

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 307 (2016), 67 – 72

UDC 550.3

**SPATIAL DISTRIBUTION OF THE MAIN GEOMAGNETIC FIELD
PARAMETERS AND THE EPICENTERS
OF THE DEEP ($H > 350$ KM) EARTHQUAKES**¹G. Khachikyan, ¹B. Zhumabayev, ¹A. Seraliyev, ²E. Khassanov¹Institute of Ionosphere» JSC «National Center of Space Research and Technology», Almaty;²International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan
galina.khachikyan@gmail.com**Key words:** main geomagnetic field, depth of earthquake epicenters.

Abstract. The values of the components of the main geomagnetic field are estimated in the epicenters of the earthquakes with magnitude $M \geq 4.5$ occurred on the globe in 1973-2014. The distribution of hypocenter depths depending on the latitude and longitude, and the values of the north (X)- component of the main magnetic field is obtained. It is shown that the depth of the hypocenter is quite clearly arranged according to the X-component. Namely, the earthquakes with $M \geq 4.5$ practically absent in areas with negative values of X; in areas with $X < \sim 15000$ nT only shallow-focus earthquakes occur ($h \leq 70$ km), in areas of $15,000 < X < 25,000$ nT occur both the shallow-focus and intermediate events ($h \leq 350$ km), and in areas with values of $X > 25,000$ nT, the three types of earthquakes occur: shallow-focus, intermediate, and deep ($h \leq 700$ km). It is concluded that the seismic process is related to the main geomagnetic field structure.

УДК 550.3

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ГЛАВНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
И ЭПИЦЕНТРОВ ГЛУБОКОФОКУСНЫХ
($H > 350$ КМ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**¹Г.Я. Хачикян, ¹Б.Т. Жумабаев, ¹А.М. Сералиев, ²Э.Р. Хасанов¹ДТОО «Институт ионосферы», АО «НЦКИТ», Алматы,²Международный Университет Информационных технологий г. Алматы, Казахстан**Ключевые слова:** главное магнитное поле Земли, глубина гипоцентров землетрясений.

Аннотация. Рассчитаны значения компонент главного геомагнитного поля в эпицентрах 205311 землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014гг. Построены распределения глубин гипоцентров в зависимости от географической широты и долготы и в зависимости от значений северной (X)-компоненты геомагнитного поля в эпицентре во время события. Показано, что глубины гипоцентров достаточно четко организованы в зависимости от X-компоненты главного геомагнитного поля. Землетрясения с $M \geq 4.5$ практически отсутствуют в районах с отрицательными значениями X, в районах с $X < \sim 15000$ nT происходят только мелкофокусные (коровые) землетрясения с глубиной гипоцентров до ~ 70 км, в районах с $15000 < X < \sim 25000$ nT происходят и мелкофокусные и промежуточные землетрясения с глубиной гипоцентров до ~ 350 км, а в районах со значениями $X > 25000$ nT, происходят все три типа землетрясений: коровые, промежуточные и глубокофокусные с глубиной гипоцентров до 700 км. Сделан вывод о связи сейсмического процесса с вариациями главного магнитного поля Земли.

Введение. Вопрос о связи пространственного распределения сейсмически активных зон с пространственным распределением характеристик главного геомагнитного поля, генерируемого во внешнем жидком ядре Земли [1], обсуждается в последнее десятилетие [2-5]. В этих работах продемонстрировано структурное соответствие между географическим расположением на планете сейсмически активных зон и геометрией главного геомагнитного поля. Данная работа продолжает эти исследования, анализируя один из основных сейсмологических параметров - глубину залегания гипоцентров землетрясений.

Экспериментальные данные. Проанализированы данные глобального сейсмологического каталога NEIC для землетрясений представительной магнитуды $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014гг (205311 событий). Гипоцентр есть центральная точка очага землетрясения в которой начинается подвижка пород, а в случае протяжённого очага, под гипоцентром понимают точку начала вспарывания разрыва [6]. Глубина залегания гипоцентра обычно колеблется от нескольких километров до 700 км. В зависимости от глубины расположения гипоцентра все землетрясения подразделяют на три группы: мелкофокусные или поверхностные (от 0 до 70 км), среднефокусные или промежуточные (от 70 до 300-350 км) и глубокофокусные (от 350 до 700 км). Наличие глубокофокусных землетрясений говорит о том, что зоны разломов проникают в мантию Земли намного ниже уровня земной коры.

