

**ON ASSESSMENT OF EARTHQUAKE COUNTING RATE
AND MAGNETUDE ON BASE OF GEOMAGNETIC
 Z_{GSM} -COMPONENTS (on example of Almaty region)****G. Khachikyan¹, A. Sadykova², G. Stikharnaya²**¹ Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan;² Institute of Seismology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: galina.khachikyan@gmail.com; aluadin@mail.ru

Key words: earthquake, geocentric solar magnetospheric coordinate system.

Abstract. It is shown that at the local seismically active area of the Northern Tien Shan, both the frequency of earthquake occurrence and their energy class (magnitude) are controlled by the value of the geomagnetic Z-component in the geocentric solar magnetosphere coordinate system (Z_{GSM}) in the epicenter in the time of earthquake occurrence. The earthquake counting rate and their energy class have maxima in the daytime of summer months and in the nighttime of winter months, when the geomagnetic Z_{GSM} -component reaches its maximum positive values. The maximal energy class in considered area can reach a value of $K = 15.5$.

УДК 523.98; 550.383

**ОБ ОЦЕНКЕ ЧАСТОТЫ ПОВТОРЯЕМОСТИ И СИЛЫ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕОМАГНИТНОЙ
 Z_{GSM} -КОМПОНЕНТЫ (на примере Алматинского региона)****Г. Я. Хачикян¹, А. Б. Садыкова², Г. Г. Стихарная²**¹ ДТОО «Институт ионосферы», Алматы, Казахстан;² ТОО «Институт сейсмологии», Алматы, Казахстан**Ключевые слова:** землетрясение, геоцентрическая солнечно магнитосферная система координат.

Аннотация. Показано, что на локальной сейсмоактивной территории Северного Тянь-Шаня, частота возникновения землетрясений и их энергетический класс (магнитуда) контролируются значением геомагнитной Z-компоненты в геоцентрической солнечно-магнитосферной системе координат (Z_{GSM}) в эпицентре землетрясения в момент его возникновения; частота возникновения землетрясений и их энергетический класс были максимальны в дневные часы летних месяцев и в ночные часы зимних месяцев, когда геомагнитная Z_{GSM} -компонента на данной территории достигала наибольших положительных значений; максимальный энергетический класс на этой территории может достигать величины $K = 15.5$.

Введение. Исследования предыдущих лет [1, 2 и ссылки внутри] показали, что характеристики сейсмичности, как для всей планеты, так и для локальной территории Северного Тянь-Шаня (Алматинского региона) зависят от вариаций солнечной активности. Возникает необходимость разработки (поиска) физического механизма, реализующего связь тектонических процессов с вариациями солнечной активности – энергией солнечного ветра, которая поступает в околоземное космическое пространство в процессе пересоединения магнитных силовых линий солнечного ветра с силовыми линиями геомагнитного поля [3]. Процесс магнитного пересоединения отображается более четко в гелиоцентрической солнечно-магнитосферной системе координат (Geocentric Solar

Magnetospheric – GSM) [4], в которой ось X_{GSM} направлена на Солнце, ось Z_{GSM} – лежит в плоскости, образованной осью геомагнитного диполя и прямой линией Земля-Солнце, а ось Y_{GSM} – дополняет систему до правой, то есть, перпендикулярна земному магнитному диполю. Из-за того, что ось магнитного диполя не совпадает с осью вращения Земли, значения GSM-координат для любой географической точки на земной поверхности не остаются постоянными во времени, а изменяется, как в течение суток из-за вращения Земли вокруг своей оси, так и в течение года из-за движения Земли вокруг Солнца.

В работе [5] была исследована статистика планетарной сейсмичности в GSM системе координат и обнаружено, что частота возникновения землетрясений на планете и их магнитуда могут быть определены, в первом приближении, по значениям геомагнитной Z_{GSM} -компоненты в эпицентре события в момент его возникновения (рисунок 1).

