

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 302 (2015), 79 – 86

**FREQUENCY OF EARTHQUAKE OCCURRENCE DEPENDING  
ON SIDEREAL TIME (FOR ALMATY REGION)**

**G. Ya. Khachikyan<sup>1</sup>, B. I. Demchenko<sup>2</sup>, L. I. Shestakova<sup>2</sup>, A. B. Sadykova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Ionosphere, JSC «NCSRT», Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Astrophysical Institute, JSC «NCSRT», Almaty, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Institute of seismology NSTC «Parasat», Almaty, Kazakhstan.

E-mail: galina.khachikyan@gmail.com

**Key words:** sidereal time, frequency of earthquake occurrence.

**Abstract.** The data on earthquakes with energy class  $K \geq 7.0$  occurred in 1970-2010 years in the local territory of Northern Tien-Shan  $42.8 - 43.5^{\circ}\text{N}$ ,  $76-78^{\circ}\text{E}$  (1061 events) have been analyzed. For each earthquake epicenter, the local sidereal time was calculated for the moment of earthquake occurrence. It is shown that the largest number of earthquakes occurs during 7-8 h of the local sidereal time. The amplitude of the diurnal sidereal variation in earthquake occurrence is  $\sim 9\%$ , and a lag is equal to about 2 hours with respect to the diurnal sidereal variation in the intensity of high-energy cosmic rays flux measured at the Observatory of Tibet, which is spaced longitudinally from the studied region of the Northern Tien-Shan less than 15 degrees. The results indirectly support theoretical prediction, that cosmic ray muons, which can penetrate into the crust, can be a trigger of earthquakes in seismically active region when its stress has reached a critical level, close to the threshold of breaking rock.

УДК 550.2

**ЧАСТОТА ВОЗНИКОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ  
(НА ПРИМЕРЕ АЛМАТИНСКОГО РЕГИОНА)**

**Г. Я. Хачикян<sup>1</sup>, Б. И. Демченко<sup>2</sup>, Л. И. Шестакова<sup>2</sup>, А. Б. Садыкова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ» НКА РК, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>ДТОО «Астрофизический институт» АО «НЦКИТ» НКА РК, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>ТОО «Институт сейсмологии» АО «ННТХ «Парасат» МОН РК, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** местное звездное время, частота возникновения землетрясений.

**Аннотация.** Проанализированы данные о землетрясениях с энергетическим классом  $K \geq 7.0$ , произошедших в 1970-2010 гг. на локальной территории Северного Тянь-Шаня  $42.8 - 43.5^{\circ}\text{N}$ ,  $76-78^{\circ}\text{E}$  (1061 событие). Для эпицентра каждого землетрясения рассчитано местное звездное время в момент возникновения события. Показано, что наибольшее число землетрясений возникает в период 7-8 час. звездного времени. Амплитуда звездной суточной вариации числа землетрясений составляет примерно 9% и запаздывает по фазе примерно на 2 часа относительно звездной суточной вариации в интенсивности высокозэнергичных космических лучей, измеряемых на обсерватории Тибет, которая отстоит по долготе от изучаемого региона Северного Тянь-Шаня менее чем на 15 градусов. Результаты косвенно подтверждают теоретические расчеты, предсказывающие, что проникающие в земную кору мюоны высокозэнергичных космических лучей могут стать триггером землетрясения в сейсмоактивной среде, напряжение в которой достигло критического уровня, близкого к порогу разрушения горной породы.

**Введение.** Юго-восточные районы территории Казахстана расположены в сейсмоопасных районах Северного Тянь-Шаня, где уже происходили, и впредь будут происходить катастрофические землетрясения [1]. Этот факт обуславливает высокий социальный спрос на надежные методы сейсмического прогноза, которые пока отсутствуют из-за недостатка знаний о физических причинах, запускающих землетрясение. Несколько лет назад академик РАН Голицин Г.С. обратил внимание на соответствие между энергетическими характеристиками галактических космических лучей (ГКЛ) и землетрясений [2] и получил достаточно схожие зависимости между энергией и частотой прихода космических частиц, а также между энергией и частотой возникновения землетрясений. Вопрос о возможном вкладе космических лучей в активизацию сейсмических процессов рассмотрен в работе [3], где получены количественные оценки отклика литосферы на энергию мюонной компоненты космических лучей, способной проникать в земную кору на глубину, по крайней мере, до первого десятка километров. Было показано [3], что при взаимодействии проникающих мюонов с напряженной (сейсмически активной) геологической средой, в последней могут возникать микротрещины, раскрытие которых должно сопровождаться акустическим шумом. Чем больше напряжение в среде, тем больше амплитуда шума, а если напряжение достигает критического уровня (близкого к порогу разрушения горной породы) то проникающий поток мюонов может стать триггером землетрясения. В настоящее время, с учетом теоретических результатов [3], обсуждается вопрос о возможной реализации на территории Северного Тянь-Шаня нового, космофизического метода прогноза сильных землетрясений [4-8], суть которого состоит в том, чтобы проводить одновременный мониторинг потока мюонов космических лучей в широких атмосферных ливнях (ШАЛ) и амплитуды акустических сигналов в окрестности оси ШАЛ. Результаты такого мониторинга могли бы обеспечивать исследователей чрезвычайно важной информацией о вариациях объемного напряженного состояния геологической среды на глубине формирования очагов землетрясений, что стало бы основой для разработки краткосрочного метода сейсмического прогноза. Поскольку для реализации нового метода потребуется дополнительное оборудование, человеческие ресурсы, способные обеспечить непрерывный мониторинг, анализ данных, их экспертную оценку и принятие решения, то желательно получить (дополнительно к теоретическим оценкам) экспериментальные свидетельства в поддержку предлагаемого метода. В настоящее время надежно установлено, что галактические космические лучи в широком диапазоне энергий (от 150 ГэВ до 10 ТэВ) характеризуются наличием звездной суточной анизотропии [9-21]. Следовательно, если мюоны космических лучей действительно вносят вклад в генерацию землетрясений, то можно предположить, что частота возникновения последних на конкретной сейсмоопасной территории, может изменяться с изменением местного звездного времени. В статье приведены результаты, подтверждающие это предположение.

