

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЫ НА СНЧ СИГНАЛ, СГЕНЕРИРОВАННЫЙ НАЗЕМНЫМ ПРОТЯЖЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ ЗЕВС И ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ, НА НИЗКООРБИТАЛЬНОМ СПУТНИКЕ CSES**

**Н. В. Савельева<sup>1, \*</sup>, В. А. Пилипенко<sup>1</sup>, Н. Г. Мазур<sup>1</sup>, Е. Н. Федоров<sup>1</sup>, Шуфань Жао<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта, Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2</sup>Национальный Космический Центр, Пекин, Китай

\*E-mail: nasa2000@yandex.ru

---

В докладе представлены результаты эксперимента, в котором в качестве источника излучения использована российская установка ЗЕВС, расположенная на Кольском полуострове, к юго-востоку от Мурманска, а в качестве приемника излучения – оборудование, установленное на китайском геофизическом научном спутнике CSES. Установка ЗЕВС состоит из двух горизонтальных проводников длиной ~ 60 км, проложенных на расстоянии ~ 1 км, и генераторов, которые создают в проводниках переменный ток частотой 82 Гц и силой в 200-300 А. Длина излучаемых ЗЕВС волн составляет 3658.5 км, что по масштабам сопоставимо с размерами тектонических плит коры Земли. Таким образом, ЗЕВС может имитировать естественное излучение, генерируемое до и во время катастрофических сейсмических процессов. В предыдущих работах была показана возможность прохождения СНЧ излучения через ионосферу, разработана теоретическая модель, которая позволяет рассчитать пространственную структуру электромагнитного поля протяженного источника СНЧ волн в верхней ионосфере, с учетом ее вертикально-неоднородной структуры. Данные о вертикальных профилях параметров ионосферы были рассчитаны с помощью модели *IRI*. На основании численного моделирования были получены зависимости амплитуды трех компонентов электромагнитного поля в верхней ионосфере в зависимости от расстояния от вертикали надисточником излучения. Расчеты показывают, что амплитуды вертикальных компонентов электрического и магнитного полей, направленных вдоль линий магнитного поля, малы по сравнению с горизонтальными. Горизонтальные компоненты примерно равны по величине, т.е. должна наблюдаться круговая поляризация излучения. Амплитуды горизонтальных компонент относительно медленно спадают при удалении от источника. Для генерации сигнала, который можно зарегистрировать на спутнике с высотой орбиты 400–500 км, достаточно создать в проводнике силу тока в 135 А. Обнаружение сигнала проводилось с помощью научного оборудования китайского спутника CSES, который был запущен 2 февраля 2018 года. Детектор электрического поля EFD измеряет вектор электрического, индукционный магнитометр SCM измеряет вектор переменного магнитного поля, а высокоточный детектор НРМ измеряет вектор геомагнитного поля, данные которого были использованы для расчета матрицы перехода в систему координат, в которой вертикальная ось *Z* направлена вдоль линий магнитного поля Земли. Когда спутник находился на расстоянии 400–600 км от ЗЕВС, EFD и SCM зарегистрировали узкополосное излучение на частоте 82 Гц. В магнитной составляющей отмечено присутствие гармоник сигналов от других протяженных источников, такие как обычные ЛЭП, на частотах 50/60 и 100/120 Гц соответственно. Были проведены оценки амплитуд для сигнала 50 Гц. Таким образом, показана практическая возможность дистанционного обнаружения отклика верхней ионосферы на СНЧ излучение, испускаемое протяженным наземным источником. В естественной среде подобное СНЧ излучение предположительно возникает при смещении, напряжении литосферных плит и сопровождается катастрофические землетрясения. Результаты исследования могут быть применены при разработке методов обнаружения аномального СНЧ излучения, предвещающего катастрофические землетрясения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-17-00125).*

## **DETECTION OF THE UPPER IONOSPHERE RESPONSE TO ELECTROMAGNETIC ULF RADIATION, GENERATED BY THE GROUND-BASED EXTENDED SOURCE ZEVS AND POWER TRANSMISSION LINES, BY LOW-ORBIT SATELLITE CSES**

**N. V. Savelyeva<sup>1, \*</sup>, V. A. Pilipenko<sup>1</sup>, N. G. Mazur<sup>1</sup>, E. N. Fedorov<sup>1</sup>, Zhao Shufan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Schmidt Institute of Physics of the Earth of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>National Space Center, Běijīng, China

\*E-mail: nasa2000@yandex.ru