

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

2 (422)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2017 ж.
МАРТ – АПРЕЛЬ 2017 г.
MARCH – APRIL 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

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 ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бұлат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.Х. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18, <http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р

д. э. н., профессор, член-корреспондент НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.Х. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «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 №10892-Ж, выданное 30.04.2010 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,

<http://наука-нанрк.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

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

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, corresponding member of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.Kh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoyev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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 10892-Ж, issued 30.04.2010

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,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 422 (2017), 80 – 89

A. Sadykova¹, N. Poleshko²

¹LLP "Institute of seismology MES RK, Almaty, Kazakhstan. E-mail

²RSE "Institute of geophysical researches, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: aluadin@mail.ru, poleshko@kndc.kz

THE PARAMETERS OF THE SEISMOTECTONIC DEFORMATIONS OF THE NORTHERN TIEN SHAN EARTH'S CRUST IN 2015

Abstract. The paper presents the results of the analysis of the spatio-temporal distribution of the generalized parameters of the seismotectonic deformations in 2015, which helped to identify essential features, such as: the anomalous prevalence of the earthquakes, having fault type mechanism, realized in the conditions of horizontal extension along the strike of the Tien Shan mountain ranges; it is revealed that the seismotectonic regime in the Northern Tien Shan and Dzhungar reacts as 11th year Schwabe cycle, which characterizes the activity of sunspots, and the 22nd year solar Hale cycle, characterizing the variations of the total solar magnetic field; it is shown that in the area of the zones with contrasting nature of the stress-strain condition near the borders between them, the probability of the formation of strong earthquake sources.

Keywords: seismotectonic deformation, mechanism of the earthquake sources, the activity of the sunspots, variations of the total magnetic field of the Sun.

УДК 550.348

А. Б. Садыкова¹, Н. Н. Полешко²

¹ТОО «Институт сейсмологии» МОН РК, Алматы, Казахстан,

²РГП «Институт геофизических исследований», Алматы, Казахстан

ПАРАМЕТРЫ СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ В 2015 ГОДУ

Аннотация. Приведены результаты анализа пространственно-временного распределения совокупности параметров сейсмотектонической деформации в 2015 г., позволившие выявить существенные особенности, а именно: установлено аномальное преобладание очагов землетрясений, имеющих сбросовый тип механизма, реализующийся в условиях горизонтального растяжения вдоль простирания хребтов Тянь-Шаня; выявлено, что сейсмотектонический режим на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии реагирует, как на 11-летний цикл Швабе, характеризующий активность солнечных пятен, так и на 22-летний солнечный цикл Хейла, характеризующий вариации общего магнитного поля Солнца; показано, что в районе образовались зоны с контрастным характером напряженно-деформированного состояния, вблизи границ между которыми, вероятно формирование очага сильного землетрясения.

Ключевые слова: сейсмотектоническая деформация, механизм очагов землетрясений, активность солнечных пятен, вариации общего магнитного поля Солнца.

Введение. Сейсмотектоническая деформация (СТД) горных масс широко изучается в связи с задачами оценки сейсмической опасности и долгосрочного прогноза сильных землетрясений как путем картирования различных компонент тензора СТД, так и посредством вычисления их средних значений для заранее выбранных районов и имеет большое теоретико-экспериментальное значение.

Для анализа поля СТД и параметров разрывов в очагах землетрясений используется метод, основанный на представлениях о сеймотектоническом деформировании макроскопических объемов горных пород [1-3]. Средний тензор СТД рассчитывается по формуле:

$$\bar{\varepsilon}_{ik} = \frac{1}{2\mu V} \sum_{n=1}^N M_0^n \varepsilon_{ik}^n,$$

где μ – модуль сдвига; V – объем элементарной ячейки; M_0^n – значения сейсмического момента n -го землетрясения; ε_{ik}^n – компоненты единичного тензора фокального механизма; N – число землетрясений в элементарной ячейке.

К параметрам сеймотектонического деформирования относятся:

- параметр N_b/N_o , характеризующий отношение числа землетрясений с взбросовой (положительной) компонентой движения в очаге к общему числу землетрясений с определенными механизмами очагов;

- коэффициент Лодде-Надаи μ , характеризующий вид сеймотектонической деформации, определяется из выражения: $\mu = 2(\varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3) / (\varepsilon_1 - \varepsilon_3) - 1$, где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – компоненты единичного тензора фокального механизма. Значения μ меняются в пределах от +1, что соответствует режиму сеймотектонического сжатия, до -1, что соответствует режиму сеймотектонического растяжения;

- коэффициент интенсивности χ , который характеризует упорядоченность деформационного процесса, изменяется в пределах от 0 до 1 и отражает соответствие среднего механизма очагов землетрясений совокупности индивидуальных механизмов [1-3]. Считается, что значения $\chi < 0,2$ означают невысокую надежность решений фокальных механизмов [1-4]. При анализе коэффициента интенсивности χ , необходимо учитывать вид деформированного состояния среды, описываемого коэффициентом Лодде-Надаи μ . Существует следующая зависимость между этими параметрами [5, 6]: при $\mu=0$ (сдвиги) максимальная упорядоченность процесса определяется значением $\chi=1$, а при $\mu=\pm 1$ (взбросы, сбросы) максимальная упорядоченность определяется значением $\chi=0,5$;

- азимут и угол выхода осей напряжения сжатия и растяжения (максимальное укорочение и удлинение) [7, 8].