Статистика распределения на планете глубин гипоцентров очень важна, поскольку такие данные, особенно для глубокофокусных землетрясений, могут пролить свет на состояние пород в глубинах Земли, куда человек никогда не проникнет. В данной работе изучено распределение глубин гипоцентров в зависимости от величины северной (X) - компоненты главного геомагнитного поля в эпицентре во время события. Значения X -компоненты в эпицентрах были рассчитаны по международной справочной модели геомагнитного поля IGRF-10 [7], компьютерная программа модели была реализована ранее в работе [4].

IGRF – это набор математических моделей, которые описывают главное магнитное поле и его вековые вариации, обусловленные внутренними источниками, через отрицательный градиент скалярного потенциала V который, в свою очередь, представлен усеченным рядом сферических гармоник в виде:

$$V(r, \theta, \lambda, t) = R \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^n \left(\frac{R}{r}\right) \cdot (g_n^m(t) \cos m\lambda + h_n^m(t) \sin m\lambda) \cdot P_n^m(\cos \theta)$$

где r, λ, θ , геоцентрические сферические координаты (r - расстояние от центра Земли), λ - долгота на восток от Гринвичского меридиана и θ - коширота (90° минус широта), R - среднее значение радиуса Земли (6372.1 км), g_n^m и h_n^m – коэффициенты Гаусса, $P_n^m(\cos \theta)$ – присоединенные функции Лежандра степени n и порядка m . Среднеквадратическая ошибка определения модуля полного вектора геомагнитного поля по модели IGRF наименьшая для 1979-1980гг, когда проводились измерения поля на спутнике MAGSAT и после 1999г, благодаря использованию данных спутников Ørsted и CHAMP. Для эпох 1980 и 2000гг, среднеквадратическая ошибка определения полного вектора поля составляет ~ 10 нТл, а для других эпох, рассмотренных в данной работе, ~ 50 нТл. Ошибка в 10 нТл для полного вектора дает ошибки для компонент магнитного поля примерно 5 нТл. [<http://www.ngdc.noaa.gov/IGAG/>]. При увеличении ошибки определения модульного значения, ошибка определения компонент поля пропорционально увеличивается.

Результаты. На рис. 1 показано распределение глубин гипоцентров изучаемых землетрясений в зависимости от географической широты. В общем, можно сказать, что в высоких широтах происходят только мелкофокусные землетрясения - глубина гипоцентров не превышает 70 км, а промежуточные и глубокофокусные происходят на средних и низких широтах.

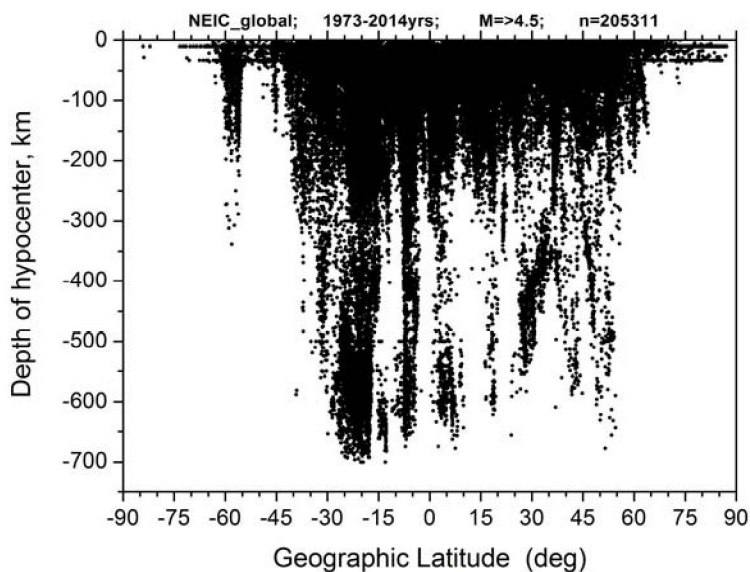


Рисунок 1 – Распределение глубин гипоцентров землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014гг (205311 событий) в зависимости от географической широты

На рис. 2 показано распределение глубин тех же гипоцентров в зависимости от географической долготы. Видно, что зоны мелкофокусных и среднефокусных землетрясений практически равномерно чередуются по долготе, не обнаруживая четкой систематизации, и только для самых глубоких землетрясений выделяются две зоны их генерации: узкая зона в западном секторе долгот ($\sim 55-75^\circ W$) и достаточно протяженная зона в восточном секторе долгот от $\sim 110^\circ E$ до $\sim 187^\circ W$.

