

УДК 550.385.3, 550.343

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, НАВЕДЕННЫХ В ГЕОСФЕРАХ*

© 2014 г. Л.Е. Собисевич, А.Л. Собисевич, Х.Д. Канониди, К.Х. Канониди, Д.А. Преснов

Собисевич Леонид Евгеньевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, ул. Большая Грузинская, 10, г. Москва, 123995, e-mail: sobis@ifz.ru.

Sobisevich Leonid Evgenievich – Doctor of Technical Science, Main Scientific Researcher, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Bolshaya Gruzinskaya St., 10, Moscow, 123995, Russia, e-mail: sobis@ifz.ru.

Собисевич Алексей Леонидович – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, ул. Большая Грузинская, 10, г. Москва, 123995, e-mail: alex@ifz.ru.

Sobisevich Alexey Leonidovich – Doctor of Physical and Mathematical Science, Head of the Laboratory, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Bolshaya Gruzinskaya St., 10, Moscow, 123995, Russia, e-mail: alex@ifz.ru.

Канониди Харлампий Дмитриевич – кандидат физико-математических наук, заведующий сектором магнитно-ионосферных взаимодействий, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Троицк, Московская обл., 142190, e-mail: kanonidi@izmiran.ru.

Kanonidi Kharlampiy Dmitrievich – Candidate of Physical and Mathematical Science, Head of Sector of Magnetic-Ionospheric Interactions, Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Troitsk, Moscow Region, 142190, Russia, e-mail: kanonidi@izmiran.ru.

Канониди Константин Харлампиевич – старший научный сотрудник, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Троицк, Московская обл., 142190, e-mail: kkkh@izmiran.ru.

Kanonidi Konstantin Kharlampiyevich – Senior Scientific Researcher, Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Troitsk, Moscow Region, 142190, Russia, e-mail: kkkh@izmiran.ru.

Преснов Дмитрий Александрович – ведущий инженер, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, ул. Большая Грузинская, 10, г. Москва, 123995, e-mail: presnov@ifz.ru.

Presnov Dmitriy Alexandrovich – Leading Engineer, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Bolshaya Gruzinskaya St., 10, Moscow, 123995, Russia, e-mail: presnov@ifz.ru.

Приведены результаты инструментальных наблюдений вариаций магнитного поля Земли, полученные на базе Северо-Кавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН (Эльбрусская вулканическая область) и включенных в ее состав наблюдательных пунктов ИЗМИРАН, расположенных в европейской части России. Анализируются аномальные «квазигармонические» возмущения, выделенные в вариациях магнитного поля Земли на всех этапах развития сейсмического процесса. Полученные экспериментальные данные позволяют составить общее представление о геомагнитной активности и некоторых характерных особенностях наведенных аномальных геомагнитных возмущений, которые могут быть сопоставлены с развитием связанных геодинамических и геоэлектрических процессов в геологической среде очаговой зоны.

Ключевые слова: вариации магнитного поля Земли, предвестник землетрясения, УНЧ-вариации, краткосрочный прогноз землетрясений, наклономер.

The results of instrumental observations of variations of Earth's magnetic field, which have been obtained on the basis of the North Caucasus Geophysical Observatory IPE (Elbrus volcanic area), and the incorporation of observation points Troitsk, located in the European part of Russia. Analyzed abnormal «quasi-harmonic» disturbance marked variations in the Earth's magnetic field at all stages of the seismic process. The experimental data give a general idea of the geomagnetic activity and some characteristics of the induced anomalous geomagnetic disturbances, which can be co-delivered with the development of related geodynamic and geoelectric processes in the subsurface of the focal zone.

Keywords: variations of the Earth's magnetic field, earthquake prediction, the ULF variations, short-term earthquake prediction, tiltmeter.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 4 фундаментальных исследований Президиума РАН.

Полученные новые научные результаты о сейсмической и вулканической активности, противоречивые данные о наблюдаемых «предвестниках» геофизических катастроф и последние достижения в области геофизики и геохимии позволяют ставить вопрос об уточнении условий развития ряда аномальных геофизических процессов в геосферах Земли. Это относится, прежде всего, к сложным локальным геологическим структурам литосферы, ответственным за подготовку сейсмических катастроф [1].

Сегодня вряд ли кто-нибудь возьмется отрицать наличие взаимосвязанных процессов в геосферах, которые проявляются как влияние нижних оболочек на верхние и наоборот, когда проникающие вниз энергетические потоки со стороны магнитосферы воздействуют на литосферу и возможно даже далее, определяя развитие природных процессов на Земле. Зачастую эти взаимосвязи носят аномальный характер, что и подтверждается данными многочисленных натуральных наблюдений [2].

В настоящее время расширилась область исследований, посвященных динамике и взаимодействию геосфер – литосферы, атмосферы, ионосферы, магнитосферы.

Технологии исследований прошлого столетия, связанные с изучением влияния солнечных и космических факторов на околоземную среду и на Землю, сводились к следующей схеме: процессы на Солнце порождают каскад геофизических явлений, определяющих в конечном итоге аномальные явления в верхних оболочках Земли и в первую очередь в магнитосфере. В их числе – магнитные бури, разномасштабные ионосферные возмущения, ультранизкочастотные волновые структуры, полярные сияния и т.д. Именно проблеме воздействия на геосферы со стороны весьма изменчивого во времени сверхзвукового потока солнечной плазмы и были посвящены многочисленные теоретические и экспериментальные работы ученых. Однако в начале нынешнего столетия затронутая проблема получила новое развитие. Было установлено, что имеет место воздействие на магнитосферу и со стороны внутренних оболочек Земли.