**Метод исследования.** На рисунке 1 представлена карта распределения относительной интенсивности звездной суточной анизотропии галактических космических лучей (ГКЛ) с энергией  $\sim 5$  ТэВ ( $5 \times 10^{15}$  эВ.), полученная в работе [9] по данным измерений широких атмосферных ливней на высокогорной обсерватории Тибет ( $30.102^{\circ}\text{N}$ ,  $90.522^{\circ}\text{E}$ ) с ноября 1999 г. по декабрь 2008 г. По горизонтальной оси отложено местное звездное время, по вертикальной – значения  $\delta$  (склонение в небесных координатах), цветом отображена относительная интенсивность звездной суточной анизотропии ГКЛ. Регистрация ШАЛ на обсерватории Тибет проводилась с периодичностью 8 минут и с ноября 1999 г. по декабрь 2008 г. было зарегистрировано  $4.91 \times 10^{10}$  событий. Из рисунка 1 видно, что максимальная интенсивность ГКЛ приходится примерно на 5 часов местного звездного времени, а в общем, временной интервал повышенных значений ГКЛ (красно-желтое поле) простирается от  $\sim 22$  до 9 час., а интервал пониженных значений (сине-зеленое поле) – от  $\sim 10$  до 21 час. В работе [9] показано, что эта закономерность сохранялась для каждого из девяти проанализированных лет.

Изучаемая сейсмоактивная территория Северного Тянь-Шаня (Алматинский регион) расположена в долготной зоне  $76\text{--}78^{\circ}\text{E}$  и сдвинута относительно долготы обсерватории Тибет ( $90.5^{\circ}\text{E}$ ) менее чем на 15 градусов. Было предположено, что характер звездной суточной анизотропии космических лучей на этой территории будет близок к тому, что имеет место на Тибете [9], и сейсмичность может иметь суточную звездную вариацию. Для проверки этого предположения были использованы данные о землетрясениях с энергетическим классом  $K \geq 7.0$ , зарегистрированных

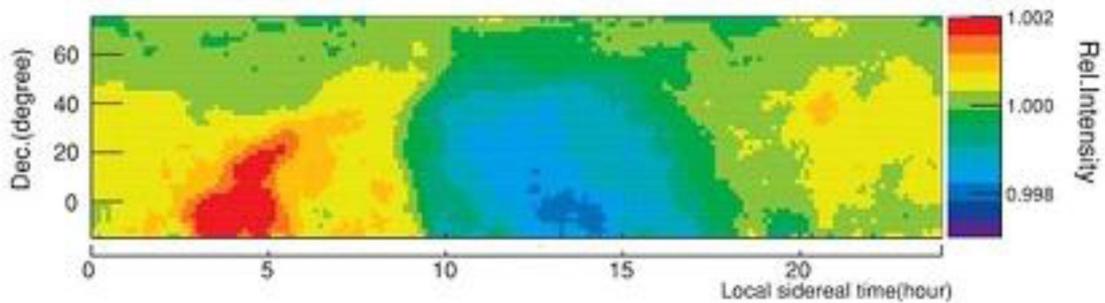


Рисунок 1 – Двумерная карта относительной интенсивности звездной суточной анизотропии галактических космических лучей с энергией  $\sim 5$  ТэВ, полученная в работе [2] по данным измерений широких атмосферных ливней на высокогорной обсерватории Тибет ( $30^{\circ}102$  N;  $90^{\circ}522$  E) с ноября 1999 г. по декабрь 2008 г. [9].

