

УДК 550.385.3,550.343

ОБСЕРВАТОРСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ГРАВИТОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, СЕЙСМОГРАВИТАЦИОННЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ЗЕМЛИ

© 2020 г. Л. Е. Собисевич¹, Д. В. Лиходеев¹, *

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли
имени О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: dmitry@ifz.ru

Поступила в редакцию 26.08.2019 г.

После доработки 13.09.2019 г.

Принята к публикации 28.10.2019 г.

Регистрируемые Северокавказской геофизической обсерваторией ИФЗ РАН возмущения геофизических полей подтверждают, что наблюдаемые волновые формы имеют характерные отличия, отражающие трансформацию отдельностей дилатансного типа в очаговых зонах, предшествующих развитию крупных землетрясений.

DOI: 10.31857/S0367676520020404

В конце прошлого и в начале нынешнего столетия геофизики и сейсмологи вплотную приступили к анализу магнитных возмущений, сейсмогравитационных и тепловых процессов, предшествующих развитию крупных землетрясений.

Приоритет открытия аномальных магнитных возмущений, зафиксированных перед катастрофическим цунамигенным землетрясением, принадлежит известному ученому Джорджу Муру [1].

Сегодня наибольший интерес для геофизических приложений представляют наведенные низкочастотные гравитомангнитные поля (диапазон периодов 0.002–600 с и более), то есть поля, генерируемые тектоническими процессами, связанными с подвижками и деформациями больших объемов горной породы в отдельных локальных образованиях в очаговых структурах. В развиваемых геофизических технологиях, достаточно внимания отводится изучению сейсмогравитационных процессов в геосферах Земли, которые успешно регистрируются как на этапе подготовки, так и в процессе развития катастрофических землетрясений [2].

В настоящее время получены новые инструментальные данные, обобщающие многолетние сезонные закономерности активности гравитационных волн в верхней антарктической стратосфере. Это важный вклад в понимание гравитационных волн Антарктики. Полученные результаты служат контрольным ориентиром для будущих исследований, обеспечивают физическую основу для улучшения

характеристик моделей общей циркуляции и, в конечном итоге, помогают в поиске источников постоянных гравитационных волн в верхних слоях атмосферы Земли [3, 4].

В широкой постановке вопрос о природе сейсмогравитационных и тепловых процессов, а также о геомагнитных возмущениях в геосферах Земли, их источниках и механизмах является фундаментальным. Напомним, что гравитация предполагает разделение на постоянные гравитационные поля и возмущения гравитационного поля, связанные с генерацией гравитационных волн. Сегодня здесь можно выделить два активно развиваемых научных направления, в которых создаются новые прогрессивные технологии изучения реальных неоднородных образований в сложно построенных структурах земных геосфер:

– к первому относятся технологии, в основе которых используется информация, получаемая при анализе естественных геофизических полей Земли, наведенных собственными колебаниями различного рода неоднородностей и ускоренными движениями масштабных отдельностей в геосферах;

– ко второму относятся технологии, в основе которых использование искусственно создаваемых геофизических полей в литосфере, что позволяет изучать изменения основных параметров наведенных волновых структур от участка к

участку, определяя строение геологической среды и латеральные изменения ее свойств.

В известных геофизических технологиях, основной интерес представляет изучение сейсмогравитационных процессов, открытых в конце прошлого столетия группой ученых из Ленинграда под руководством д. ф.-м. н., проф. Б.М. Линькова [5, 6]. Это научное направление получило развитие в процессе функционирования Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН, создание которой завершилось в 2004 г. Развернутые здесь информационно-измерительные комплексы обеспечивают изучение сейсмогравитационных, тепловых и гравитомангнитных возмущений в геосферах Земли, которые успешно регистрируются в процессе подготовки и на этапе активной фазы развития катастрофических землетрясений [7, 8]. Сегодня обсерватория включает в себя несколько отдельных лабораторий и наблюдательных пунктов на территории Северного Кавказа и в ряде районов европейской части России. Первые две геофизические лаборатории развернуты глубоко под землей на базе Нейтринной обсерватории Института ядерных исследований РАН (район Эльбрусского вулканического центра, поселок Нейтринно).