Систему литосфера – атмосфера – ионосфера – магнитосфера можно рассматривать как некое глобальное многопараметрическое образование, обладающее в том числе и резонансными особенностями. Отдельные элементы этого образования способны возбуждаться грозовой деятельностью, взаимодействием атмосферных потоков с подстилающей поверхностью, выбросами энер-

гии и массы как естественного, так и искусственного происхождения при землетрясениях, взрывах, извержениях вулканов, а также во время работы различного рода мощных технических устройств и машин.

В настоящее время получены новые знания, которые дают возможность более глубоко проанализировать ряд свойств геологической среды. В их числе – трансформация геологических образований дилатансного типа в очаговых зонах, участие флюидов в процессах протекания геохимических реакций и порождаемых ими электродинамических полях [3 – 6]. Именно с такими пока не познанными до конца процессами в литосфере ряд исследователей связывают генерацию аномальных магнитных возмущений, предваряющих разномасштабные сейсмические события на суше и в океане [7 – 9].

Аномальные геомагнитные возмущения, наведенные в геосферах на этапах подготовки и развития сильных землетрясений на суше и в море, изучаются на основе данных инструментальных наблюдений, которые проводятся нами регулярно на базе Северо-Кавказской геофизической обсерватории начиная с 2004 года. Первые значимые научные результаты были получены при анализе катастрофического Суматра-Андаманского цунамигенного землетрясения 2004 г. Это сейсмическое событие было зафиксировано всеми аппаратными комплексами Северокавказской геофизической обсерватории [9].

Северо-Кавказская геофизическая обсерватория относится к числу современных уникальных геофизических информационно-измерительных систем на территории европейской части России [10]. Работы по ее созданию начаты нами в 1998 г. В настоящее время обсерватория пополняется новыми информационно-измерительными комплексами, увеличивается число выносных пунктов наблюдений аномальных магнитных возмущений, наводимых в геосферах сейсмическими событиями [11].

Полученные здесь научные результаты связаны в первую очередь с аномальными магнитными возмущениями в диапазоне периодов 50 – 200 с и больше, которые появляются на этапах подготовки и развития масштабных сейсмических событий во всех регионах Земли.

Характеризуя затронутую проблему, отметим, что приоритет открытия аномальных волновых возмущений в структуре наведенных магнитных сигналов принадлежит известному ученому Дж. Муру, который в 1964 г. выделил характерные магнитные формы в диапазоне 10 – 20 Гц

за 2 ч до начала катастрофического цунамигенного землетрясения на Аляске 27 марта 1964 г. [12]. Наличие сигналов в магнитном поле замечали многие ученые [13, 14].

Впоследствии «связи» сильных землетрясений с магнитными бурями и другими процессами в ионосфере, атмосфере и литосфере побудили геофизиков продолжить изучение наведенных магнитных возмущений.

Опыт наших наблюдений на Северо-Кавказской геофизической обсерватории свидетельствует о том, что изучаемые здесь эксперимен-

тально УНЧ электромагнитные возмущения (пульсации) перед сильными сейсмическими событиями являются весьма информативными и заслуживают особого внимания [1, 7–9, 11].

В качестве первого примера приведём данные по цунамигенному землетрясению магнитудой $M = 6,7$ (эквивалентная энергия порядка $7 \cdot 10^{14}$ Дж или около 170 килотонн TNT). Это землетрясение произошло в районе Суматры 16 августа 2009 г. спустя пять лет после Суматра-Андаманского землетрясения 2004 г. Полученные магнитограммы представлены на рис. 1.