на территории с координатами  $\varphi=42.83^{\circ}$ - $43.5^{\circ}$ N и  $\lambda=76.0^{\circ}$ - $78.0^{\circ}$ E в период 1970-2010 гг. (1061 событие). Для каждого землетрясения было рассчитано местное звездное время в момент возникновения события по выражению:

$$S = So + k \times UT + L,$$

где  $So$  – звездное время на гринвичском меридиане в 0.0 час гринвичского времени, коэффициент  $k = 1.0027379093$ ,  $L$  – долгота эпицентра землетрясения. Координаты географического пункта в небесной системе координат представляются через ( $\alpha$ ,  $\delta$ ), где « $\alpha$ » соответствует звездному времени ( $\alpha = S$ ), а  $\delta$  – есть геоцентрическая широта пункта.

**Результаты исследования.** На рисунке 2 приведена гистограмма распределения числа землетрясений в зависимости от рассчитанного звездного времени. Видно, что максимальное число землетрясений приходится на 7-8 час (очерчено красным кругом). Две красные штрих-пунктирные линии представляют среднее значение числа землетрясений для 22-9 и 10-21 час местного звездного времени, соответственно. Для первого временного интервала среднее число землетрясений составляет 48 событий, а для второго – 40. То есть, с качественной стороны наблюдается соответствие между характером суточной звездной вариации интенсивности высокознергичных космических лучей на обсерватории Тибет (рисунок 1) и суточной звездной вариации числа землетрясений на территории Алматинского региона (рисунок 2). Что касается количественной стороны, то не трудно подсчитать, что амплитуда суточной звездной вариации числа землетрясений на территории Алматинского региона составляет  $\sim 9\%$ .

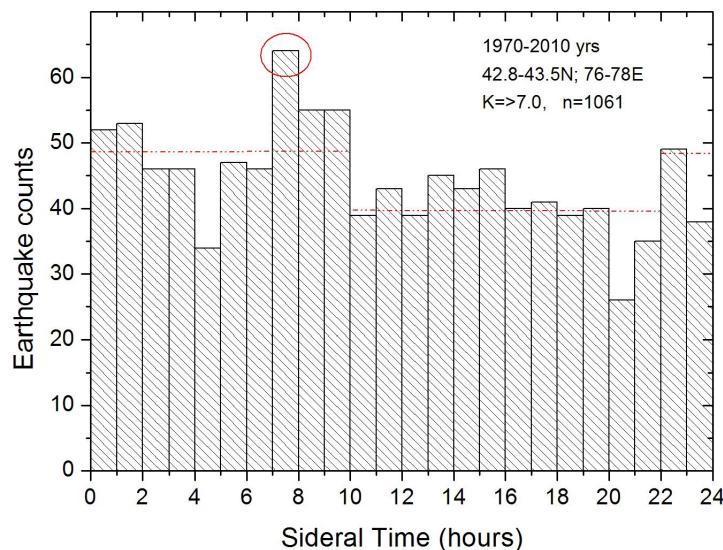


Рисунок 2 – Гистограмма распределения числа землетрясений с энергетическим классом ( $K \geq 7.0$ ), произошедших на территории Алматинского региона в зависимости от местного звездного времени по данным 1970-2010 гг., красный круг маркирует пик в числе землетрясений, а горизонтальные штрих-пунктирные линии отображают среднее число землетрясений для интервалов звездного времени 22-9 и 10-21 час, соответственно

Наблюдаемый на рисунке 2 характер зависимости числа землетрясений от звездного времени сохраняется и для отдельных более коротких временных периодов: 1970-1989, 1990-1998 и 1999-2010 гг. (рисунок 3). Красные круги на рисунке 3 маркируют пики в числе землетрясений, видно, что для каждого отдельного временного периода максимальное число землетрясений приходится на те же часы местного звездного времени, что и для всего периода 1970-2010 гг.