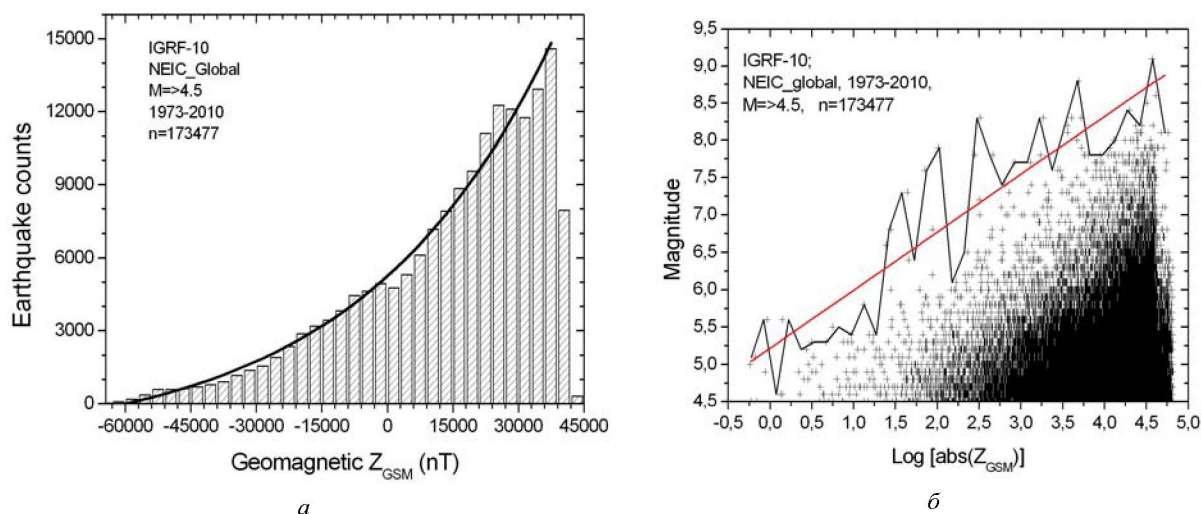


Рисунок 1 – Частота возникновения на планете землетрясений с $M \geq 4,5$ (а) и их магнитуда (б) в зависимости от значения геомагнитной Z_{GSM} -компоненты в эпицентре в момент события [5]

По данным (16) было получено эмпирическое соотношение для расчета максимально возможной магнитуды землетрясения, которое имеет вид [5]:

$$M_{max} = a + bx, \quad (1)$$

где $a = 5,22 \pm 0,17$, $b = 0,78 \pm 0,06$, а x – соответствует выражению $\log[\text{abs}(Z_{GSM})]$.

Поскольку выражение (1) было получено по данным глобального сейсмологического каталога, где основное количество землетрясений составляют те события, которые происходят вдоль границ литосферных плит, оно может не вполне соответствовать ситуации для внутриконтинентальной сейсмичности, к которой относится регион Северного Тянь-Шаня. Поэтому, в данной работе исследована связь между вариациями геомагнитной Z_{GSM} -компоненты, частотой возникновения и магнитудой землетрясений на Северном Тянь-Шане.

Результаты

Для анализа использованы данные о землетрясениях с энергетическим классом $K \geq 7,0$, произошедших на территории локального района Северного Тянь-Шаня с координатами $\varphi = 42.83^\circ - 43,5^\circ N$ и $\lambda = 76.0^\circ - 78.0^\circ E$ в период 1970–2010 гг. (всего 1066 событий).

Методика исследований. По программе, реализованной ранее в [5], с использованием компьютерных кодов GEORACK-2008, представленной в сети интернет [6], были рассчитаны значения Z_{GSM} -компоненты в эпицентрах всех 1066 землетрясений в моменты их возникновения. Также, чтобы иметь представление о том, как изменяется в данном регионе геомагнитная Z_{GSM} -компонента, были проведены тестовые расчеты и определены значения Z_{GSM} в четырех угловых точках, ограничивающих исследуемую территорию: $42.83^\circ N$ и $76.0^\circ E$; $43.5^\circ N$ и $76.0^\circ E$; $43.5^\circ N$ и $78.0^\circ E$; $42.83^\circ N$ и $78.0^\circ E$, а также в центральной точке: $43,0^\circ N$ и $76,9^\circ E$. Результаты тестовых расчетов представлены на рисунке 2 цветными линиями.

