

УДК 550.837

АНОМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КАМЧАТКЕ

Ю. Ф. Мороз^{1,2}, С. Э. Смирнов³, З. А. Назарова⁴

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9

² Геологический институт СО РАН 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а

³ Институт космических исследований, 684034, Камчатский край, п. Паратунка, ул. Мирная, 7

⁴ Камчатский филиал Геофизической службы РАН, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9

E-mail: sergey@ikir.ru

Рассмотрены вековые вариации вертикального геомагнитного поля в обсерваториях Паратунка (Камчатка), Какиока (о. Хонсю), Мамамбецу (о. Хоккайдо) и Патроны (Иркутск) с 1968 по 2014гг.

Ключевые слова: высокочастотное геоакустическое излучение, комбинированный векторный приемник, акустическая активность, направленность геоакустического излучения.

© Мороз Ю.Ф., Смирнов С.Э., Назарова З.А., 2016

MSC 83C50

ANOMALOUS CHANGES OF THE GEOMAGNETIC FIELD VERTICAL COMPONENT IN KAMCHATKA

Y. F. Moroz^{1,2}, S. E. Smirnov³, Z. A. Nazarova⁴

¹ Institute of Volcanology and seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatskii, bul'var Piipa, 9, Russia

² Geological Institute SB RAS 670047, Russia, Ulan-Ude, 6a, Sakhyanova str.

³ Institute of Cosmophysics Research and Radiowave Prorogation FEB RAS, 684034, Kamchatka region, Elizovskiy district, Paratunka, Mirnaya str., 7, Russia

⁴ United Geophysical Survey of RAS, Kamchatka Branch, 683006, Petropavlovsk-Kamchatskii, bul'var Piipa, 9, Russia

E-mail: sergey@ikir.ru

Considered secular variation of the geomagnetic field in the vertical observatories Paratunka (Kamchatka), Kakioka, Mamambetsu and holders (Irkutsk) from 1968 to 2014.

Key words: geomagnetic field, seismicity, mantle.

© Moroz Y. F., Smirnov S. E., Nazarova Z. A., 2016

Введение

Исследование вековых вариаций геомагнитного поля, измеренных на обсерваториях северо-западной части Тихого океана, позволяет судить об особенностях геодинамических процессов этого региона. Для этих целей были выбраны данные векового хода геомагнитного поля в обсерваториях, расположенных на материке (Иркутск), на островах Хонсю (Какиока), Хоккайдо (Мамамбецу) и п-ове Камчатка (Паратунка) (рис. 1).

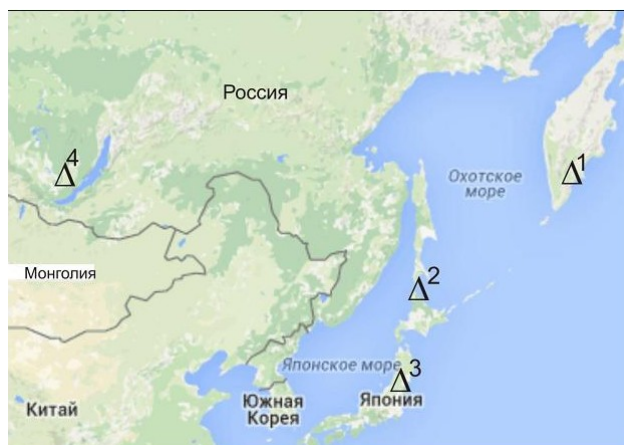


Рис. 1. Схема расположения геомагнитных обсерваторий. 1-Паратунка; 2-Мамамбецу; 3-Какиока; 4-Патроны (Иркутск)

В этих обсерваториях имеются непрерывные наблюдения геомагнитного поля на протяжении многих лет (<http://intermagnet.org/imos>). По временным рядам выделены синхронные интервалы наблюдений с 1968 по 2014гг. Анализ выполнен по трём составляющим геомагнитного поля H , D , Z . При этом основное внимание уделено компоненте Z , которая более чувствительна к геоэлектрическим неоднородностям среды.