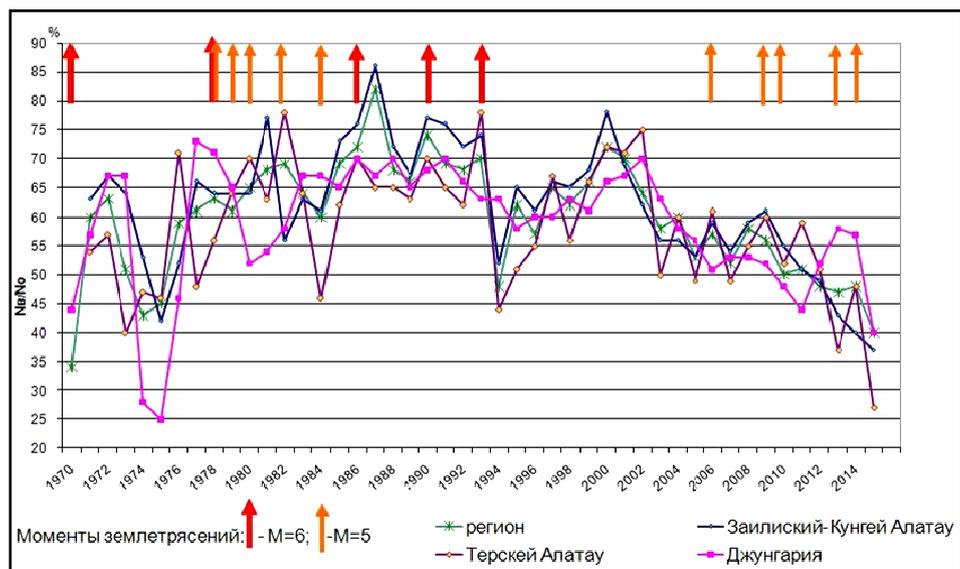
Выполнен расчет значений параметров тензора сеймотектонического деформирования (коэффициенты интенсивности СТД χ и Лодде-Надаи μ , азимут и угол выхода осей напряжений). Расчет параметров проводился в элементарных ячейках размером $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, с шагом $0,25^\circ$, временное осреднение задавалось в интервале 36 месяцев с шагом 12 месяцев. Число событий в разных элементарных ячейках соответствует значениям от 10 до 600.

На рисунке 1, в виде графиков изменения значений параметра N_b/N_o во времени, представлены вариации типов подвижек на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии за период наблюдения с 1970 по 2015 годы. Значения параметра N_b/N_o выше 50% означают преобладание на исследуемой территории очагов землетрясений со взбросовой подвижкой (горизонтальное сжатие земной коры), а ниже 50% – со сбросовой (горизонтальное растяжение земной коры).

Исследование временных вариаций типов механизмов очагов свидетельствует, что относительное количество взбросов периодически изменяется в 11-летнем цикле солнечной активности как во всем регионе в целом, так и в отдельных сейсмоактивных зонах [1, 6]. При этом, как видно из рисунка 1, характерными значениями N_b/N_o для региона являются значения выше 50%, что свидетельствует о преобладании условий горизонтального сжатия земной коры. За весь период наблюдений с 1969 по 2015 гг., составляющий более 45 лет, довольно четко выделяются только три временных интервала (вблизи 1974–1976 гг., 1994 г. и 2013–2015 гг.), когда среднегодовые значения N_b/N_o в регионе были ниже 50%, а в отдельных зонах понижались до 25, 45 и 27%, соответственно указанным временным интервалам.

Для сопоставления режима СТД с сейсмичностью региона на рисунке 1 стрелками отмечены моменты реализации сильных землетрясений с $M > 5$.

Отметим, что высокая активность сильных землетрясений с $M > 6$ в районе Северного Тянь-Шаня наблюдается в периоды, когда на долю взбросов, реализующихся в условиях горизонтального сжатия, приходится 70% очагов землетрясений.



Стрелка – момент возникновения землетрясений с $M \geq 5.0$ в регионе.

Рисунок 1 – График вариаций во времени параметра (N_B/N_O) для всего региона Центральной Азии и для трех отдельных сейсмоактивных зон

Arrow – the moment of occurrence of earthquakes with $M \geq 5.0$ in the region.

Figure 1 – Chart of variations in time of the (N_B/N_O) parameter for the all Central Asian region and for three separate seismically active zones

Распределение по площади землетрясений с разным типом подвижек в очагах приведено на рисунке 2, из которого видно, что в обширном регионе, простирающемся от Тарима до Прибалхашской впадины, в 2015 году преобладают очаги со сбросовой компонентой подвижки. Вдоль разломов северо-западного простирания первого и второго порядка сформировались зоны с контрастным типом деформирования. Это – опасная ситуация, поскольку в сплошной среде компоненты деформации соседних точек взаимосвязаны. Несовместность сеймотектонической

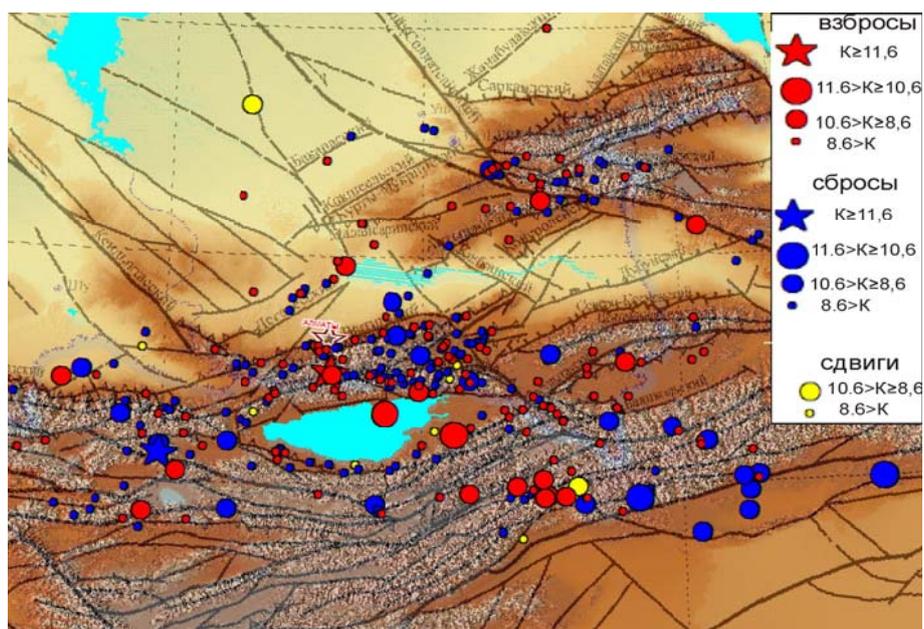


Рисунок 2 – Фрагмент карты эпицентров землетрясений с разным типом механизмов очагов за 2015 г.

