N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 3, Number 307 (2016), 40 – 45

UDK 550.348

VARIATIONS OF SOLAR ACTIVITY AND SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION OF STRONG EARTHQUAKES (M≥7.0) IN THE AREA OF EURASIA IN 1973-2014

G. Hachikyan, B. Zhumabayev, N. Toyshiev, A. Kaldybayev, S. Nurakynov

"Institute of Ionosphere" JSC "National Center for Space Research and Technology", Almaty
galina.khachikyan@gmail.com

Key words: variations of solar activity, earthquakes, solar-lithosphere relationships.

Abstract. The spatial and temporal variations of the strong (M≥7.0) earthquakes that occurred in 1973-2014 in the area of Eurasia restricted by the coordinates: 30^0N-45^0N, 0^0E -110^0E are investigated. It is shown that from 32 occurred here strong earthquakes, 16 events occurred in the time of decreased solar activity, while another 16 events occurred in the time of increased solar activity. The spatial analysis of distribution of the epicenters showed that for decreased solar activity the strong earthquakes occurred mainly in the Asian part of the territory (13 events out of 16, i.e. 81.3%), while for increased solar activity the strong earthquakes occurred mainly in the European part (14 events out of 16, 87.5%). This result supports the idea of solar influence on the Earth's seismic activity and shows that the nature of this influence may be different for geological regions with different both the structural and material composition that should be taken into account in the design of the physical mechanism of solar-lithospheric relations.

УДК 550.348

ВАРИАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (M≥7.0) НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРАЗИИ В 1973-2014ГГ.

Г. Я. Хачикян, Б.Т. Жумабаев, Н.С. Тойшиев, А.А. Калдыбаев, С.М. Нуракынов

ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», г.Алматы

Ключевые слова: вариации солнечной активности, землетрясения, солнечно-литосферные связи

Аннотация. Исследованы пространственно-временные вариации сильных (*M*≥7.0) землетрясений, произошедших в 1973-2014 гг. на территории Евразии, ограниченной координатами: 30^0N-45^0N, 0^0E -110^0E. Показано, что из 32 произошедших здесь сильных землетрясений, 16 событий произошло при пониженном уровне солнечной активности и 16 - при повышенном. При этом, при пониженной солнечной активности сильные землетрясения происходили в основном на азиатской части территории (13 событий из 16, т.е. 81.3%), а при повышенной солнечной активности сильные землетрясения происходили в основном на европейской части (14 событий из 16, т.е. 87.5%). Этот результат поддерживает идею о влиянии солнечной активности на сейсмическую активность Земли и показывает, что характер этого влияния может быть разным для геологических районов с различным структурно-вещественным составом, что должно быть принято во внимание при разработке физического механизма солнечно-литосферных связей.

Введение. Вопрос о связи сейсмической активности Земли с вариациями солнечной активности обсуждается уже более 150 лет [1-15], но все еще носит дискуссионный характер [16] и физический механизм солнечно-литосферных связей пока не разработан. Анализ экспериментальных данных показывает, что долговременные тренды в вариациях солнечной и сейсмической активности находятся в противофазе [2-7], внутри 11-ти летних солнечных циклов сейсмическая активность возрастает, в основном, на фазе спада и минимума солнечной активности [8, 9], но может несколько повышаться в периоды солнечных максимумов [6, 10, 11] и во время солнечных протонных событий [2, 3]. Следует обратить внимание, что одновременно с изучением связи сейсмичности с солнечной активностью, проводится и изучение связи вулканической деятельности планеты с солнечной активностью. Так, в работе [17] изучалась периодичность извержения вулканов в Японии в течение 306 лет (с 1700 по 2005 гг) и было показано, что вулканы с магмой, перенасыщенной силикатами, имеют тенденцию извергаться в основном при спокойном состоянии Солнца. В течение рассмотренных 306 лет в Японии было 11 извержений четырех вулканов с обогащенным силикатным составом магмы, при этом, девять извержений, то есть ~82%, произошло при низком уровне солнечной активности. Такой закономерности не наблюдалось для извержения вулканов, магма которых слабо насыщена силикатами. Этот экспериментальный факт позволяет предположить, что вариации солнечной активности могут по-разному влиять на земные породы с разным вещественным составом. Результаты данной работы, полученные при анализе землетрясений, поддерживают такое предположение, показывая, что в 1973-2014гг на территории сейсмоактивных районов Евразии сильные землетрясения (M≥7.0) происходили в основном при повышенной солнечной активности на европейской части, но при пониженной солнечной активности на азиатской части.

