрихована лінія), положення термінатора на висотах 100 і 300 км (штрихпунктирна і пунктирна лінії, відповідно) і частини геометричного місця точок, сума відстаней від якого до станцій РВМ і УАС дорівнює груповому шляху другої моди отриманого сигнала (чорні штриховані криві) 22.10.2013 р. для проміжку часу 04:54–04:56 UTC

Fig. 2. Maps of Northern (a) and (b) Southern hemispheres, forward radio path RWM-UAS (grey solid line); the 60° magnetic latitude (grey dashed line); locations of the Solar terminator for heights 100 and 300 km (black chain and dotted lines respectively); locus of points, sums of distances from those to UAS and RWM are equal to group path of the second mode of the recorded signal (black dashed line) 10.22.2013, for the time interval 04: 54- 04: 56 UTC

на визначити як ту, що прийшла по дузі великого кола (прямій трасі РВМ-УАС). Друга, більш інтенсивна, мода реєструється із затримкою відносно першої і їй відповідає груповий шлях близько 21000 км, що істотно менше довжини зворотної дуги великого кола. Ймовірно, дана компонента сигналу розповсюджується, розсіюючись на плазмових неоднорідностях авроральної іоносфери.

Розглянемо детальніше геометрію експерименту. На рис. 2, *a* і *2, б* представлено карти північної та південної півкуль відповідно. Суцільними сірими лініями зображено ділянки прямої траси РВМ-УАС, сірими штрихованими лініями – 60-і градуси північної та південної геомагнітних широт. Чорними штрихованими лініями нанесено геометричне місце точок, сума відстаней від яких до станцій РВМ та УАС дорівнює виміряному груповому шляху другої моди отриманого сигналу (рис. 1). У припущенні одноразового розсіювання саме вздовж цієї лінії повинні знаходитись області простору, відповідальні за розповсюдження другої просторової моди. Штрихпунктирними та пунктирними лініями на картах показано положення сонячного термінатора на висотах 100 і 300 км відповідно.

Систематичні когерентні ВЧ спостереження на УАС показали, що на частоті 9996 кГц сигнали РВМ ніколи не реєструються, якщо траса розповсюдження повністю освітлена Сонцем (Колосков та ін., 2014). Це пов'язано з високим рівнем поглинання ВЧ сигналів в нижній денній іоносфері. За спектрограмою сигналу (рис. 1) можна бачити, що інтенсивність другої розсіяної моди значно вища, ніж першої. Це свідчить про те, що сигнал, який розсіюється, розповсюджується по енергетично більш вигідній трасі. Все вищевказане дає привід припускати, що основний внесок в розсіювання вноситься неосвітленою частиною північного аврорального овалу.

Для незалежної оцінки рівня високоширотних збурень було використано Кр-індекс, тісно пов'язаний з авроральними активаціями. За даними ISGI (International Service of Geomagnetic Indices), під час експерименту, він дорівнював нулю. За такого спокійного стану магнітного поля на

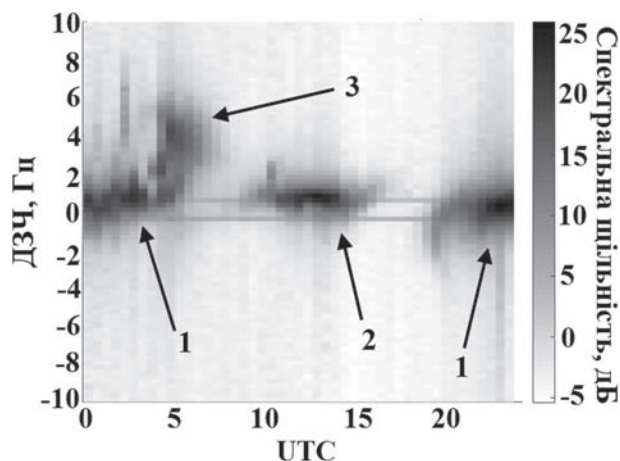


Рис. 3. Середня за добовими записами спектрограма сигналу станції РВМ, зареєстрованого на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський», отримана для жовтня 2013 р.