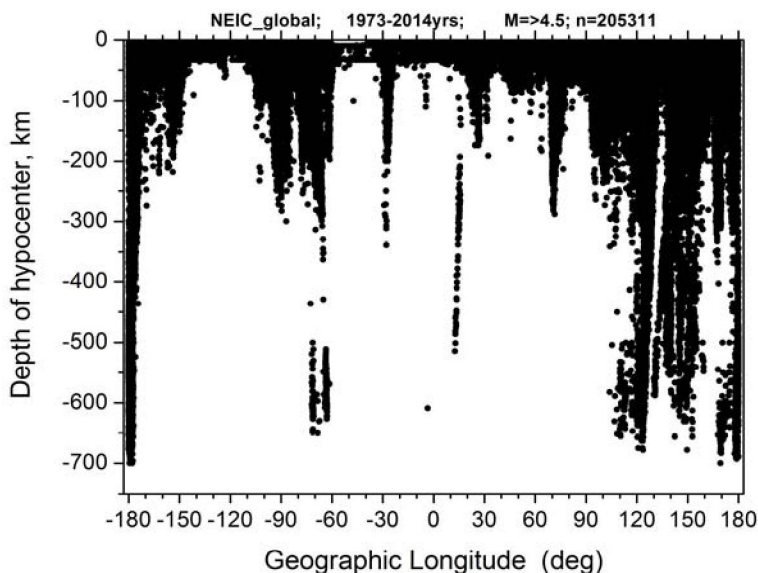


Рисунок 2 – Распределение глубин гипоцентров землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014гг (205311 событий) в зависимости от географической долготы

На рис. 3 показано распределение глубин гипоцентров в зависимости от северной (X)-компоненты геомагнитного поля. Картина распределения гипоцентров на этом рисунке кардинально отличается от представленных на рис. 1, 2, позволяя провести систематизацию трех типов землетрясений (мелкофокусных, промежуточных и глубокофокусных) в зависимости от геомагнитного параметра. Видно, что землетрясения с $M \geq 4.5$ практически отсутствуют в районах с отрицательными значениями геомагнитной X -компоненты, которые расположены в высоких

широтах между географическим и геомагнитным полюсами. В районах с $X < \sim 15000$ нТл происходят только мелкофокусные (коревые) землетрясения с глубиной гипоцентров до ~ 70 км, в районах с $15000 < X < \sim 25000$ нТл происходят и мелкофокусные, и промежуточные землетрясения с глубиной гипоцентров до ~ 350 км, а все три типа землетрясений: коревые, промежуточные и глубокофокусные происходят только в районах со значениями $X > 25000$ нТл. Этот результат поддерживает предположение о связи пространственного распределения сейсмоактивных зон с пространственным распределением параметров геомагнитного поля.

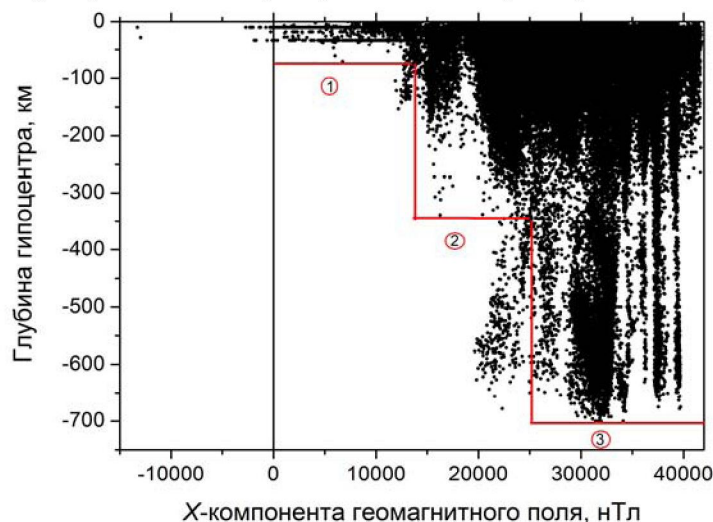


Рисунок 3 – Распределение глубин гипоцентров землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014 гг (205311 событий), в зависимости от значения северной (X)-компоненты главного геомагнитного поля в эпицентре события, рассчитанного по модели IGRF-10