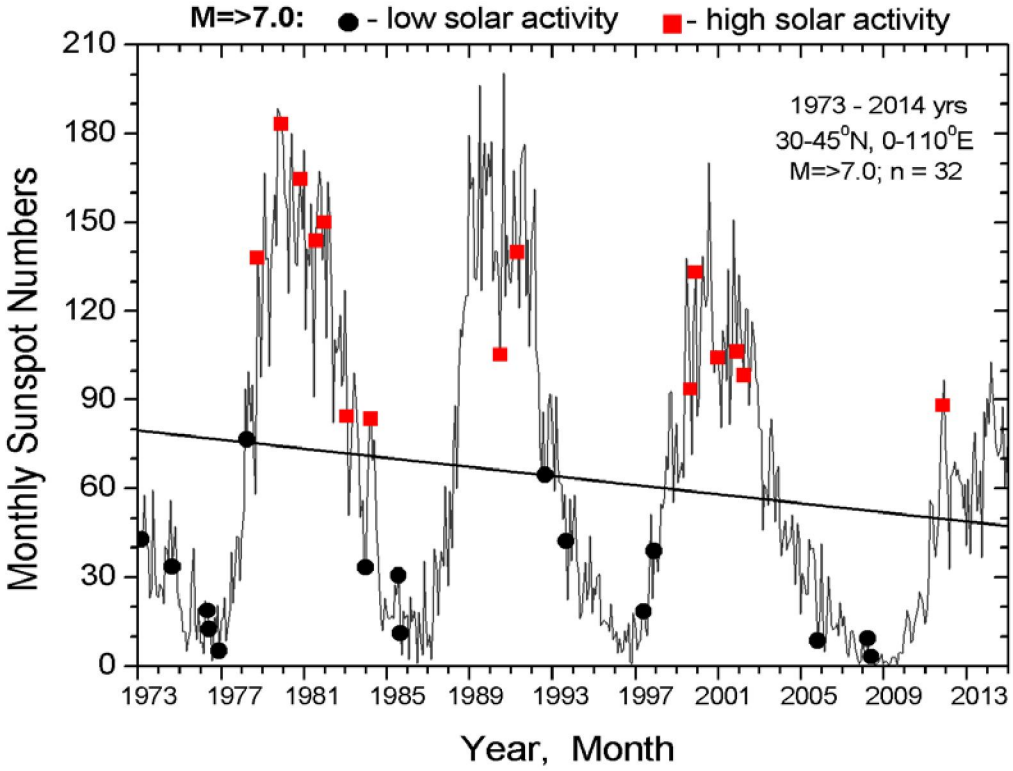

Рисунок 1 – Среднемесячные числа солнечных пятен (черная кривая) и их долговременный линейный тренд (черная прямая линия); черные круги и красные квадраты - даты землетрясений с M≥7.0 на территории 30^0N-45^0N, 0^0E-110^0E, приуроченные к пониженному и повышенному уровню солнечной активности, соответственно

Экспериментальные данные. Для анализа использованы данные о сильнейших землетрясениях (M≥7.0), произошедших в 1973-2014гг в зоне внутриконтинентальной сейсмичности на территории Альпийско-Гималайского орогенного пояса, ограниченной координатами 30^0N-45^0N, 0^0E -110^0E. Согласно глобальному сейсмологическому каталогу NEIC

геологической службы США, в эти годы на этой территории произошло 32 землетрясения с магнитудой 7.0 и более.