Fig. 3. Day-averaged monthly spectrogram of the RWM signal as received at Vernadsky station in October 2013

геомагнітних широтах нижче 60° висипання частот не спостерігається (Старков та ін., 2000). Тому можна вважати, що південний авроральний овал в даному випадку не може робити внесок в розсіювання, і область ймовірного розташування неоднорідностей, які нас цікавлять, обмежена з одного боку 60-м градусом геомагнітної широти, а з іншого — термінатором на висоті Е-шару. Ділянку кривої, яка їй відповідає на рис. 2, *a* зображено суцільною чорною лінією і вказано стрілкою. Відповідно до результатів робіт, виконаних із застосуванням інструментів SuperDARN (Greenwald et al., 1995), основний внесок в розсіювання ВЧ випромінювання на геомагнітних широтах, менших 70°, варто асоціювати з Е-шаром. Водночас вночі в нижній іоносфері цей ефект можна пов'язати з границею області висипання іонів з найвищими енергіями (Jayachandran et al., 2002), яка, згідно з роботою (Newell et al., 1996), розташовується між зонами з максимальною і мінімальною інтенсивністю потоку електронів, що висипаються.

Далі розглянемо середню за жовтень 2013 року добову спектрограму сигналу станції РВМ на частоті 9996 кГц, зареєстрованого на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський»

(рис. 3). Як видно, в ній можна виділити 3 основні складові. Визначення довжини групових шляхів кожної з них дозволило припустити, що перша просторова мода з доплерівським зміщенням частоти (ДЗЧ) в межах від -1 до $+2$ Гц, яка спостерігається з 00:00 до 06:00 і з 19:00 до 24:00 UTC, приходить вздовж прямої траси РВМ-УАС. Друга компонента розповсюджується по зворотній трасі вздовж дуги великого кола. Їй відповідає ДЗЧ від -1 до $+2$ Гц, вона реєструється в проміжку часу 09:00—17:00 UTC. Третя мода пов'язана з розсіюванням на екваторіальній границі північного аврорального овалу, вона реєструється з 03:00 до 07:00 UTC з ДЗЧ в межах $+2 - +7$ Гц. Відзначимо також, що ця складова регулярно реєструється в такий час доби день у день. Тому її характеристики можуть бути використані для оцінки положення та параметрів області іоносферної турбулентності північного аврорального овалу в описаній схемі експерименту.

ВИСНОВКИ

В роботі запропоновано методику діагностики екваторіальної границі нічної частини північного аврорального овалу за даними спостережень розсіюваних на іоносферних неоднорідностях ВЧ сигналів станцій служби точного часу. Варто зазначити, що використання такого випромінювання в якості пробного для діагностики іоносфери має низку переваг. По-перше, відносна частотна нестабільність задавальних генераторів таких станцій дуже мала і становить близько $1 \cdot 10^{-11}$. По-друге, вони оснащені слабоспрямованими антенами і мають достатньо потужні передавачі, завдяки чому їх сигнали можна реєструвати в різних областях земної кулі. По-третє, станції служби точного часу і частоти працюють безперервно за заздалегідь відомим розкладом. По-четверте, вони, зазвичай, одночасно випромінюють на декількох частотах, що розширює можливості їх діагностичного використання. До переваг запропонованого підходу можна також віднести той факт, що він не вимагає створення додаткових зондувальних передавальних пристроїв і дорогих антенних

систем. Регулярні вимірювання за запропонованою схемою дозволяють проводити безперервний моніторинг динаміки іоносферних неоднорідностей в авроральних областях і визначати положення екваторіальної границі аврорального овала.

Подяки. Автори вважають своїм приємним обов'язком відзначити внесок співробітників відділу радіофізики геокосмосу РІ НАНУ С.Б. Кащєєва, О.В. Колоскова, І.І. Пікуліка та А.С. Кащєєва у створенні когерентного ВЧ комплексу на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський». Їм також належить співавторство в розробці методики спектрально-часової селекції радіосигналів станції служби точного часу і частоти на ВЧ радіолініях різної протяжності. Ми також вдячні співробітникам Державної установи Національний антарктичний науковий центр МОН України за багаторічну організаційну та логістичну підтримку цих досліджень в Антарктиді.

Відомості про грантову допомогу. Дослідження проведено за часткової фінансової підтримки в межах НДР «Геліомакс-2018» (0118 U100280), «Шніцберген-2018» (0118U000562) і «Лірус-2018» (0118U000560), які виконувались у Радіоастрономічному інституті НАН України в 2016—2017 роках. Тематика роботи відповідає основним науковим завданням відомчої НДР «Ятаган-3» (0116U000035).

