

УДК 550.837

## О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ ИЗМЕНЕНИЙ ВЕКОВОГО ХОДА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КАМЧАТКЕ

**Ю.Ф. Мороз<sup>1,2</sup>, С.Э. Смирнов<sup>3</sup>, З.А. Назарова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: morozyf@kscnet.ru*

<sup>2</sup>*Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ.*

<sup>3</sup>*Институт космических исследований и распространения радиоволн  
ДВО РАН, пос. Паратунка Камчатский край.*

<sup>4</sup>*Камчатский филиал Геофизической службы РАН,  
Петропавловск-Камчатский.*

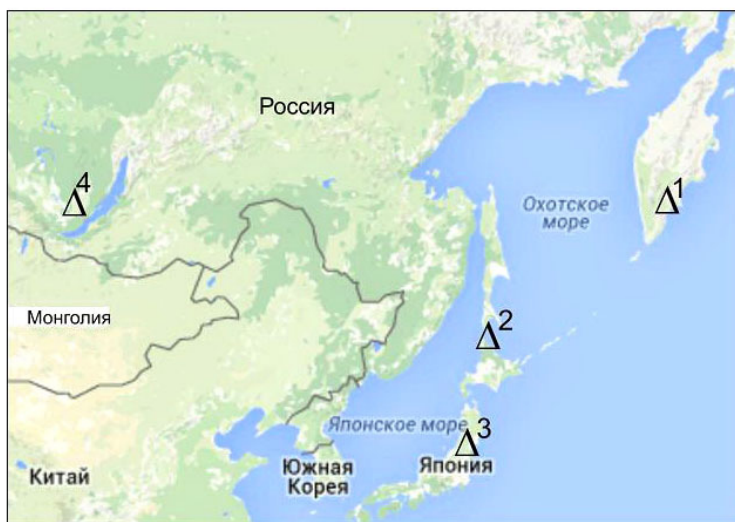
Рассмотрены вековые вариации вертикального геомагнитного поля в обсерваториях Паратунка (Петропавловск-Камчатский), Какиока (о. Хонсю), Мамамбецу (о. Хоккайдо) и Патроны (Иркутск) с 1968 по 2014 гг. Сравнительный анализ вековых ходов показал, что с 1968 по 2001 гг. во всех четырёх обсерваториях выражены подобные вариации напряжённостью в первые сотни нТл. В последующее время с 2001 по 2014 гг. ситуация изменилась. В обсерватории Паратунка вековой ход отличается от других обсерваторий. В ней не проявилась вариация подобная вариациям в трёх других обсерваториях. Это отклонение векового геомагнитного хода в обсерватории Паратунка во времени приурочено к усилению сейсмичности на глубинах 400-700 км в районе Южной Камчатки. Здесь произошло сильнейшее Охотоморское землетрясение с  $M_w = 8.3$ . Предполагается, что в связи с усилением сейсмичности в области перехода от верхней к нижней мантии активизировались физико-химические процессы, которые привели к возникновению крупной геозлектрической неоднородности, оказавшей влияние на поведение вертикальной составляющей геомагнитного поля.

### **Анализ вековых вариаций геомагнитного поля**

Вековые вариации характеризуют изменения средних годовых значений составляющих геомагнитного поля во времени. Вековой ход геомагнитного поля определяют по данным геомагнитных обсерваторий, осуществляющих мониторинг геомагнитного поля очень длительное время. Результаты показывают, что вековой ход не остаётся постоянной величиной, а меняется во времени. Так как измерения в обсерваториях производятся на протяжении 100-150 лет, то во временном ходе могут быть выделены вариации с периодом несколько десятков лет. Важным вопросом геофизики является изучение вариаций векового хода и их возможной связи с глубинными геодинамическими процессами.