Результаты. На рис.1 черной кривой показаны вариации среднемесячного числа солнечных пятен за период 1973-2014гг, а черной сплошной линией - долговременный линейный тренд. Черные круги и красные квадраты маркируют даты возникновения землетрясений с магнитудой (M≥7.0) на изучаемой территории. При этом черными кругами помечены даты землетрясений, которые произошли при пониженной солнечной активности (2 круга на линии тренда и 14 - ниже линии тренда), а красными квадратами помечены даты землетрясений, которые произошли при повышенной солнечной активности (16 квадратов выше линии тренда).

На основании рис. 1 можно заключить, что половина сильных землетрясений произошла при пониженной солнечной активности и половина при повышенной, то есть создается впечатление, что связь между вариациями солнечной и сейсмической активности отсутствует. Однако впечатление изменится если проанализировать пространственное распределение эпицентров этих событий. На рис.2 показаны эпицентры землетрясений (черные круги и красные квадраты) на карте рельефа. Эпицентры некоторых землетрясений были расположены так близко, что слились на рис.2, поэтому визуально количество символов кажется меньше, чем 32.

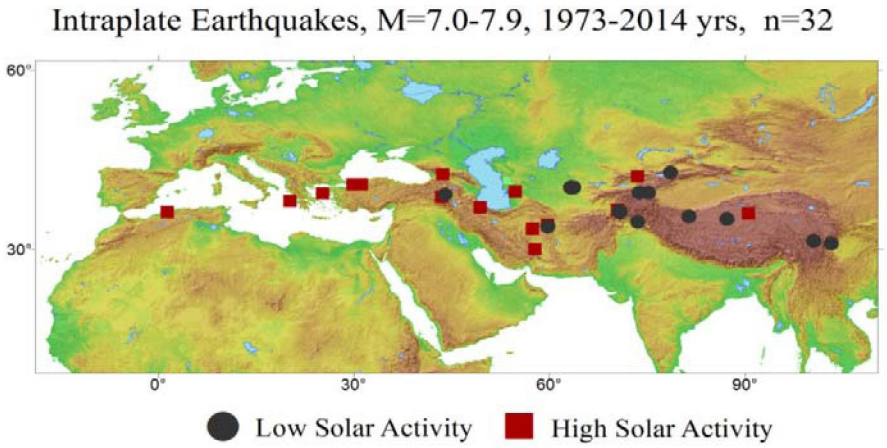

Рисунок 2 – Распределение эпицентров сильных землетрясений (M≥7.0), произошедших в 1973-2014гг на территории с координатами 30^0N-45^0N, 0^0E -110^0E: черные круги – эпицентры событий, произошедших при пониженной солнечной активности, красные квадраты – при повышенной солнечной активности.

Анализируя рис. 2, нетрудно заметить, что на европейской части Альпийско-Гималайского орогенного пояса землетрясения с M≥7.0 происходили, в основном, при повышенной солнечной активности (14 событий из 16, т.е. 87.5% - красные квадраты), а на азиатской части этого пояса сильные землетрясения происходили в основном при пониженной солнечной активности (13 событий из 16, т.е. 81.3% - черные круги). Тенденция приуроченности сильных землетрясений в Азии к периодам низкой солнечной активности поддерживается данными о трех сильнейших землетрясениях недалекого прошлого, произошедших на территории Северного Тянь-Шаня (таблица). Видно, что каждое из этих событий произошло при низком уровне солнечной активности. К этому можно также добавить, что из рассмотренных 32 землетрясений, самым сильным было землетрясение в провинции Сычуань в Азии с магнитудой M=7.9, которое произошло 5 мая 2008г в период экстремально низкого уровня солнечной активности при среднегодовом числе солнечных пятен SSN= 3.2.

