

Отклики параметров электромагнитного поля на землетрясения на КГО Карымшина, Камчатка

КАСИМОВА В. А.¹, ПОТАНИН М. Е.¹, БЕРСЕНЁВА Н. Ю.²

¹Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

²Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
e-mail: vika@emsd.ru, geofizik@emsd.ru, nataberskam@gmail.com

Введение. Физические поля, регистрируемые на земной поверхности, могут отражать межгеосферные взаимодействия, в которых реализуются связи между процессами, протекающими в твердых оболочках Земли и в ее верхних геосферах [1, 4]. Изучение динамики такого взаимодействия, включая эффекты подготовки и реализации сильных землетрясений, является одной из фундаментальных задач в науках о Земле [например, 3, 5, 8].

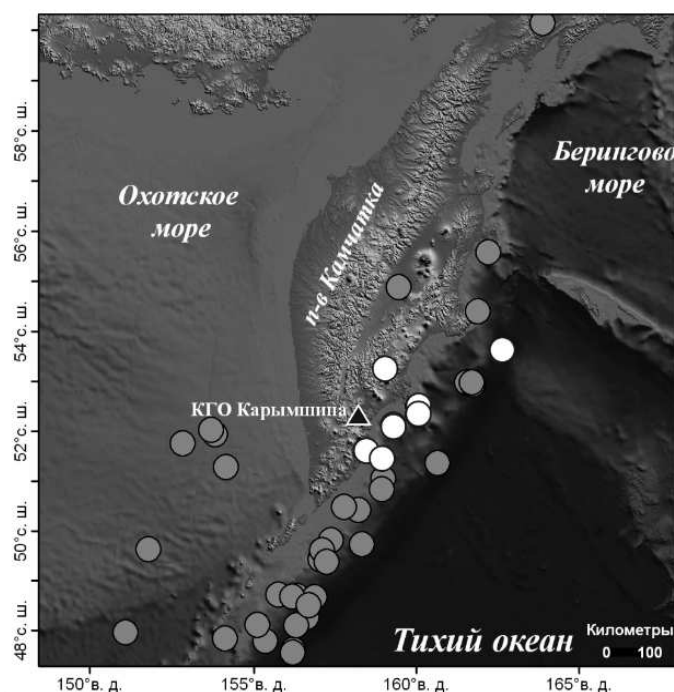


Рис. 1. Схема расположения КГО Карымшина и эпицентров землетрясений с $K_s \geq 12.0$, произошедших с 01.09.2014 по 31.03.2016 гг. Светлыми кружками показаны землетрясения (табл.), которые сопровождались откликами параметров электромагнитного поля.

На Камчатке в 1999 г. была создана Российско-Японская комплексная геофизическая обсерватории (КГО) “Карымшина” (52.827° с.ш., 158.132° в.д.) (рис. 1). Камчатским филиалом Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) здесь проводятся различные виды наблюдений, в т. ч. сейсмические, геомагнитные, электротеллурические и метеорологические. Состав проводимых наблюдений позволяет использовать получаемые данные для анализа их взаимосвязей в рамках представлений о единой геофизической системе.

В работе приводятся первые результаты наблюдений за вариациями компонент геомагнитного и электротеллурического полей на КГО “Карымшина” во время местных землетрясений в сопоставлении с сейсмическими сигналами. Показано, что во время некоторых землетрясений наблюдаются синхронные вариации параметров, зарегистрированные магнитометром-вариометром и системой измерений электротеллурических потенциалов. Сигналы, вызванные землетрясениями, проявлялись в записях магнитометра-вариометра

и в изменениях разностей электротеллурических потенциалов синхронно и соответствовали по времени вступлениям различных фаз сейсмических волн. Обнаружена зависимость проявления таких вариаций в изменениях электромагнитных параметров от параметров землетрясений – величин их энергетических классов ($K_s \geq 12.0$) и эпицентральных расстояний ($R \leq 360$ км) (рис. 1, табл.).