Большой научный интерес представляет поведение векового хода геомагнитного поля в обсерваториях, расположенных на материке (Иркутск), на островах Хонсю (Какиока), Хоккайдо (Мамамбецу) и п-ове Камчатка (Паратунка), которые приведены на рис. 1. 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 2014 гг. Анализ выполнен по трём составляющим геомагнитного поля

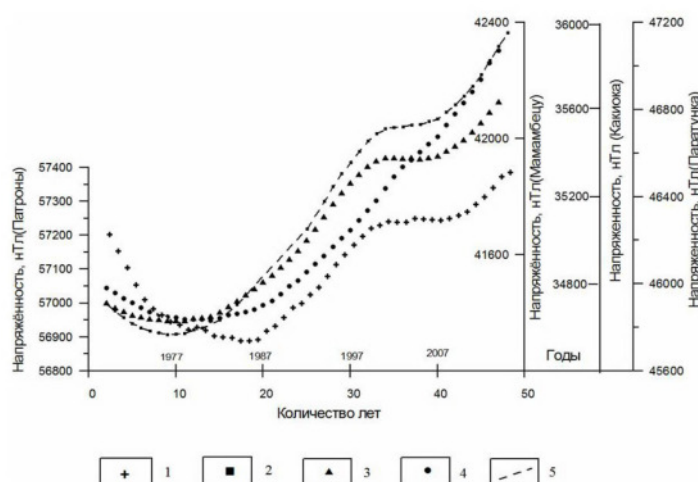
H,D,Z. При этом основное внимание уделено компоненте Z, которая более чувствительна к геоэлектрическим неоднородностям среды.



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

Сравнительный анализ вековых ходов вертикальной составляющей в обс. 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 обс. Иркутск, Какиоки и Мамамбецу проявились вариация с интенсивностью около 100 нТл. Однако в обс. Паратунка данная вариация практически не выражена. Возникает вопрос, почему вековой ход в обс. Паратунка отличается за последние 14 лет от вековых ходов в обс. Патроны, Какиока и Мамамбецу.

**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.



### Обсуждение результатов

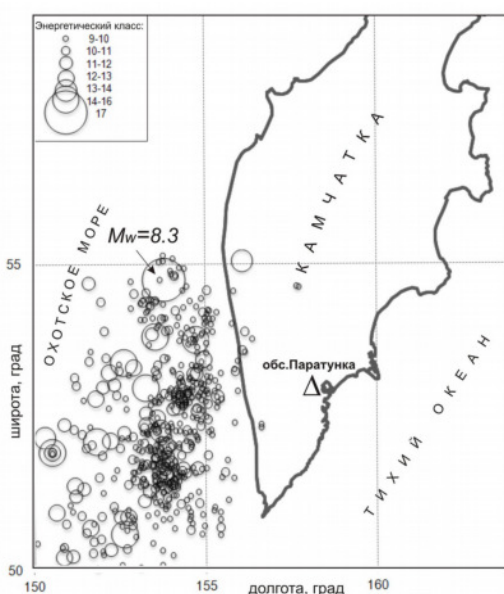
Обратимся к возможной природе вариаций векового хода. В поведении магнитного поля проявляются вековые вариации, связанные с изменением внешних ионосферных, магнито-

сферных, 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 возникновение 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 обс. 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 (<http://www.globalcmt.org/CMTsearch/html>; [http://data.emsd.iks.ru/dbquaketxt\\_min](http://data.emsd.iks.ru/dbquaketxt_min)). 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).