В дополнение к вышесказанному, из рис.3 можно увидеть, что в области перехода между мелкофокусными и среднефокусными землетрясениями выделяется район с наклонным падением линии гипоцентров. Такой же район выделяется и в переходной зоне между среднефокусными и глубокофокусными землетрясениями. Причина этого связана с тем, что землетрясения происходят внутри тектонических разломов, которые не всегда вертикальны, а могут быть наклонены под углом к земной поверхности. В этом случае, географические координаты эпицентра (вертикальная проекция гипоцентра на земную поверхность) не будут совпадать с координатами выхода на поверхность тектонического разлома, процессы в котором спровоцировали землетрясение. В этой связи можно заключить, что компоненты геомагнитного поля следует рассчитывать в гипоцентрах землетрясений.

В течение изучаемых 42 лет (1973-2014 гг) на планете произошло 10314 глубокофокусных землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$ и глубиной гипоцентров более 350 км. Эпицентры этих землетрясений представлены на рис.4а, где цветом указаны их глубины от 350 до 700 км. На рис.4б приведена глобальная карта вековых вариаций угла геомагнитного наклонения ([http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/mag_maps/browse/1 map_sv_2020_large.jpeg](http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/mag_maps/browse/1_map_sv_2020_large.jpeg)). Сопоставляя карты на рис.4, можно заключить, что районы глубокофокусной сейсмичности территориально совпадают с районами экстремальных значений в вековых вариациях угла геомагнитного наклонения, что также говорит о связи пространственных вариаций сейсмичности и главного геомагнитного поля.