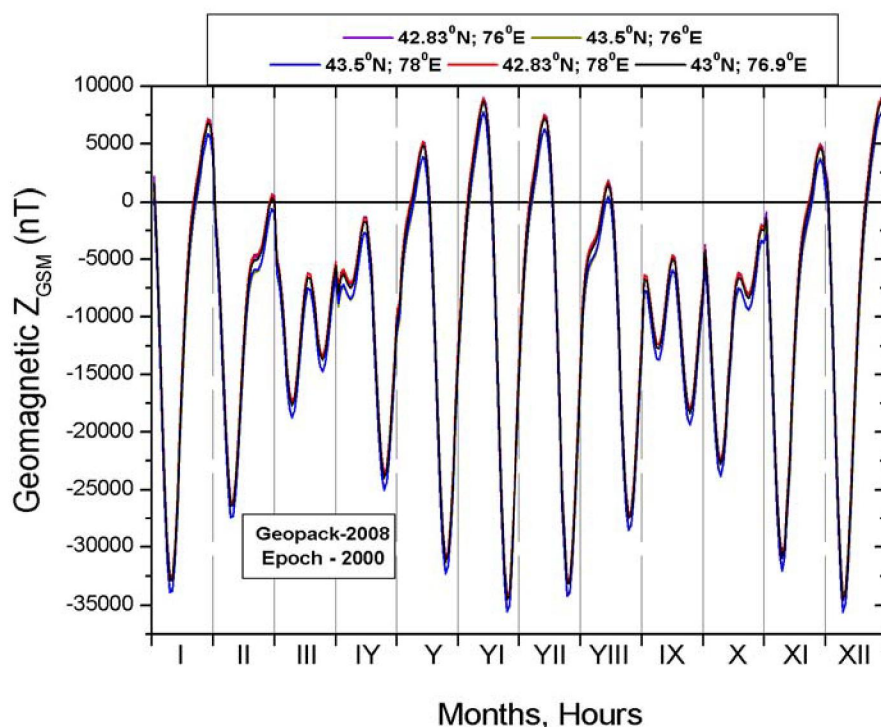


Рисунок 2 – Рассчитанные значения геомагнитной Z_{GSM} -компоненты в пяти точках с географическими координатами: $42.83^{\circ}N$ и $76.0^{\circ}E$; $43.5^{\circ}N$ и $76.0^{\circ}E$; $43.5^{\circ}N$ и $78.0^{\circ}E$; $42.83^{\circ}N$ и $78.0^{\circ}E$; и $43.0^{\circ}N$, $76.9^{\circ}E$ для всех часов и всех месяцев 2000 г.

Из рисунка 2 видно, что значения Z_{GSM} практически не отличаются для указанных географических пунктов, но значительно изменяются от месяца к месяцу и от часа к часу. Затем, значения Z_{GSM} для пяти пунктов были усреднены и вариации усредненных значений показаны на рисунке 3 для разных месяцев в зависимости от мирового времени (время на гринвичском меридиане).