Информационно-измерительные комплексы геофизических лабораторий Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН успешно функционируют и являются основной экспериментальной базой, которая обеспечивает ученых ИФЗ РАН и других заинтересованных организаций РФ новой геофизической информацией. Получаемые здесь научные данные отражают условия зарождения и протекания сложных тектонических, сейсмогравитационных, гравитомангнитных и тепловых процессов в геосферах Земли, включая и развивающиеся очаговые структуры катастрофических землетрясений далеко за пределами Эльбрусской вулканической области.

В статье приведены наиболее характерные результаты наблюдаемых гравитомангнитных возмущений, сейсмогравитационных и тепловых процессов в геосферах при развитии крупных сейсмических событий.

Регистрируемые возмущения в вариациях магнитного и гравитационного поля Земли, полученные на базе Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН перед цунамигенными и другими масштабными сейсмическими катастрофами, весьма информативны. Они подтверждают, например, что наблюдаемые волновые формы возмущений в вариациях гравитомангнитного поля Земли, имеют характерные отличия, которые отражают условия трансформации геологических отдельностей дилатансного типа в очаговых зонах.

Изучение большого числа полученных нами данных обсерваторских наблюдений позволяет утверждать, что тонкая структура наблюдаемых гравитомангнитных возмущений определяется в первую очередь геологическими особенностями среды в очаговой зоне [9]. Анализируя результаты обсерваторских наблюдений, в полной мере отражающих подготовку и развитие крупных землетрясений, очаговые структуры которых формировались преимущественно в зонах субдукции, мы обратили внимание на появление в ряде случаев достаточно хорошо выраженного сейсмогравитационного процесса. Он отражал масштабные перестройки в крупных отдельностях горной породы, составляющих основу формирующихся очаговых структур, задолго до главного удара. Во всех случаях приборы фиксировали характерные сигналы, которые оказывались длиннопериодными с убывающей во времени амплитудой.

В большинстве наблюдений удавалось установить, что сейсмогравитационный процесс прекращается за несколько часов перед главным ударом. Проведенный анализ тектонических движений с выходом на оценки объема горной породы, вовлеченной в подготовку очага крупного сейсмического события, позволил сделать обоснованное заключение о формировании при этом источников слабых гравитационных волн, которыми “дышит” Земля.

Именно об этом геофизическом явлении сообщили ученые из Франции и США в 2017 г. Ими опубликован оригинальный научный результат, отражающий генерацию гравитационных волн в момент главного удара, определившего начало Великого восточного японского землетрясения 2011 г. [10]. Авторскому коллективу удалось показать, что кроме Р-волн, которые были обусловлены главным ударом землетрясения Тохоку, удастся выделить и слабое гравитационное возмущение. Ученые показали, что в момент главного удара (активная фаза землетрясения) сигналы о начале разрушения горной породы в очаге переносятся не только Р-волнами. Первенство здесь принадлежит гравитационным волнам (в наших публикациях – сейсмогравитационные возмущения), которые распространяются со скоростью света. Однако эти волновые возмущения очень слабые, и до сих пор их обнаружение не было достаточно уверенным и точным.

Характеризуя наблюдаемые инструментально сейсмогравитационные процессы, отметим, что не каждое землетрясение может выступать в роли источника гравитационных волн. Дело в том, что массивы вовлеченных в колебательный процесс горных пород могут трансформироваться по-разному. Здесь встречаются случаи, когда в колеба-

