КОСМИЧЕСКАЯ «ДУГА СТРУВЕ» КАК ИНДИКАТОР ПРОЯВЛЕНИЙ СОЛНЕЧНОЙ И ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

**Рябов М.И.^{1,2}, Сухарев А.Л.^{1,2}, Орлюк М.И.³, Безруков В.²,
Галанин В.В.¹, Ивантишин О.Л.⁴, Собитняк Л.И.¹, Комендант В.Г.¹**

¹Одесская обсерватория «УРАН-4» Радиоастрономического института НАНУ,
Одесса, Украина

²Вентспилский Международный Радиоастрономический Центр, Вентспилс, Латвия

³Институт геофизики имени С.И. Субботина НАНУ, Киев, Украина

⁴Львовский Физико-механический институт НАНУ, Львов, Украина

COSMIC “STRUVE ARC” AS INDICATOR OF THE MANIFESTATION OF SOLAR AND GEOMAGNETIC ACTIVITY

**Ryabov M.I.^{1,2}, Sukharev A.L.^{1,2}, Orlyuk M.I.³, Bezrukovs V.²,
Galanin V.V.¹, Ivantysyshin O.L.⁴, Sobitnyak L.I.¹, Komevdant V.G.¹**

¹URAN-4 Observatory, Radio-astronomical institute of NAN of Ukraine, Odesa, Ukraine

²Ventspils International Radio Astronomy Center, Ventspils, Latvia

³Institute of Geophysics by S.I. Subbotin name NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine

⁴Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lvov, Ukraine

Struve's geodetic arc was famous project in past, related to study shape of the Earth. This is example of great cooperation between scientific teams of many countries, from Norway, Finland, Baltic countries to Ukraine, Moldova. From point of view of modern research, it is interest to study response Latvian-Ukrainian element of Struve Arc, to solar activity and tidal phenomena in the Earth's upper atmosphere, based on results of simultaneous radio astronomy and geomagnetic observations. Importance and relevance of this topic is especially in era of possible climatic variations in mid-latitude region and appearance of extreme solar activity in 25th cycle. In proposed project, planned to use Ukrainian low-frequency antenna arrays for joint study of ionospheric response (ionospheric scintillations and seasonal diurnal, as well as tidal effects in mid-latitude ionosphere) with low-frequency antenna LOFAR-Latvia. Special feature, will be placement precision fluxgate magnetometer on territory of Ventspils Radio Astronomy Centre, to register short-periodic geomagnetic variations caused by ionospheric currents.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-233-236

Введение

Представлен латвийско-украинский проект «Космическая «ДУГА СТРУВЕ» как индикатор проявлений солнечной и геомагнитной активности». Вдохновляющим примером для его организации стал проект **Геодзическая дуга Струве** – созданный для исследования формы Земли, ее параметров и размера. По программе проекта было установлено 265 триангуляционных пунктов, протянувшихся более чем на 2820 километров от Норвегии через Швецию, Финляндию, Россию, Эстонию, Латвию, Литву, Беларусь, Молдову и Украину до побережья Черного моря. Измерения по

проекту «Геодезическая дуга Струве» проводились под руководством директора Пулковской обсерватории и Дерптской обсерватории Фридриха Георга Вильгельма Струве в течение 40 лет, с 1816 до 1855 гг. Результатом совместного сотрудничества Вентспилского Международного Радиоастрономического Центра в Латвии (VIRAC) и Радиоастрономического института НАНУ (RI NANU) в Украине вдоль «Дуги Струве» сложился ансамбль совместных исследований на радиотелескопах РТ-32, РТ-16 (сантиметровый диапазон), LOFAR VIRAC (декаметровый и метровый диапазон) и радиотелескопов «Уран-4» RI NANU (декаметровый диапазон). Латвийская часть Дуги Струве находится в области высоких широт, а украинская часть в области средних широт. Кроме того, вдоль Дуги Струве располагаются Одесская, Львовская и Рижская магнитные аномалии, что формирует особый характер отклика на проявления солнечной и геомагнитной активности в этих областях. В рамках проекта радиоастрономические наблюдения будут дополнены данными измерений магнитных обсерваторий Института геофизики НАНУ в Одессе, Киеве и Львове.

