ИССЛЕДОВАНИЕ ПОШИРОТНОГО ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

INVESTIGATION OF THE LATITUDINAL INFLUENCE OF GEOMAGNETIC CONDITIONS ON THE QUALITY OF THE TRANS-IONOSPHERIC CHANNEL IN THE SETTLEMENTS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

УДК 523.985.3

Зуев А.В., кандидат технических наук, доцент кафедры «Радиотехники и связи» Поволжский государственных технологический университет, Россия, г. Йошкар-Ола

Яранцева Е.А., студент 3 курс, факультет «Радиотехнический», Поволжский государственных технологический университет, Россия, г. Йошкар-Ола

Zuev, A. V., yarantcevakate@gmail.com

E. A. Yarantsev, yarantcevakate@gmail.com

Аннотация

Данная работа заключает в себе исследование и сравнительный анализ вариаций полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы Земли над территорией экспериментальных станций, расположенных в европейской части России, с учетом влияния географической широты и уровня возмущенности ионосферы. Задача исследования состоит в рассмотрении состояния ионосферы с помощью изучения динамики изменения вариаций ПЭС при спокойной внешней среде и в случае появления магнитных бурь. Исходя из поставленной задачи, было проведено сравнение значений вариаций ПЭС для определенных станций.

Annotation

This work includes a study and a comparative analysis of variations in the total electron content (TEC) of the Earth's ionosphere over the territory of experimental stations located in the European part of Russia, taking into account the influence of latitude and the level of disturbance of the ionosphere. The objective of the study is to consider the state of the ionosphere by studying the dynamics of changes in TEC variations in a calm environment and in the event of magnetic storms. Based on the set task, a comparison of the TEC variation values for certain stations was carried out.

Ключевые слова: ионосфера; полное электронное содержание; GPS; ГЛОНАСС.

Key words: ionosphere; complete electronic content; GPS; GLONASS.

В настоящее время навигационные системы представляют собой мощный и современный комплекс инструментов, при помощи которого можно исследовать ионосферу. В связи с этим обусловлена актуальность данной темы, поскольку из-за ионосферных неоднородностей, возникающих в околокосмическом пространстве, происходят сбои при определении координат в точке приема сигнала навигационных спутников.

Кроме сбоя в координатах замечены и такие проблемы, как пропорциональные задержки колебания группы фаз, которые вызывают ошибки в позиционировании. Ведь из-за геовозмущенного состояния ОКП становится сложнее предугадать состояние ионосферы.

В нынешнее время проблематично найти наиболее эффективный метод исследования солнечной активности и ее влияния на ионосферу, поскольку возбужденные условия ее сказываются на здоровье человека и провоцируют различные заболевания.

Цель работы – экспериментальная оценка влияния магнитных бурь на качество трансионосферного канала связи.

Методика проведения. Для определения ПЭС проводились 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 ПЭС измерялись в TECU.

Полученные данные приемников сети подразделялись по уровню возмущенности магнитного поля Земли и сезонам года. Степень возмущенности магнитного поля определялась по величине Кр-индекса. Этот индекс вычисляется по данным Физического института РАН, представленным для общего пользования на официальном сайте института. Магнитоспокойными днями считались те, для которых Кр-индекс не превышал 3. Данные относились к магнитной буре, если Кр> 5.

Описание эксперимента. 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 и антенна Leica AS10

Референцные станции расположены таким образом, чтобы расстояние между ближайшими из них не было более 70 км: это необходимо для более точных измерений по всей территории покрытия сети SmartNetRussia. Стоит отметить высокий процент бесперебойной работы данного сервиса – 99,8%.

Собранные с референцных станций данные отправляются на серверы, функционирующие под эгидой программного комплекса Leica GNSS Spider.

Одной из задач исследования был анализ данных, полученных для территорий над населенными пунктами, входящими в европейскую часть России при использовании основных методов зондирования ионосферы сигналами навигационных систем GPS/ГЛОНАСС.

Для проведения анализа был отобран 31 населенный пункт таким образом, чтобы провести в дальнейшем их поширотный анализ.