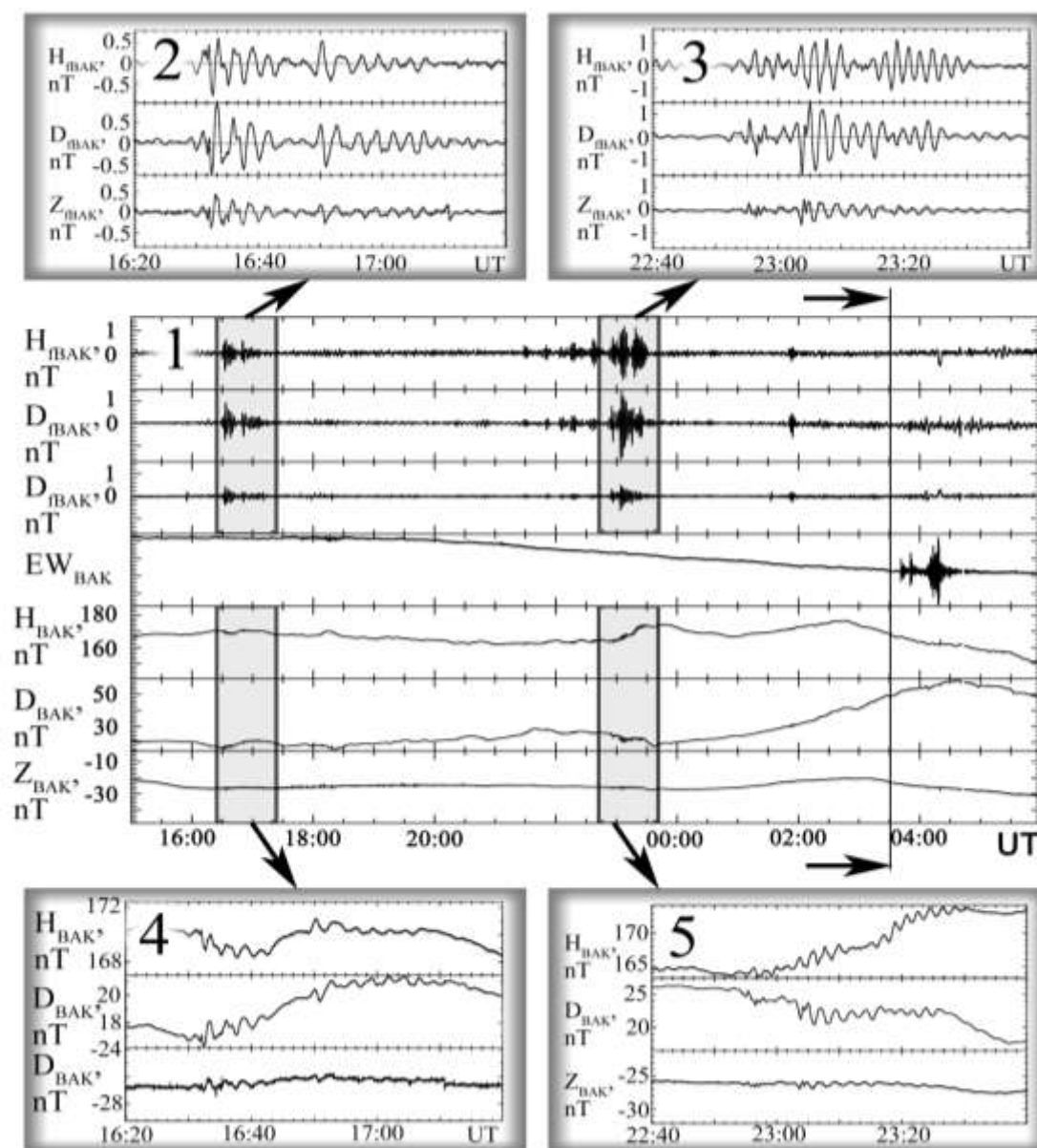


Рис. 1. Магнитограммы цунамигенного землетрясения, которое произошло в районе Суматры 16 августа 2009 г. На вставках 2 и 3 приведены их тонкая структура, геомагнитные возмущения после фильтрации. На вставках 4 и 5 показаны развернутые волновые формы зафиксированных геомагнитных возмущений-«предвестников»: $EW_{\text{БАК}}$ – показания наклономера (восток–запад); $H_{\text{БАК}}$, $D_{\text{БАК}}$, $Z_{\text{БАК}}$ – вариации магнитного поля Земли; $H_{\text{БАК}}$, $D_{\text{БАК}}$, $Z_{\text{БАК}}$ – вариации магнитного поля Земли, профильтрованные в диапазоне 20 – 300 с

Характерные аномальные квазигармонические геомагнитные возмущения, предшествующие этому событию, появились за сутки до первого сейсмического удара (рис. 1, вставка 2: сигналы профильтрованы в диапазоне 20 – 300 с), а их амплитуда достигала 1 нТл. Здесь отчетливо удается проследить за изменением структуры геомагнитного возмущения, волновые формы которого трансформируются по мере приближения сейсмического удара.

Волновые формы, полученные после фильтрации возмущения в диапазоне периодов 20 – 300 с, приведены на рис. 1, вставки 2 и 3. Сопоставление приведенных квазипериодических сигналов с данными, полученными на Северо-Кавказской геофизической обсерватории перед цунамигенными событиями, которые произошли в других регионах Земли, показывает, что наблюдаемые аномальные магнитные возмущения имеют отличия, которые отражаются в структуре волновых форм [9]. В этой связи можно утверждать, что тонкая структура наблюдаемых аномальных геомагнитных возмущений определяется в первую очередь геологическими особенностями среды и отражает геолого-геофизические процессы, развивающиеся в зоне готовящегося сейсмического события.

Кроме того, данные экспериментальных наблюдений дают основания полагать, что аномальные геомагнитные возмущения, абсолютная величина которых в районе расположения геофизических информационно-измерительных систем (Эльбрусский вулканический центр, Карпогоры и другие пункты наблюдений) колеблется в пределах 0,2 – 4,0 нТл, зарождаются в литосфере. Что касается окончательного формирования аномальных магнитных структур УНЧ-диапазона, то происходит это уже в системе литосфера – атмосфера – ионосфера – магнитосфера.

Анализируя приведенные данные, можно также отметить, что возмущения имеют тенденцию к изменению по мере приближения сейсмического удара. Эти особенности частотной трансформации аномальных магнитных возмущений отражают важную роль резонансных взаимодействий отдельных неоднородной разломно-блоковой геологической среды, которые мы связываем с взаимодействием отдельных локальных геологических образований дилатансного типа [15, 16].

О роли резонансных взаимодействий можно судить, анализируя записи других цунамигенных событий. На рис. 2 в качестве примера приведена

запись цунамигенного землетрясения, которое произошло 19 марта 2009 г. в районе островов Тонга. Аномальные геомагнитные возмущения, предвещающие это событие, были зафиксированы за час до начала землетрясения.

Результаты расшифровки наблюдений геомагнитных возмущений, предвещающих цунамигенные события в районе Индонезии и в других регионах Земли, дают основание полагать, что волновые формы регистрируемых магнитных возмущений являются своеобразным «портретом» готовящегося цунамигенного события.

Перейдем теперь к анализу данных наблюдений магнитных возмущений, наведенных коровыми землетрясениями, которые произошли на Кавказе и в сопредельных регионах в непосредственной «близости» от основных лабораторий Северо-Кавказской геофизической обсерватории.

Обратимся к одному из трёх заметных сейсмических событий, которые произошли одно за другим на шельфе Черного моря в непосредственной близости от города Сочи. На рис. 3 приведены волновые формы магнитных возмущений, полученные в результате фильтрации первичной геомагнитной информации с частотой среза 0,003 Гц. Здесь использованы показания магнитных вариометров нескольких лабораторий Северо-Кавказской геофизической обсерватории.

Выделенные в вариациях магнитного поля Земли характерные волновые пакеты, по своей структуре напоминающие сигналы на выходе «резонансного колебательного контура», отражают сложные электродинамические процессы, которые происходят в объеме зоны подготовки землетрясения на всех этапах его развития.

Сопоставление экспериментальных наблюдений позволяет проанализировать и фазовую структуру анализируемых сигналов, зафиксированных идентичными по своим характеристикам магнитовариационными станциями, расположенными в разных районах европейской части России и Крыма.