Результаты исследований

На радиотелескопе «УРАН-4», начиная с момента ввода его в эксплуатацию в 1987 году, проводится программа мониторинговых исследований вариаций потоков мощных внегалактических радиоисточников (радиогалактик Cyg A и Vir A, остатков вспышек сверхновых Cas A и Tau A). По каждому источнику записывается 6–7 сканов прохождения через диаграмму направленности, обеспечивая тем самым круглосуточную регистрацию изменений состояния ионосферы и самих радиоисточников [1–2]. Основными измеряемыми параметрами являются регистрация состояния мерцаний и изменений потоков радиоисточников. В результате получены данные о сезонно-суточных эффектах, изменений потоков с циклом солнечной активности [3–4], проявлении мерцаний при наблюдениях сквозь лунную приливную волну в ионосфере [5]. Радиотелескоп «Уран-4» расположен рядом с Одесской магнитной аномалией. Недалеко от нее в с. Степановка находится магнитная обсерватория «Одесса» Института геофизики НАНУ. По данным каталога магнитных бурь периода мониторинга вариаций потоков космических радиоисточников на РТ «УРАН-4» с 1987 по 2009 гг. было выявлено, что суммарная годовая продолжительность магнитных бурь в зоне магнитной аномалии Одессы показала большую их продолжительность по сравнению с данными магнитной обсерватории ИЗМИРАН [6]. Последующий цикл измерений, проведенный Одесской обсерваторией «УРАН-4» РИ НАНУ совместно с Институтом геофизики НАНУ непосредственно в зоне магнитной аномалии показали в периоды магнитных бурь наличие короткопериодических вариаций, заметно отличающихся от измерений на магнитной обсерватории в Киеве [7–8]. Институт геофизики НАНУ располагает сетью магнитных обсерваторий в Киеве, Одессе и

Львов, позволяющих выявлять особенности проявлений геомагнитной активности в зоне магнитных аномалий в Одессе и Львове и зоне регулярного магнитного поля в Киеве. Дополнением к этим измерениям станет проведение наблюдений по согласованной программе на декаметровом радиотелескопе «УРАН-3» Львовского физико-механического института НАНУ. Применение комплекса радиотелескопов Международного Вентспилского Радиоастрономического Центра, включающих РТ-32 и РТ-16 сантиметрового диапазона вместе с радиотелескопом системы LOFAR декаметрового и метрового диапазонов, позволит организовать выявление эффектов проявления космической погоды на более высоких широтах. В период выполнения проекта на радиоастрономической обсерватории в Ирбене, где располагаются радиотелескопы, Институтом геофизики НАНУ будет организована работа магнитометра с ежесекундной регистрацией данных вариаций геомагнитного поля. Подобные исследования в Латвии в настоящее время не проводятся.

Заключение

С точки зрения современных исследований представляет интерес изучение отклика обращенной в космос «Дуги Струве» по ее реакции на проявления солнечной и геомагнитной активности с учетом характера подстилающей поверхности. Регистрация этих региональных эффектов может быть осуществлена путем исследования характера мерцаний потоков внегалактических радиоисточников, из которых могут быть выявлены спорадический характер возмущенности ионосферы и приливные явления в верхней атмосфере Земли, формирующие характер региональных проявлений космической погоды.

Выполнение работ по данному проекту позволит сформировать представление о характере проявлений солнечной и геомагнитной активности в зависимости от региональных условий наличия геомагнитных аномалий или их отсутствия. Особый интерес такие исследования приобретают в условиях роста и предстоящего максимума 25 цикла солнечной активности.

Литература

1. Galanin V.V., G.A. Inyutin, I.M. Kvasha, et al. URAN-4 radio telescope as an element of VLBI system // *Physics and Kinematics of Celestial Bodies*, 1989, vol. 5, p 87-90.
2. Ryabov M.I., S.K. Panishko, L.I. Guglya. Space weather impacts on the Earth's upper atmosphere according to the monitoring of powerful radio sources fluxes at the URAN-4 radio telescope // *Odessa Astronomical Publications*, 2011, vol. 24, p 159-161.
3. Sobitniak L.I., M.I. Ryabov, A.L. Sukharev, S.K. Panishko. Structure of variability indexes of cosmic weather as applied to data monitoring of fluxes of radio sources at the “URAN-4” radio telescope // *Radio physics and radio astronomy*, 2017, vol. 22, p 294-304.
4. Ryabov M.I., A.L. Sukharev, L.I. Sobitnyak. Properties of the Variability of the Solar Constant as an Index of Solar Activity // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2020, vol. 60, p. 982-988.

5. *Ryabov M.I., L.I. Sobitniak.* Study of effects of lunar tidal wave passage in upper atmosphere of Earth according to monitoring data at radio telescope «URAN-4» RI NANU // *Odessa Astronomical Publications*, vol. 32, p.132-136.
6. *Sobitnyak L.I., M.I. Ryabov, M.I. Orlyuk, et al.* Analysis of the Magnetic Storms Catalog for Monitoring Radio Source Fluxes Data with the URAN-4 Radio Telescope in the Odessa Magnetic Anomaly Zone // *Radio physics and radio astronomy*, 2020, vol. 25, p.324-331.
7. *Ryabov M.I., A.L. Sukharev, M.I. Orlyuk, et al.* Comparative analysis of geomagnetic disturbances in the Odessa magnetic anomaly area in the 24th solar activity cycle // *Radio physics and radio astronomy*, 2019, vol. 24, p.68-79.
8. *Sukharev A.L., M.I. Orlyuk, M.I. Ryabov, A.A. Romenets.* On the First Results of Measurements of Geomagnetic Short-Period Field Variations in the Odessa Magnetic Anomaly Zone with a Second-Long Resolution // *Radio physics and radio astronomy*, 2018, vol. 23, p.116-128.