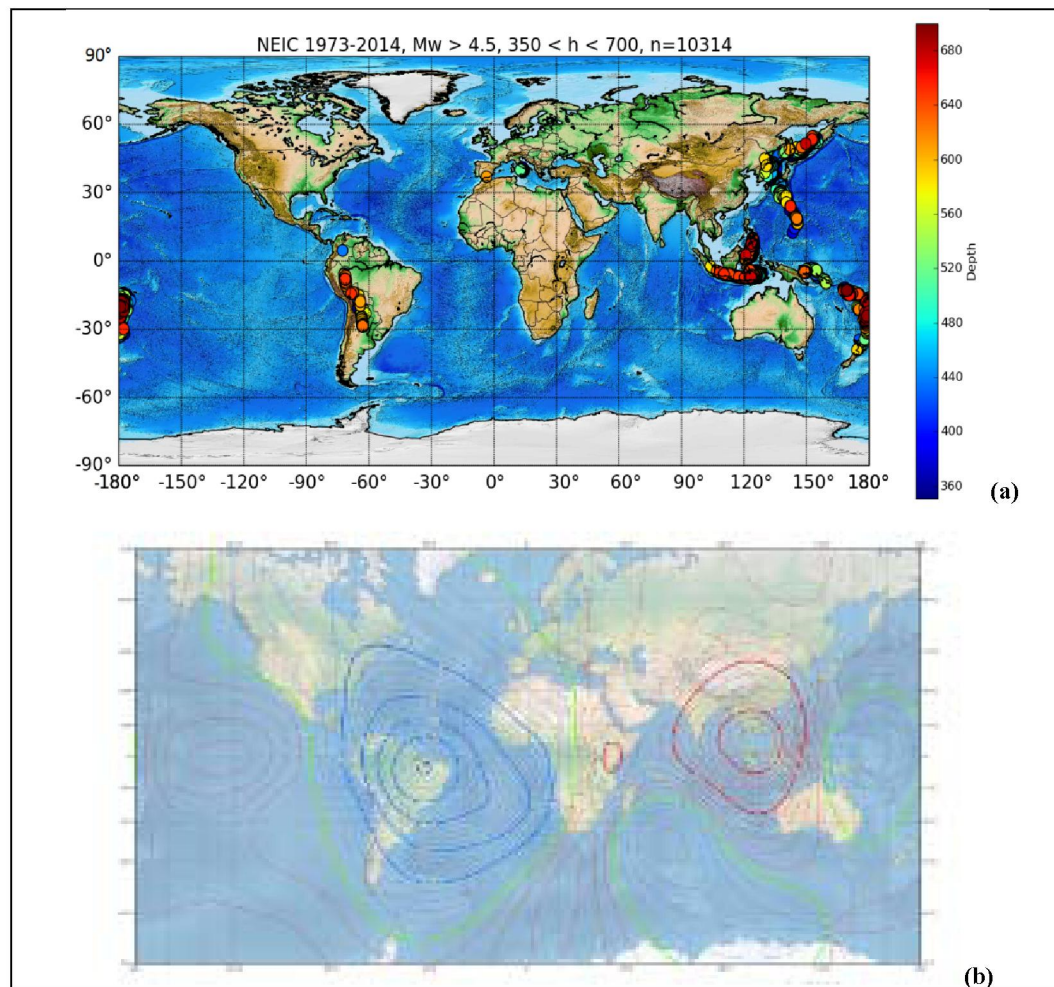


Рисунок 4 – Карта распределения на планете глубокофокусных землетрясений (глубина гипоцентров более 350 км (а) в сопоставлении с картой вековых вариаций угла геомагнитного наклонения (б).

Заключение. Статистика пространственного распределения гипоцентров землетрясений, выраженная в терминах северной (X) - компоненты главного геомагнитного поля, рассчитанной по международной справочной модели IGRF-10 в эпицентрах 205311 землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014 гг, позволяет заключить:

- землетрясения практически отсутствуют в районах с отрицательными значениями геомагнитной X -компоненты, которые расположены в высоких широтах в районах между географическим и геомагнитным полюсами;

- в географических районах, где значение геомагнитной X -компоненты меньше, чем ~ 15000 нТл, происходят только мелкофокусные (коровые) землетрясения с глубиной гипоцентров до ~ 70 км;

- в географических районах, где значение геомагнитной X -компоненты находится в пределах $15000 \text{ нТл} < X < 25000 \text{ нТл}$, происходят как мелкофокусные, так и промежуточные землетрясения с глубиной гипоцентров до ~ 350 км;

- в географических районах, где значение геомагнитной X -компоненты превышает 25000 нТл, происходят все три типа землетрясений: коровые, промежуточные и глубокофокусные с глубиной гипоцентров до 700 км;

- пространственное расположение глубокофокусных землетрясений территориально совпадает с районами экстремальных значений в вековых вариациях угла геомагнитного наклонения.

Полученные результаты говорят о связи сейсмического режима планеты с пространственной структурой главного геомагнитного поля, что пока не учитывается при решении сейсмологических задач.

Работа выполнена в рамках проекта РБП-076: «Разработать методические основы оценки сейсмической опасности на основе данных о вариациях солнечной активности, геомагнитного поля и скорости вращения Земли». Регистрационный номер (РН) 0115РК01276.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Glatzmaier G. A., P. H. Roberts. A three-dimensional convective dynamo solution with rotating and finitely conducting inner core and mantle. *Journal Physics Earth Planet Interior*, 1995, v. 91, p.63-75, http://www.es.ucsc.edu/~glatz/pub/glatzmaier_roberts_pepi_1995.pdf
- [2] Khachikjan G. Ja., G.G. Stikhamaya, A.P. Stikhamiy, N.F. Solonitsina. Spatial distribution of earthquake epicenters and geomagnetic declination angle. *Inland earthquake*, 2008, Vol.22, P. 264-270. http://www.oriprobe.com/journals/nldz/2008_3.html
- [3] Khachikjan G. Spatial earthquake statistics in geomagnetic coordinates. *Proceedings of International earthquake symposium Kocaeli*, 2009, Turkey, Kocaeli, 2009, C. 407-413. <http://kocaeli2009.kocaeli.edu.tr/fullpaper09.pdf>
- [4] Khachikyan G., Inchin A., and A. Lozbin. Spatial distribution of seismicity: relationships with geomagnetic Z-component in geocentric solar magnetospheric coordinate system. *International Journal of Geosciences*, 2012, V.3, № 5. - P 1084-1088. (ISSN Print: 2156-8359), (ISSN Online: 2156-8367). Website: <http://www.scirp.org/journal/ijg>
- [5] Chun-lei Gu, Zhang Yi, Gu Zuo-wen, Wang Xing-zhou, Wang Lei, Xu Ru-gang, Zhu Zhi-chun. Relationship between Zero-value-line of Abnormal Geomagnetic Field in Lithosphere and Strong-moderate Earthquake Epicenters in North China Seismic Region. *Northwestern Seismological Journal*, 2012, #2, http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZBDZ201202011.htm
- [6] Rikitake, T., *Earthquake Prediction*. Elsevier, Amsterdam, 1979, 357 p.
- [7] The International Geomagnetic Reference Field <http://www.ngdc.noaa.gov/LAGA/vmod/igrf.html>