Интересный результат получается при анализе и сопоставлении записей наведенных аномальных магнитных возмущений, полученных в Северо-Кавказской геофизической обсерватории и в Карпогорах. Максимальная амплитуда аномального магнитного возмущения в Карпогорах (субавроральная область), составляющая в среднем величину 4,0 – 5,0 нТл, в других районах (Кавказ, Крым) имеет величину 1,0 – 2,0 нТл, т.е. меньше примерно в три-четыре раза.

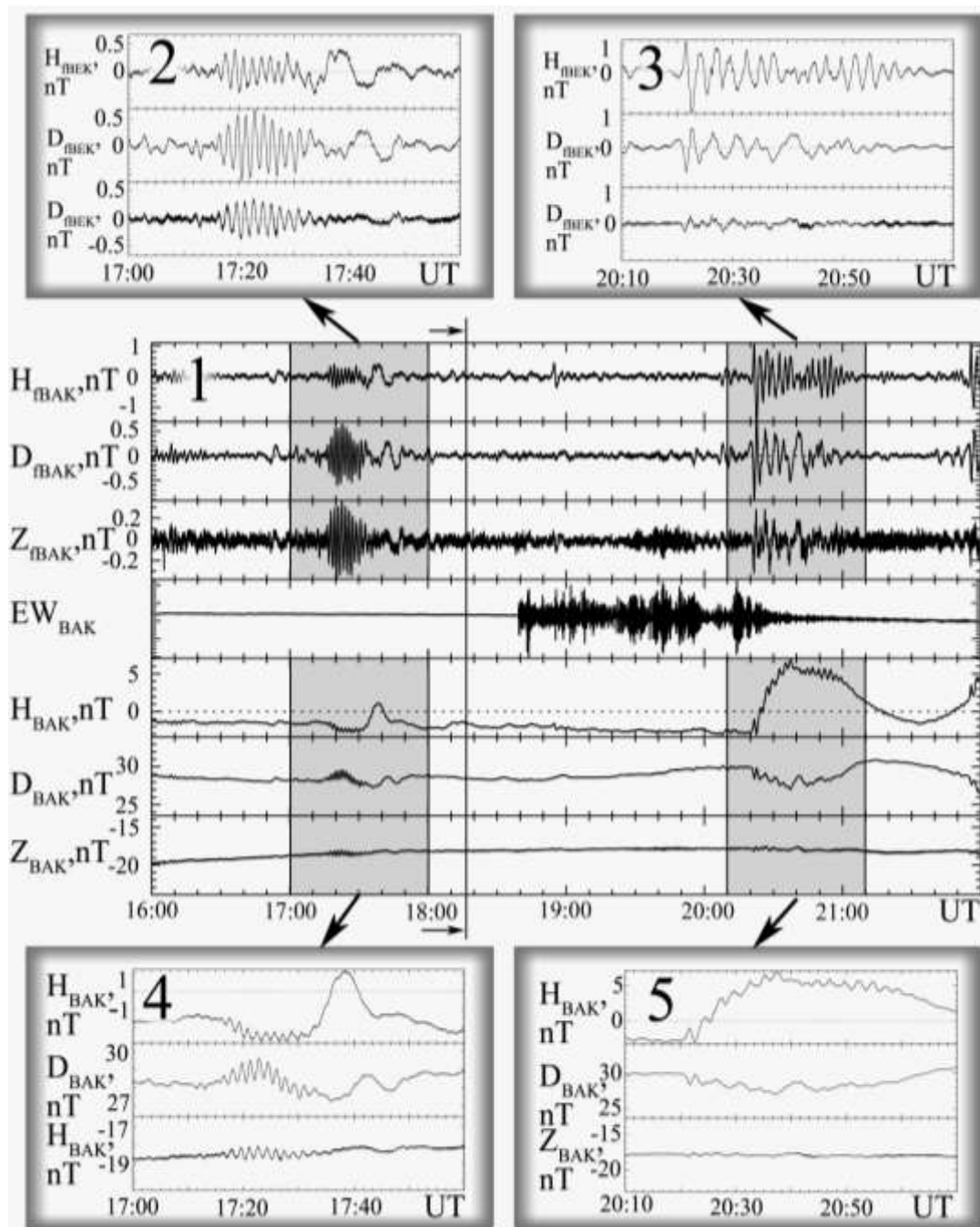


Рис. 2. Вариации магнитного поля и наклоны поверхности Земли, зарегистрированные Северо-Кавказской геофизической обсерваторией во время цунамигенного землетрясения в районе островов Тонга 19.03.2009 (время в очаге: 18:17:38,8, магнитуда – 7,6, глубина – 33 км, широта – 23,2, долгота – 174,6). Вставка 2, 4 – волновые формы аномального ультранизкочастотного магнитного возмущения, проявившиеся за час до землетрясения. Вставка 3 и 5 – характерные волновые формы аномальных УНЧ квазигармонических магнитных возмущений, которые наблюдались на этапах подготовки и развития землетрясения: H_{BAK} , D_{BAK} , Z_{BAK} – вариации магнитного поля Земли; EW_{BAK} – показания наклономера (восток–запад); $H_{\text{BAK}'}$, $D_{\text{BAK}'}$, $Z_{\text{BAK}''}$ – вариации магнитного поля Земли, профильтрованные в диапазоне периодов 20 – 300 с

