Научная статья
Original article
УДК 523.985.0

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РОССИИ ПО ДАННЫМ 2019 ГОДА

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF GEOMAGNETIC DISTURBANCES IN THE SETTLEMENTS OF THE CENTRAL PART OF RUSSIA ACCORDING TO 2019 DATA

Яранцева Екатерина Александровна, студент 4 курса, факультет «Радиотехнический», ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» (Россия, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3), yarancevakate@gmail.com.

Yarantseva Ekaterina Aleksandrovna, 4th year student, Faculty of Radio Engineering, Volga State Technological University (Russia, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3), yarancevakate@gmail.com.

Аннотация. В статье рассматриваются исследование и сравнительный анализ влияния геомагнитных возмущений в населенных пунктах, расположенных в центральной части России за 2019 год. Задачей исследований является рассмотрение состояния ионосферы Земли при помощи изучения динамики изменения вариаций полного электронного содержания во время появления солнечных вспышек и при спокойной внешней среде. В рамках работы были исследованы 9 референцных станций, местоположения которых принадлежат следующим городам: Тверь, Смоленск, Тула, Калуга, Владимир, Рязань,

Ярославль, Кострома, Иваново. В результате выполнения поставленной задачи было проведено сравнение значений вариаций полного электронного содержания для названных станций.

Abstract. The article discusses the study and comparative analysis of the influence of geomagnetic disturbances in settlements located in the central part of Russia in 2019. The objective of the research is to consider the state of the Earth's ionosphere by studying the dynamics of changes in the variations of the total electronic content during the appearance of solar flares and in a calm environment. As part of the work, 9 reference stations were investigated, the locations of which belong to the following cities: Tver, Smolensk, Tula, Kaluga, Vladimir, Ryazan, Yaroslavl, Kostroma, Ivanovo. As a result of the task, the values of the variations of the total electronic content for the named stations were compared.

Ключевые слова: вариации ПЭС, ионосфера, GPS, ГЛОНАСС, полное электронное содержание, референцные станции.

Keywords: variations of PES, ionosphere, GPS, GLONASS, full electronic content, reference stations.

В настоящее время спутниковые системы навигации представляют собой мощный и современный комплекс инструментов, с помощью которого можно провести исследования ионосферы. Также они широко используются для обеспечения навигации и позиционирования с высокой точностью для всех потребителей на любом месте и в любое время. В связи с этим обусловлена актуальность данной темы, так как из-за ионосферных неоднородностей, которые возникают в околокосмическом пространстве, наблюдаются сбои при определении координат в точке приема сигнала навигационных спутников.

Кроме сбоев в координатах были замечены проблемы пропорциональной задержки колебания группы фаз, которые вызывают ошибки в позиционировании.

Для исследования неоднородностей различных масштабов в магнитосфере используются данные спутниковых радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС, основной операцией которых является определение точных координат

приемника, которые регистрирует спутниковые сигналы. С помощью полученных сигналов можно определить пространственные параметры неоднородностей и характеристики их движения. Результаты спутниковых измерений полного электронного содержания (количества электронов в столбе единичного сечения) позволяют провести анализ активности магнитосферы, что и представлено в данной работе.

Исследования проводились по навигационным данным сети референцных станций SmartNetRussia компании Навгеоком, которая установила более 300 постоянно действующих референцных базовых станций, объединенных в сеть SmartNetRussia. В составе каждой станции имеется приемник Leica GR50 с защитным экраном и антенна Leica AS10 с защитным колпаком.



Рисунок 1 – Приемник Leica GR50

Для определения полного электронного содержания были проведены фазовые измерения на двух частотах радионавигационных сигналов. При оценке амплитуды вариаций ПЭС из временных рядов ПЭС убирался тренд нулевого порядка, связанный с фазовой неоднозначностью. После этого оставался ряд данных ПЭС, включающий тренд первого порядка, который также удалялся на следующем этапе обработки. Полученные данные разделяются по уровню возмущенности магнитного поля Земли и сезонам года. Вариации полного электронного содержания измерялись в TECU.

Для проведения анализа вариаций полного электронного содержания были отобраны станции центральной части России, принадлежащие следующим городам: Тверь (TVER), Смоленск (SMOL), Тула (TULA), Калуга (KALU), Владимир (VLDR), Рязань (RYAZ), Ярославль (YARO), Кострома (KOST),

Иваново (IVAN). На рисунке 1 представлена карта размещения референцных базовых станций, принадлежащих выбранным городам.