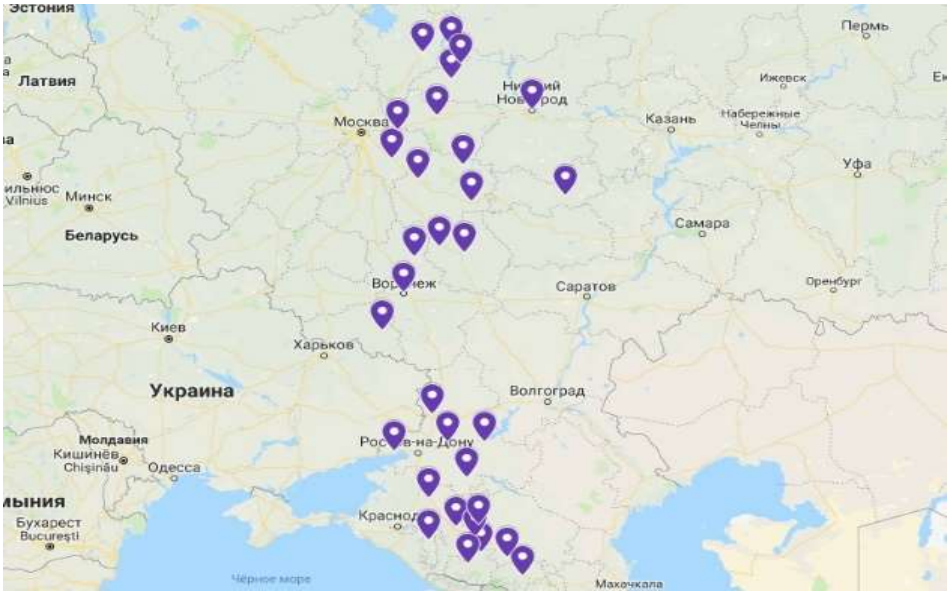

Рисунок 2 – Схема размещения референцных базовых станций

Станции подразделены на группы с близкими по значению координатами долготы для дальнейшего анализа.

Для описания и анализа вариаций городов были получены суточные вариации при спокойных днях и магнитных бурях четырех сезонов 2017 года. Характеристика дней выборки производилась при помощи Лаборатории рентгеновской астрономии Солнца, ФИАН.

Проведен анализ восприимчивости ионосферы к магнитным бурям. Исследования вариаций ПЭС на разных широтах при спокойном и возбужденном состояниях представлены в таблице 1. На основе этих данных можно оценить, какие населенные пункты в большей или меньшей степени восприимчивы к геомагнитным возмущениям.

Таблица 1 – Средние величины в соотношении значений вариаций ПЭС в дни магнитных бурь и спокойных дней для разных широт и сезонов 2017 года

Широта (в градусах)	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднее значение за год буря/ спокойный день
43°	1	1.9	1	2.2	1,52
44°	1	1.6	1	1.3	1,22
45°	1.3	1.2	1	1.3	1,2
46°	1.1	1.5	1	1.5	1,27
47°	1.1	1.2	1.1	1.2	1,15
48°	1	1.5	1	2	1,37
50°	1	1.5	1.1	2.3	1,47
51°	1.1	1.8	1.1	1.6	1,4
52°	1.1	2.1	1.1	1.5	1,45
54°	1.1	2	1.1	2.1	1,57
55°	1	1.9	1	1.6	1,37
56°	1.1	2.5	1.1	3.6	2,07
57°	1	2.7	1.3	2	1,75
Среднее значение за сезон	1,06	1,8	1,06	1,86	

Интерпретация результатов. Проанализировав анализ вариаций ПЭС в возбужденных условиях, а именно в дни магнитных бурь, показал, что наименьшую активность ионосфера проявляет в весенний период, а в дни с магнитными бурями – в зимний период на широте 45 градуса.

Проанализировав широтные зависимости максимальных значений ПЭС ионосферы в сутки за 2017 г., было замечено, что наибольшее влияние магнитных бурь на ионосферу происходит на широте 56 градусов в городе Владимир, а наименьшее влияние – на широте 45 градуса в селе Кочубеевское.

Таким образом, посезонный анализ вариаций ПЭС показал, что наименее активной ионосфера была в зимний период, а наиболее – в осенний период.

Использованные источники:

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 и инфокоммуникационные системы. – 2013.- №3.- С.18-29.

Sources used:

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., Ryabov M. I., Kislitsyn A. A. // Vestnik of Volga state University of technology. Ser.: Radio engineering and information communication system. - 2013. - No. 3. - p. 18-29.