Система наблюдений. Сейсмические сигналы регистрируются с использованием широкополосной аппаратуры Guralp (Англия) CMG-6TD. Сейсмометр включает в себя три датчика, расположенных в герметичном корпусе, которые измеряют три компоненты колебаний земной поверхности. Оси двух датчиков расположены в горизонтальной плоскости и ориентированы в направлениях север-юг и восток-запад; третья ось ориентирована вертикально, и этот датчик используется для регистрации вертикальной компоненты движений. Каждый датчик регистрирует колебания в частотном диапазоне 0.033–40 Гц, что обеспечивается применением современной технологии форс-балансных датчиков с петлей обратной связи. Встроенный цифровой преобразователь с разрешающей способностью 24 бита конвертирует полученные на выходе датчиков сигналы в цифровые данные с максимальной точностью.



Рис. 2. Схемы передачи данных геомагнитных (а) и электротеллурических (б) наблюдений и расположения линий регистрации разности электротеллурических потенциалов на КГО Карымшина.

Трёхкомпонентный индукционный магнитометр, разработанный в ИЗМИРАН, г. Москва, предназначен для регистрации трех компонент магнитного поля в диапазоне частот 0.003 – 40 Гц и включает три датчика. Датчики состоят из индукционных катушек с сердечниками из аморфного сплава и предварительных усилителей, помещенных в алюминиевые ударопрочные, влагозащищенные корпуса. Датчики измерения горизонтальных компонент поля H и D были ориентированы вдоль магнитного меридиана и трансверсально к нему соответственно. Третий датчик регистрирует вертикальную компоненту магнитного поля Z. Параметры всех трех датчиков идентичны с отклонением менее 3% в абсолютных величинах коэффициента преобразования и 2° в фазе. Для подавления сейсмических, ветровых, акустических и других видов помех датчики помещены в бетонный бокс, наполненный сухим песком. Датчики соединены с модулем АЦП кабелем длиной около ста метров. Совместно с магнитометром используется регистратор GSR-24, который обеспечивает динамический диапазон регистрируемых сигналов более 90 дБ при частоте дискретизации 100 Гц (рис. 2а). Аналоговый сигнал от магнитометра по кабельной линии передается на АЦП, где оцифровывается с частотой 100 Гц. Далее через канал Wi-Fi данные передаются на стационар КГО «Карымшина», где они временно хранятся на кольцевом буфере обмена, и затем передаются по каналам Internet на приемный центр КФ ГС РАН. Данные передаются и хранятся на буфере обмена в формате MSEED.

Система измерений электротеллурических потенциалов состоит из двух измеритель-

ных линий, ориентированных в направлениях С-Ю и З-В, 6-ти диполей, датчиков и кабельных линий связи (рис. 2 б). Датчики представляют свинцовые электроды, заглубленные на 1.3 м в грунт и залитые специальным электропроводящим цементом. Потенциал углового датчика (1 на рис. 2 б) принят за нулевой, при этом электрод этого датчика присоединен к аналоговой земле регистратора.

Регистрация разностей теллурических потенциалов осуществляется с использованием двух аппаратных комплексов на базе двух шестиканальных цифровых регистраторов DataMark LS3300 (Япония), обеспечивающих динамический диапазон регистрируемых сигналов 102 дБ и частоту измерений 1 Гц, и трехканального цифрового регистратора GSR-24, с использованием которого проводится регистрация разностей теллурических потенциалов на трех линиях. На вход регистратора GSR-24 подаются сигналы от датчиков (рис. 2 б), измеряемых относительно потенциала углового датчика 1. Динамический диапазон регистрируемых сигналов составляет 129 дБ, частота измерений – 100 Гц. Регистратор GSR-24 функционирует в режиме формирования непрерывного потока данных в виде пакетов длиной 1 с.