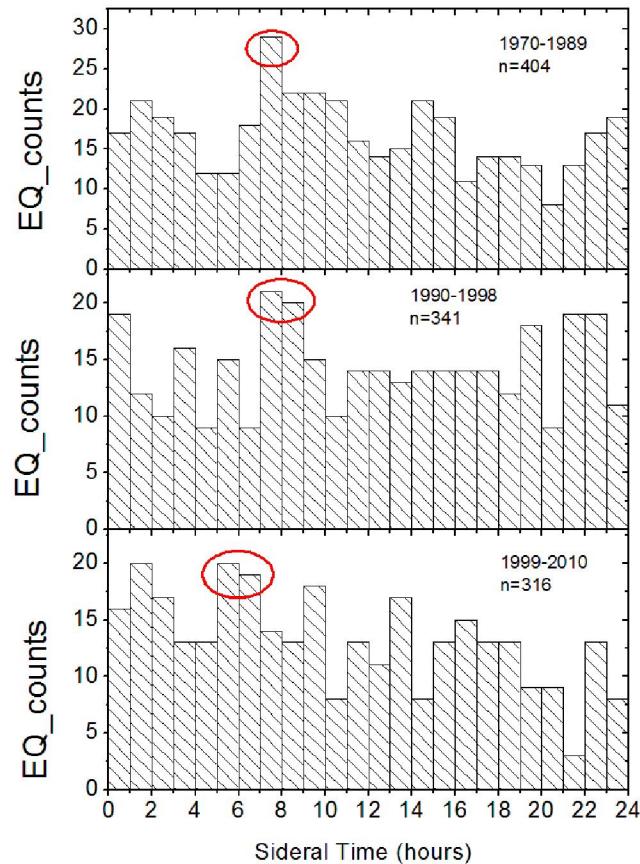


Рисунок 3 – То же, что на рисунке 2, но отдельно для 1970-1989, 1990-1998 и 1999-2010 гг.

На рисунке 4 показана связь между местным солнечным и местным звездным временем на долготе г. Алматы ( $76^{\circ}54'E$ ) для разных месяцев 2010 года по результатам расчетов с использованием компьютерной программы <http://astro.prao.ru/utilities/utilstar.html>. Видно, что звездное время постоянно смещается относительно солнечного, а промежуток звездного времени 7-8 час (выделенная зона на рисунке 4), когда наблюдается максимум в частоте возникновения землетрясений, приходится для одной половины года (октябрь-март) на ~20-06 час местного солнечного времени, а для другой половины (апрель-сентябрь) на ~07-19 час. Если сейсмичность региона действительно регулируется звездным временем, то в соответствии с рисунком 4, можно предположить, что в период с апреля по сентябрь максимальная частота возникновения землетрясений в этом регионе будет наблюдаться примерно в 07-19 час, т.е. вокруг местного полдня, а с октября по март максимальная частота возникновения землетрясений будет наблюдаться примерно в 20-06 час, т.е. вокруг местной полночи. Чтобы проверить это предположение, были построены гистограммы распределения числа землетрясений в зависимости от местного солнечного времени отдельно для периодов с апреля по сентябрь, и с октября по март, рисунок 5а,б, соответственно. Видно, что в апреле-сентябре (5а) наибольшее число землетрясений наблюдалось действительно вблизи полуденных часов, а в октябре-марте (5б) – вблизи полуночных часов.

**Обсуждение результатов.** Исследования проведены для сейсмоактивной территории Северного Тянь-Шаня, расположенной в высокогорной части хребтов Заилийский и Кунгей Алатай, между Алматинской впадиной на севере и Иссыкульской – на юге, Аксайским и Тургеньским

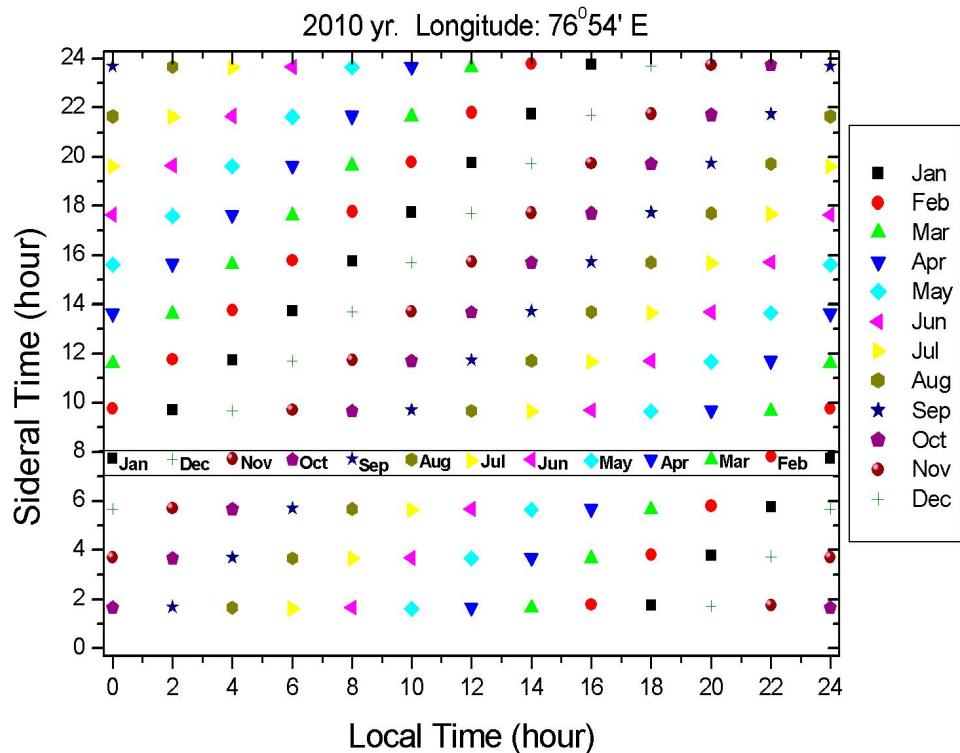


Рисунок 4 – Связь между значениями местного солнечного и местного звездного времени на долготе г. Алматы ( $76^{\circ}54'$ Е) для разных месяцев 2010 г.

