

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

4 (302)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2015 ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2015 г.

JULY – AUGUST 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчеков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

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. Khachikyan¹, B. I. Demchenko², L. I. Shestakova², A. B. Sadykova³**¹Institute of Ionosphere, JSC «NCSRT», Almaty, Kazakhstan,²Astrophysical Institute, JSC «NCSRT», Almaty, Kazakhstan,³Institute 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 ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗВЕЗДНОГО ВРЕМЕНИ
(НА ПРИМЕРЕ АЛМАТИНСКОГО РЕГИОНА)****Г. Я. Хачикян¹, Б. И. Демченко², Л. И. Шестакова², А. Б. Садыкова³**¹ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ» НКА РК, Алматы, Казахстан,²ДТОО «Астрофизический институт» АО «НЦКИТ» НКА РК, Алматы, Казахстан,³ТОО «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 высокоэнергичных космических лучей, измеряемых на обсерватории Тибет, которая отстоит по долготе от изучаемого региона Северного Тянь-Шаня менее чем на 15 градусов. Результаты косвенно поддерживает теоретические расчеты, предсказывающие, что проникающие в земную кору мюоны высокоэнергичных 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 ~ 5 ТэВ (5×10^{15} эВ.), полученная в работе [9] по данным измерений широких атмосферных ливней на высокогорной обсерватории Тибет (30.102°N , 90.522°E) с ноября 1999 г. по декабрь 2008 г. По горизонтальной оси отложено местное звездное время, по вертикальной – значения δ (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 4.91×10^{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 ~ 22 до 9 час, а интервал пониженных значений (сине-зеленое поле) - от ~ 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 $76-78^{\circ}\text{E}$ и сдвинута относительно долготы обсерватории Тибет (90.5°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

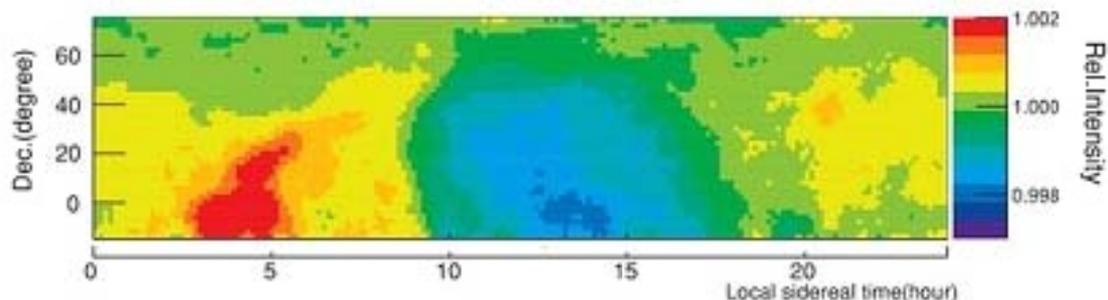


Рисунок 1 – Двумерная карта относительной интенсивности звездной суточной анизотропии галактических космических лучей с энергией ~ 5 ТэВ, полученная в работе [2] по данным измерений широких атмосферных ливней на высокогорной обсерватории Тибет ($30^{\circ}102$ N; $90^{\circ}522$ E) с ноября 1999 г. по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

$$S = S_0 + k \times UT + L,$$

где S_0 – 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 (alfa, delta), где «alfa» соответствует звездному времени ($\text{alfa} = S$), 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 высокоэнергичных 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 $\sim 9\%$.

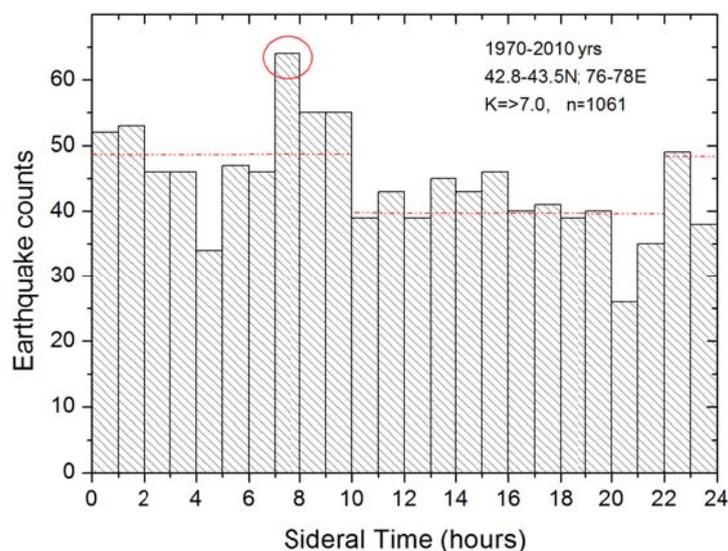


Рисунок 2 – Гистограмма распределения числа землетрясений с энергетическим классом ($K \geq 7.0$), произошедших на территории Алматинского региона в зависимости от местного звездного времени по данным 1970-2010 гг., красный круг маркирует пик в числе землетрясений, а горизонтальные штрих-пунктирные линии 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.