Figure 2 – The map of epicenters of earthquakes with different types of focal mechanisms for 2015

деформации компенсируется дополнительными внутренними упругими деформациями и напряжениями. При склонности материала области к разрушению, связанной с развитием ослабленных зон, неблагоприятная ориентация внутренних напряжений может инициировать разрушение, т.е. возникновение землетрясения [9].

Анализ пространственно-временного распределения по типам подвижек очагов землетрясений за период наблюдения с 1970 по 2015 годы позволяет заключить, что в 1974–1976 гг., 1994 г. и 2014–2015 гг. отмечались аномальные условия сейсмотектонического режима в районе Северного Тянь-Шаня, характеризующиеся горизонтальным растяжением земной коры.

Привлечение к анализу инструментальных данных по вариациям режима STD и полярности общего (глобального) магнитного поля Солнца позволило установить, что в периоды со сбросовым сейсмотектоническим режимом имели место экстремально высокие значения напряженности общего магнитного поля Солнца, при этом полярность магнитного поля была положительной в северном солнечном полушарии и отрицательной – в южном, чередование которых имеет период ~ 22 года (цикл Хейла) [10].

На рисунке 3 для временного интервала 1975–2015 гг. представлены вариации напряженности общего магнитного поля Солнца, отдельно для полярных районов северного (рисунок 3-а) и южного (рисунок 3-б) полушарий по данным солнечной обсерватории Wilcox - <http://wso.stanford.edu>.

Для того же временного интервала на рисунке 3-в приведены среднегодовые значения параметра N_B/N_O для региона в целом. Оконтуренные на рисунке 3-в значения N_B/N_O , ниже 50%, соответствуют условиям растяжения земной коры и формирования очагов со сбросовым типом подвижки. Эти события приходятся на 1975, 1994 и 2015 гг. На рисунке 3-б отмечены значения

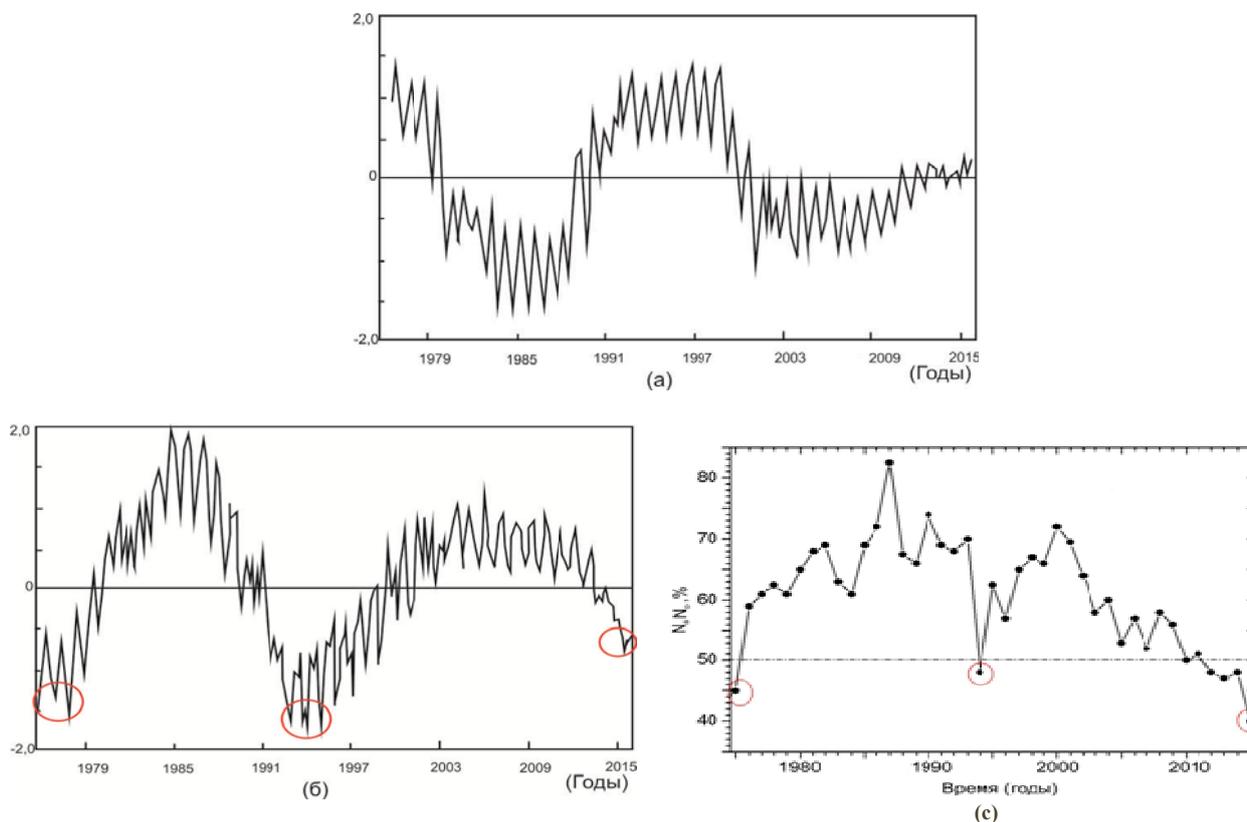


Рисунок 3 – Временные вариации различных параметров.