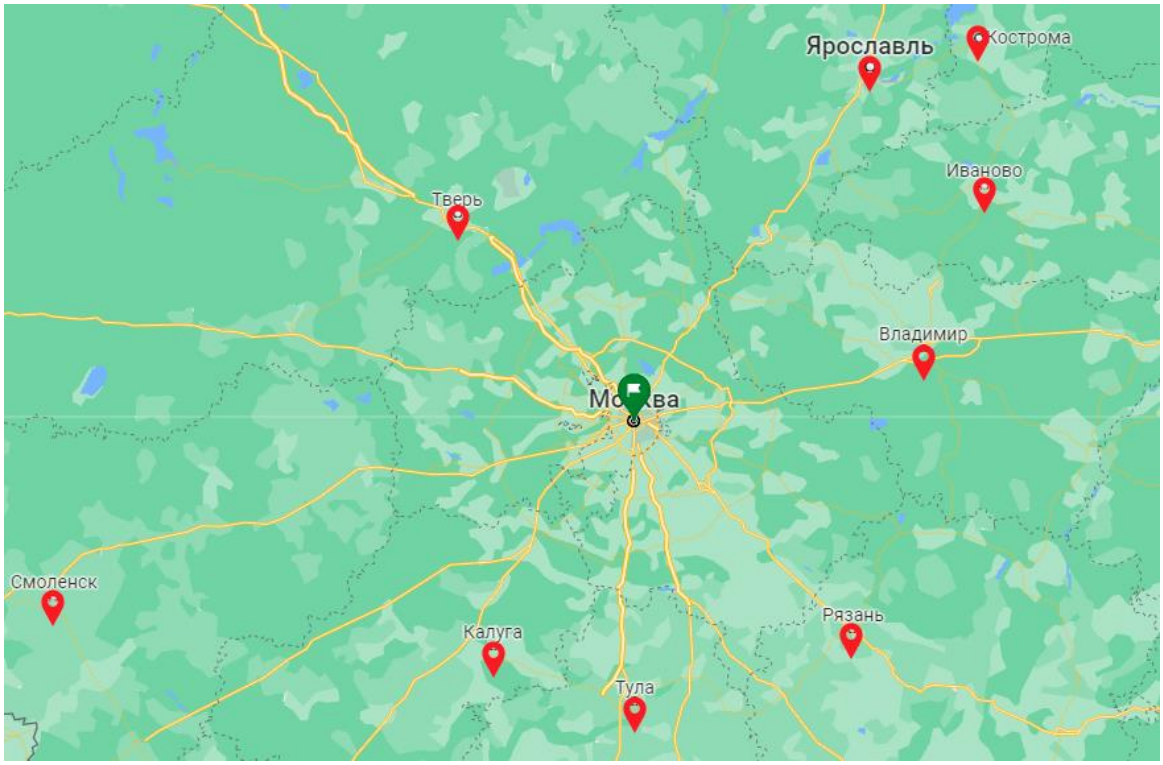

Рисунок 2 – Карта размещения референцных базовых станций

Для описания и анализа городов были получены суточные вариации в дни, сопровождающиеся солнечными вспышками, и в спокойные дни четырех сезонов 2019 года. Характеристика дней выборки производится с помощью Лаборатории рентгеновской астрономии Солнца, ФИАН.

Также был проведен анализ восприимчивости ионосферы к солнечным вспышкам. Исследования вариаций полного электронного содержания представлены в таблице 1. Опираясь на полученные данные, можно оценить степень восприимчивости населенных пунктов к геомагнитным возмущениям.

Таблица 1 – Средние величины в соотношении значений вариаций ПЭС

Название станции	Посезонные значения вариаций ПЭС, TECU				Среднее значение за год
	Зима	Весна	Лето	Осень	
TVER	1	1,8	3,6	1,9	2,075
SMOL	1,2	2,4	2,8	1,9	2,075
TULA	1,2	1,7	2,9	2	1,95
KALU	1,1	2,2	2,1	1,1	1,625
VLDR	1,2	2	2,3	1,5	1,75
RYAZ	1,1	2,1	3,1	1,7	2
YARO	1,1	1,5	3,6	1,1	1,825
KOST	1	1,9	3,3	1,1	1,825
IVAN	1	2	2	1,9	1,725
Среднее значение за сезон	1,1	1,95	2,85	1,57	

Проанализировав полученные результаты, можно увидеть, что наибольшее влияние солнечных вспышек на ионосферу происходит на станциях TVER и SMOL в соответствующих им городах Тверь и Смоленск. Наименьшее влияние замечено на станции KALU города Калуга.

Таким образом, проанализировав анализ вариаций полного электронного содержания в возбужденных условиях, а именно в дни солнечных вспышек, и в спокойные дни за 2019 год, можно сделать вывод, что наименее активной ионосфера была в зимний период, а наиболее активной – в летний период.

Литература

1. Афраймович, Э.Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли/Э.Л. Афраймович, Н.П. Перевалова. – Иркутск: Изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН. – 2006.– 480с.
2. Ясюкевич, Ю.В. Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ясюкевич Ю.В., Мыльникова А.А., Демьянов В.В., Иванов В.А., Рябова Н.В., Зуев А.В., Рябова М.И., Кислицын А.А. // Вестник

Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические инфокоммуникационные системы. – 2013.– №3.– С.18-29.

References

1. Afraimovich, E.L. GPS monitoring of the Earth's upper atmosphere/E.L. Afraimovich, N.P. Perevalova. – Irkutsk: Izd-vo GU NTS RIRS vsnts so RAMN. – 2006.– 480c.
2. Yasyukevich Yu. V. Daily dynamics of the vertical total electron content over the cities of Irkutsk and Yoshkar-Ola on GPS/GLONASS and IRI-2012 model / yasyukevich Yu. V., Mylnikov A. A., Demyanov V. V., Ivanov V. A., Ryabova N. In., Zuev, A. V., Ryabov M. I., Kislitsyn A. A. // Vestnik of Volga state University of technology. Ser.: Electronic information and communication systems. - 2013.- No. 3.- pp.18-29.

© Яранцева Е.А., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.

Для цитирования: Яранцева Е.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РОССИИ ПО ДАННЫМ 2019 ГОДА// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.