Система сбора и передачи сейсмических, геомагнитных и электротеллурических данных, поступающих с регистратора GSR-24 и передаваемых на приемный центр в г. Петропавловске-Камчатском, организована на базе каналов сети Internet, RadioEthernet сетей технологической связи, спутниковых VSAT сетей по технологии “HughesNet” и “Idirect” [6, 7]. Она обеспечивает доступ к электромагнитным данным в режиме реального времени (рис. 2).

Результаты наблюдений. В работе использовались записи вертикальных компонент сейсмических и геомагнитных сигналов, а также данные измерений разностей теллурических потенциалов по трем линиям с частотой оцифровки 100 Гц за период с 01.09.2014 по 30.03.2016 гг. Для этого времени были выбраны все землетрясения с энергетическим классом $K_s \geq 12$ из регионального каталога КФ ГС РАН, их количество составило $N=44$. При сопоставлении сейсмических, геомагнитных и электротеллурических записей было обнаружено, что из всех 44-х событий только 8 землетрясений (табл.) сопровождалось откликами параметров электромагнитного поля на КГО “Карымшина” (рис. 3).

Таблица. Землетрясения с $K_s \geq 12.0$ (<http://www.emsd.ru/ts/all.php>), сигналы от которых зарегистрированы магнитометром-вариометром и системой электротеллурических наблюдений на КГО “Карымшина”

Дата, гггг.мм.дд.	Время в очаге чч:мм:сс	Координаты, град		Глубина h, км	Ks	Эпицентральное расстояние, R, км
		с.ш.	в.д.			
2014.09.24	03:59:30	52.68	159.31	87	12.1	82
2014.10.02	12:57:04	52.19	158.37	148	14	73
2014.12.23	22:33:10	52.02	158.92	55	12.0	105
2015.02.19	16:32:46	52.70	159.31	90	13.8	81
2015.04.10	11:56:07	52.92	160.16	49	12.5	137
2015.09.17	08:58:42	53.09	160.16	62	13.3	140
2016.01.30	03:25:09	53.85	159.04	178	15.7	129
2016.03.20	22:50:16	54.14	163.14	43	14.9	359

Прохождение сейсмических волн от землетрясений (табл., рис. 1) сопровождалось откликами в вариациях геомагнитного поля и разностей электротеллурических потенциа-

лов. На рис. 3. представлен пример таких вариаций во время землетрясения 30.01.2016 г. Продолжительность синхронных изменений составляет 100 с. Выделенные фазы в изменениях геомагнитных и электротеллурических сигналов идентичны сейсмическим сигналам и соответствуют временам вступления продольных (P) и поперечных (S) волн. Продолжительность вариаций электромагнитных параметров при различных землетрясениях изменялась от 60 до 100 с.

Приведенные данные свидетельствуют о наличии сейсмического эффекта от наиболее близких локальных землетрясений с $K_s \geq 12.0$ в изменениях геомагнитных и электротеллурических параметров на КГО Карымшина. При анализе данных геофизического мониторинга, в т.ч. при поиске электромагнитных предвестников, землетрясений необходимо учитывать фактор сейсмического воздействия и особенности его проявления в изменениях электромагнитных параметров.

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ № 16-35-00516 мол_а “Особенности вариаций низкочастотного сейсмического шума и параметров геомагнитного поля в Камчатском сейсмоактивном регионе”, руководитель В.А. Касимова, КФ ГС РАН.