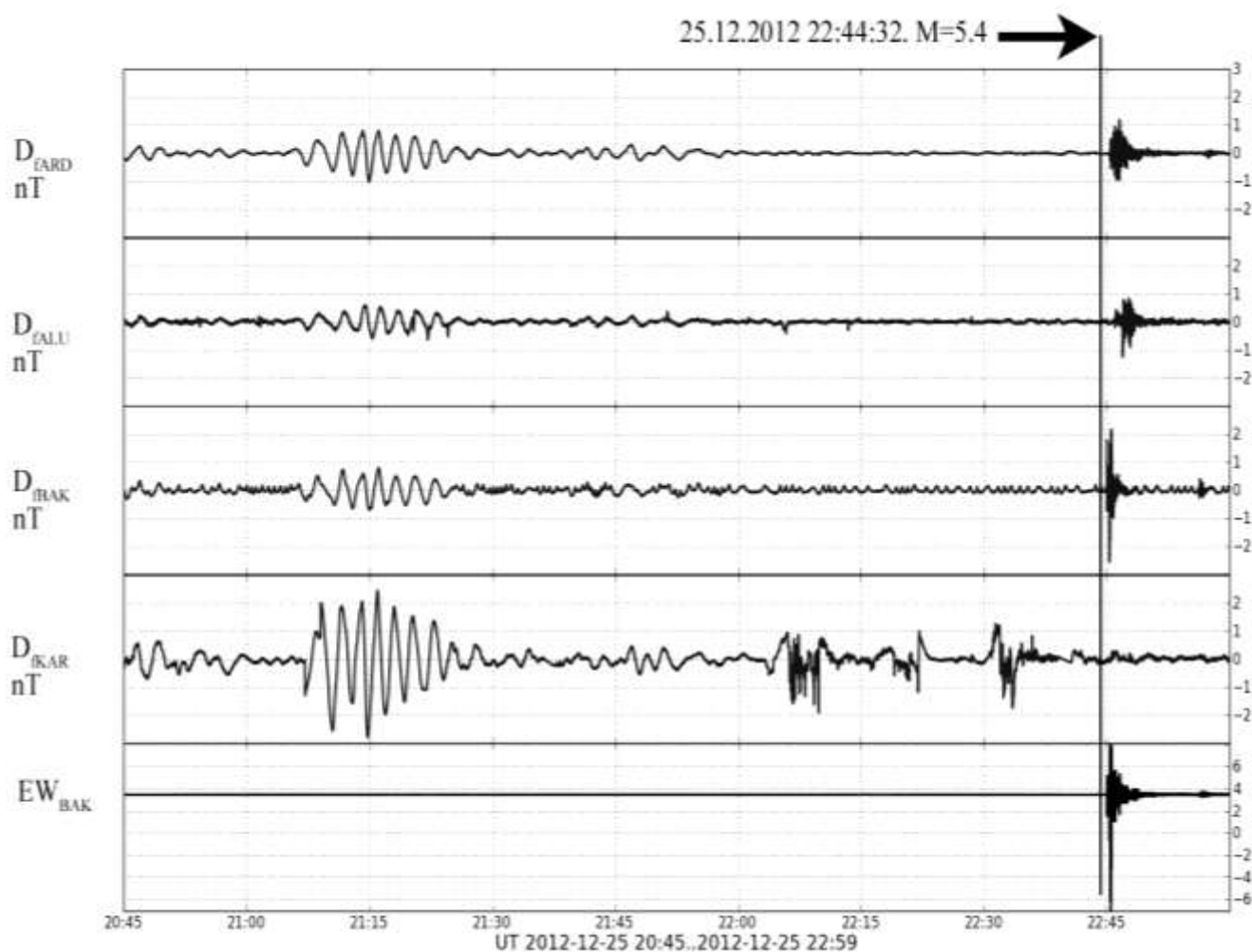


Рис. 3. Структура характерных аномальных магнитных возмущений, зарегистрированная за два часа до начала землетрясения в районе Сочи – Сухуми 25 декабря 2012 г., четырёх разнесенных магнитовариационных станций. DfARD – вариации D компоненты магнитного поля после фильтрации с частотой среза 0,003 Гц, Владикавказское отделение ИЗМИРАН г. Ардон; DfALU – вариации D компоненты магнитного поля после фильтрации с частотой среза 0,003 Гц, пункт наблюдения ИЗМИРАН в Крыму г. Алушта; DfBAK – вариации D компоненты магнитного поля после высокочастотной фильтрации с частотой среза 0,003 Гц, Северо-Кавказская геофизическая обсерватория, лаборатория № 2; DfKAR – вариации D компоненты магнитного поля после фильтрации с частотой среза 0,003 Гц, научный стационар ИЗМИРАН в Карпогорах; EWBAK – показания накломера запад–восток в относительных единицах, Северо-Кавказская геофизическая обсерватория, лаборатория № 2

В настоящее время приведенные экспериментальные результаты исчерпывающего теоретического обоснования пока не получили. Можно предположить, что источник обнаруженного эффекта, связанного с усилением сигнала в субавро-ральной зоне, следует искать в ионосфере. Действительно, систему литосфера – атмосфера – ионосфера можно рассматривать как некоторое глобальное образование резонансного типа. Его отдельные структуры способны возбуждаться при воздействии разного рода колебательных или им-

пульсных воздействиях, вызванных процессами в литосфере, на земной поверхности, атмосферными потоками, грозовой деятельностью, наведенными электромагнитными возмущениями и т.п. Охватить все возможные взаимодействия сегодня представляется затруднительным, и, по-видимому, в этом нет острой необходимости. Следует только понимать, что все эти взаимосвязи носят скорее аномальный характер, поскольку проявляются, как правило, в экстремальных ус-

ловиях, при наличии каких-либо значительных отклонений от стационарного состояния.

Для глубокофокусных землетрясений до сих пор остаются малоизученными механизмы формирования и реализации очагов в переходной зоне мантии (ПЗМ). В литературе отсутствуют модели, позволяющие дать приемлемое описание определяющих геофизических процессов в зоне подготовки глубокофокусных землетрясений, а также объяснить особенности формирования структуры очаговой зоны. В этой связи особый интерес представляют данные по Охотоморскому землетрясению, которое про-

изошло 24 мая 2013 г. на глубине более 600 км и явилось самым сильным сейсмическим событием этого класса. Его магнитуда составила величину более 8, а зафиксированные наведенные аномальные магнитные возмущения УНЧ-диапазона позволили по-новому взглянуть на проблему подготовки сейсмических событий. Это подтверждается записями вариаций магнитного поля Земли и наклонов земной поверхности, которые были получены в Северо-Кавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН и в научном стационаре «Карпогоры» 24 мая 2013 г. (рис. 4).