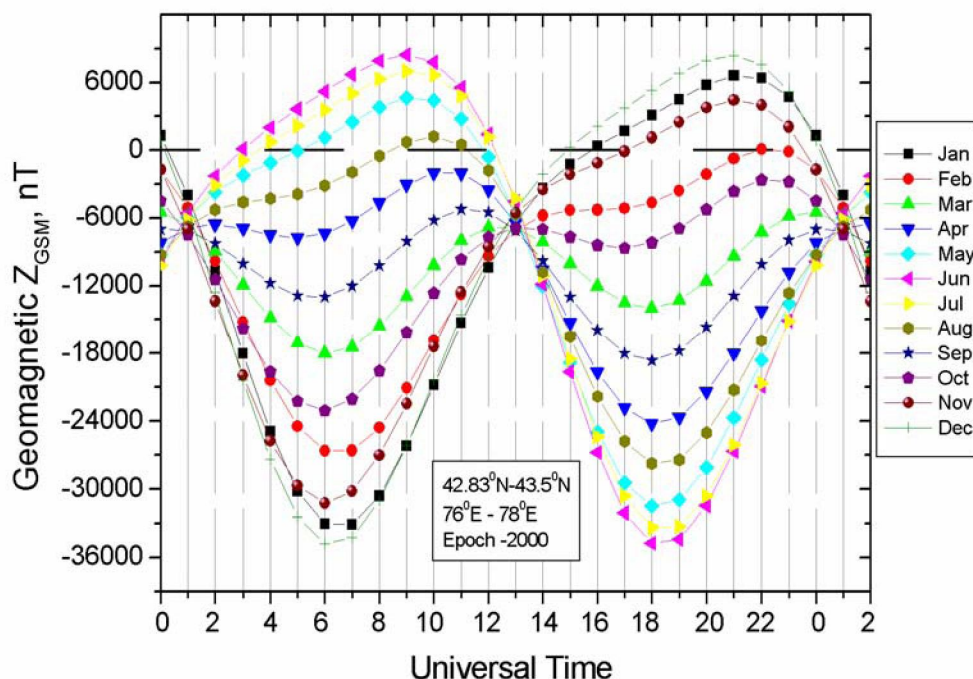


Рисунок 3 – Значения геомагнитной Z_{GSM} -компоненты, усредненные для пяти географических пунктов, в зависимости от мирового времени для разных месяцев

Частота возникновения землетрясений. Как видно из рисунка 3, на рассматриваемой локальной территории Северного Тянь-Шаня, значения Z_{GSM} бывают как положительные, так и отрицательные. Положительные значения Z_{GSM} наблюдаются в летние месяцы (май, июнь, июль, август) примерно с 4 до 12 часов по гринвичскому времени, или, при переводе на местное солнечное время, примерно с 10 до 18 часов, то есть в дневное местное время. Также, положительные значения Z_{GSM} наблюдаются в зимние месяцы (ноябрь, декабрь, январь, февраль), но уже в другие часы, примерно с 16 до 24 часов по гринвичскому времени, или, при переводе на местное солнечное время – с 10 вечера до 6 часов утра, то есть в ночное местное время. Согласно данным на рисунке 1а, частота возникновения землетрясений на всей земле увеличивается при больших положительных значениях Z_{GSM} . Следовательно, на основании результата, показанного на рисунке 3, следует ожидать, что на рассматриваемой локальной территории Северного Тянь-Шаня землетрясения должны возникать наиболее часто в дневное местное время летом и в ночное местное время зимой.

Для проверки этого предположения, для 1066 землетрясений с $K \geq 7,0$, произошедших в регионе с координатами (42.83°-43.5°N, 76.0°-78.0°E) в период с 1970 по 2010 гг., было определено местное солнечное время в момент их возникновения. Затем подсчитано число землетрясений в 2-часовых интервалах, отдельно для летних месяцев (май, июнь, июль, август) и для зимних (ноябрь, декабрь, январь, февраль). На рисунке 4 представлены гистограммы суточного хода числа землетрясений для летних месяцев (красные столбики) и для зимних месяцев (синие столбики).