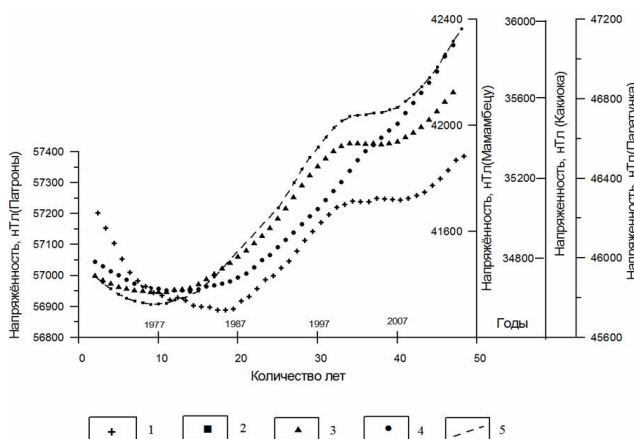


Рис. 2. Вековые хода напряжённости вертикальной составляющей геомагнитного поля в обсерваториях Паратунка (1), Мамамбецу (2), Какиока (3); Патроны (4). 5- отсутствие значений напряжённости поля в обсерватории Мамамбецу

Сравнительный анализ вековых ходов вертикальной составляющей в obs. Паратунка, Какиока, Мамамбецу и Иркутск свидетельствует о следующем. В поведении вековых ходов в период с 1968 до 2001 гг. на всех четырёх обсерваториях выражены подобные вариации (рис. 2). Интенсивность вариаций составляет первые сотни нТл. Важно отметить, что с 2001 по 2014 гг. в поведении годовых ходов только в obs. Иркутск, Какиоки и Мамамбецу проявились вариация с интенсивностью около 100 нТл. Однако в obs Паратунка данная вариация практически не выражена. Возникает вопрос, почему вековой ход в obs. Паратунка отличается за последние 14 лет от вековых ходов в obs. Патроны, Какиока и Мамамбецу.

Обратимся к возможной природе вариаций векового хода. В поведении магнитного поля проявляются вековые вариации, связанные с изменением внешних ионосферных, магнитосферных, коровых и магнитогидродинамических источников, расположенных в жидкой части ядра [6, 10]. Изменения поля коровых источников невелики и составляют первые нТл. Они наблюдаются в основном в сейсмоактивных регионах. Вековые вариации внешних источников по амплитуде оцениваются в первые десятки нТл. Они по интенсивности существенно меньше вариаций магнитогидродинамических источников. Ранее предполагалось, что вариации с периодами 11 лет и менее могут существовать у глубинных источников, но из-за экранирующего влияния верхней хорошо проводящей мантии не проникают к поверхности Земли. Вариации с такими периодами связаны только с внешними источниками. Также механизмы магнитогидродинамической генерации поля не допускали возникновения вариаций с периодами менее 10000–100000 лет. Однако, Брагинский [3] на основе работ Карри [11] доказывает, что вариации с периодами от 4 до 33 лет могут быть связаны с турбулентными пульсациями в жидкой части ядра. Согласно [11], такие вариации недипольного поля могут иметь региональный характер и проявляться не обязательно на всей поверхности Земли.

Исходя из этого, можно полагать, что вариации интенсивностью в первые сотни нТл в вековых ходах в обсерваториях Паратунка, Патроны, Какиока и Мамамбецу являются региональными. Вариации, как было отмечено раньше, подобны в период с 1968 по 2001 гг., а в последующий период вариация в obs. Паратунка практически не проявилась.

Предполагается, что выявленные особенности могут быть обусловлены изменением физического состояния мантии. Информацию о динамике физических свойств пород на больших глубинах (400–700 км) дают данные многолетнего сейсмического мониторинга по мировой и региональным сетям сейсмологических станций. Сейсмичность рассмотрена на расстояниях от обсерваторий соизмеримых с расстояниями до гипоцентров сильных глубоких землетрясений, которые могли оказать существенное влияние на физическое состояние верхней мантии. Анализ показал, что в районах Японии и Байкальского рифта сильных землетрясений ($M \geq 6$) на указанных глубинах за последние 35 лет не было. Сильные глубокие землетрясения ($H \geq 600$ км) в рассматриваемый период произошли только в районе Южной Камчатки. Они сопровождались многочисленными афтершоками на глубинах 400–700 км (рис. 3).

Сильнейшим из них является Охотоморское землетрясение на глубине около 630 км с магнитудой $M_w = 8.3$ (Global GMT), По данным регионального каталога Камчатского филиала Геофизической службы РАН энергетический класс землетрясения $K_s = 17$ (data.emsd.iks.ru/dbquaketxt_min). Эпицентр его располагался на расстоянии примерно 100 км к западу от побережья Южной Камчатки. Землетрясение ощущалось на расстояниях до 9500 км [9].