ЛІТЕРАТУРА

1. Галушко В. Г., Залізівський А. В., Кащєєв С. Б., Пікулік І. І., Чаркіна О. В. Пеленгование ВЧ сигналів, рассеянных іоносферними неоднорідностями, с помощью малоразмерных антен. *Радиофизика и радиоастрономия*. 2016. Т. 21, № 3. С. 231—241.
2. Залізівський А.В., Колосков А.В., Ямпольський Ю.М. Исследования в Антарктике частотно-временных характеристик ВЧ сигналів на сверхдальних радиолініях. *Український антарктичний журнал*. 2015. № 14. С. 124—137.
3. Кащєєв С. Б., Залізівський А. В., Сопин А. А., Пікулік І. І. О возможности бистатистического ВЧ зондирования іоносферы сигналами точного времени. *Радиофизика и радиоастрономия*. 2013. Т. 18, № 1. С. 34—42.

4. Колосков А. В., Ямпольский Ю. М., Зализовский А. В., Галушко В. Г., Кашеев А. С., Ла Хоз С., Брекке А., Беллей В. С., Ритвелд М. Сеть интернет-управляемых VЧ приемников для ионосферных исследований. *Радиофизика и радиоастрономия*. 2014. Т. 19, № 4. С. 324—335.
5. Старков Г. В. Планетарная динамика аврорального свечения. *Физика околоземного космического пространства*. 2000. Т.3. С. 409—499.
6. Borovsky, J. E. 1993. Auroral arc thicknesses as predicted by various theories. *J. Geophys Res*, 98, 6101—6138.
7. Frey, H. U. 2007. Localized aurora beyond the auroral oval. *Rev. Geophys*, 45, 1—32.
8. Greenwald, R. A., Baker, K. B., Dudeney, J. R., Pinnock, M., Jones, T. B., Thomas, E. C., Villain, J.-P., Cerisier, J. C., Senior, C., Hanuise, C., Hunsucker, R. D., Sofko, G. J., Koehler, J. A., Nielsen, E., Pellinen, R., Walker, A. D. M., Sato, N., Yamagishi, H. 1995. DARN/SuperDARN: A global view of the dynamics of highlatitude convection. *Space Sci. Rev.*, 71, 761—796.
9. Jayachandran, P. T., MacDougall, J. W., St-Maurice, J.-P., Moorcroft, D. R., Newell, P. T., Prikryl, P. 2002. Coincidence of the ion precipitation boundary with the HF E-region backscatter boundary in the dusk-midnight sector. *Geophys. Res. Lett*, 29(8). DOI:10.1029/2001GL014184
10. Newell, P. T., Feldstein, Y. I., Galperin, Y. I., Meng, C.-I. 1996. Morphology of nightside precipitation. *J. Geophys. Res.*, 101(A5), 10,737—10,748.
11. Xiong, C. H., Lühr, H., Wang, H., Johnsen, M. G. 2014. Determining the boundaries of the auroral oval from CHAMP field-aligned currents signatures – Part 1. *Ann. Geophys*, 32, 609—622.
- signals at the long radio paths]. *Ukrainskij Antarktychnij Zhurnal* [Ukrainian Antarctic Journal], 14, 124—137. (In Russian).
3. Kascheev, S. B., Zalizovski, A. V., Sopin, A. A., Pikulik, I. I., 2013. O vozmozhnosti bistaticheskogo VCh zondirovaniya ionosfery i signalami tochnogo vremeni [On the possibility of bistatic HF ionospheric sounding by exact time signals]. *Radiofizika i radioastronomiya* [Radio Physics and Radio Astronomy], 18(1), 34—42. (In Russian).
4. Koloskov, A. V., Yampolski, Y. M., Zalizovsky, A. V., Galushko, V. G., Kascheev, A. S., La Hoz, C., Brekke, A., Belyey, V.S., Rietveld, M. T. 2014. Set internet-upravlyayemykh VCh priemnikov dlya ionosfernykh issledovaniy [Network of Internet-controlled HF receivers for ionospheric researches]. *Radiofizika i radioastronomiya* [Radio Physics and Radio Astronomy], 19(4), 324—335. (In Russian).
5. Starkov, G. V. 2000. Planetarnaya dinamika avroralnogo svecheniya [Planetary dynamics of auroral luminosity]. *Fizika okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva* [Physics of the near-Earth space]. Polar Geophysical Institute, Kola Scientific Centre RAS, Apatity, 409—499. (In Russian).
6. Borovsky, J. E. 1993. Auroral arc thicknesses as predicted by various theories. *J. Geophys Res*, 98, 6101—6138.
7. Frey, H. U. 2007. Localized aurora beyond the auroral oval. *Rev. Geophys*, 45, 1—32.
8. Greenwald, R. A., Baker, K. B., Dudeney, J. R., Pinnock, M., Jones, T. B., Thomas, E. C., Villain, J.-P., Cerisier, J. C., Senior, C., Hanuise, C., Hunsucker, R. D., Sofko, G. J., Koehler, J. A., Nielsen, E., Pellinen, R., Walker, A. D. M., Sato, N., Yamagishi, H. 1995. DARN/SuperDARN: A global view of the dynamics of highlatitude convection. *Space Sci. Rev.*, 71, 761—796.
9. Jayachandran, P. T., MacDougall, J. W., St-Maurice, J.-P., Moorcroft, D. R., Newell, P. T., Prikryl, P. 2002. Coincidence of the ion precipitation boundary with the HF E-region backscatter boundary in the dusk-midnight sector. *Geophys. Res. Lett*, 29(8). DOI:10.1029/2001GL014184
10. Newell, P. T., Feldstein, Y. I., Galperin, Y. I., Meng, C.-I. 1996. Morphology of nightside precipitation. *J. Geophys. Res.*, 101(A5), 10,737—10,748.
11. Xiong, C.H., Luhr, H., Wang, H., Johnsen, M. G. 2014. Determining the boundaries of the auroral oval from CHAMP field-aligned currents signatures – Part 1. *Ann. Geophys*, 32, 609—622.