Таблица. Крупнейшие тектонические землетрясения на Северном Тянь-Шане [18]

№	Название	Координаты	Год, день, месяц, время	Магни-туда	Число солнечных пятен
1	Верненское	43.1N, 76.8E	1887г., 8 июня, 23ч 35м	7.3	13,1
2	Чиликское	43.2N, 78.7E	1889г., 11 июля, 22ч 14м	8.3	6,3
3	Кеминское,	42,9N, 76.9E	1911г., 3 января, 23ч. 25м	8.2	5,7

Обсуждение результатов. Исследованы закономерности пространственно-временного распределения сильных землетрясений на территории Евразии, ограниченной координатами 30^0N-45^0N, 0^0E -110^0E в связи с вариациями солнечной активности. Для анализа выбраны только сильные землетрясения (M≥7.0) по той причине, что в работе [21] показано, что частота повторяемости на планете землетрясений с магнитудой менее 7.0 не показывает систематических изменений со временем, поскольку землетрясения с магнитудой менее 7.0 могут быть лишь афтершоками более сильных событий. В течение 42 лет (1973-2014гг) на этой территории произошло 32 землетрясения с M≥7.0. Даты их возникновения не показывают приуроченности к какому-то определенному уровню солнечной активности, а распределены практически равномерно на кривой среднемесячных чисел солнечных пятен: 16 событий произошло при повышенном уровне солнечной активности, и 16 событий произошло при пониженном уровне солнечной активности (рис.1). При анализе пространственного распределения эпицентров этих землетрясений оказалось, что во время повышенной солнечной активности сильные землетрясения происходили в основном на европейской части анализируемой территории (14 событий из 16, т.е. 87.5%) а во время пониженной солнечной активности они происходили в основном на азиатской части территории (13 событий из 16, т.е. 81.3%), что демонстрирует рис.2. Этот результат говорит о том, что сейсмоактивная среда с различным структурно-вещественным составом может по-разному реагировать на изменение уровня солнечной активности. Рис. 2 показывает, что в районе высокой Азии (Гималаи, Тибет, Тянь-Шань) сильные землетрясения имеют тенденцию возникать в основном при пониженной солнечной активности. Ярким свидетельством этому является Сычуаньское землетрясение в Китае с магнитудой M=7.9 (самое сильное событие из 32 рассмотренных), которое произошло в 2008г во время затяжного минимума солнечной активности, когда среднегодовое число солнечных пятен было равно SSN=3.2. Подтверждением приуроченности сильнейших землетрясений в Азии к периодам минимальной солнечной активности являются и землетрясения на Северном Тянь-Шане: Верненское M=7.3, Чиликское M=8.3 и Кеминское M=8.2, произошедшие в периоды низкой солнечной активности, когда среднегодовые числа солнечных пятен были равны 13.1, 6.3 и 5.7, соответственно. Рассмотренная в статье территория ограничена на востоке долготой 110^0E, однако, по результатам исследований других авторов можно заключить, что тенденция приуроченности сильных землетрясений в Азии к периодам низкой солнечной активности сохраняется и для более восточных районов. Так, в работе [17] показано, что в течение 306 лет (с 1700 по 2005 гг) в районе Японских островов произошло 12 сильнейших землетрясений с магнитудой M≥7.5. При этом 9 событий (75 %) произошло в периоды пониженной солнечной активности, когда среднегодовые числа солнечных пятен были менее 40.