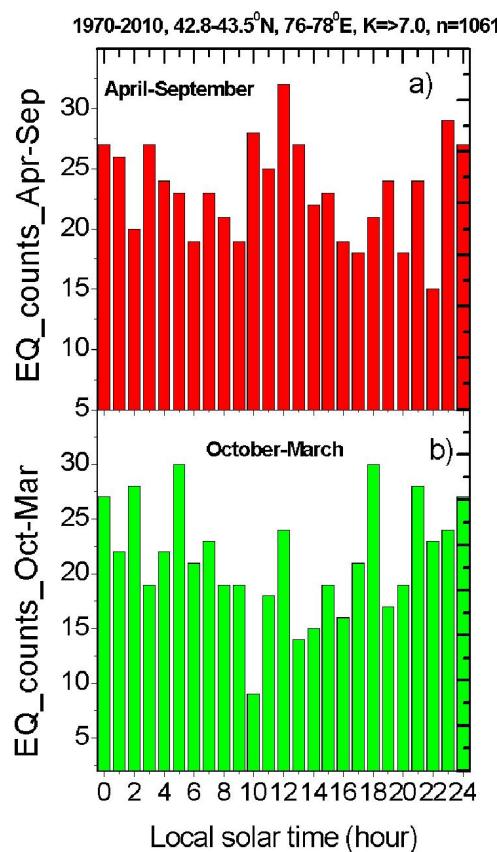


Рисунок 5 – Гистограммы распределения числа землетрясений на территории с координатами  $\varphi=42.83^{\circ}-43.5^{\circ}$ Н;  $\lambda=76.0^{\circ}-78.0^{\circ}$ Е в зависимости от местного солнечного времени для периодов: апрель-сентябрь (а) и октябрь-март (б)

разломами – на западе и востоке. Эта территория представляет серьезную сейсмическую угрозу для г. Алматы - в прошлом здесь произошли катастрофические землетрясения: Верненское (1887г., 43.1N, 76.8E,  $M=7.3$ ) и Кеминское (1911 г., 42.9N, 76.9E,  $M=8.2$ ). Результаты исследований по данным 1970-2010 гг. показали, что частота возникновения землетрясений на этой территории изменяется в зависимости от местного звездного времени (рисунок 2), причем эта особенность сохраняется при анализе отдельных, более коротких временных интервалов (рисунок 3). Амплитуда звездной суточной вариации в частоте повторяемости землетрясений составляет примерно 9%, а фаза (время максимума) приходится на 7-8 часов местного звездного времени. Максимум звездной суточной вариации в частоте повторяемости землетрясений запаздывает относительно времени максимума в суточной звездной вариации интенсивности потока космических лучей (рисунок 1) на 2-3 часа. Поскольку местное звездное время монотонно изменяется в течении года относительно местного солнечного времени (рисунок 4), приуроченность пика в числе землетрясений к 7-8 часам звездного времени приводит к тому, что пик сейсмичности в местном солнечном времени изменяется от месяца к месяцу и в среднем, наблюдается вблизи полуденных часов в апреле-сентябре (рисунок 5а), но вблизи полуночных часов в октябре-марте (рисунок 5б).

**Вывод.** По данным о землетрясениях с энергетическим классом  $K \geq 7.0$ , произошедших в 1970-2010 гг. на локальной территории Северного Тянь-Шаня 42.8 – 43.5°N, 76-78°E (1061 событие) показано, что частота повторяемости землетрясений в этом регионе изменяется с изменением местного звездного времени, достигая максимума в 7-8 часов звездного времени, что запаздывает на 2-3 часа относительно пика в звездной суточной вариации интенсивности потока высокoenергичных космических лучей по данным обсерватории на Тибете. Этот экспериментальный факт косвенно подтверждают результат теоретических расчетов о влиянии высокoenергичных космических лучей на состояние сейсмически активной среды, что, в свою очередь, поддерживает идею реализации на базе высокогорного комплекса ATHLET нового космофизического метода краткосрочного прогноза сильных землетрясений.