REFERENCES

- [1] Glatzmaier G. A., P. H. Roberts. A three-dimensional convective dynamo solution with rotating and finitely conducting inner core and mantle. *Journal Physics Earth Planet Interior*, 1995, v. 91, p.63-75, http://www.es.ucsc.edu/~glatz/pub/glatzmaier_roberts_pepi_1995.pdf
- [2] Khachikjan G. Ja., G.G. Stikhamaya, A.P. Stikhamiy, N.F. Solonitsina. Spatial distribution of earthquake epicenters and geomagnetic declination angle. *Inland earthquake*, 2008, Vol.22, P. 264-270. http://www.oriprobe.com/journals/nldz/2008_3.html
- [3] Khachikjan G. Spatial earthquake statistics in geomagnetic coordinates. *Proceedings of International earthquake symposium Kocaeli* 2009, Turkey, Kocaeli, 2009, C. 407-413. <http://kocaeli2009.kocaeli.edu.tr/fullpaper09.pdf>
- [4] Khachikyan G., Inchin A., and A. Lozbin. Spatial distribution of seismicity: relationships with geomagnetic Z-component in geocentric solar magnetospheric coordinate system. *International Journal of Geosciences*, 2012, V.3, № 5, P 1084-1088. (ISSN Print: 2156-8359), (ISSN Online: 2156-8367). Website: <http://www.scirp.org/journal/ijg>
- [5] Chun-lei Gu, Zhang Yi, Gu Zuo-wen, Wang Xing-zhou, Wang Lei, Xu Ru-gang, Zhu Zhi-chun. Relationship between Zero-value-line of Abnormal Geomagnetic Field in Lithosphere and Strong-moderate Earthquake Epicenters in North China Seismic Region. *Northwestern Seismological Journal*, 2012, #2, http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZBDZ201202011.htm
- [6] Rikitake, T., *Earthquake Prediction*. Elsevier, Amsterdam, 1979, 357 p.
- [7] The International Geomagnetic Reference Field <http://www.ngdc.noaa.gov/LAGA/vmod/igrf.html>

ТЕРЕҢ ФОКУСТЫ (H>350 КМ) ЖЕР СІЛКІНІСІ ОШАҚТАРЫНЫҢ ЖӘНЕ НЕГІЗГІ ГЕОМАГНИТТІК ӨРІСТІҢ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ КЕҢІСТІКТІК ҮЛЕСТІРІЛУ

¹Г.Я. Хачикян, ¹Б.Т. Жумабаев, ¹А.М. Сералиев, ²Е.Р. Хасанов

¹ЕЖПИС «Ионосфера институты»

«Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ, Алматы

²International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan

Тірек сөздер: жердің негізгі магнит өрісі, жер сілкіністерінің гипоцентрлерінің тереңдігі.

Аңдатпа: Әлемдегі 1973-2014 жылдар аралығында пайда болған магнитудасы $M \geq 4.5$ жоғары 205311 жер сілкінісінің эпицентрінде негізгі геомагниттік өрістің мәндері есептелінген. Эпицентрдегі орын алған оқиғаларға геомагниттік өрістің солтүстігіндегі (X)-компоненттерінің мәндеріне байланысы және гипоцентрлерінің тереңдігінің географиялық ендік және бойлық таралу байланыстары тұрғызылған. Негізгі геомагниттік өрісінің X-компоненттеріне байланысты гипоцентрлердің тереңдігі анық жеткілікті ұйымдастырылғандығы көрсетілген. X компоненттері теріс мәнді аудандарда магнитудасы $M \geq 4.5$ жоғары жер сілкінісі іс жүзінде жоқ, X компоненттерінің мәндері $X < \sim 15000$ nT аудандарда гипоцентрлерінің тереңдігі ~ 70 км дейін кіші фокусты жер сілкіністері болады, X компоненттерінің мәндері $15000 < X < \sim 25000$ nT аралығындағы аудандарда гипоцентрлерінің тереңдігі ~ 350 км дейін кіші фокусты және аралық жер сілкіністері болады, және X компоненттерінің мәндері $X > 25000$ nT аудандарда жер сілкіністерінің барлық үш түрі жүреді: гипоцентрлерінің тереңдігі ~ 700 км дейін кіші фокусты, аралық және терең фокусты. Жердің негізгі магнит өрісінің вариациясының сейсмикалық процестерге байланысы жайында қорытынды жасалды.

Поступила 17.06.2016 г.