а – напряженность магнитного поля Солнца в полярной области северного полушария; б – напряженность магнитного поля южного полушария, с – параметр N_B/N_O .

Figure 3 – Time variations of various parameters.

The red line outlines the area of STD for 11th year variations of solar activity.

а – magnetic field strength of the Sun in the polar region of the Northern hemisphere; б – magnetic field strength of the southern hemisphere, с – the parameter N_B/N_O .

напряженности магнитного поля в полярной области южного полушария Солнца в те же годы (1975, 1994 и 2015). Видно, что напряженность магнитного поля в эти времена имела минимальные отрицательные значения. Рисунок 3-а показывает, что в эти же годы напряженность магнитного поля в полярной области северного полушария имела максимальные положительные значения.

Таким образом, сеймотектонический режим на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии реагирует, как на 11-летний цикл Швабе, характеризующий активность солнечных пятен, так и на 22-летний солнечный цикл Хейла, характеризующий вариации общего магнитного поля Солнца.

Наибольшая согласованность между 11-летними вариациями характеристик солнечной активности и сеймотектонической деформации земной коры наблюдается на локальной территории Северного Тянь-Шаня, расположенной в высокогорной части хребтов Заилийский и Кунгей Ала-тау, между Алматинской впадиной на севере и Иссык-Кульской – на юге, Аксайским и Тургенским разломами – на западе и востоке (рисунок 4) [1, 5-12].

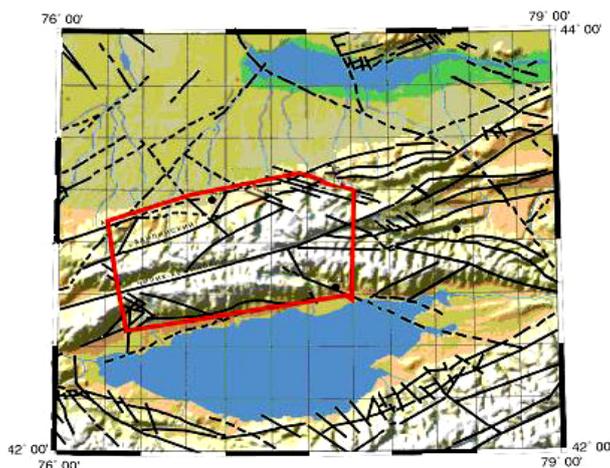


Рисунок 4 – Территория исследования параметров СТД за 1980–2015 гг. Красная линия оконтуривает зону отклика СТД на 11-летние вариации солнечной активности.

Figure 4 – The territory of studying STD parameters for 1980–2015. The red line outlines the area of STD for 11th year variations of solar activity.

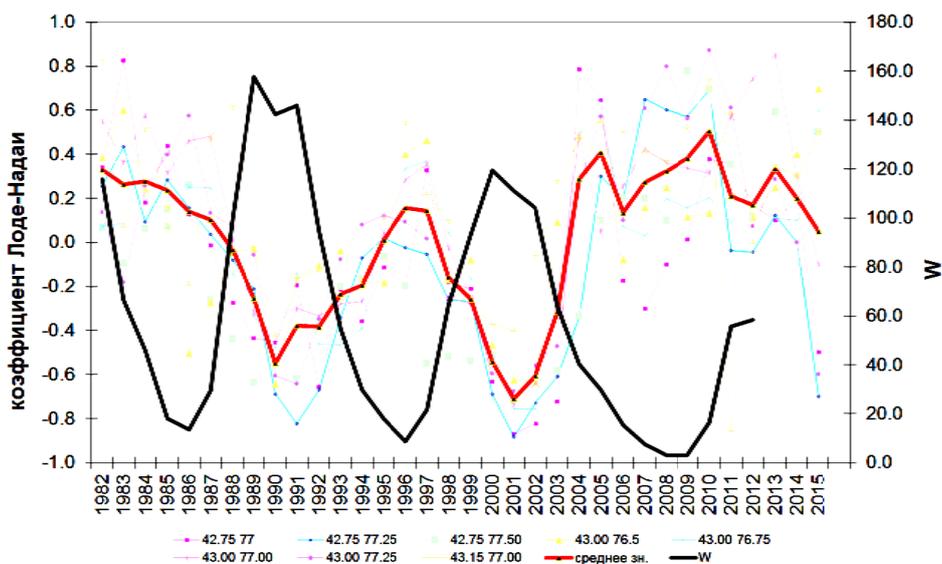


Рисунок 5 – Временное распределение среднегодовых чисел солнечных пятен (W) и значений коэффициента Лодде-Надаи (μ) (цветные линии)

Figure 5 – the temporal distribution of the mid-annual sunspot numbers (W) and the values of the Lode-Nadai coefficient (μ) (colored lines)

За режимом сейсмотектонической деформации в рассматриваемой зоне проводится постоянное наблюдение. Наиболее важным и информативным параметром STD является коэффициент Лодде-Надаи μ . Анализируются как временное, так и площадное распределения значений коэффициента μ в ячейках $30' \times 30'$ в сопоставлении с солнечной активностью.

Как видно из рисунка 5, значения параметра μ в ячейках изменяются синфазно между собой и в противофазе с солнечной активностью. Отклонения от этой закономерности начались в 2007 г. в ячейке с координатами $42,75^\circ$ с.ш. и $77,00^\circ$ в.д. Изменения коэффициента Лодде-Надаи здесь стали синфазны изменениям солнечной активности. Количество ячеек, в которых вариации происходили синфазно изменениям солнечной активности, увеличивалось, и в 2015 г. составило 4 из 8-ми. Изменение коэффициента Лодде-Надаи в соседних ячейках в противофазе привело к формированию участков среды с контрастным типом деформирования. В западной части территории сформировалось одноосное сжатие, в центральной и северо-западной части – одноосное растяжение (рисунок 6а). Граница между контрастно деформированными участками среды характеризуется высокоградиентными значениями параметра μ и проходит вблизи мегаполиса Алматы.