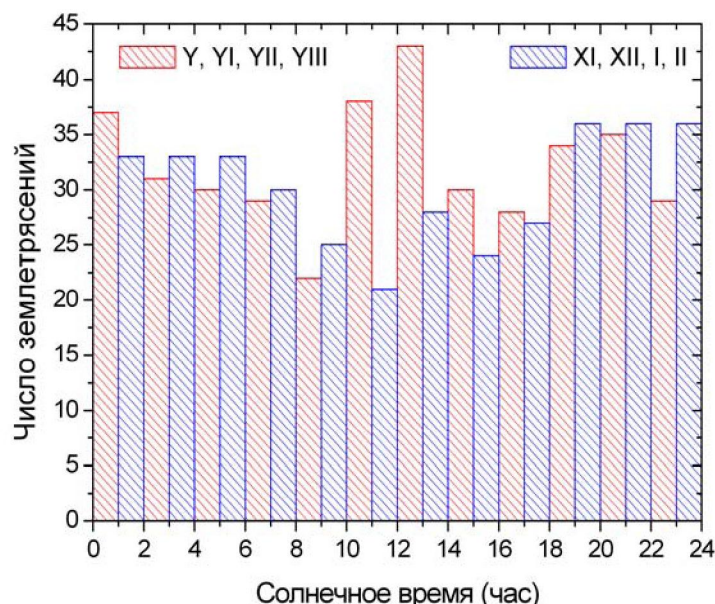


Рисунок 4 – Гистограмма числа землетрясений с классом $K \geq 7,0$, зарегистрированных на территории (42.83°-43.5°N, 76.0°-78.0°E) в период с 1970 по 2010 гг. (1066 событий) в 2-часовых интервалах в зимние месяцы (синие столбики) и летние месяцы (красные столбики)

Из рисунка 4 следует, что в летние месяцы наибольшее число землетрясений наблюдалось в местное дневное время (пик в 10-14 часов), а в зимние месяцы – в местное ночное время (с 6 вечера до 6 утра). Таким образом, как и на всей планете, на локальной сейсмически активной территории Северного Тянь-Шаня, землетрясения возникают наиболее часто в те периоды, когда геомагнитная Z_{GSM} -компонента принимает положительные значения, что на данной территории имеет место в дневное солнечное время летом и в ночное солнечное время зимой.

Энергетический класс (магнитуда) землетрясений. Как получено в работе [1] и представлено на рисунке 1б, максимально возможная магнитуда землетрясения в конкретном географическом регионе может быть определена, в первом приближении, по максимально возможному значению логарифма абсолютного значения Z_{GSM} в данном регионе, то есть по значению $\log[\text{abs}(Z_{GSM})]$. Чтобы уточнить коэффициенты регрессионного уравнения (1) для локальной территории Северного Тянь-Шаня, были подсчитаны значения $\log[\text{abs}(Z_{GSM})]$ для каждого из 1066 землетрясений с $K \geq 7,0$.

На рисунке 5 представлен энергетический класс произошедших землетрясений в зависимости от значений $\log[\text{abs}(Z_{\text{GSM}})]$ в эпицентре в момент их возникновения.

Из рисунка 5 видно, как и для случая всей планеты (рисунок 1б), энергетический класс землетрясения возрастает с возрастанием параметра $\log[\text{abs}(Z_{\text{GSM}})]$. Конечно, при высоких значениях этого параметра могут возникать землетрясения разных классов, но максимально возможные энергетические классы (обведены красными кругами) показывают достаточно четкую линейную зависимость от величины $\log[\text{abs}(Z_{\text{GSM}})]$.