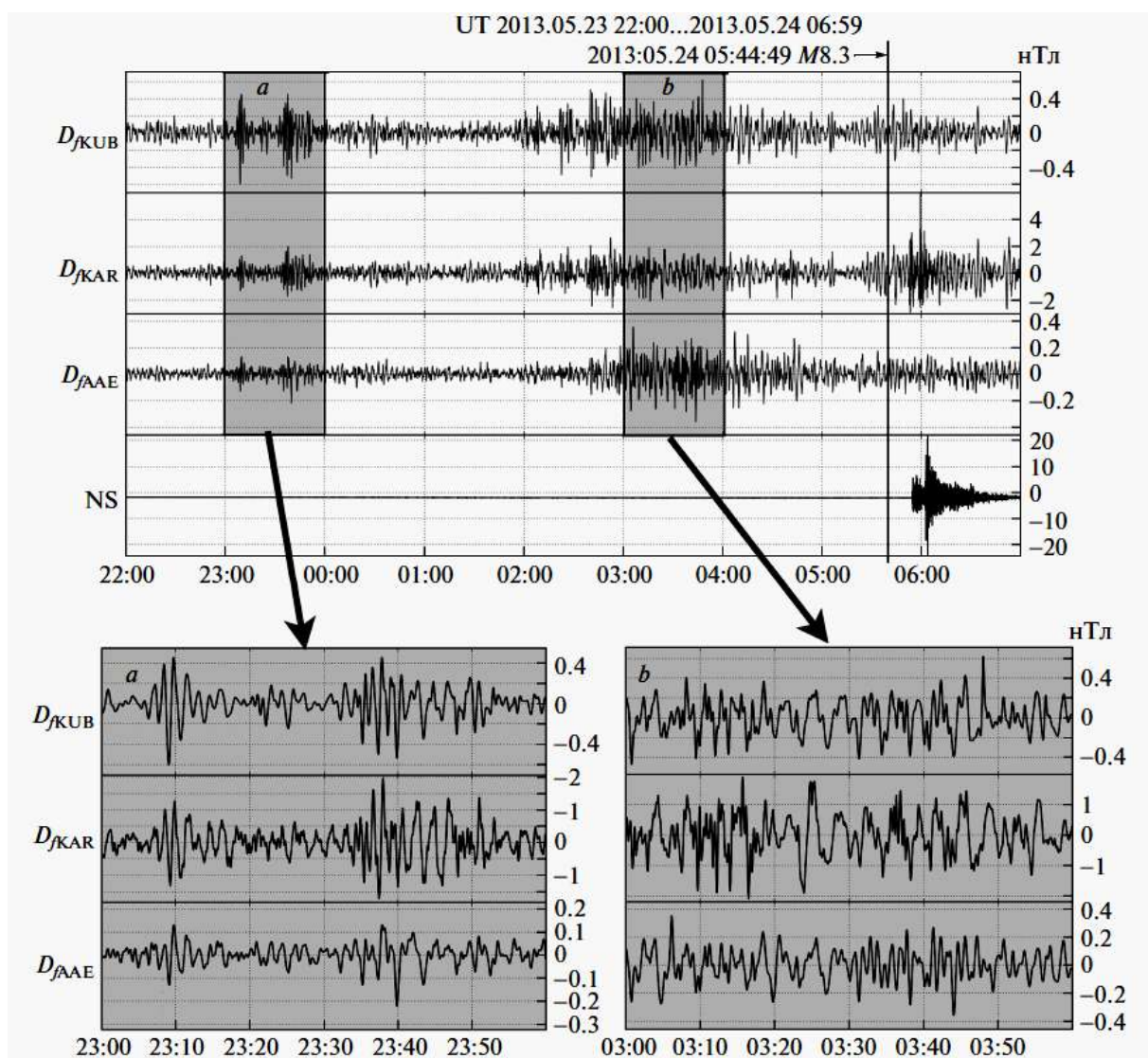


Рис. 4. Волновые формы аномальных магнитных возмущений в вариациях магнитного поля Земли, зафиксированные по каналу D , и запись наклонов земной поверхности. $DfKUB$ – данные Северо-Кавказской геофизической обсерватории; $DfKAR$ – научного стационара «Карпогоры»; $DfAAE$ – геофизической обсерватории в Аддис-Абебе. Сигналы профильтрованы в диапазоне периодов 10–300 с, вертикальной линией отмечено время в очаге

Они позволяют проследить за изменением структуры вариаций магнитного поля Земли по мере приближения основного удара [11]. Для доказательства глобального воздействия на систему литосфера – атмосфера – ионосфера – магнитосфера здесь же приводятся данные по обсерватории Аддис-Абебы.

Прежде всего отметим, что наблюдаемые аномальные волновые возмущения, предшествующие сейсмическому событию, уникальны. Они отличаются как по длительности, так и по амплитудно-частотным характеристикам от известных ионосферных возмущений. Здесь по мере приближения главного удара наблюдается изменение частоты колебаний, что свидетельствует о наличии резонансных процессов в развивающейся очаговой зоне.

Анализируемые данные не являются единственными. Нами проанализированы другие глубокофокусные события. Во всех случаях тонкая структура аномальных магнитных возмущений, предшествующих главным ударам и наведенных в процессе развития всего сейсмического процесса, достаточно выразительна. Она отражает непрекращающиеся перестройки геологической среды (спонтанные трансформации локальных геофизических структур резонансного типа) в окрестности готовящегося глубокофокусного события. Подчеркнем, что отмеченные особенности являются общими для всех фиксируемых экспериментально аномальных магнитных возмущений в вариациях магнитного поля Земли, которые имеют место на этапе подготовки крупных сейсмических событий. В работах [7 – 9] эти особенности рассмотрены.