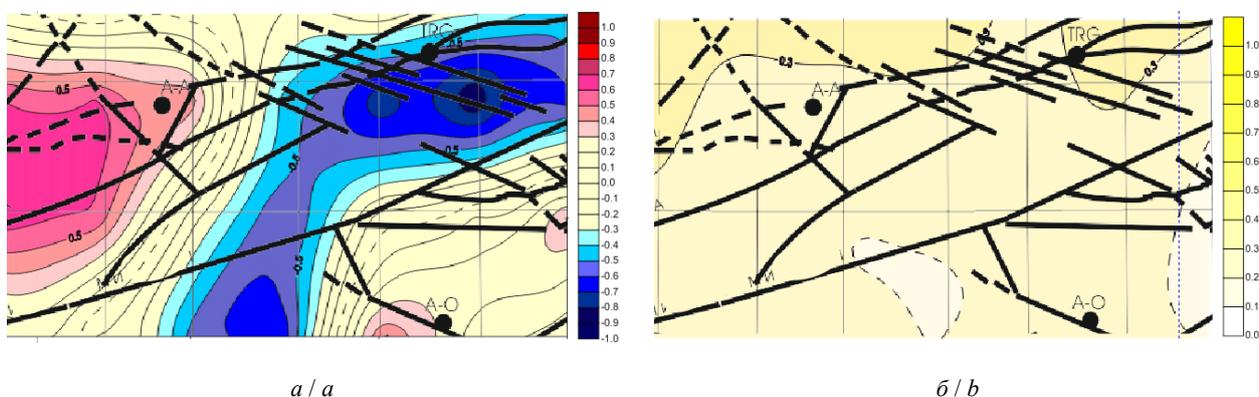


Рисунок 6 – Площадное распределение коэффициентов STD в 2015 г.

а – площадное распределение коэффициента Лодде-Надаи μ ; б – площадное распределение коэффициента интенсивности STD χ .

Figure 6 – Areal distribution of the STD intensity coefficients in 2015.

а – areal distribution of the Lode-Nadai coefficient; б – areal distribution of the STD χ intensity coefficients

Для характеристики надежности используемого материала на рисунке 6б представлено площадное распределение коэффициента интенсивности STD χ . Как видно из рисунка в 2015 году на всей территории коэффициент интенсивности STD $\chi > 0,2$, что свидетельствует о достаточно высокой упорядоченности деформационного процесса и надежности полученных результатов.

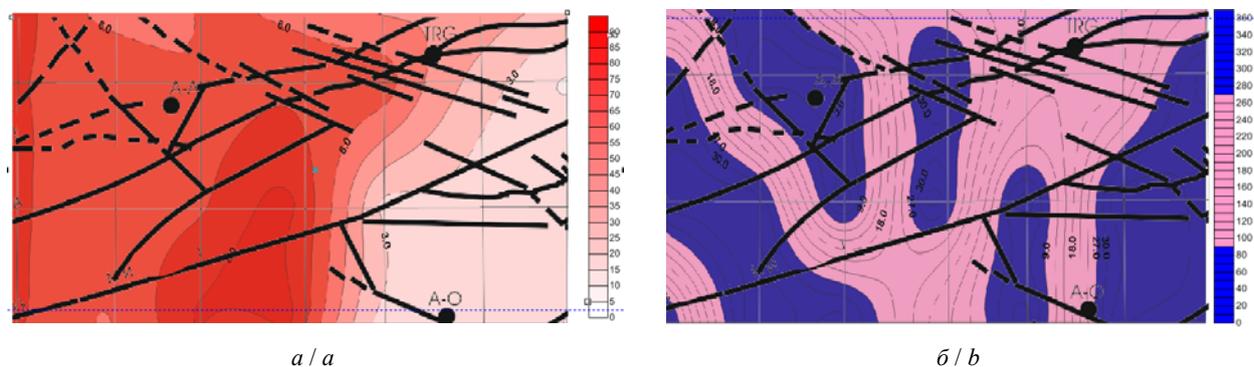


Рисунок 7 – Распределение по площади оси максимального укорочения.

а – угол погружения; б – азимут

Figure 7 – distribution over the area of the axis of maximum shortening.

а – the angle of immersion; б – azimuth

Важное значение для характеристики СТД имеет ориентация осей максимального укорочения и максимального удлинения. При значении угла погружения $>90^\circ$ ориентация оси считается близгоризонтальной, при $<30^\circ$ – близвертикальной, положение оси между этими значениями считается промежуточным.

Максимальное укорочение. Ориентация оси максимального укорочения является наиболее стабильной характеристикой СТД на территории Северного Тянь-Шаня, поскольку отражает условия регионального горизонтального сжатия в субмеридиональном направлении. На рисунке 7а и 7б показано распределение по площади в 2015 г. параметров оси максимального укорочения для территории исследования: угла погружения и азимута (соответственно).

Из рисунка 7а видно, что в 2015 г. значения угла погружения оси максимального укорочения на исследуемой территории меняются от близгоризонтальных в центральной и восточной части до близвертикальных в западной части территории. Граница между ними характеризуется высокоградиентными значениями параметра и протягивается в меридианальном направлении на долготе п. Тургенъ.

Направление оси максимального укорочения в 2015 г. характеризуется большой изменчивостью. С запада на восток чередуются зоны с северо-западным и северо-восточным направлениями максимального укорочения, разделяющимися высокоградиентными значениями параметра. Только вокруг п. Тургенъ выделяется область с южными азимутами оси максимального укорочения.

