

Особенности регистрации ионосферного отклика на землетрясение 13 ноября 2016 года в Новой Зеландии

Ишин Артем Борисович^{1*},
Воейков Сергей Викторович²,
Ишина Татьяна Витальевна³

GEONET Новая Зеландия (13 ноября 2016 г.)

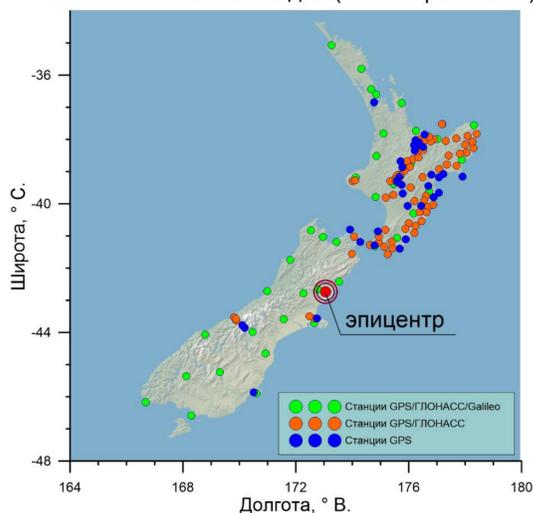


Рисунок 1. Сеть постоянно действующих станций в Новой Зеландии

Условия эксперимента и методы обработки данных

В этот день в регионе было зарегистрировано несколько десятков сейсмических событий. Особый интерес представляет толчок магнитудой 7.8 баллов, произошедший в 11:02:56 UT в точке с координатами (42.737°S; 173.054°E) (рис. 1). Этот случай интересен прежде всего тем, что вокруг эпицентра ЗТ находится новозеландская сеть GEONET наземных постоянно действующих приемников ГНСС (<https://www.geonet.org.nz>). Таким образом, данное ЗТ представляется перспективным для выявления пространственных особенностей распространения ионосферного отклика. Геомагнитные условия были умеренными: наибольшее значение индекса Кр составило 4-, а Dst изменялся в пределах от -15 до -25 нТл. Действующие в новозеландской сети приемники регистрируют ионосферные параметры 1 раз в 30 секунд. В составе сети 13 ноября функционировали: 37 станций GPS, 74 станции GPS/ ГЛОНАСС, 39 станций GPS/ГЛОНАСС/Galileo (рис. 1). Обработке подверглись данные всех действующих станций. Для всех лучей «спутник-приемник» были получены ряды полного электронного содержания (ПЭС) по фазовым измерениям на двух несущих частотах. Указанные ряды фильтровались в диапазоне периодов 2-20 минут. Таким образом для каждого луча «спутник-приемник» на карту была нанесена ионосферная точка, т.е. точка пересечения луча с условной тонкой ионосферой на выбранной высоте (в данной работе 300 км) (рис. 2). При этом цвет ионосферной точки соответствовал текущему значению отфильтрованных вариаций ПЭС.