В подготовке и развитии глубокофокусных землетрясений и других сейсмических явлений определяющая роль принадлежит флюидной (водородной или водородно-гелиевой) активности Земли [11], когда восходящие струи флюида взаимодействуют с веществом в окрестности будущей очаговой зоны. Эти процессы являются причиной водородных интервенций и следующих за ними мягких импловзий, в результате которых и происходит подготовка очаговой области, связанная с быстрой трансформацией больших локальных объемов геофизической среды в переходной зоне мантии, завершающаяся сейсмическим ударом.

Представляется, что и коровые сейсмические события, при подготовке которых опреде-

ляющая роль принадлежит распределенным дилатантным образованиям, в своей основе во многом могут быть обязаны водородной интервенции.

Дальнейшее развитие экспериментальных работ по затронутой фундаментальной проблеме, углубленное изучение тонкой структуры аномальных магнитных сигналов с привлечением дополнительных достоверных данных и о других типах сопутствующих возмущений позволит уточнить весь комплекс сложных геофизических и геохимических процессов в зоне подготовки катастрофических сейсмических событий.

Результаты, представленные в этой статье, основаны в том числе на данных, полученных в обсерватории Аддис-Абебы. Мы благодарим Институт физики Земли в Париже за поддержку работы сети INTERMAGNET и продвижения высоких стандартов.

Литература

1. Собисевич Л.Е., Канониди К.Х., Собисевич А.Л., Мисеюк О.И. Геомагнитные возмущения в вариациях магнитного поля Земли на этапах подготовки и развития турецкого (08.03.2010 г.) и северокавказского (19.01.2011 г.) землетрясений // Докл. АН. Геофизика. 2013. Т. 449, № 1. С. 93 – 96.
2. Николаев А.В. О возможности искусственной разрядки тектонических напряжений с помощью сейсмических и электрических воздействий // Двойные технологии. 1999. № 2. С. 6–10.
3. Глинский Б.М., Ивакин А.Н., Ковалевский В.В., Левшенко В.Т., Руденко О.В., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е. Изучение сейсмомагнитных эффектов, возникающих при вибровоздействии на среду // Развитие методов и средств экспериментальной геофизики : сб. науч. тр. Вып. 2. М., 1996. С. 226 – 235.
4. Николаевский В.Н. Обзор: Земная кора дилатансия и землетрясения. М., 1982. С. 133–202.
5. Николаевский В.Н. Очаг землетрясения – события и предвестники удара // Экстремальные природные процессы и катастрофы : собр. тр. Т. 2. М., 2011. С. 316–322.
6. Гуфельд И.Л. Возможен ли прогноз сильных коровых землетрясений? // Вестн. РАН. 2013. Т. 83, № 3. С. 236–245.
7. Собисевич Л.Е., Канониди К.Х., Собисевич А.Л. Изучение ультранизкочастотных электромагнитных возмущений, регистрируемых в районе Эльбрусского вулканического центра // Изменения природной среды и климата. Природные катастрофы.

Ч. 1, т. 6 / под ред. Н.П. Лаверова. М., 2008. С. 157 – 163.

8. *Собисевич Л.Е., Канониди К.Х., Собисевич А.Л.* Наблюдения УНЧ геомагнитных возмущений, отражающих процессы подготовки и развития цунами-генных землетрясений // Докл. АН. Геофизика. 2010. Т. 435, № 4. С. 548 – 553.

9. *Собисевич Л.Е., Собисевич А.Л., Канониди К.Х.* Аномальные геомагнитные возмущения, наведенные катастрофическими цунамигенными землетрясениями в районе Индонезии // Геофиз. журн. 2012. Т. 34, № 5. С. 22 – 37.

10. *Собисевич А.Л., Гриднев Д.Г., Собисевич Л.Е., Канониди К.Х.* Аппаратурный комплекс Северо-Кавказской геофизической обсерватории // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44. С. 12 – 25.

11. *Собисевич Л.Е., Канониди К.Х., Собисевич А.Л.* О механизме формирования очагов глубокофокусных землетрясений // Докл. АН. Геофизика. 2014. Т. 459, № 1. С. 1 – 6.

12. *Moore G.W.* Magnetic Disturbances Preceding the 1964 Alaska Earthquake // *Nature*. 1964. Vol. 203. P. 508 – 509.

13. *Бахмутов В.Г., Седова Ф.И., Мозговая Т.А.* Морфологические признаки в структуре геомагнитных вариаций в период подготовки сильнейшего землетрясения 25 марта 1998 г. в Антарктиде // Укр. антаркт. журн. 2003. № 1. С. 54–60.

14. *Канониди Х.Д.* Особый вид геомагнитных пульсаций // Геомагнетизм и аэрономия. 1972. Т. 12. С. 365.

15. *Бабешко В.А., Собисевич А.Л., Шошина С.Ю.* Исследование условий возникновения резонансов на неоднородностях в неограниченной среде // Докл. АН СССР. 1994. Т. 335, № 6. С. 716–718.

16. *Логонов К.И., Собисевич А.Л.* Анализ результатов экспериментальных наблюдений резонансных геоакустических взаимодействий в пористой флюидонасыщенной геофизической среде // Развитие методов и средств экспериментальной геофизики. М., 1996. Вып. 2. С. 174 – 180.