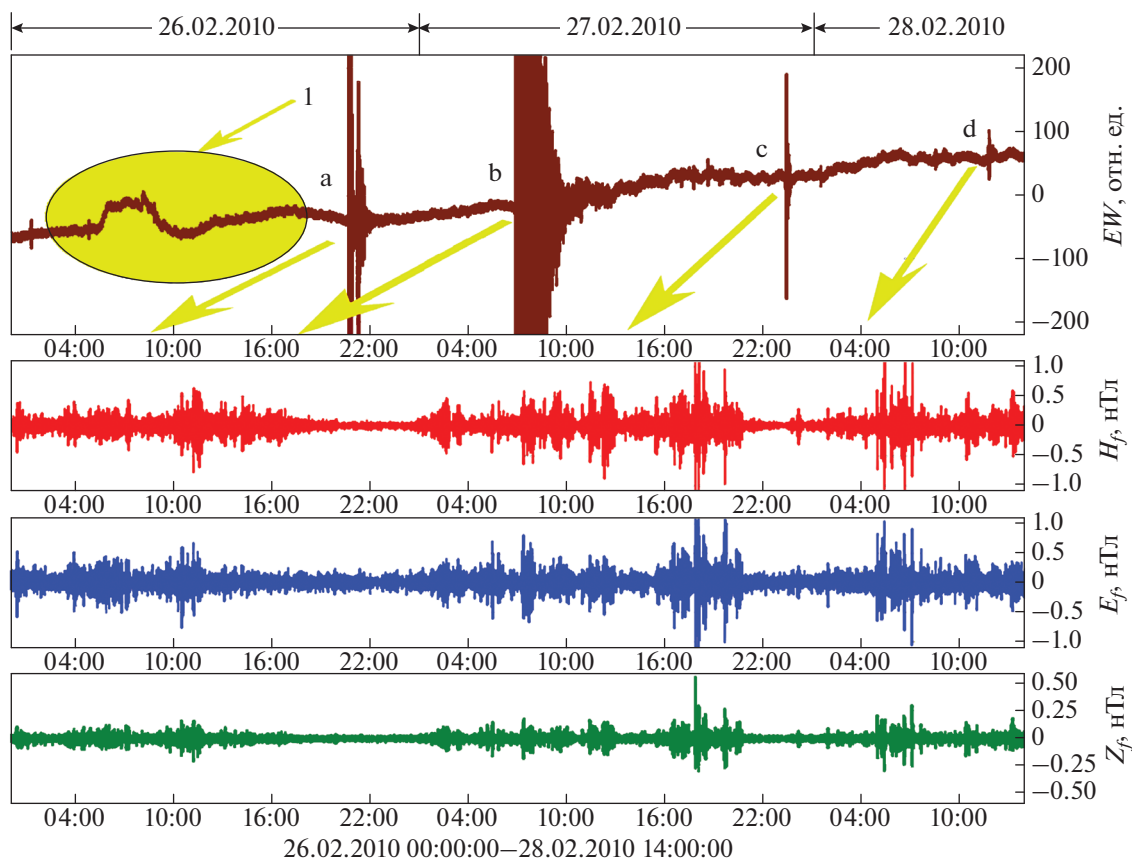


Рис. 1. Записи приборов Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН. Приведены показания наклонометра EW (a–d) и данные магнитных вариометров (H_f , E_f , Z_f), отражающие этапы подготовки и развития крупных сейсмических событий в Северном и Южном полушариях Земли. EW – Показания наклонометра, установленного в азимут “восток–запад”; 1 – зона формирования сейсмогравитационного процесса; a – землетрясение в Японии, о. Рюкю, 02.26.2010, глубина 15 км; $M_b = 7.1$; b – катастрофическое цунамигенное землетрясение у побережья Центрального Чили 27.02.2010, глубина 22.9 км; $M_b = 8.7$; c – Афганское землетрясение 27.02.2010, глубина 100 км; магнитуда $M_b = 5.9$. d – Землетрясение у побережья Центрального Чили 28.02.2010, глубина 33 км, магнитуда $M_b = 6.1$. H_f , E_f , Z_f – Составляющие вариаций магнитного поля Земли, профильтрованные в диапазоне 10–300 секунд. Желтым эллипсом отмечен участок записи, отражающий характерный сейсмогравитационный процесс, наблюдаемый в выделенном временном интервале.

тельном процессе, в который вовлечены большие объемы горной породы, предпочтение должно быть отдано локальным структурам, формирующим источники возмущений монопольного или дипольного типа, которые по определению не могут генерировать гравитационные волны. Они являются источниками сейсмических волн в литосфере.