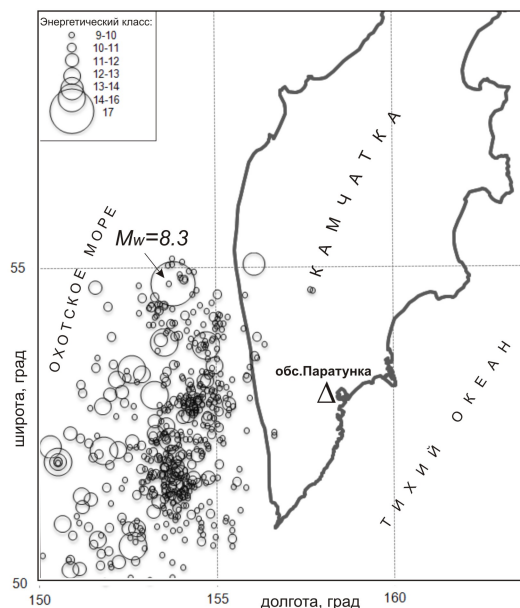


Рис. 3. Схема расположения эпицентров глубоких землетрясений (400–700 км) в районе Южной Камчатки за период с 1968 по 2015 гг. Треугольником на схеме Камчатки обозначено местоположение геомагнитной обсерватории Паратунка

Представление о динамике сейсмичности на глубинах 400–700 км даёт гистограмма землетрясений с $K > 9$, на которой видно, что усиление сейсмичности начинается примерно с 2001 года (рис. 4).

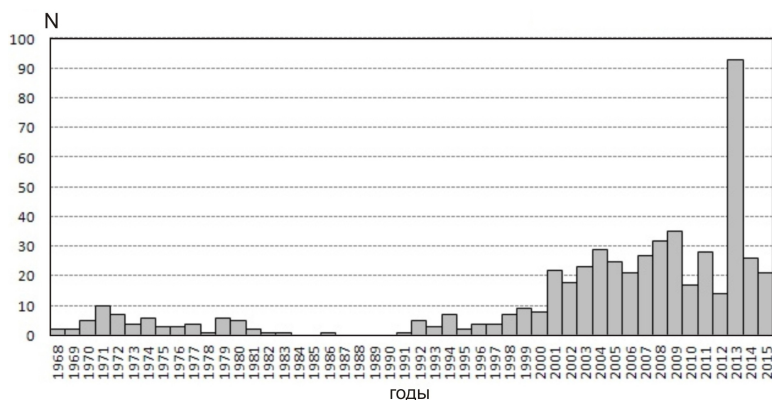


Рис. 4. Гистограмма глубоких (400–700 км) землетрясений энергетического класса $K=9-17$ в районе Южной Камчатки (см. рис. 3)

С этого же времени отмечается расхождение вековых ходов вертикального геомагнитного поля в обсерваториях. Паратунка и Патроны, Какиока, Мамамбецу. Как мы уже отмечали, данное расхождение обусловлено тем, что в obs. Паратунка вариация в 2001–2014 гг практически не проявилась в вековом ходе.

О возможной природе аномального поведения векового хода в obs. Паратунка судить крайне трудно, так как крайне мало сведений о точном механизме проводимости в мантии. По данным сейсмической томографии зона перехода от верхней

к нижней мантии в районе Южной Камчатки отличается пониженной скоростью сейсмических волн по сравнению с Японскими островами [4, 12]. Можно предположить следующее. В результате землетрясений на глубинах 400–700 км выделилась энергия, изменились температура и давление. Это привело к усилению физико - химических процессов пород в зоне перехода от верхней к нижней мантии. Последние исследования в области физики минералов указывают на возможность глубинной дегидратации слэба в переходной зоне мантии и выделения водосодержащего флюида [5].

Согласно [7, 8], удельное электрическое сопротивление пород на глубинах 400–700 км составляет 100–5 Ом·м, соответственно. Предполагается, что жидкая фаза имеет электрическое сопротивление сотые - тысячные доли Ом·м [2]. Появление жидкой фазы в гальванически связанном состоянии даже в объёме сотых долей процента приведёт к сильному увеличению электропроводности пород [1, 13]. Интегральная проводимость толщи пород на глубинах 400–700 км возрастёт на несколько порядков. Появление такой проводящей глубинной неоднородности в районе Южной Камчатки, по-видимому, оказало сильное влияние на поведение вековой вариации геомагнитного поля. Можно полагать, что вековые вариации геомагнитного поля содержат информацию о динамике электропроводности мантии.