Заключение. По данным о сильных (*M*≥7.0) землетрясениях, произошедших в 1973-2014 гг. на территории Альпийско-Гималайского орогенного пояса, ограниченной координатами: 30^0N-45^0N, 0^0E -110^0E (32 события), показано, что 16 землетрясений произошло при пониженном уровне солнечной активности и 16 - при повышенном. Однако, при пониженной солнечной активности сильные землетрясения происходили в основном на азиатской части Альпийско-Гималайского пояса (13 событий из 16, т.е. 81.3%), а при повышенной солнечной активности сильные землетрясения происходили в основном на европейской части Альпийско-Гималайского пояса (14 событий из 16, т.е. 87.5%). Этот результат поддерживает идею о влиянии солнечной активности на сейсмическую активность Земли и показывает, что характер влияния может быть разным для геологических районов с различным структурно-вещественным составом, что должно быть принято во внимание при разработке физического механизма солнечно-литосферных связей.

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] Wolf R. On the periodic return of the minimum of sun-spots: The agreement between those periods and the variations of magnetic declination. Philos. Magazine. 1853, № 5, 67p.

[2] Zhang, Gui-Qing. Relationship between global seismicity and solar activities, Acta Seismologica Sinica, 1998, V. 11, Issue 4, p.495-500.

[3] Shestopalov I.P., Kharin E.P. Secular variations of solar activity and seismicity of the earth, Geophysical Journal, 2006, V. 28, N. 4, p.59-70.

[4] Рогожин Ю.А., Шестопалов И.П. Вековые циклы сейсмичности Земли и сейсмическая безопасность АЭС, Атомная стратегия, 2007, № 29.

[5] Белов С.В., Шестопалов Л.П., Харин Е.П. О взаимосвязях эндогенной активности Земли с солнечной и геомагнитной активностью, Доклады Академии наук, 2009, Т. 428, № 1, с. 104–108.

[6] Хачикян Г.Я., Садыкова А.Б., Джанабилова С. 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.

[7] Жантаев Ж.Ш., Жумабаев Б.Т., Хачикян Г.Я., Тойшиев Н., Кайраткызы Д. Вариации солнечной и глобальной сейсмической активности в 21-24 солнечных циклах, Известия НАН РК, Серия физическая, 2015, №4, с. 63-70.

[8] Simpson J. F. Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes, Earth Planet. Sci. Lett. 1967, Vol. 3, p. 417–425.

[9] Huzaimy, J. M., and Yumoto K. Possible correlation between solar activity and global seismicity, Proc. 2011 IEEE Int. Conf. Space Sci. Comm. Penang Malaysia, 2011, P. 138–141.

[10] Сытинский А.Д. О влиянии солнечной активности на сейсмичность Земли. ДАН СССР, т.208. 1973, № 5. с. 1078-1081.

[11] Odintsov S. , K. Boyarchuk, K. Georgiva, B. Kirov and D. Atanasov Long-period trends in global seismic and geomagnetic activity and their relation to solar activity, Physics and Chemistry of the Earth, 2006, p. 88-93.

[12] Соболев Г.А., Шестопалов И.П., Харин Е.П. Геоэффективные солнечные вспышки и сейсмическая активность Земли, Физика Земли, 1998, № 7, с. 85-90.

[13] Khain V.E and Khalilov E.N About Possible influence of solar activity upon seismic and volcanic activities: long-term forecast, Transactions of the International Academy of Science H&E, 2007/2008, p. 217-240.

[14] Лурсманашвили О.В. О возможности влияния активности Солнца на распределение землетрясений Кавказа. Сообщения Академии наук Грузии, 1972, т.65, №2, С.309-312.

[15] Han Yanben, Guo Zengjian, Wu Jinbing and Ma Lihua Possible triggering of solar activity to big earthquakes (MS ≥ 8) in faults with near west-east strike in China, Science in China Ser. G Physics, Mechanics and Astronomy, 2004, p. 173-181.

[16] Love J.J., Thomas J.N. Insignificant solar-terrestrial triggering of earthquakes. Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/grl.50211, 2013, Vol. 40, p. 1165–1170.

[17] Ebisuzaki T., Miyahara H., Kataoka R., Sato T., Ishimine Y. Explosive volcanic eruption triggered by cosmic rays: volcano as a bubble chamber. Gondwana Research, 2011, p.1054-1061.