*Работа выполнена по программе 101 «Грантовое финансирование научных исследований» в рамках темы «Разработка методов прогноза сейсмической активности на основе мониторинга акустических сигналов, генерируемых мюонами космических лучей на примере алматинского прогнозического полигона» (Грант 0032/ГФЗ), Регистрационный номер (РН) 0113РК00288).*

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Садыкова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана, Алматы: Хай Текнолоджи, 2012, 268 с.
- [2] Голицын Г.С. Статистика и динамика природных процессов и явлений: Методы, инструментарий, результаты, Серия: Синергетика: от прошлого к будущему, 2013, № 68, ISBN 978-5-396-00502-0, 400 с.
- [3] Царев В.А., Чечин В.А. Атмосферные мюоны и высокочастотные сейсмические шумы, Препринт ФИАН, 1988, № 179, 21с.
- [4] Гусев Г.А., Жуков В.В., Мерзон Г.И., Митько Г.Г., Степанов А.С., Рябов В.А., Чечин В.А., Чубенко А.П., Щепетов А.Л. Космические лучи как новый инструмент сейсмологических исследований, Краткие сообщения по физике ФИАН, 2011, №12, С. 43-51.
- [5] Вильданова Л.И., Гусев Г.А., Жуков В.В., Мерзон Г.И., Митько Г.Г., Наумов А.С., Рябов В.А., Степанов А.В., Чечин В. А., Чубенко А. П., Щепетов А. Л. Первые результаты наблюдения акустических сигналов, генерируемых мюонами космических лучей в сейсмически-напряженной среде, Краткие сообщ. по физике ФИАН, 2013, №12, С.31-39.
- [6] Sadykov T.Kh., Zhukov V.V., Breusov N.G., Mukashev K.M., Khachikyan G.Ya., astrozhnova N.N. Seismic stations for short-term prediction of earthquakes by means of the cosmic rays, Материалы VIII международной научно-практической конференции «Новости научной мысли – 2013», 28-30 October 2013, Чехия, Прага: Publishing House «Education and Science» (Чехия, Прага), С. 78-81.
- [7] Жантаев Ж.Ш., Бреусов Н.Г., Курманов Б.К., Хачикян Г.Я., Садыков Т.Х., Мукашев К.М., Жуков В.В. О космогеофизическом методе прогноза сильных землетрясений, Известия НАН РК, Серия физико-математическая, 2014, № 4 (296), С.140-149.
- [8] Жантаев Ж.Ш., Бреусов Н.Г., Курманов Б.К., Хачикян Г.Я., Мукашев К.М., Садыков Т.Х., Жуков В.В. Вероятность иницирования сейсмической волны проникающими компонентами космических лучей, Мировой научный потенциал: матер. 10-ой междунар. науч.-практ. конф., Болгария, София, 2014, Т.6 (Физика), С. 33-38.
- [9] Fenton A.G., Jacklyn R.M., Taylor R.B. Cosmic ray observations at 42 m.w.e. underground at Hobart. Tasmania, V. II. Nuovo Cimento. 22 (1961) 3985–3996.
- [10] Jacklyn R.M. Cosmic ray observations at 42 m.w.e. in the charged primary cosmic radiation, Nature, 1966, 211, P. 690–693.
- [11] Nagashima K., Mori S., in: Proceedings of the ICRC on High Energy CR Modulation, Tokyo University, Japan, 1976, pp. 326–360.

- [12] Nagashima K., Fujimoto K., Jacklyn R. M. Galactic and heliotail-in anisotropies of cosmic rays as the origin of sidereal daily variation in the energy region  $< 10^4$  GeV, *J. Geophys. Res.*, 1998, vol. 103, P.17429–17440.
- [13] Antoni T., et al., Large scale cosmic - ray anisotropy with KASCADE, *Astrophys. J.*, 2004, V.604 P. 687-692.
- [14] Nagashima K., Kondo I., and Fujii Z. Sharply concentrated cosmic-ray excess fluxes from heliomagnetospheric nose and tail boundaries observed with neutron monitors on the ground, *Earth Planets Space*, 2005, V.57, P. 1083–1091.
- [15] Amenomori M., et al. Anisotropy and Corotation of Galactic Cosmic Rays, *Science*, 2006, vol. 314, P. 439–443.
- [16] Guillian G. and for the Super-Kamiokande Collaboration, Observation of the anisotropy of 10 TeV primary cosmic ray nuclei flux with the Super-Kamiokande-I detector, *Phys. Rev.* 2007, D, 75, <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.75.062003>
- [17] Abdo A. A., et al. The large-scale cosmic-ray anisotropy as observed with Milagro, *The Astrophysical Journal*, 2009, V. 698, P.2121–2130, doi:10.1088/0004-637X/698/2/2121
- [18] Amenomori M., et al. On temporal variations of the multi-tev cosmic ray anisotropy using the Tibet -III air shower array, *The Astrophysical Journal*, 2010, V. 711, V. 1, doi:10.1088/0004-637X/711/1/119
- [19] Karapetyan G.G. Investigation of cosmic ray anisotropy based on Tsumeb neutron monitor data, *Astroparticle Physics*, 2010, V. 33, P. 146–150.
- [20] Abbasi R. et al. Measurement of the anisotropy of cosmic-ray arrival directions with Icecube, *Astrophysical Journal Letters* Vol. 718, L194, doi:10.1088/2041-205/718/2/L194
- [21] Abdo A.A., Huentemeyer P.H., et al, "Spectrum and Morphology of the Two Brightest Milagro Sources in the Cygnus Region: MGRO J2019+37 and MGRO J2031+41", *Astrophysical Journal*, 2012, P. 753-759.

