

## ВЛИЯНИЕ АКУСТИКО-ГРАВИТАЦИОННОЙ ВОЛНЫ ОТ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ТОНГА 15 ЯНВАРЯ 2022 ГОДА НА АМПЛИТУДНО-ФАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ СДВ ПЕРЕДАТЧИКОВ

Ю.В. Поклад, Б.Г. Гаврилов, В.М. Ермак, В.С. Лобанова, И.А. Ряховский, А.И. Сапунова

Институт динамики геосфер имени ак. Садовского М.А. РАН, 119334, Ленинский проспект, 38, корпус 1, Москва, Россия  
E-mail: poklad@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты регистрации вариаций амплитуды и фазы сигналов СДВ передатчиков, принятых в геофизической обсерватории «Михнево» (37.763E 54.961N) ИДГ РАН и обсерватории «Ульяновка» (20.205E 54.601N) Калининградского филиала ИЗМИРАН вызванных прохождением акусто-гравитационной волны от извержения вулкана Тонга 15 января 2022 года. Показано, что акусто-гравитационная волна оказывает влияние на параметры сигналов СДВ диапазона. Скорость распространения акусто-гравитационной волны составила 270–280 м/с.

**Ключевые слова:** ионосфера; распространение радиоволн; акусто-гравитационная волна

## INFLUENCE OF THE ACOUSTIC-GRAVITY WAVE FROM THE ERUPTION OF TONGA VOLCANO ON JANUARY 15, 2022 ON THE AMPLITUDE-PHASE CHARACTERISTICS OF VLF TRANSMITTER SIGNALS

Yu.V. Poklad, B.G. Gavrilov, V.M. Ermak, V.S. Lobanova, I.A. Ryakhovskiy, I.A. Sapunova

**Abstract.** The paper presents the results of recording variations in the amplitude and phase of VLF transmitter signals received at the Mikhnevo Geophysical Observatory (37.763E 54.961N) of the Institute of Geophysical Geophysics of the Russian Academy of Sciences and the Yl'yanovka Observatory (20.205E 54.601N) of the Kaliningrad Branch of the Institute of Geophysical Research and Nuclear Physics of the Russian Academy of Sciences caused by the passage of an acoustic-gravity wave from the eruption of the Tonga volcano on January 15, 2022. It is shown that the acoustic-gravity wave affects the parameters of the VLF signals. The propagation speed of the acoustic-gravity wave was 270–280 m/s.

**Keywords:** ionosphere; radio wave propagation; acoustic-gravity wave

### Введение

КНЧ/ОНЧ излучение распространяется в волноводе Земля – ионосфера. Верхней стенкой этого волновода в ночное время является верхняя граница D-слоя – нижняя граница E-слоя ионосферы. Характерная высота отражения радиосигналов составляет 80-90 км. Изменение высотного профиля электронной концентрации на этих высотах приводит к вариациям параметров сигналов КНЧ/ОНЧ диапазона. Одним из факторов, которые могут вызывать эти изменения являются акусто-гравитационные волны. Величина возмущений амплитуды и фазы ОНЧ сигналов зависит от множества факторов, таких как частота сигнала, длина трассы, интерференция различных мод в точке приема. В данной работе рассмотрены вариации амплитуды и фазы ОНЧ сигналов от Европейских СДВ передатчиков принятых в обсерваториях «Михнево» ИДГ РАН и «Ульяновка» Калининградского филиала ИЗМИРАН, вызванных прохождением акусто-гравитационной волны от взрывного извержения подводного вулкана Тонга 15 января 2022 года, которое началось в 04:15 UT.

### Экспериментальные результаты.

В ГФО «Михнево» начиная с 2014 года, и в обсерватории «Ульяновка» Калининградского филиала ИЗМИРАН, начиная с 2021 года, ведется мониторинг сигналов СДВ передатчиков [1]. В качестве датчиков используются магнитометры MFS-07 фирмы «Metronix» и рамочные антенны «Плутон». Регистрация ведется в частотном диапазоне до 60 кГц, в качестве логгера используется регистратор ADU-07e фирмы «Metronix». Амплитуда и фаза несущей частоты передатчика рассчитываются с шагом 1 секунда.

Взрыв подводного вулкана Хунга Тонга-Хунга Хаапай ( $20^{\circ}34'$  ю.ш.,  $175^{\circ}22'$  з.д.) в юго-западной части Тихого океана произошел в 15 января 2022 года в 04:14:45 UT. Это, по-

видимому, было крупнейшее извержение вулкана в этом столетии. Извержение вызвало цунами, гигантскую грозовую активность и генерацию мощных атмосферных волн [2].

На рис. 1 показана карта расположения приемников и передатчиков. Данные передатчики были выбраны, поскольку трассы распространения сигналов от них максимально проходят максимально близко к дуге малого круга проходящей через передатчик или приемник. При таком взаимном расположении возмущение накрывает трассу распространения сигнала практически одновременно.