Список литературы

- [1] Ваньян Л. Л., *Электромагнитные зондирования*, Научный мир, М., 1997, 219 с., [Van'yan L. L. Elektromagnitnye zondirovaniya. Moskva. Nauchnyy mir. 1997. 219 (in Russian)].
- [2] Гордиенко В. В., Логинов И. М., “О глобальной астеносфере”, *Физика Земли*, 2011, №2, 35–42, [Gordienko V. V., Loginov I. M. O global'noy astenosfere. Fizika Zemli. 2011. 2. 35-42 (in Russian)].
- [3] Брагинский С. И., “О спектре колебаний гидромагнитного динамо Земли”, *Геомагнетизм и аэронавигация*, 10:2 (1970), 221–233, [Braginskiy S. I. O spektre kolebaniy gidromagnitnogo dinamо Zemli. Geomagnetizm i aeronomiya. 1970. 10:2. 221-233 (in Russian)].
- [4] Жао Д., Пирайно Ф., Лиу Л., “Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами”, *Геология и геофизика*, 51:9 (2010), 1188–1203, [Zhao D., Pirayno F., Liu L. Struktura i dinamika mantii pod Vostochnoy Rossiei i prilegayushchimi regionami. Geologiya i geofizika. 51:9, 1188-1203 (in Russian)].
- [5] Отани Э., Чжао Д., “Роль воды в глубинных процессах в верхней мантии и переходном слое: дегидратация стагнирующих субдукционных плит и её значение для «большого мантийного клина»”, *Геология и геофизика*, 50:12 (2009), 1385–1392, [Otani E., Chzhao D. Rol' vody v glubinnnykh protsessakh v verkhney mantii i perekhodnom sloe: degidratatsiya stagniruyushchikh subduksionnykh plit i ee znachenie dlya «bol'shogo mantiynogo klina». 2009. 50:12. 1385–1392 (in Russian)].
- [6] Паркинсон У., *Введение в геомагнетизм*, Мир, М., 1986, 528 с., [Parkinson U. Vvedenie v geomagnetizm. Moskva. Mir. 1986. 528 (in Russian)].
- [7] Ротанова Н. М., Пушков А. Н., *Глубинная электропроводность Земли*, Наука, М., 1982, 148 с., [Rotanova N. M., Pushkov A. N. Glubinnaya elektroprovodnost' Zemli. Moskva. Nauka. 1982. 148 (in Russian)].
- [8] Семёнов В. Ю., “Оценка электропроводности мантии под континентами северного полушария”, *Изв.АН СССР, Физика Земли*, 1989, №3, 60–67, [Semenov V. Yu. Otsenka elektroprovodnosti mantii pod kontinentami severnogo polushariya. Izv. AN SSSR, Fizika Zemli. 3. 60–67. (in Russian)].
- [9] Чеброва А. Ю. и др., “Воздействие Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г. (M=8.3)”, *Вулканология и сейсмология*, 2015, №4, 3-22, [Chebrova A. Yu. i dr. Vozdeystvie Okhotomorskogo zemletryaseniya 24 maya 2013 g. (M=8.3). Vulkanologiya i seysmologiya. 2015. 4. 3-22 (in Russian)].

- [10] Яновский Б. М., *Земной магнетизм*, Изд-во ЛГУ, Л., 1978, 591 с., [Yanovskiy B. M. *Zemnoy magnetizm*. Leningrad. Izd-vo LGU. 1978. 591 (in Russian)].
- [11] Currie R. G., “Geomagnetic spectrum of internal origin and lower mantle”, *J. Geophys. Res.*, **73**:8 (1968), 2779–2786.
- [12] Huang J., Zhao D., “High-resolution mantle topography of China and surrounding regions”, *I. Phys. Planet. Inter.*, **73**:8 (2006), 1–15.
- [13] Shankland T. I., Waff H. S., “Conductivity in fluid-bearing rocks”, *J. Geophys. Res.*, **82**:8 (1977), 5409–5417.

Для цитирования: Мороз Ю.Ф., Смирнов С.Э., Назарова З.А. Аномальные изменения вертикального геомагнитного поля на Камчатке // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2016. № 4(15). С. 80-85. DOI: 10.18454/2079-6641-2016-15-4-80-85

For citation: Moroz Y.F., Smirnov S.E., Nazarova Z.A. Anomalous changes of the geomagnetic field vertical component in Kamchatka, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2016, **15**: 4, 80-85. DOI: 10.18454/2079-6641-2016-15-4-80-85

Поступила в редакцию / Original article submitted: 30.06.2016