## REFERENCES

- [1] Sadykov A.B. Seismic hazard in Kazakhstan, Almaty: High Technology, 2012, 268 p.
- [2] Golitsyn G.S. Statistics and dynamics of natural processes and phenomena: Methods tools, results Series: Synergetics: from past to future, 2013, № 68, ISBN 978-5-396-00502-0, 400.
- [3] Tsarev V.A., Chechin V.A. Atmospheric muons and high-frequency seismic noise, Preprint FIAN, 1988, № 179, 21c.
- [4] Gusev G.A., Zhukov V.V., Merzon G.I., Mitko G.G., Stepanov A.S., Ryabov V.A., Chechin V.A., Chubenko A.P., Shchepetov A.L. Cosmic rays as a new tool of seismological research in physics Brief FIAN, 2011, №12, pp 43-51.
- [5] Vildanova L.I., Gusev G.A., Zhukov V.V., Merzon G.I., Mitko G.G., Naumov A.S., Ryabov V.A., Stepanov A.V., Chechin V.A., Chubenko A.P., Shchepetov A.L. The first results of surveillance of acoustic signals generated by cosmic-ray muons in a seismically-stressful environment Brief Communications in Physics FIAN, 2013, №12, pp 31-39 .
- [6] Sadykov T.Kh., Zhukov V.V., Breusov N.G., Mukashev K.M., Khachikyan G.Ya., Zastrozhnova N.N. Seismic stations for short-term prediction of earthquakes by means of the cosmic rays, materials VIII international scientific-practical conference "The News of scientific thought - 2013», 28-30 October 2013, the Czech Republic, Prague: Publishing House «Education and Science» (Czech Republic Prague), pp 78-81.
- [7] Zhantayev Zh.Sh., Breusov N.G., Kurmanov B.K., Khachikyan G.Y., Sadykov T.H., Mukhashev K.M., Zhukov V.V. About cosmogeophysical method of prediction of strong earthquakes, *Izvestiya NAN RK Series Physics and Mathematics*, 2014, № 4 (296), S.140-149.
- [8] Zhantayev Zh..Sh., Breusov N.G., Kurmanov B.K., Khachikyan G.Y., Mukhashev K.M., Sadykov T.H., Zhukov V.V. The probability of initiating a seismic wave of the penetrating component of cosmic rays, the world's scientific potential: mater. 10th Intern. scientific and practical. Conf., Bulgaria, Sofia, 2014, V.6 (Physics), pp 33-38.
- [9] Fenton A.G., Jacklyn R.M., Taylor R.B. Cosmic ray observations at 42 m.w.e. underground at Hobart. Tasmania, V. II. *Nuovo Cimento*. 22 (1961) 3985–3996.
- [10] Jacklyn R.M. Cosmic ray observations at 42 m.w.e. in the charged primary cosmic radiation, *Nature*, 1966, 211, P. 690–693.
- [11] Nagashima K., Mori S., in: Proceedings of the ICRC on High Energy CR Modulation, Tokyo University, Japan, 1976, pp. 326–360.
- [12] Nagashima K., Fujimoto K., Jacklyn R. M. Galactic and heliotail-in anisotropies of cosmic rays as the origin of sidereal daily variation in the energy region  $< 10^4$  GeV, *J. Geophys. Res.*, 1998, vol. 103, 17429–17440.
- [13] Antoni T., et al., Large scale cosmic - ray anisotropy with KASCADE, *Astrophys. J.*, 2004, V.604 P. 687-692.
- [14] Nagashima K., Kondo I., and Fujii Z. Sharply concentrated cosmic-ray excess fluxes from heliomagnetospheric nose and tail boundaries observed with neutron monitors on the ground, *Earth Planets Space*, 2005, V.57, P. 1083–1091.
- [15] Amenomori M., et al. Anisotropy and Corotation of Galactic Cosmic Rays, *Science*, 2006, vol. 314, P. 439–443.
- [16] Guillian G. and for the Super-Kamiokande Collaboration, Observation of the anisotropy of 10 TeV primary cosmic ray nuclei flux with the Super-Kamiokande-I detector, *Phys. Rev.* 2007, D, 75, <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.75.062003>
- [17] Abdo A. A., et al. The large-scale cosmic-ray anisotropy as observed with Milagro, *The Astrophysical Journal*, 2009, V. 698, P.2121–2130, doi:10.1088/0004-637X/698/2/2121
- [18] Amenomori M., et al. On temporal variations of the multi-tev cosmic ray anisotropy using the Tibet -III air shower array, *The Astrophysical Journal*, 2010, V. 711, V. 1, doi:10.1088/0004-637X/711/1/119
- [19] Karapetyan G.G. Investigation of cosmic ray anisotropy based on Tsumeb neutron monitor data, *Astroparticle Physics*, 2010, V. 33, P. 146–150.
- [20] Abbasi R. et al. Measurement of the anisotropy of cosmic-ray arrival directions with Icecube, *Astrophysical Journal Letters* Vol. 718, L194, doi:10.1088/2041-205/718/2/L194
- [21] Abdo A.A., Huentemeyer P.H., et al, "Spectrum and Morphology of the Two Brightest Milagro Sources in the Cygnus Region: MGRO J2019+37 and MGRO J2031+41", *Astrophysical Journal*, 2012, P. 753-759.