Максимальное удлинение. Как известно, фоновые значения ориентации этого параметра для Северного Тянь-Шаня характеризуются близвертикальными либо промежуточными углами погружения.

На рисунке 8 показаны результаты картирования параметров оси максимального удлинения в 2015 г.: угла погружения – 8а и азимута – 8б.

Как видно из рисунка, в 2015 г. ось максимального удлинения на всей территории имеет аномальную для зоны близгоризонтальную ориентацию. Простираемость оси максимального удлинения в 2015 г. характеризуется устойчивой западной направленностью. Только в узкой зоне на восточной окраине максимальное удлинение характеризуется южными азимутами.

Таким образом, за весь период наблюдения параметров СТД на рассматриваемой территории впервые в половине из рассматриваемых ячеек нарушена ранее выявленная закономерность противофазного изменения параметров СТД с числами солнечных пятен. В результате в соседних ячейках сформировались контрастно деформированные участки среды, размеры которых составляют более $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, а перепады значений коэффициента Лоде-Надаи μ варьируют от $+0,7$ в области одноосного сжатия, до $-0,7$ в области одноосного растяжения. В образовавшихся зонах, с контрастным типом деформирования, оси максимального укорочения и максимального удлинения – близгоризонтальны при северных азимутах максимального укорочения в области одноосного сжатия, и южных – в области одноосного растяжения, а также при западном направлении максимального удлинения на всей территории.

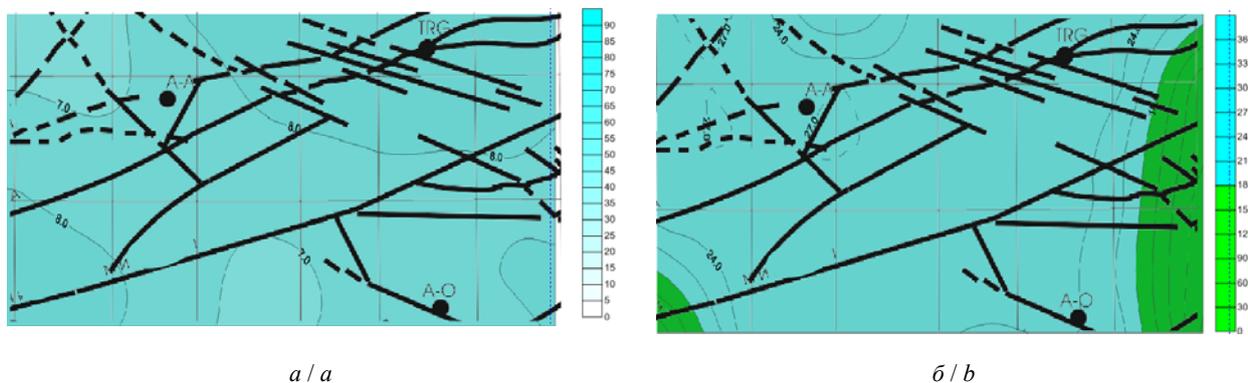


Рисунок 8 – Распределение по площади оси максимального удлинения.
a – угол погружения; *б* – азимут

Figure 8 – Distribution over the area of the axis of maximum lengthening.
a – the angle of immersion; *b* – azimuth

Второй аномальной зоной является также зона с вертикальными значениями угла погружения оси максимального укорочения на востоке рассматриваемой территории. Тип деформирования в этой зоне меняется от сдвигового южнее Чилико-Кеминского разлома, до одноосного растяжения к северу от разлома.

Важно отметить, что границы контрастно-деформированных зон, характеризующиеся высокоградиентными значениями параметров, опасны возникновением сильных землетрясений. При склонности материала области к разрушению, связанной с развитием ослабленных зон, неблагоприятная ориентация внутренних напряжений может инициировать разрушение, т.е. возникновение землетрясения вблизи границ между контрастно деформированными зонами [9]. Реализация сильного землетрясения происходит через 3–4 года после начала формирования таких зон.

Распределение коэффициента Лоде-Надаи μ , подобное наблюдаемой картине в 2015 г., отмечалось в очаговой зоне Байсорунского землетрясения [13]. Перед этим сильным землетрясением с $M=6,3$ в результате противофазного изменения коэффициента Лоде-Надаи в соседних ячейках сформировались контрастно деформированные участки среды. Перепады значений коэффициента Лоде-Надаи μ составляли от $+0,8$ в области одноосного сжатия, до $-0,8$ – в области одноосного растяжения.

Причиной появления горизонтальных растягивающих напряжений и формирования контрастно деформированных зон, как показано в ряде работ, может быть изменение флюидного режима в земной коре, сопровождаемое изменением структуры поля поглощения поперечных волн [11]. Увеличению сбросовых подвижек соответствуют высокие значения поля поглощения поперечных волн, увеличению взбросовых подвижек в очагах – низким значениям поля поглощения поперечных волн. Наблюдаемое в настоящее время увеличение сбросов в очагах землетрясений согласуется с образованием ряда зон высокого поглощения в Тянь-Шане [14].

Отметим, что в условиях растяжения, имеющих место в текущем периоде, реализация сильных землетрясений в регионе не отмечалась. Однако, в такие периоды возможно происходит подготовка очагов будущих землетрясений. С другой стороны, поскольку флюиды очень подвижны, возможно, произойдет нормализация напряженно-деформированного состояния и опасность возникновения сильного землетрясения исчезнет.

Таким образом, анализ пространственно-временного распределения всей совокупности параметров сейсмотектонической деформации за 2015 г. позволил выявить существенные особенности этих параметров.