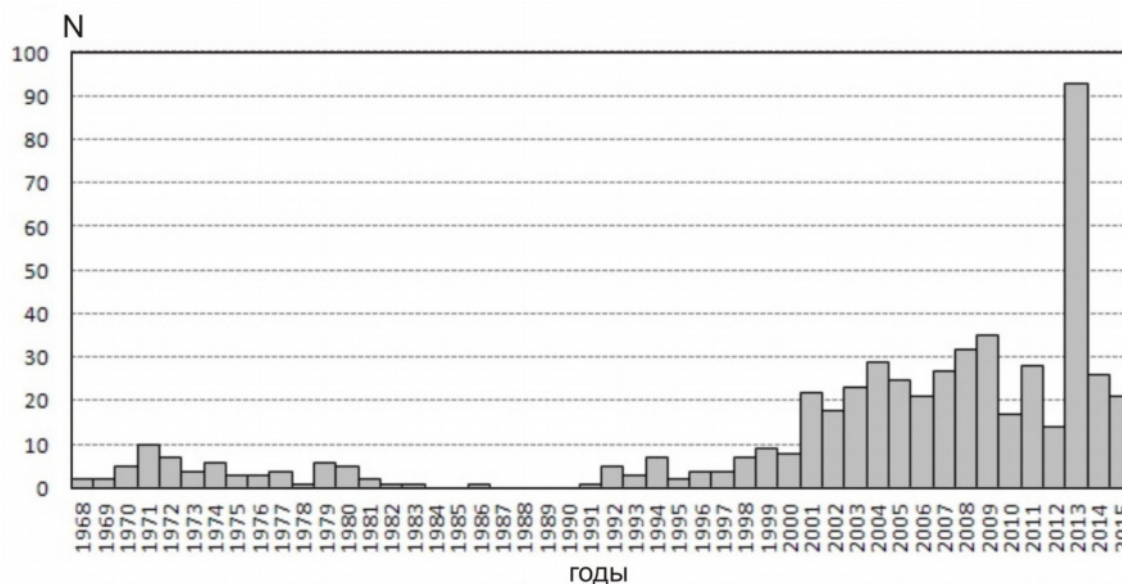


**Рис. 3.** Схема расположения эпицентров глубоких землетрясений (400-700 км) в районе Южной Камчатки за период с 1968 по 2015 гг.

Треугольником на схеме Камчатки обозначено местоположение геомагнитной обсерватории Паратунка.

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  $K_s = 7$  ([http://data.emsd.iks.ru/dbquaketxt\\_min](http://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].

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). 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 обс. Паратунка вариация в 2001-2014 гг. практически не проявилась в вековом ходе.



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

О возможной природе аномального поведения векового хода в обс. 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.

### Литература

1. *Ваньян Л.Л.* Электромагнитные зондирования. М.: Научный мир. 1997. 219 с.
2. *Гордиенко В.В., Логинов И.М.*, О глобальной астеносфере // Физика Земли. 2011. № 2. С. 35 – 42.
3. *Брагинский С.И.* Геомагнетизм и аэрономия. 1970. 10. № 2. С. 221-233.
4. *Жао Д., Пираино Ф., Лиу Л.* Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами // Геология и геофизика. 2010.Т. 51. № 9. С. 1188-1203.
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. 2009. Т. 50. № 12. С. 1385 – 1392.
6. *Паркинсон У.* Введение в геомагнетизм. М.: Мир. 1986. 528 с.
7. *Ротанова Н.М., Пушков А.Н.* Глубинная электропроводность Земли. М.: Наука. 1982. 148 с.
8. *Семёнов В.Ю.* Оценка электропроводности мантии под континентами северного полушария // Изв.АН СССР, Физика Земли. 1989. №3.С.60-67.
9. *Чеброва А.Ю., Чебров В.Н., Гусев А.А., Ландер А.В., Гусева Е.М., Митюшкина С.В., Раевская А.А.* Воздействие Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г. (M=8.3) // Вулканология и сейсмология. 2015. № 4. С. 3-22.
10. *Янковский Б.М.* Земной магнетизм. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978.591 с.
11. *Currie R.G.* Geomagnetic spectrum of internal origin and lower mantle. J.Geophys. Res. 1968.73.№ 8. P. 2779-2786.
12. *Huang J., Zhao D.* High-resolution mantle tomography of China and surrounding regions // I. Phys. Planet. Inter. 2006. V. 155. P. 1-15.
13. *Shankland T.I., Waff H.S.* Conductivity in fluid-bearing rocks. – I Geophys. Res., 1977. Vol. 82. P. 5409-5417