[18] Кальметьева З.А., Миколайчук А.В., Молдобеков Б.Д., Мелешко А.В., Жантаев М.М. и Зубович А.В. Атлас Землетрясений Кыргызстана, Бишкек: ЦАИИЗ, 2009, ISBN 978-9967-25-829-7, 74с.

[19] Pallister, J.S., Hoblitt, R.P., Reyes, A.G. A basalt trigger for the 1991 eruptions of Pinatubo volcano? Nature, 1992,.356, p.426–428.

[20] Aglietta, M., Alessandro, B., Antonioli, P., Arneodo, F., Bergamasco, L., Bertaina, M.E., Briatore, L., Castellina, A., Chiavassa, A., Piazzoli, B.D. Temperature variations in the low stratosphere (50–200 hpa) monitored by means of the atmospheric muon flux. Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics, 2008, 31, p.175–189. doi10.1393/ncc/i2008-10294-4.

[21] Pacheco J. F., and L. R. Sykes. Seismic moment catalog of large shallow earthquakes, 1900 to 1989. Bulletin Seismic Society America, 1992, 82, p. 1306–1349.

REFERENCES

[1] Wolf R. On the periodic return of the minimum of sun-spots: The agreement between those periods and the variations of magnetic declination. Philos. Magazine. 1853, № 5, 67p.

[2] Zhang, Gui-Qing. Relationship between global seismicity and solar activities, Acta Seismologica Sinica, 1998, V. 11, Issue 4, p.495-500.

[3] Shestopalov I.P., Kharin E.P. Secular variations of solar activity and seismicity of the earth, Geophysical Journal, 2006, V. 28, N. 4, p.59-70.

[4] Rogozhin Y.A., Shestopalov I.P. The age-old cycles of the Earth's seismicity and seismic safety of nuclear power plants, Nuclear strategy, 2007, № 29. P. 1-7.

[5] Belov S.V., Shestopalov L.P., E.P. Harin. On the relationship of endogenous activity of the Earth with solar and geomagnetic activity, reports the Academy of Sciences, 2009 T. 428, № 1, p. 104-108.

[6] Khachikyan G.Y, Sadykova A.B., Dzhanabilova C. Communication recurrence frequency of earthquakes and seismic energy of the Earth and variations in solar activity. The scientific journal application of the international journal "Higher School of Kazakhstan" Search-Izdenis, 2014, № 2, p 55-61.

[7] Zhantayev Zh. Sh., B.T. Zhumabayev, G. Ya. Khachikyan, N. Toishiev, D. Kairatkyzy. Variations of solar and global seismic activity in 21-24 solar cycles, Bulletene of NAS KR, physical series, 2015, №4, c. 63-70.

[8] Simpson J.F. Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes, Earth Planet. Sci. Lett. 1967, Vol. 3, p. 417–425.

[9] Huzaimy, J.M., and Yumoto K. Possible correlation between solar activity and global seismicity, Proc. 2011 IEEE Int. Conf. Space Sci. Comm. Penang Malaysia, 2011, P. 138–141.

[10] Sytinskyi A.D. On the influence of solar activity on the Earth's seismic activity. Reports of Akademy Science, USSR, 1973, v.208, № 5, p. 1078-1081.

[11] Odintsov S., K. Boyarchuk, K. Georgiva, B. Kirov and D. Atanasov Long-period trends in global seismic and geomagnetic activity and their relation to solar activity, Physics and Chemistry of the Earth, 2006, p. 88-93.

[12] Sobolev G.A., Shestopalov I.P., Harin E.P. Geoeffectiveness solar flares and seismic activity of the Earth Physics of the Earth, 1998, № 7, p. 85-90.

[13] Khain V.E and Khalilov E.N About Possible influence of solar activity upon seismic and volcanic activities: long-term forecast, Transactions of the International Academy of Science H&E, 2007/2008, p. 217-240.