1. Установлено, аномальное преобладание очагов, имеющих сбросовый тип механизма, реализующихся в условиях горизонтального растяжения вдоль простирающихся хребтов Тянь-Шаня.

3. Выявлено, что сейсмотектонический режим на территории Северного Тянь-Шаня и Джунгарии реагирует, как на 11-летний цикл Швабе, характеризующий активность солнечных пятен, так и на 22-летний солнечный цикл Хейла, характеризующий вариации общего магнитного поля Солнца.

4. Показано, что в районе образовались зоны с контрастным характером напряженно-деформированного состояния, вблизи границ между которыми, вероятно формирование очага сильного землетрясения.

Важно, что граница между контрастно-деформированными зонами проходит вблизи густонаселенного мегаполиса Алматы, где расположены промышленные объекты, в том числе исследовательский атомный реактор. Сложившаяся ситуация требует повышенного внимания и контроля за ее развитием для своевременного выявления опасности реализации сильного землетрясения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Полешко Н.Н. Механизмы очагов землетрясений и сейсмотектоническая деформация земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонгарии: Автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. – Алматы, 2009. – С. 35.
- [2] Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии: Избранные труды. – М.: Наука, 1985. – 406 с.
- [3] Юнга С.Л. О механизме деформирования сейсмоактивного объема земной коры // Известия АН СССР. Физика Земли. – 1979. – № 10. – С. 14-23.
- [4] Юнга С.Л. и др. Вопросы точности определения механизмов очагов коровых землетрясений и сейсмотектонические деформации Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1980 году. – Душанбе: Дониш, 1982. – С. 66-95.

[5] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В., Хачикян Г.Я. 11-летний цикл солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане // Сборник докладов 7-го Казахстанско-Китайского Международного симпозиума «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии». Алматы, 2-4 июня 2010 г. – С. 387-393.

[6] Сыдыков А., Садыкова А.Б., Полешко Н.Н. Сейсмотектоническое деформирование среды по данным о механизмах очагов землетрясений // ҚазҰТУ Хабаршысы – Вестник КазНТУ. – Алматы, 2007. – № 2. – С. 12-17.

[7] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В. Хачикян Г.Я., Шацлов В.И. Вариации солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане. – Ч. 1: Коэффициент Лодде-Надаи // Вестник НЯЦ РК. – Алматы, 2009. – Вып. 1. – С. 86-92.

[8] Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В., Хачикян Г.Я., Шацлов В.И. Вариации солнечной активности и сейсмотектонические деформации на Северном Тянь-Шане. Ч. 2: Азимут оси напряжения сжатия // Вестник НЯЦ РК. – Алматы, 2009. – Вып. 1. – С. 93-97.

[9] Полешко Н.Н., Досайбекова С. Сейсмотектоническая обстановка по данным механизмов очагов землетрясений Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньского региона Казахстана в 2015 году // Вестник АО КазНИИСА. – Алматы: Наука, 2016. – № 4. – С. 25-34.

[10] Абаканов Т., Ли А.Н., Полешко Н.Н., Садыкова А.Б., Сыдыков А., Тимуш А.В., Хачикян Г.Я., Шацлов В.И. Солнечная активность, космические лучи, глубинная геодинамика и поле сейсмотектонических деформаций на северном Тянь-Шане // Журнал проблем эволюции открытых систем. – Алматы, 2007. – Вып. IX. – Т. 1. – С. 78-87.

[11] Полешко Н.Н., Копничев Ю.Ф., Садыкова А.Б., Хачикян Г.Я., Соколова И.Н. Сейсмотектоническая деформация и добротность среды на Северном Тянь-Шане: связь с вариациями солнечной активности // Тезисы докладов пятого международного симпозиума «Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов» к 75-летию со дня рождения Ю. А. Трапезникова. – Бишкек, 2011. – Т. 1. – С. 272-275.

[12] Тимуш А.В., Садыкова А.Б., Степаненко Н.П., Хачикян Г.Я. Строение литосферы как фактор вариаций сейсмотектонических деформаций в связи с солнечной активностью на Северном Тянь-Шане // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2013. – № 1. – С. 55-66.

[13] Копничев Ю.Ф., Михайлова Н.Н. Геодинамические процессы в очаговой зоне Байсорунского землетрясения 12 ноября 1990 года (Северный Тянь-Шань) // Доклады РАН. – 2000. – Т. 373. – С. 93-97.

[14] Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Об активизации сейсмичности в регионе Центральной и Южной Азии после Макранских землетрясений: возможное ускорение подготовки сильных сейсмических событий в районе Тянь-Шаня // Доклады РАН. – 2015. – С. 101-112.

REFERENCES

[1] Poleshko N.N. Mehanizmy ochagov zemletrjasenij i sejsmotektonicheskaja deformacija zemnoj kory Severnogo Tjan'-Shanja i Zhongarii: Avtoref. dis. ... kand. g.-m. nauk. Алматы, 2009. P. 35 (in Russ.).

[2] Riznichenko Ju.V. Problemy sejsmologii. Izbrannye trudy. M.: Nauka, 1985. 406 p.

[3] Junga S.L. O mehanizme deformirovanija sejsmoaktivnogo ob#ema zemnoj kory // *Izvestija AN SSSR. Fizika Zemli*. 1979. N 10. P. 14-23 (in Russ.).

[4] Junga S.L. i dr. Voprosy tochnosti opredelenija mehanizmov ochagov korovyh zemletrjasenij i sejsmotektonicheskie deformacii Srednej Azii i Kazahstana // *Zemletrjasenija Srednej Azii i Kazahstana v 1980 godu*. Dushanbe: Donish, 1982. P. 66-95 (in Russ.).