References

1. *Sobisevich L.E., Kanonidi K.Kh., Sobisevich A.L., Miseiuk O.I.* Geomagnitnye vozmushcheniia v variatsiiakh magnitnogo polia Zemli na etapakh podgotovki i razvitiia turetskogo (08.03.2010 g.) i severokavkazskogo (19.01.2011 g.) zemletriasenii [Geomagnetic disturbances in the Earth's magnetic field variations on the stages of preparation and development of the Turkish (08.03.2010) and the North Caucasus (19.01.2011) earthquakes] // Dokl. AN. Geofizika. 2013. Т. 449, № 1. С. 93 – 96.

2. *Nikolaev A.V.* O vozmozhnosti iskusstvennoi razriadki tektonicheskikh napriazhenii s pomoshch'iu seismicheskikh i elektricheskikh vozdeistvii [On the possibility of artificial discharge of tectonic stress using seismic and electrical influences] // *Dvoinye tekhnologii*. 1999. № 2. S. 6–10.

3. *Glinskii B.M., Ivakin A.N., Kovalevskii V.V., Levshenko V.T., Rudenko O.V., Sobisevich A.L., Sobisevich L.E.* Izuchenie seismomagnitnykh effektov, vznikaiushchikh pri vibrovostdeistvii na sredu [Studying seismomagnetic effects resulting from vibration on environment] // *Razvitie metodov i sredstv eksperimental'noi geofiziki : sb. nauch. tr. Vyp. 2. M., 1996. S. 226 – 235.*

4. *Nikolaevskii V.N.* Obzor: Zemnaia kora dilatatsiia i zemletriaseniia [Overview: The Earth's crust and earthquake dilatancy]. М., 1982. S. 133–202.

5. *Nikolaevskii V.N.* Ochag zemletriaseniia – sobytiia i predvestniki udara [The earthquake – events and harbingers of stroke] // *Ekstremal'nye prirodnye protsessy i katastrofy : sobr. tr. T. 2. M., 2011. S. 316–322.*

6. *Gufel'd I.L.* Vozmozhno li prognoz sil'nykh korovykh zemletriasenii? [Is it possible to forecast strong crustal earthquakes?] // *Vestn. RAN*. 2013. Т. 83, № 3. S. 236–245.

7. *Sobisevich L.E., Kanonidi K.Kh., Sobisevich A.L.* Izuchenie ul'tranizkochastotnykh elektromagnitnykh vozmushchenii, registriruemyykh v raione El'bruskogo vulkanicheskogo tsentra [The study of ultra-low electromagnetic disturbances recorded in the area of Elbrus volcanic center] // *Izmeneniia prirodnoi sredy i klimata. Prirodnye katastrofy. Ch. 1, t. 6 / pod red. N.P. Laverova. M., 2008. S. 157 – 163.*

8. *Sobisevich L.E., Kanonidi K.Kh., Sobisevich A.L.* Nabludeniia UNCH geomagnitnykh vozmushchenii, otrazhaiushchikh protsessy podgotovki i razvitiia tsunamigennykh zemletriasenii [Observations of ULF geomagnetic disturbances, reflects the process of training and development of tsunamigenic earthquakes] // Dokl. AN. Geofizika. 2010. Т. 435, № 4. С. 548 – 553.

9. *Sobisevich L.E., Sobisevich A.L., Kanonidi K.Kh.* Anomal'nye geomagnitnye vozmushcheniia, navedennye katastroficheskimi tsunamigennymi zemletriaseniami v raione Indonezii [Abnormal geomagnetic disturbances induced catastrophic tsunamigenic earthquakes in the area of Indonesia] // *Geofiz. zhurn*. 2012. Т. 34, № 5. С. 22 – 37.

10. *Sobisevich A.L., Gridnev D.G., Sobisevich L.E., Kanonidi K.Kh.* Apparaturnyi kompleks Severo-Kavkazskoi geofizicheskoi observatorii [Hardware complex of the North Caucasus Geophysical Observatory] // *Seismicheskie pribory*. 2008. Т. 44. С. 12 – 25.

11. *Sobisevich L.E., Kanonidi K.Kh., Sobisevich A.L.* O mekhanizme formirovaniia ochagov glubokofokusnykh zemletriasenii [On the mechanism of formation of pockets

of deep-focus earthquakes] // Dokl. AN. Geofizika. 2014. T. 459, № 1. S. 1 – 6.

12. *Moore G.W.* Magnetic Disturbances Preceding the 1964 Alaska Earthquake // Nature. 1964. Vol. 203.

13. *Bakhmutov V.G., Sedova F.I., Mozgovaia T.A.* Morfologicheskie priznaki v strukture geomagnitnykh variatsii v period podgotovki sil'neishego zemletriaseniia 25 marta 1998 g. v Antarktide [Morphological features in the structure of geomagnetic variations in the period of preparation earthquake March 25, 1998 in Antarctica] // Ukr. antark. zhurn. 2003. № 1. S. 54 – 60. P. 508 – 509.

14. *Kanonidi Kh.D.* Osobyi vid geomagnitnykh pul'satsii [A special kind of geomagnetic pulsations] // Geomagnetizm i aeronomiia. 1972. T. 12. S. 365.

15. *Babeshko V.A., Sobisevich A.L., Shoshina S.Iu.* Issledovanie uslovii vznikoveniia rezonansov na neodnorodnostiakh v neogranichennoi srede [Investigation of the resonance condition of inhomogeneity in an infinite medium] // Dokl. AN SSSR. 1994. T. 335, № 6. S. 716–718.

16. *Loginov K.I., Sobisevich A.L.* Analiz rezul'tatov eksperimental'nykh nabludenii rezonansnykh geoakusticheskikh vzaimodeistvii v poristoi fluidonasyshchennoi geofizicheskoi srede [Analysis of the results of experimental observations geoacoustic resonant interactions in fluid-saturated porous geophysical medium] // Razvitie metodov i sredstv eksperimental'noi geofiziki. M., 1996. Vyp. 2. S. 174 – 180.

Поступила в редакцию

2 октября 2014 г.