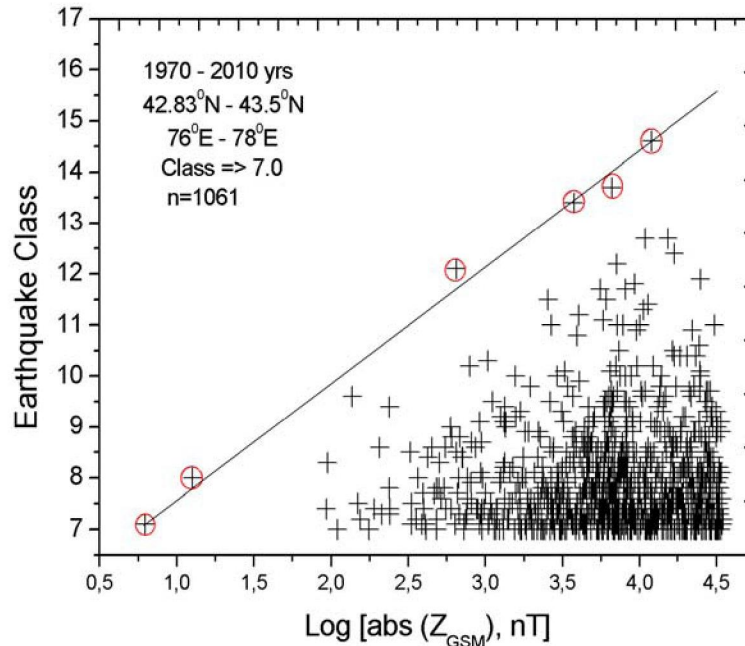


Рисунок 5 – Энергетический класс землетрясений, произошедших на территории 42.83°-43.5°N, 76.0°-78.0°E в 1970-2010 гг. (1066 событий) в зависимости от значений логарифма абсолютного значения Z_{GSM} -компоненты в эпицентре в момент события.

Прямая линия на рисунке 5 есть линейная аппроксимация максимально возможных значений K , которая имеет вид:

$$K = a + b \{ \text{Log}[\text{abs}(Z_{\text{GSM}})] \}, \quad (2)$$

с коэффициентом корреляции $R=0.999$, и вероятностью 99%. Коэффициенты регрессионного уравнения (2) равны: $a=5.4 \pm 0.13$; $b=2.46 \pm 0.05$. Из рисунка 5 видно, что максимальный энергетический класс произошедшего на этой территории землетрясения составлял $K=14.6$ (Байсорунское, 1990 г.). Для этого события значение $\log[\text{abs}(Z_{\text{GSM}})]$ было равно 4.079. Однако, как показывает регрессионная прямая на рисунке, значение $\log[\text{abs}(Z_{\text{GSM}})]$ на этой территории может достигать величины 4.5 и максимально возможный класс землетрясения может иметь значение 15.5.

Таким образом, показано, что на локальной сейсмоактивной территории Северного Тянь-Шаня частота возникновения землетрясений и максимальный энергетический класс связаны с величиной геомагнитной Z -компоненты в геоцентрической солнечно-магнитосферной системе координат (Z_{GSM}), что находится в согласии с результатом для планетарной сейсмичности, а именно: землетрясения возникают наиболее часто в те периоды, когда геомагнитная Z_{GSM} -компонента принимает положительные значения, что на данной территории имеет место в дневное солнечное время летом и в ночное солнечное время зимой; максимальный энергетический класс на этой территории может достигать величины $K = 15.5$.

Заключение. Статистика землетрясений с классом от 7.0 до 14.6, зарегистрированных на локальной территории Северного Тянь-Шаня с координатами 42,83°-43,5°N и 76,0°-78,0°E, в период с 1970 по 2010 гг. (1066 событий), поддерживает результат, полученный ранее для глобальной сейсмичности, о том, что частота возникновения землетрясений и их энергетический класс (магнитуда) контролируются значением геомагнитной Z -компоненты в геоцентрической солнечно-

магнитосферной системе координат (Z_{GSM}) в эпицентре землетрясения в момент его возникновения. Частота возникновения землетрясений на указанной территории и их энергетический класс имеют тенденцию быть максимальными в дневные часы летних месяцев и в ночные часы зимних месяцев, когда геомагнитная Z_{GSM} -компонента на данной территории достигает наибольших положительных значений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хачикян Г.Я., Садыкова А.Б., Джанабилова С.О. Связь частоты повторяемости землетрясений и сейсмической энергии Земли с вариациями солнечной активности // Научный журнал-приложение международного журнала «Высшая школа Казахстана». Поиск-Izdenis. – 2014. – № 2. – С. 55-61.
- [2] Хачикян Г.Я., Садыкова А.Б., Полепко Н.Н. Вариации солнечной активности и сеймотектоническая активность Северного Тянь-Шаня // Научный журнал-приложение международного журнала «Высшая школа Казахстана». Поиск-Izdenis. – 2014. – № 2(1). – С. 114-119.
- [3] Russell C.T. Reconnection in Planetary Magnetospheres // Advances in Space Research. – 2002. – Vol. 29, N 7. – P. 1045-1052.
- [4] Russell C.T. Geophysical Coordinate Transformations // Cosmic Electrodynamics. – 1971. – Vol. 2. – P. 184-196.
- [5] Khachikyan G., Inchin A., and Lozbin A. Spatial distribution of seismicity: relationships with geomagnetic Z-component in geocentric solar magnetospheric coordinate system // International Journal of Geosciences. – 2012. – Vol. 3, N 5. – P.1084-1088. <http://www.scirp.org/journal/ijg>
- [6] Tsyganenko N.A. Geopack: A Set of Fortran Subroutines for Computations of the Geomagnetic Field in the Earth's Magnetosphere, 2008. <http://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/Geopack-2008.html>