[5] Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V., Hachikjan G.Ja. 11-letnij cikl solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskie deformacii na Severnom Tjan'-Shane // *Sbornik dokladov 7-go Kazahstansko-Kitajskogo Mezhdunarodnogo simpoziuma «Prognoz zemletrjasenij, ocenka sejsmicheskoy opasnosti i sejsmicheskogo riska Central'noj Azii»*. Алматы, 2-4 ijunja 2010. P. 387-393 (in Russ.).

[6] Sydykov A., Sadykova A.B., Poleshko N.N. Sejsmotektonicheskoe deformirovanie sredy po dannym o mehanizmah ochagov zemletrjasenij // *ҚазҰТУ хабаршысы-Вестник КазНТУ*. Алматы, 2007. N 2. P. 12-17 (in Russ.).

[7] Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V. Hachikjan G.Ja., Shacilov V.I. Variacii solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskie deformacii na Severnom Tjan'-Shane. Ch. 1: Kojefficient Lode-Nadai // *Vestnik NJaC RK*. Алматы, 2009. Vyp. 1. P. 86-92 (in Russ.).

[8] Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V., Hachikjan G.Ja., Shacilov V.I. Variacii solnechnoj aktivnosti i sejsmotektonicheskie deformacii na Severnom Tjan'-Shane. Ch. 2: Azimut osi naprjzhenija szhatija // *Vestnik NJaC RK*. Алматы, 2009. Vyp. 1. P. 93-97 (in Russ.).

[9] Poleshko N.N., Dosajbekova S. Sejsmotektonicheskaja obstanovka po dannym mehanizmov ochagov zemletrjasenij Dzhungaro-Severo-Tjan'-Shan'skogo regiona Kazahstana v 2015 godu. *Vestnik AO KazNIISA*. Алматы: Nauka, 2016. N 4. P. 25-34 (in Russ.).

[10] Abakanov T., Li A.N., Poleshko N.N., Sadykova A.B., Sydykov A., Timush A.V., Hachikjan G.Ja., Shacilov V.I. Solnechnaja aktivnost', kosmicheskie luchy, glubinnaja geodinamika i pole sejsmotektonicheskijh deformacij na severnom Tjan'-Shane // *Zhurnal problem jevoljucii otkrytyh sistem*. Алматы, 2007. Vyp. IX, Vol. 1. P. 78-87 (in Russ.).

[11] Poleshko N.N., Kopnichev Ju.F., Sadykova A.B., Hachikjan G.Ja., Sokolova I.N. Sejsmotektonicheskaja deformacija i dobrotnost' sredy na Severnom Tjan'-Shane: svjaz' s variacijami solnechnoj aktivnosti // *Tezisy dokladov pjatogo mezhdunarodnogo simpoziuma «Sovremennye problemy geodinamiki i geojekologii vnutrikontinental'nyh orogenov» k 75-letiju so dnja rozhdenija Ju. A. Trapeznikova*. Bishkek, 2011. Vol. 1. P. 272-275 (in Russ.).

[12] Timush A.V., Sadykova A.B., Stepanenko N.P., Hachikjan G.Ja. Stroenie litosfery kak fактор variacij sejsmotektonicheskijh deformacij v svjazj s solnechnoj aktivnost'ju na Severnom Tjan'-Shane // *Izvestija NAN RK*. Serija geologii i tehnicjeskijh nauk. Алматы, 2013. N 1. P. 55-66 (in Russ.).

[13] Kopnichev Ju.F., Mihajlova N.N. Geodinamicheskie processy v ochagovoj zone Bajсорunskogo zemletrjasenija 12 nojabrja 1990 goda (Severnij Tjan'-Shan') // *Doklady RAN*. 2000. Vol. 373. P. 93-97 (in Russ.).

[14] Kopnichev Ju.F., Sokolova I.N. Ob aktivizacii sejsmichnosti v regione Central'noj i Juzhnoj Azii posle Makranskih zemletrjasenij: vozmozhnoe uskorenie podgotovki sil'nyh sejsmicheskikh sobytij v rajone Tjan'-Shanja // *Doklady RAN*. 2015. P. 101-112 (in Russ.).

А. Б. Садықова¹, Н. Н. Полешко²

¹Сейсмологиялық институты, Алматы, Қазақстан,

²Геофизикалық зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

2015 ЖЫЛҒЫ СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ СЕЙСМОТЕКТОНИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Аннотация. Жұмыста 2015 жылғы сеймотектоникалық деформация параметрлері жиынтықтарының кеңістік-уақыттық таралу анализдерінің нәтижелері келтірілген. Дәлірек айтқанда: Тянь-Шань жоталары бойымен көлбеу созылған лықсыма түріндегі ошақтар механизмі жерсілкіністерінің көптігі, Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғар территорияларындағы сеймотектоникалық режимнің күн дақтарының белсенділігімен сипатталатын 11-жылдық Швабе циклына және де Күннің жалпы магниттік өрісінің вариацияларымен сипатталатын 22-жылдық Хейл күн циклына әсер ететіні анықталды; ауданда кернеулік-деформациялық жағдайдағы аймақтар түзілгені және соларға жақын шекаралардың арасында күшті жерсілкіністер ошақтарының пайда болу ықтималдылығы көрсетілген.

Түйін сөздер: сеймотектоникалық деформация, жерсілкіністердің ошақ механизмі, күн дақтарының белсенділігі, Күннің жалпы магниттік өрісінің вариациялары.

Сведения об авторах:

Садықова Алла Байсымаковна – доктор физико-математических наук, доцент, заведующая лабораторией региональной сейсмичности, ТОО «Институт сейсмологии», aluadin@mail.ru

Полешко Наталья Николаевна – кандидат геолого-минералогических наук, ученый секретарь РГП «Институт геофизических исследований», poleshko@kndc.kz

**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

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка Д. Н. Калкабековой

Подписано в печать 12.04.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

16,7 п.л. Тираж 300. Заказ 2.