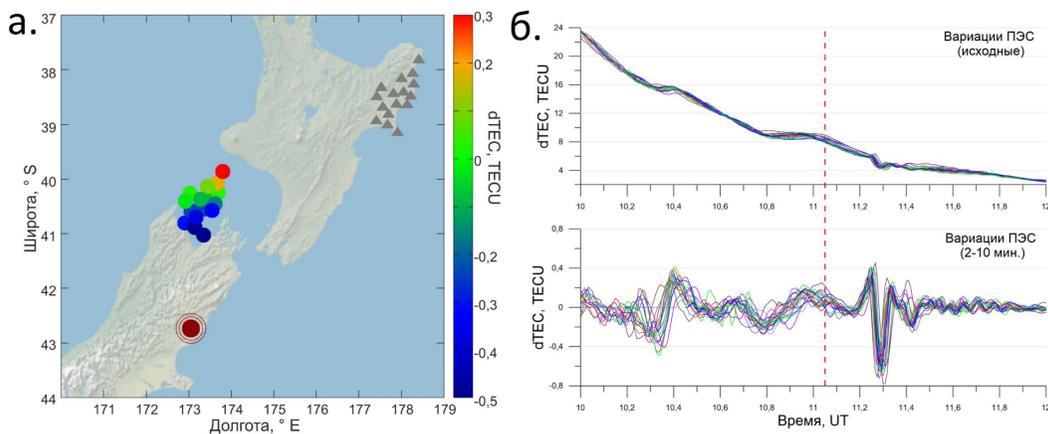


Рисунок 3. Положение станций (серые треугольники) и ионосферных точек для спутника GPS PRN21 (левая панель). Соответствующие исходные и отфильтрованные ряды ПЭС (правая панель)

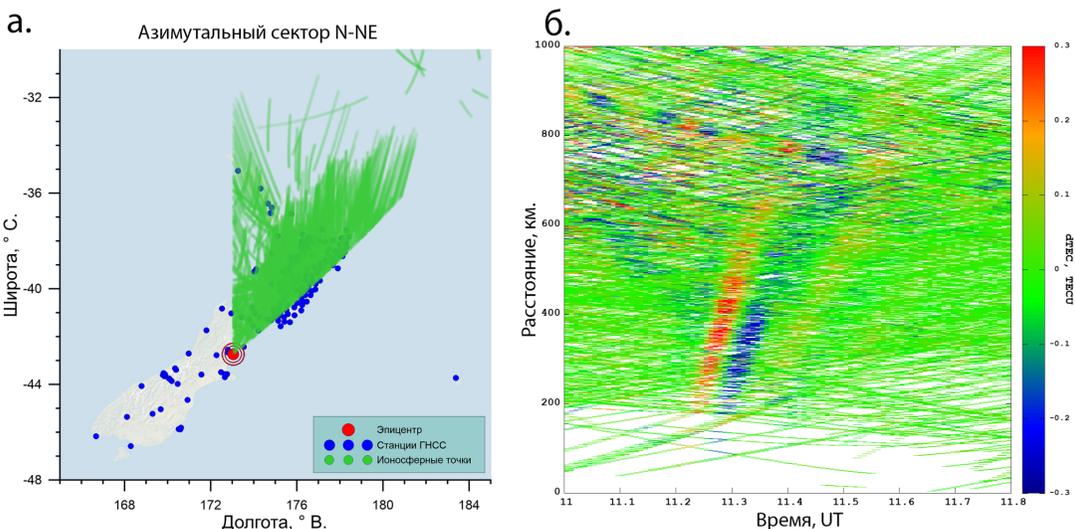


Рисунок 4. Карта ионосферных точек, которые наблюдались в северо-северо-восточном секторе с 11:00 до 11:48 UT (панель а), и соответствующая этим точкам диаграмма «дальность-время».

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-05-00889). Авторы выражают благодарность Переваловой Н.П. за плодотворное обсуждение результатов работы, а также сотрудником новозеландской сети Geonet (<https://www.geonet.org.nz>) за предоставление данных ГНСС приемников.

* Ишин Артем Борисович, e-mail: ishin.artem@yandex.ru

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет
²Институт солнечно-земной физики СО РАН
³Иркутский государственный университет путей сообщения



Введение

Сети наземных постоянно действующих станций глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) являются очень распространенным и востребованным инструментом изучения ионосферных эффектов на различные воздействия. Большое число статей, посвященных изучению отклика на одно только землетрясение (близ Японии в 2011 году [например: Occhipinti G., Rolland L., Lognonné P., Watada S. From Sumatra 2004 to Tohoku-Oki 2011: The systematic GPS detection of the ionospheric signature induced by tsunamigenic earthquakes // J. Geophys. Res. 2013 V. 118. I. 6. P. 3626-3636 или Jin S., Jin R., Li J.H. Pattern and evolution of seismo-ionospheric disturbances following the 2011 Tohoku earthquakes from GPS observations // J. Geophys. Res. 2014 V. 119. I. 9. P. 7914-7927] является показателем эффективности применения ГНСС радиозондирования. При этом каждое ЗТ является в своем роде уникальным событием. Настоящая работа посвящена анализу данных наземных приемников ГНСС для обнаружения и определения параметров ионосферных эффектов над территорией Новой Зеландии во время ЗТ 13 ноября 2016 г. (рис. 1).

