© Автор, 2024 г. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 550.34



© The Author, 2024. Content is available under Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.30730/gtrz.2024.8.3.174-200 https://www.elibrary.ru/lmyvyk

Сейсмотектонические деформации и сброшенные напряжения землетрясений Центрального Тянь-Шаня

Н. А. Сычева E-mail: ivtran@mail.ru Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

Резюме. На основе данных о тензорах сейсмического момента (ТСМ) 270 землетрясений Центрального Тянь-Шаня, произошедших с 1978 по 2021 г. (63 события из каталога Global Centroid Moment Tensor и 207 событий из работ А.Д. Костюка и Н.А. Сычевой) рассчитаны параметры очагов землетрясений (СТД, кинематические и динамические параметры, радиус очага и сброс касательных напряжений). Расчет СТД выполнен на основе подходов, предложенных в работах Ю.В. Ризниченко и С.Л. Юнга. Для рассматриваемой территории характерны такие режимы деформации, как сжатие, транспрессия, переходный режим от вертикального сдвига к сжатию и косой сдвиг. Рассчитано и построено распределение коэффициента Лоде-Надаи. Значительная часть исследуемой территории характеризуется деформациями простого сжатия, преобладания простого сжатия и простого сдвига. Для расчета сброшенных касательных напряжений использовались значения скалярного сейсмического момента М₀, которые определяются при расчете ТСМ, и радиусы очагов, рассчитанные на основе теоретических и экспериментальных моделей зависимости радиуса очага от моментной магнитуды. Радиусы и сброшенные касательные напряжения рассчитаны для двух моделей очагов землетрясений – Брюна и Мадариаги-Канеко-Ширера. Сформирован каталог динамических параметров. Проведено сравнение кинематических и динамических параметров землетрясений и установлена связь сброшенных напряжений с типом подвижки в очаге, а также с распределением коэффициентом Лоде-Надаи. Результаты, полученные в работе, могут быть полезными для специалистов других областей знания – геодезии, геологии, геофизики.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясение, фокальный механизм, сейсмотектонические деформации, коэффициент Лоде–Надаи, тензор сейсмического момента, скалярный сейсмический момент, радиус очага, сброс касательных напряжений

Seismotectonic deformations and stress drop of earthquakes of Central Tien Shan

Naylya A. Sycheva

E-mail: ivtran@mail.ru Schmidt Institute of Earth Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. Based on the seismic moment tensor (SMT) data of 270 earthquakes in the Central Tien Shan, which occurred from 1978 to 2021 and include 63 events from the Global Centroid Moment Tensor catalog and 207 events from the works of Aleksander D. Kostyuk and Naylya A. Sycheva, the focal parameters (seismotectonic deformations (STD), kinematic and dynamic parameters, source radius, and stress drop) were calculated. The STD calculation was based on the approaches proposed in the studies of Yuriy V. Riznichenko and Sergei L. Yunga. The area under consideration is characterized by such deformation modes as thrust, transpression, underpression, and oblique. The distribution of the Lode–Nadai coefficient was calculated and plotted. A significant part of the study area is characterized by simple compression deformation, dominated by simple compression and simple shear. To calculate the stress drop $\Delta\sigma$, the values of the scalar seismic moment M_0 , which are determined in the SMT calculation, and the source radii *r*, which are calculated on the basis of theoretical and experimental models of the dependence of the source radius on the moment magnitude, were used. The radii r and stress drops Δs were calculated for two models of earthquake sources: the Brune model and the Madariaga–Kaneko–Shearer model. A catalog of dynamic parameters was compiled. The comparison of the kinematic and

dynamic parameters of earthquakes was carried out, and the relationship of the dropped stresses with the type of movement in the source, as well as with the Lode–Nadai coefficient, was established. The results obtained in the study can be useful for specialists in other fields of knowledge – geodesy, geology, and geophysics.

Keywords: seismicity, earthquake, focal mechanism, seismotectonic deformation, Lode-Nadai coefficient, seismic moment tensor, scalar seismic moment, source radius, stress drop

Для цитирования: Сычева Н.А. Сейсмотектонические деформации и сброшенные напряжения землетрясений Центрального Тянь-Шаня. *Геосистемы переходных зон*, 2024, т. 8, № 3, с. 174–200. https://doi.org/10.30730/gtrz.2024.8.3.174-200; https://www.elibrary.ru/lmyvyk

Финансирование

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (№ 122040600089-4).

Введение

Тянь-Шань – область внутриконтиненгорообразования. Геологическое тального строение Тянь-Шаня и его активную сейсмичность можно объяснить следствием столкновения тектонических плит Индостана и Евразии. Движение Индостана на север обусловливает утолщение и укорочение коры на большой территории [1]. С севера Тянь-Шань ограничен Туранской плитой, с юга – Таримской впадиной на востоке и Таджикской депрессией на западе, соединенными между собой Алайской долиной и долиной р. Сурхоб. На юге литосфера Тарима поддвигается под литосферу Тянь-Шаня и литосфера Памира надвигается на литосферу Тянь-Шаня, а на севере литосфера Казахского шита поддвигается под литосферу Тянь-Шаня, навстречу литосфере Тарима [2].

В регионе много разломов, активных в позднечетвертичное время. Кайнозойские складки и разломы Тянь-Шаня описаны в многочисленных публикациях [3–9 и др.].

В Тянь-Шане выделяют Западную, Центральную и Восточную провинции. Западный Тянь-Шань расположен к западу от Таласо-Ферганского разлома. Территория Центрального Тянь-Шаня находится между Таласо-Ферганским разломом на западе и меридианом 80° на востоке (рис. 1). Восточный Тянь-Шань простирается от меридиана 80° на западе до Джунгарского (Борохоро) разлома на востоке. Восточный и Джунгарский Тянь-Шань на нашей карте не представлен.

Центральный Тянь-Шань занимает обширную территорию, окаймленную хребтами: Фер*For citation:* Sycheva N.A. Seismotectonic deformations and stress drop of earthquakes of Central Tien Shan. *Geosistemy pere-hodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2024, vol. 8, No. 3, pp. 174–200. (In Russ., abstr. in Engl.). https://doi.org/10.30730/gtrz.2024.8.3.174-200; https://www.elibrary.ru/lmyvyk

Funding

The work was carried out within the framework of the state task of the Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS (No. 122040600089-4).

ганским на западе, Заилийским, Киргизским, Таласским Алатау на севере, Меридиональным на востоке и Кокшаал-Тоо – на юге [10]. Киргизский хребет ограничивает Центральный Тянь-Шань с севера. Межгорные и предгорные впадины Центрального Тянь-Шаня: Аксайская, Аксуйская, Атбашийская (Атбашинская), Джумгальская, Кашийская (Кашгарская), Кетмень-Тюбинская, Кочкорская, Нарынская, Сусамырская, Текесская, Тоюнская мульда и Чуйская.

Горная система Тянь-Шань один из сейсмически активных районов Земли. Очаги землетрясений Тянь-Шаня являются внутриплитовыми и размещаются главным образом в верхних слоях земной коры. В работе [11] отмечено, что подавляющее большинство очагов землетрясений Тянь-Шаньского региона находятся на глубинах до 15 км, реже встречаются очаги с глубиной 16–20 км и еще реже 25 км. