

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОВУЛКАНИЧЕСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ АНОМАЛИЙ, СГЕНЕРИРОВАННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЕМ ВУЛКАНА ХУНГА-ТОНГА-ХУНГА-ХААПАЙ 15 ЯНВАРЯ 2022 Г., НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ И СМЕЖНЫМИ РАЙОНАМИ

**Болсуновский М.А.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток  
bolsunovsky.ma@poi.dvo.ru*

15 января 2022 года в 04:02 UTC произошло взрывное извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай, вызвавшее различные волновые возмущения в тропосфере и ионосфере Земли, распространявшиеся на большие расстояния. Одними из таких возмущений являлись ковулканические ионосферные аномалии, зафиксированные в различных регионах планеты.



Рис. 1. Расположение ГНСС-станций относительно вулкана Хунга-Тонга. Треугольник – вулкан; красные точки – ГНСС-станции.

Поиск и исследование ионосферных возмущений над территорией Приморского края и смежными районами был выполнен с использованием данных двухчастотных ГНСС-приемников, входящих в сеть IGS, и приемников, расположенных на территории Приморского края (рис. 1). Для обработки использовались данные сигналов спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Данные по станциям IGS были взяты из информационной системы данных о динамике земной коры CDDIS [1]. Высота слоя максимальной ионизации на момент извержения составила 306 км [2].

Вариации «наклонного» полного электронного содержания (ПЭС) были рассчитаны в программном обеспечении tec-suite [3]. Ряды «наклонного» ПЭС были преобразованы в «вертикальные» значения и отфильтрованы методом скользящего среднего (в диапазонах 1-10 мин и 10-60 мин) в программном обеспечении Viewtecs. По полученным рядам данных были построены диаграммы дальность-время и графики волновых форм вариаций ПЭС.

На диаграммах дальность-время за 15 января 2022 г., построенных по данным в диапазоне периодов 10-60 мин были обнаружены интенсивные вариации ПЭС, прослеживающиеся от вулкана и до расстояний свыше 10 тыс. км от него (рис. 2). На рис. 3 показаны примеры вариаций ПЭС зафиксированные в день извержения (а также за день до и после него) над территорией Приморского края. Средняя амплитуда обнаруженных ковулканических возмущений ПЭС составила  $\sim 1,0$  TECU.

В таблице 1 приведены значения скоростей распространения ковулканических возмущений ПЭС, определенных по диаграмме дальность-время за 15.01.2022 г.

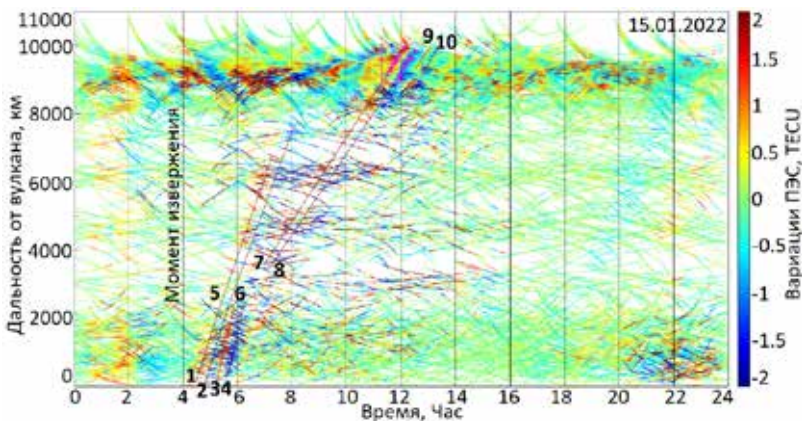


Рис. 2. Диаграмма дальность-время за 15.01.2022 г. Прямыми линиями и цифрами обозначен волновой фронт соответствующих ионосферных возмущений

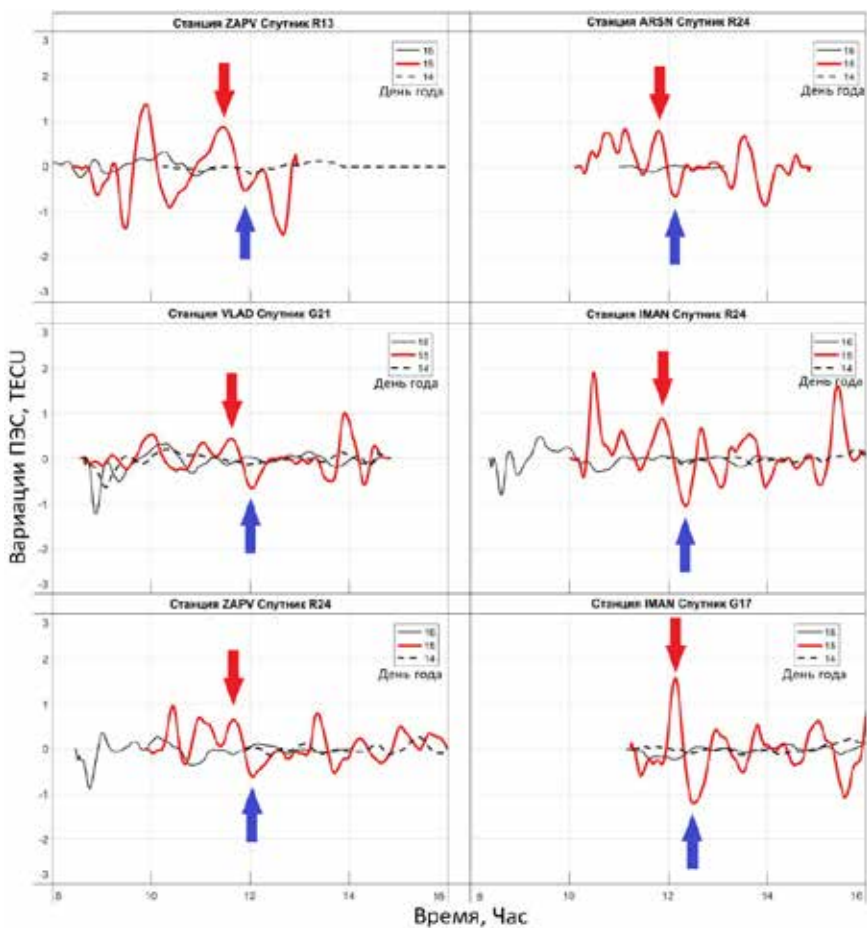


Рис. 3. Волновые формы вариаций ПЭС за период 14-16 января 2022 г.

Таблица 1. Скорости распространения ковулканических возмущений ПЭС.

Номер возмущения	Скорость
1-2	690-750 (~720) м/с
3-4	940-950 (~950) м/с
5-6	610-640 (~630) м/с
7-8	320-360 (~340) м/с
9-10	320-340 (~330) м/с

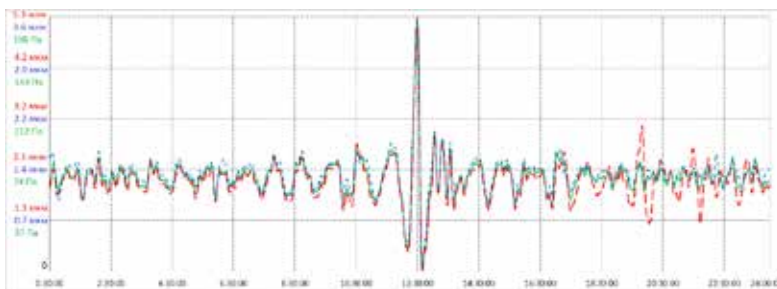


Рис. 4. Отфильтрованные фрагменты записи НБ и ДФ за 15 января 2022 г. Красным цветом показаны данные ДФ ориентированного по компоненте «север-юг»; синим – ДФ ориентированного по компоненте «запад-восток»; зеленым – данные НБ.

Также были проанализированы данные лазерного нанобарографа (НБ) и двух лазерных деформографов (ДФ), расположенных на мысе Шульца. На рис. 4 показаны вариации атмосферного давления (НБ) и смещения участков верхнего слоя земной коры (ДФ). Была обнаружена задержка между моментами фиксации возмущений в тропосфере и ионосфере. Разность моментов фиксации возмущений в тропосфере и ионосфере для максимума составила  $\sim 50$  мин, для минимума  $\sim 30$  мин.

Выражаем нашу благодарность в получении ГНСС-данных по используемым в анализе ГНСС-станциям на территории Приморского края АО «ПРИН», ООО «АЭРОФОТОПРОМ», ИПМ ДВО РАН и ДВФУ. Выражаем нашу благодарность научному сотруднику ИСЗФ СО РАН, кандидату физ.-мат. наук Сергею Викторовичу Воейкову, за предоставление программного обеспечения Viewtects.

Работа выполнена в рамках госбюджетных тем «Разработка системы климатического мониторинга дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана на основе мультиплатформенных наблюдений и оперативного гидродинамического моделирования».

### Литература

1. The Crustal Dynamics Data Information System (CDDIS). [Электронный ресурс]. URL: <https://cddis.nasa.gov/index.html>.
2. International Reference Ionosphere - IRI (2016). [Электронный ресурс]. URL: <https://kuaui.ccmc.gsfc.nasa.gov/instrun/iri>.
3. GNSS lab. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnss-lab.org/>.