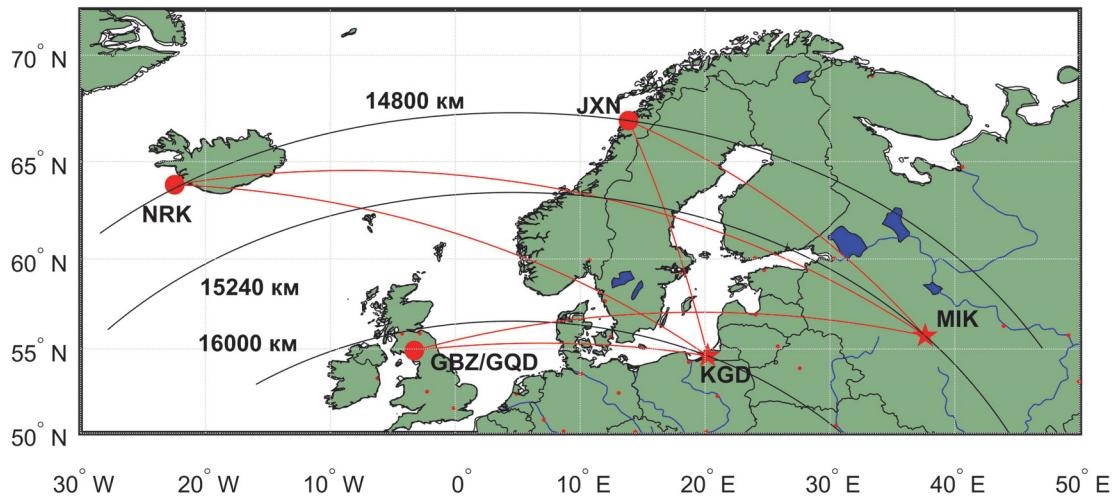


Рис. 1. Карта расположения приемников и передатчиков. Красными линиями показаны трассы распространения радиосигналов. Серыми линиями показаны дуги малого круга на расстояниях 14800, 15240 и 16000 км от вулкана Тонга

На рис. 2 приведены вариации амплитуды и фазы сигналов от передатчиков JXN и NRK, принятые в геофизической обсерватории «Михнево». Вертикальными линиями показано время прихода возмущения к передатчикам и приемнику при скорости распространения 286 м/с. Видно, что в это время начинаются заметные возмущения амплитуды и фазы сигналов. Так же следует отметить сильное возмущение фазы сигнала передатчика NRK начавшееся в 21:10 UT.

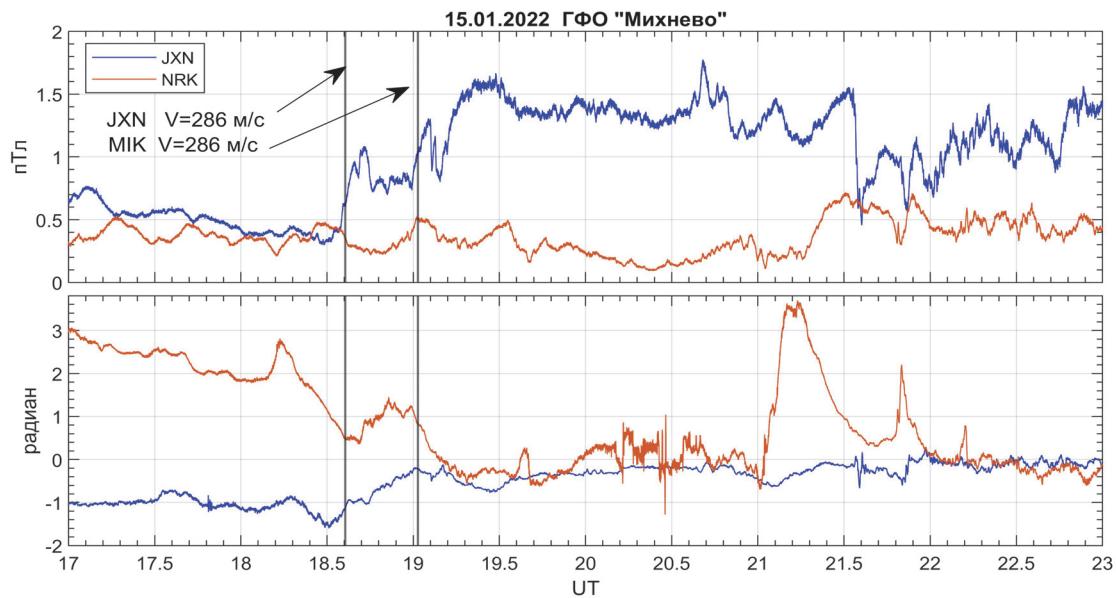


Рис. 2. Вариации амплитуды и фазы сигнала от передатчиков JXN и NRK принятые в обсерватории «Михнево» 15.01.2022 г.