[14] Lursmanashvili O.V. On the possibility of the effect of solar activity on the distribution of Caucasian earthquakes. Posts Georgian Academy of Sciences, 1972, v.65, №2, p.309-312.

[15] Han Yanben, Guo Zengjian, Wu Jinbing and Ma Lihua Possible triggering of solar activity to big earthquakes (MS ≥ 8) in faults with near west-east strike in China, Science in China Ser. G Physics, Mechanics and Astronomy, 2004, p. 173-181.

[16] Love J.J., Thomas J.N. Insignificant solar-terrestrial triggering of earthquakes. Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/grl.50211, 2013, Vol. 40, p. 1165–1170.

[17] Ebisuzaki T., Miyahara H., Kataoka R., Sato T., Ishimine Y. Explosive volcanic eruption triggered by cosmic rays: volcano as a bubble chamber. Gondwana Research, 2011, p.1054-1061.

[18] Kalmetieva Z.A, Mikolaichuk A.V. Moldobekov B.D, Myaleshka A.V. Jantaev M.M. Zubovich A.V. Atlas of Earthquakes in Kyrgyzstan, 2009, ISBN 978-9967-25-829-7, 74p.

[19] Pallister, J.S., Hoblitt, R.P., Reyes, A.G. A basalt trigger for the 1991 eruptions of Pinatubo volcano? Nature, 1992, 356, p.426–428.

[20] Aglietta, M., Alessandro, B., Antonioli, P., Arneodo, F., Bergamasco, L., Bertaina, M.E., Briatore, L., Castellina, A., Chiavassa, A., Piazzoli, B.D. Temperature variations in the low stratosphere (50–200 hpa) monitored by means of the atmospheric muon flux. Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics, 2008, 31, p.175–189. doi10.1393/ncc/i2008-10294-4.

[21] Pacheco J. F., and L. R. Sykes. Seismic moment catalog of large shallow earthquakes, 1900 to 1989. Bulletin Seismic Society America, 1992, 82, p. 1306–1349.

ЕУРАЗИЯ АЙМАҒЫНДАҒЫ 1973-2014 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ КҮШТІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІНІҢ (M≥7.0) КЕҢІСТІК-УАҚЫТТЫҚ ТАРАЛУЫ ЖӘНЕ КҮН БЕЛСЕНДІЛІГІНІҢ ВАРИАЦИЯСЫ

Г.Я. Хачикян, Б.Т. Жумабаев, Н.С. Тойшиев, А.А. Калдыбаев, С.М. Нуракынов

ЕЖШС «Ионосфера институты», «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ, Алматы

Түйін сөздер: күн белсенділігінің вариациялары, жер сілкінісі, күн-литосфералық байланыс.

Аннотация. Координаттары шектеулі 300N-450N, 00E -1100E Еуразия аймағы бойынша, 1994-2014 жылдар аралығында болған күшті (M≥7.0) жер сілкіністерінің кеңістіктегі және уақыт аралығындағы вариациялары зерттелген. Осы аумақта 32 күшті жер сілкінісінің 16-сы күн белсенділігінің төмендетілген деңгейінде және 16-сы жоғары деңгейінде орын алғандығы көрсетілген. Сонымен қатар, күшті жер сілкіністері күн белсенділігінің төмендеген деңгейінде (16-ның 13-і, яғни 81,3%) азиялық аумағында орналасқан, ал күн белсенділігінің жоғарғы деңгейінде (16-ның 14-і, яғни 87,5%) Европалық бөлігінде орын алған. Бұл нәтижелер күн белсенділігінің жердің сейсмикалық белсенділігіне ықпал ету идеясын қолдайды, және бұл ықпал ету мінездемесі геологиялық аймақтар үшін заттық құрылымы әр түрлі болуы мүмкін, оны күн-литосфералық байланыстардың физикалық механизмін жобалау кезінде ескеру керек.

Поступила 17.06.2016 г.