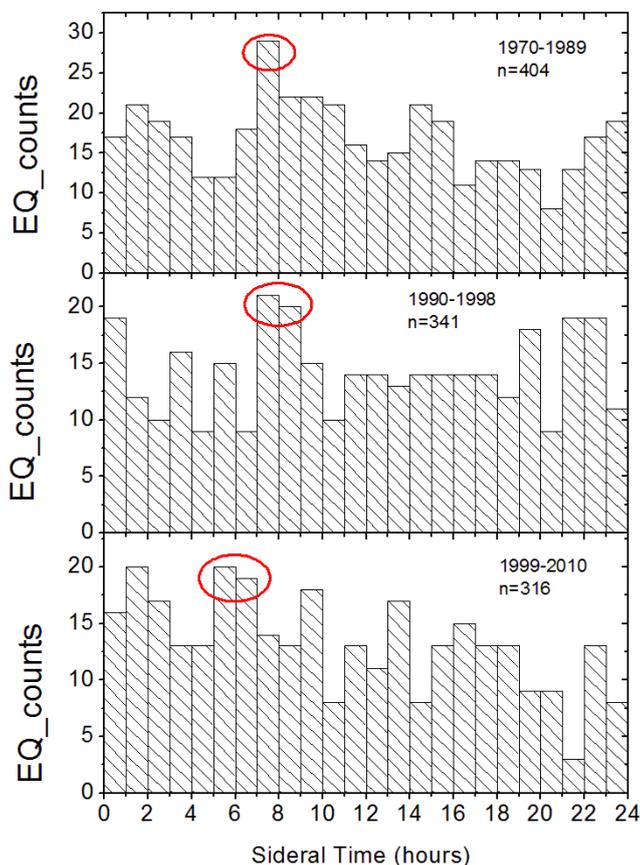


Рисунок 3 – То же, что на рисунке 2, но отдельно для 1970-1989, 1990-1998 и 1999-2010 гг.

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 $\sim 20-06$ час местного солнечного времени, а для другой половины (апрель-сентябрь) на $\sim 07-19$ 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 5a,b, соответственно. Видно, что в апреле-сентябре (5a) наибольшее число землетрясений наблюдалось действительно вблизи полуденных часов, а в октябре-марте (5b) – вблизи полуночных часов.

Обсуждение результатов. Исследования проведены для сейсмоактивной территории Северного Тянь-Шаня, расположенной в высокогорной части хребтов Заилийский и Кунгей Ала-тау, между Алматинской впадиной на севере и Исыкульской – на юге, Аксайским и Тургенским

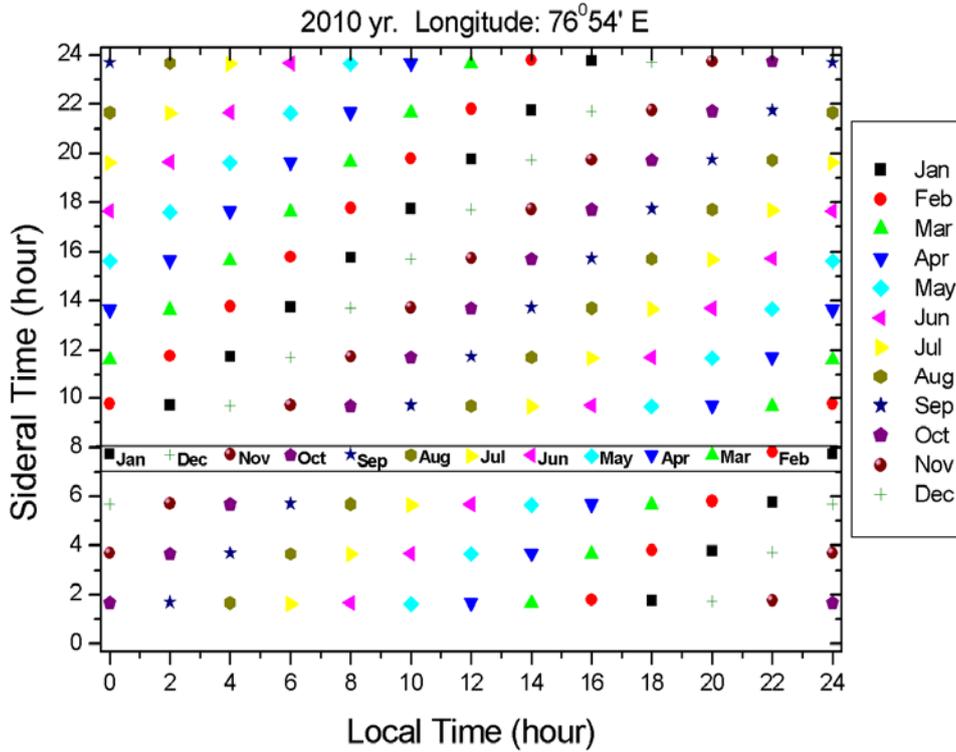


Рисунок 4 – Связь между значениями местного солнечного и местного звездного времени на долготе г. Алматы (76°54'E) для разных месяцев 2010 г.