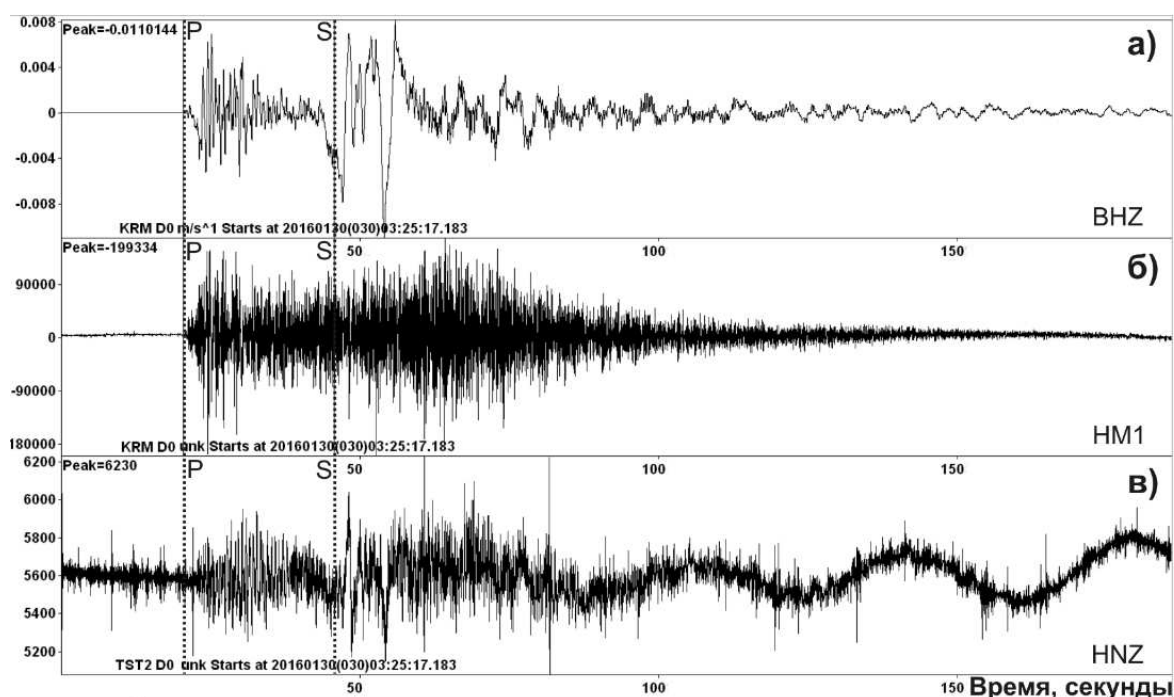


Рис. 3. Вариации скорости смещения поверхности земли по каналу Z (а), вертикальной компоненты геомагнитного поля (б) и разности теллурических потенциалов (в) при землетрясении 30.01.2016 г. (табл.)

Список литературы

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Приповерхностная геофизика: комплексные исследования литосферно-атмосферных взаимодействий в окружающей среде // Физика Земли. – 2012. – № 3. – С. 3-21.
2. Берсенёва Н.Ю., Копылова Г.Н. Электромагнитные наблюдения КФ ГС РАН в Камчатском сейсмоактивном регионе // Материалы докладов Шестого международного симпозиума “Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов” (23-29 июня 2014 г., г. Бишкек). – Бишкек: НС РАН. – 2015. – С.161-167.

3. Копылова Г.Н. Поиск предвестников землетрясений по данным электротеллурических наблюдений на Камчатке // Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений: III международ. конф. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН. – 2004. – Ч. 1. – С. 55-64.
4. Локтев Д.Н., Спивак А.А., Волосов С.Г. Сейсмoeлектрические эффекты по данным наблюдений на геофизической обсерватории “Михнево” ИДГ РАН // Динамические процессы в геосферах. – М.: ГЕОС. – 2015. – С.107-112.
5. Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А. Результаты электротеллурического мониторинга на Камчатке в связи с поиском предвестников сильных землетрясений // Физика Земли. – 2005. – № 3. – С. 47-55.
6. Чебров В.Н. Региональная система сейсмического мониторинга // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Тр. Четвертой научно-техн. конф. – Обнинск: ГС РАН. – 2013а. – С. 8-15.
7. Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Кугаенко Ю.А. и др. Система детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 2011 г. // Вулканология и сейсмология. –2013б. – № 1. – С. 18-40.
8. Юшко В.А. Многомерный анализ временных рядов электротеллурических данных на пункте Верхняя Паратунка (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2007. – № 9. – С. 159-168.