В других геологических условиях, развивающиеся одновременно в объеме очаговой области, зоны дилатансии и зоны компакций образуют своеобразные распределенные пространственные геологические образования, которые относятся уже к источникам квадрупольного типа. В таком случае можно ожидать развития гравитаци-

онного волнового процесса, зародившегося в отдельно взятом сейсмоопасном районе Земли.

Северокавказская геофизическая обсерватория ИФЗ РАН в период подготовки и развития землетрясения в Чили зафиксировала характерные краткосрочные аномальные сейсмогравитационные процессы и гравитоманнитные возмущения в вариациях магнитного поля Земли (H , E и Z -компоненты), которые отражают масштабные перестройки, как в самой очаговой зоне, так и в прилегающих объемах геологической среды. Эти наблюдения приведены на рис. 1. Они проявились и в структуре гравитоманнитных возмущений и сейсмогравитационных процессов уже за несколько часов перед главным ударом.

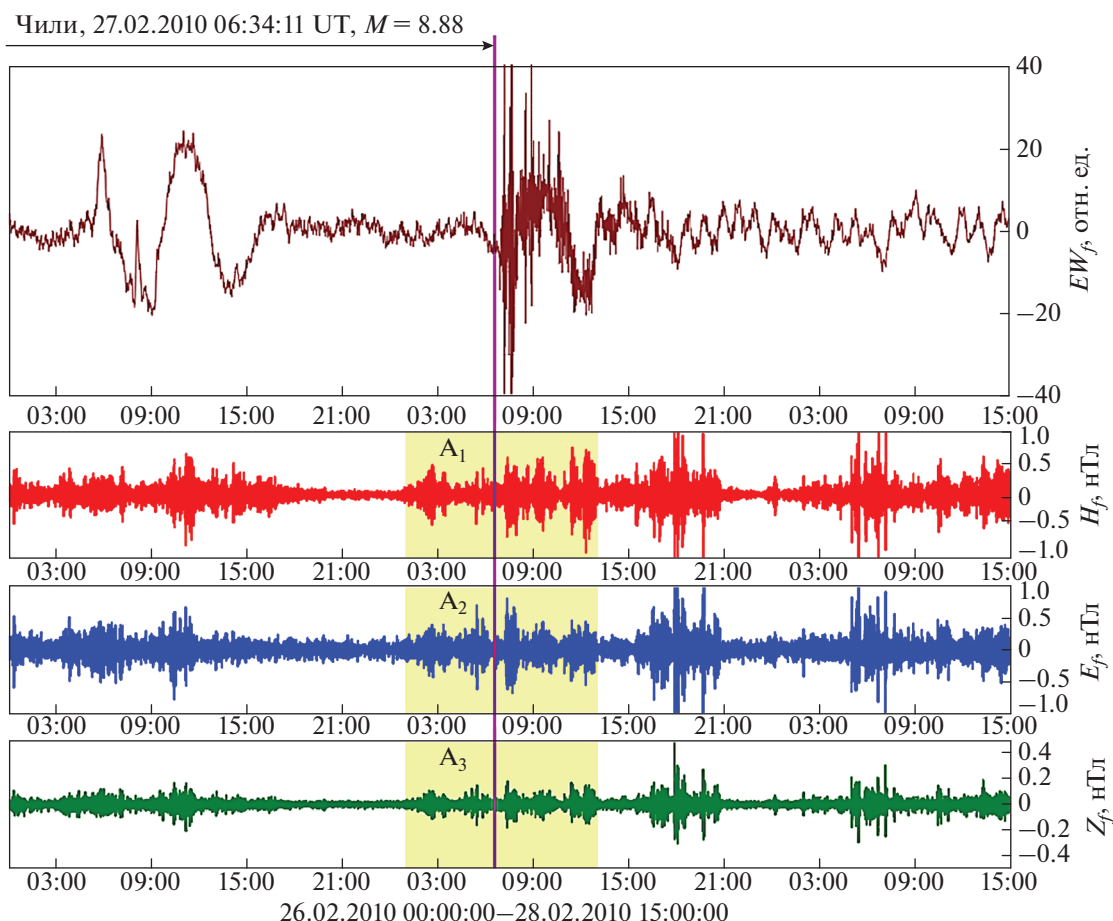


Рис. 2. Записи приборов Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН. EW_f – Зафиксированный сейсмогравитационный процесс в показаниях наклономера, установленного в азимут “восток–запад”. Сигнал профильтрован в частотном диапазоне 0.04–6 мГц. H_f , E_f , Z_f – профильтрованные показания магнитного вариометра.

Установлено, что фиксируемые локальные УНЧ возмущения в вариациях магнитного поля Земли и сейсмогравитационные процессы, несут богатую информацию об имеющих место локальных перестройках в крупных геологических структурах, ответственных за формирование очаговых зон. Эти информационные данные всегда удается получить заранее перед крупными сейсмическими событиями. Наиболее отчетливо они выделяются за несколько часов до главного удара (рис. 2). Анализ морфологических признаков в структуре наблюдаемых волновых форм дает представление о том, где развивается очаг. Однако в целом, задача по выделению района и определению места ожидаемого сейсмического события, пока остается нерешенной.

В настоящее время в Обсерватории ИФЗ РАН смонтирована уникальная информационно-измерительная система, позволяющая вести мониторинг теплового поля с высокой точностью (до 0.002°C) [11], что в ближайшей перспективе позво-