REFERENCES

1. Galushko, V. G., Zalizovski, A. V., Pikulik, I. I., Kascheev, S. B., Charkina, O. V. 2016. Pelengovanie VCh signalov, rasseyannykh ionosfernyimi neodnorodnostyami, s pomoshchyu malorazmernykh antenn [Direction finding of HF signals scattered by ionospheric irregularities using small size antenna]. *Radiofizika i radioastronomiya* [Radio Physics and Radio Astronomy], 21(3), 231—241. (In Russian).
2. Zalizovski, A. V., Koloskov, A. V., Yampolski, Y. M. 2015. Issledovaniya v Antarktike chastotno-vremennykh harakteristik VCh signalov na sverhdalnih radioliniiakh [Studying in Antarctica the time-frequency characteristics of HF

O. V. Charkina^{1, *}, *A. V. Zalizovski*^{1, 2, 3}, *Yu. M. Yampolski*¹

¹ Institute of Radio Astronomy, National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv

² State Institution National Antarctic Scientific Center, Ministry of Education and Science of Ukraine,
16 Taras Shevchenko Blvd., Kyiv, 01601, Ukraine

³ Space Research Centre of Polish Academy of Sciences, 18A, Bartycka St. Warszawa, 00716, Poland

* Corresponding author: charkina@rian.kharkov.ua

ON THE POSSIBILITY OF SOUNDING THE BOUNDARIES
OF THE NORTHERN AURORAL OVAL BY REGISTRATIONS
OF HIGH FREQUENCY SIGNALS ON SUPERLONG RADIO PATHS

ABSTRACT. Objective. Developing a technique for investigation of a dynamic of the equatorial boundary of the night side of the Northern auroral oval using data of registrations of scattered HF signals on superlong radio paths. **Methods.** Spectral, time, and time-frequency analysis of HF signals from time service stations, recorded at the Ukrainian Antarctic Akademik Vernadsky station (UAS). Selection of the spatial mode of signals scattered on the plasma inhomogeneities of the high latitude ionosphere of the northern hemisphere. The developed method is based on the measurement of the Doppler frequency shift and time of the group delay of the radio signal. **Results.** The possibility of studying the dynamics of the equatorial boundary of the night side of the Northern auroral oval using characteristics of scattered HF signals of time service stations registered at UAS is demonstrated. **Conclusions.** In the registrations of HF signals of the RWM station (55.75°N, 37.64°E) at UAS (65.25°S, 64.27°W) it is possible to select the mode scattered on the inhomogeneities of the high-latitude ionosphere of the northern hemisphere. The method for diagnosing the equatorial boundary of the auroral oval by observations on UAS of scattered radio signals from stations of the time service is proposed. It is convenient to use such stations as sources of the probe signal for diagnostic of the ionosphere so far as they have a number of advantages, including low relative frequency instability of master oscillators; weakly directed antennas and sufficiently powerful transmitters thanks to which their signals can be recorded in different regions of the globe; continuous work on a previously known schedule and, finally, the fact that they simultaneously emit at several frequencies, which expands the possibilities of their diagnostic use. The technique does not require additional transmitting devices and expensive antenna systems. The regular measurements using the suggested method allow carrying out the monitoring of auroral ionosphere, which will give the possibility for improving the existent models of its behavior.

Keywords: ionospheric plasma, inhomogeneities of electron density, scattering, polar ionosphere, boundary of auroral oval.