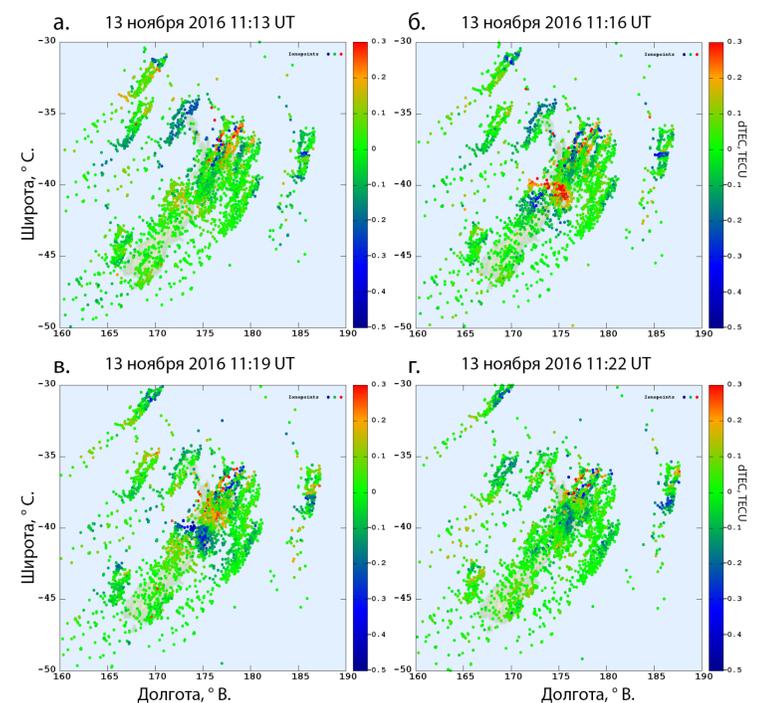


Рисунок 2. Динамика возмущений ПЭС

Результаты

В результате были получены карты вариаций ПЭС, демонстрирующие динамику ионосферных возмущений с шагом в 30 секунд. При анализе карт было обнаружено, что первые признаки отклика на ЗТ появились спустя 10 минут после толчка (рис. 2а). Спустя 13-16 минут отчетливо наблюдается возмущение, состоящее из положительной и отрицательной полуволн (рис. 2б-в) и распространяющееся только в северо-северо-восточном азимутальном секторе.

На рис. 3 представлены исходные и отфильтрованные ряды ПЭС для ионосферных точек спутника 21 системы GPS, которые находились в области наблюдения отклика на ЗТ. Положение этих ионосферных точек дано на рис. 3а. Видно, что возмущение имеет характерную для откликов на ЗТ форму N-волны (рис. 3б). Амплитуда отклика составляет 0.5 TECU.

Для определения скорости возмущения были построены диаграммы «дальность-время» для разных азимутальных секторов. На рис. 4 представлено положение ионосферных точек с 11:00 до 11:48 UT в азимутальном секторе 0-45° (панель а) и значение вариаций ПЭС на соответствующих лучах в координатах «дальность-время». На диаграмме хорошо прослеживается положительная (красная) и отрицательная (синяя) полуволны возмущения. По наклону линии возмущения была определена скорость распространения, которая составила примерно 1000 м/с.

Выводы

1. По данным полного электронного содержания с ГНСС приемников обнаружен отклик на землетрясение 13 ноября 2016 года. Возмущение представляет собой N-волну, длительностью около 8 минут.

2. Обнаружена анизотропия возмущений относительно положения источника. В северо-восточном направлении регистрируются возмущения амплитудой 0.2-0.7 TECU, тогда как в остальных направлениях возмущения не регистрируются вовсе.

3. Определена видимая скорость возмущения, которая составила примерно 1000 м/с.