лит провести оценку вклада наблюдаемых глобальных вариаций различных геофизических полей, описываемых в данной работе, в тонкую структуру температурного поля.

Таким образом, информационно-измерительные геофизические комплексы Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН на этапе подготовки и в процессе развития землетрясения фиксируют наличие УНЧ гравитомангнитных возмущений и сейсмогравитационные процессы. Получаемые научные данные могут стать той фундаментальной основой, которая в будущем позволит понять глубинную природу сложных наведенных возмущений в литосфере и других геосферах Земли при подготовке крупных землетрясений и других катастрофических событий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moore G.W. // Nature. 1964. V. 203. P. 508.
2. Собиसेвич Л.Е., Собиевич Л.Е., Канониди К.Х., Лиходеев Д.В. // ДАН. 2017. Т. 475. № 4. С. 1; Sobisevich A.L.,

- Sobisevich L.E., Kanonidi K.Kh., Likhodeev D.V.* // Doklady Earth Sci. 2017. V. 475. P. 892.
3. *Cook T.* // Eos. 2019. № 100. Art. № 114817.
 4. *Chu X., Zhao J., Lu X. et al.* // J. Geophys. Res. Atm. 2018. № 123. P. 7910.
 5. *Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Осипов К.Ц.* // ДАН СССР. 1990. № 5. С. 1095.
 6. *Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Савина Н.Г., Яновская Т.Б.* // ДАН СССР. 1982. Т. 262. № 2. С. 321.
 7. *Собисевич А.Л.* Избранные задачи математической геофизики, вулканологии и геоэкологии. Т. 1. М.: ИФЗ РАН. 2012. 510 с.
 8. *Собисевич А.Л.* Избранные задачи математической геофизики, вулканологии и геоэкологии. Т. 2. Северокавказская геофизическая обсерватория. Создание, анализ результатов наблюдений. М.: ИФЗ РАН. 2013. 512 с.
 9. *Собисевич Л.Е., Лиходеев Д.В., Канониди Х.Д., Канониди К.Х.* // Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Сер. Естеств. науки. 2017. № 1(193). С. 118.
 10. *Vallée M., Ampuero J.P., Juhel K. et al.* // Science. 2017. V. 358. № 6367. P. 1164.
 11. *Лиходеев Д.В., Гравиров В.В., Кислов К.В.* // Наука и технол. разр. 2018. Т. 97. № 1. С. 15; *Likhodeev D.V., Gravirov V.V., Kislov K.V.* // Seism. Instr. 2018. V. 54. № 6. P. 673.