На рис. 3 приведены вариации амплитуды и фазы сигналов от передатчиков GBZ и GQD, принятые в обсерватории «Ульяновка» Калининградского филиала ИЗМИРАН. Данные

передатчики расположены практически в одной точке – расстояние между ними не превышает 40 км. Вертикальными линиями показано время прихода возмущения к передатчикам и приемнику при скорости распространения 286 м/с. Видно, что в это время также присутствуют слабые возмущения амплитуды и фазы сигналов.

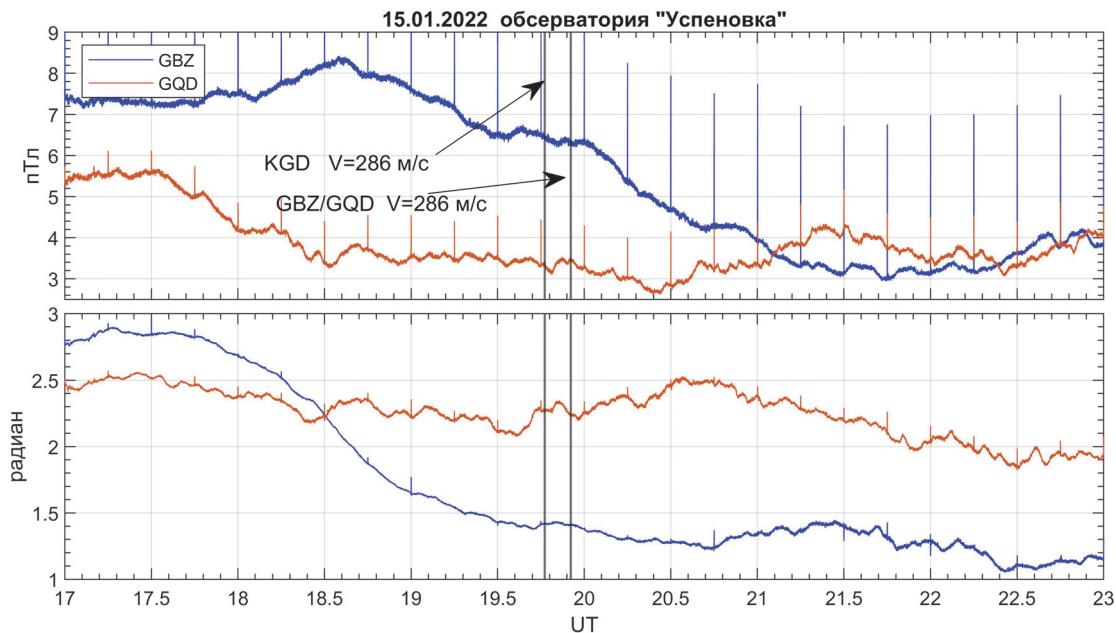


Рис. 3. Вариации амплитуды и фазы сигнала от передатчиков GBZ и GQD принятые в обсерватории «Ульяновка» 15.01.2022 г.

#### Обсуждение результатов и выводы

Скорости акусто-гравитационных волн составляли от 240 до 275 м/с [3]. В работе [4] показано, что скорость распространения возмущений геомагнитного поля от АГВ составляет 263 м/с. Наша скорость хоть и близка к этим скоростям, но все же превышает их. Возможно, возмущение связано с волной Лэмба. Время прихода волны Лэмба в ГФО «Михнево» - 18:15 UT. Возмущение фазы передатчика NRK в 21:10 может быть связано с распространением АГВ со скоростью 243 м/с.

#### Благодарности

Работа выполнена по госзаданию № 122032900175-6.

#### Список литературы

1. Ryakhovsky I.A., Gavrilov B.G., Bekker S.Z., Poklad Yu.V., Ermak V.M. The State and Dynamics of the Ionosphere from Synchronous Records of ULF/VLF and HF/VHF Radio Signals at Geophysical Observatory “Mikhnevo” IZVESTIYA-PHYSICS OF THE SOLID EARTH. – 2021. – Vol. 57. – No. 5. – P. 718–730. <https://doi.org/10.1134/S1069351321050177>.
2. Matoza, R., Fee, D., Assink, J., Iezzi, A., Green, D., Kim, K., Wilson, D. (2022, 302 05). Atmospheric waves and global seismoacoustic observations of the january 2022 hunga eruption, tonga. Science, 377. <https://doi.org/10.1126/science.abo7063>.
3. Wright, C.J., Hindley, N.P., Alexander, M.J. et al. Surface-to-space atmospheric waves from Hunga Tonga-Hunga Ha’apai eruption // Nature. – 2022. – 609. – P. 741–746. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05012-5>.
4. B.G. Gavrilov, Yu.V. Poklad, I.A. Ryakhovsky, V.M. Ermak, N.S. Achkasov, E.N. Kozakova Global electromagnetic disturbances caused by the eruption of the Tonga volcano on January 15, 2022 // Journal of Geophysical Research Atmospheres. – 2022. – Vol. 127. – P. e2022JD037411. <https://doi.org/10.1029/2022JD037411>.