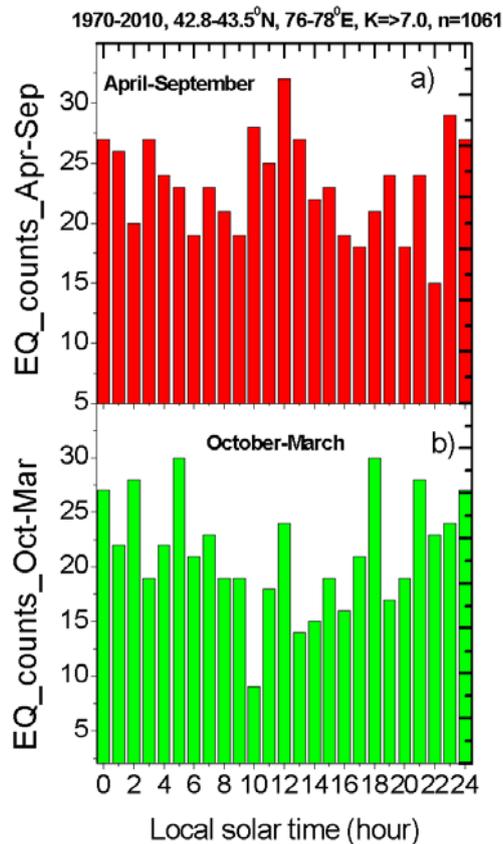


Рисунок 5 – Гистограммы распределения числа землетрясений на территории с координатами $\varphi=42.83^{\circ}-43,5^{\circ}N$; $\lambda=76.0^{\circ}-78.0^{\circ}E$ в зависимости от местного солнечного времени для периодов: апрель-сентябрь (a) и октябрь-март (b)

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 – 43.5⁰N, 76-78⁰E (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 высокоэнергичных космических лучей по данным обсерватории на Тибете. Этот экспериментальный факт косвенно поддерживают результат теоретических расчетов о влиянии высокоэнергичных 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 прогностического полигона» (Грант 0032/ГФ3), 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 инициирования 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 ICRS 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. D*, 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 ICRS 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. D*, 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 СЕБЕПТЕРІНЕ ЖІЛІГІҢ
ЖҰЛДЫЗДЫ УАҚЫТЫНА БАЙЛАНЫСЫ (МЫСАЛЫ РЕТІНДЕ АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ)**

Г. Я. Хачикян¹, Б. И. Демченко², Л. И. Шестакова², А. Б. Садыкова³

¹«Ионосферы институты» ЕЖШС «ҰҒЗТО» АҚ ҰҒА ҚР, Алматы, Қазақстан,

²«Астрофизикалық институты» ЕЖШС «ҰҒЗТО» АҚ ҰҒА ҚР, Алматы, Қазақстан,

³«Сейсмология институты» ЖШС ««Парасат» ҰҒТХ» БҒМ ҚР, Алматы, Қазақстан

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

Аннотация. Жұмыста 1970-2010 жж. аралығында $K \geq 7.0$ энергетикалық класымен жергілікті Солтүстік Тянь-Шань $42.8 - 43.5^{\circ}N$, $76-78^{\circ}E$ (1061 оқиға) 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 ғарыштық сәулелерінің жоғары энергиялы қарқындылығындағы жұлдыздық тәуліктік вариациясынан шамамен фазасы бойынша 2 сағатқа кешігетіні зерттелетін Солтүстік Тянь-Шань облысының бойлық қашықтықтан 15 градустан аз орналасқан Тибет обсерваториясында өлшелінді. Нәтижелер жанама түрде теориялық есептеулерді қолдайды, яғни жоғары энергиялы ғарыштық сәулелердің мюондарының жер қыртысына енуі сейсмикалық белсенді ортада кернеуі сындық деңгейге жететін, таулы жартастың бұзылу шегіне жақын болатын триггерлі жер сілкінісін тудыра алатынын болжайды.

Поступила 07.07.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 14.07.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,25 п.л. Тираж 300. Заказ 4.