REFERENCES

- [1] Hachikjan G.Ja., Sadykova A.B., Dzhnanabilova S.O. Svjaz' chastoty povtorjaemosti zemletrjasenij i sejsmicheskoy jenergii Zemli s variacijami solnechnoj aktivnosti. *Nauchnyj zhurnal-prilozhenie mezhdunarodnogo zhurnala «Vysshaja shkola Kazahstana»*. *Poisk-Izdenis*. **2014**. N 2. P. 55-61. (in Russ.)
- [2] Hachikjan G.Ja., Sadykova A.B., Poleshko N.N. Variacii solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskaja aktivnost' Severnogo Tjan'-Shanja. *Nauchnyj zhurnal-prilozhenie mezhdunarodnogo zhurnala «Vysshaja shkola Kazahstana»*. *Poisk-Izdenis*. **2014**. N 2(1). P. 114-119.
- [3] Russell C.T. Reconnection in Planetary Magnetospheres. *Advances in Space Research*. **2002**. Vol. 29, N 7. P. 1045-1052.
- [4] Russell C.T. Geophysical Coordinate Transformations. *Cosmic Electrodynamics*. **1971**. Vol. 2. P. 184-196.
- [5] Khachikyan G., Inchin A., and Lozbin A. Spatial distribution of seismicity: relationships with geomagnetic Z-component in geocentric solar magnetospheric coordinate system. *International Journal of Geosciences*. **2012**. Vol. 3, N 5. P. 1084-1088. <http://www.scirp.org/journal/ijg>
- [6] Tsyganenko N.A., "Geopack: A Set of Fortran Subroutines for Computations of the Geomagnetic Field in the Earth's Magnetosphere", **2008**. <http://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/Geopack-2008.html>

ГЕОМАГНИТТІ Z_{GSM} -КОМПОНЕНТІ НЕГІЗІНДЕ ЖЕРСІЛКІНІСТЕРДІҢ ҚАЙТАЛАНУ ЖИЛІГІ МЕН КҮШІН БАҒАЛАУ (Алматы аймағының мысалында)

Г. Я. Хачикян¹, А. Б. Садыкова², Г. Г. Стихарная²

¹ «Ионосфера институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан;

² «Сейсмология институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: жерсілкініс, геоцентрлік күн-магнитосфера координата жүйесі.

Аннотация. Солтүстік Тянь-Шань жергілікті сейсмоактивті территориясындағы жерсілкіністердің пайда болу жиілігі мен олардың энергетикалық класстары (магнитудалары), сол пайда болған жерсілкіністердің эпицентріндегі геоцентрлік күн-магнитосфера координата жүйесіндегі (Z_{GSM}) геомагнитті Z-компонентінің мәнімен бақыланатыны көрсетілген; берілген аймақтағы геомагнитті Z_{GSM} -компоненті ең жоғары оң мәндерге жеткенде, жерсілкіністердің пайда болу жиілігі мен олардың энергетикалық класстары жаз айларындағы күндізгі уақыттарда және қыс айларындағы түнгі уақыттарды максималды болған; бұл аймақтағы максималды энергетикалық класс $K = 15,5$ шамасына жетуі мүмкін.

Поступила 20.03.2015 г.