**ЖЕР СІЛКІНІСІНІҢ ПАЙДА БОЛУ СЕБЕПТЕРИНЕ ЖИЛІГІН  
ЖҰЛДЫЗДЫ УАҚЫТЫНА БАЙЛАНЫСЫ (МЫСАЛАР РЕТИНДЕ АЛМАТАЫ ОБЛЫСЫ)**

**Г. Я. Хачикян<sup>1</sup>, Б. И. Демченко<sup>2</sup>, Л. И. Шестакова<sup>2</sup>, А. Б. Садыкова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>«Ионосфера институты» ЕЖШС «ҮФЗТО» АҚ ҮФА ҚР, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>«Астрофизикалық институты» ЕЖШС «ҮФЗТО» АҚ ҮФА ҚР, Алматы, Қазақстан,

<sup>3</sup>«Сейсмология институты» ЖШС ««Парасат» ҮФТХ» БФМ ҚР, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** жер сілкінісі, жұлдызды уақыт, маусымдық-тәуліктік ауытқуы.

**Аннотация.** Жұмыста 1970-2010 жок. аралығында  $K \geq 7.0$  энергетикалық класымен жергілікті Солтүстік Тянь-Шань  $42.8 - 43.5^{\circ}\text{N}$ ,  $76-78^{\circ}\text{E}$  (1061 окина) аумағында болған жер сілкінісінің деректері бойынша талдау жасалынды. Әрбір жер сілкінісінің эпицентрі үшін оқиғаның жергілікті жұлдызды уақыты есептелінді. Жер сілкінісінің ең көп саны жұлдызды уақыттың 7-8 сағаты кезінде пайда болатыны көрсетілді. Жұлдыздық тәуліктік вариациясының амплитудасы жер сілкінісінің шамамен 9% құрайды, және гарыштық сәулелерінің жоғары энергиялық қарқындылығындағы жұлдыздық тәуліктік вариациясынан шамамен фазасы бойынша 2 сағатқа кешігетін зерттелетін Солтүстік Тянь-Шань облысының бойлық қашықтықтан 15 градустан аз орналасқан Тибет обсерваториясында өлшелінді. Нәтижелер жанама түрде теориялық есептеулерді колдайды, яғни жоғары энергиялық гарыштық сәулелердің мюондарының жер қыртысына енуі сейсмикалық белсенді оргада көрнегі сының деңгейге жететін, таулы жартастың бұзылу шегіне жақын болатын триггерлі жер сілкінісін тудыра алатынын болжайды.

*Поступила 07.07.2015 г.*

**N E W S**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 302 (2015), 86 – 92

**METHODS OF DIAGNOSIS AND EVALUATION TECHNICAL STATE  
OF HYDRAULIC STRUCTURES BY GPR**

**A. Zh. Bibossinov, D. T. Shigaev, A. B. Kairanbayeva**

«Institute of Ionosphere» JSC «NCSRT», Almay6 Kazakhstan.  
E-mail: dashigaev@gmail.com

**Key words:** ionosphere, GPR waterworks, GPR, multiagent system, unmanned vehicles, modeling, agent approach, control.

**Abstract.** This article describes the principles and advantages of GPR, as well as the technique of diagnosis and evaluation of technical condition waterworks of GPR methods. GPR survey shows waterworks as nondestructive testing devices. Purpose of the survey the technical condition of hydraulic structures is to identify the degree of physical deterioration, the reasons that lead them to state the actual elements of performance and development of actions to ensure their operational parameters, as well as the technical condition.

The technical condition of waterworks during the operational monitoring instruments is determined using non-destructive testing "GPR OKO-2." This device used to determine the geometrical characteristics of the defect and damage of the dam body.

Using the GPR technique in combination with the available data on the structure of the soil enabled non-destructive methods of control from the surface to obtain specific information on the isolated structure and layer boundaries, set the distribution of the different materials in the construction. You can also say that the information obtained can quickly detect, track and measure potentially dangerous manifestation in concrete and earthen structures, and to undertake the necessary measures to eliminate possible accidents and emergencies.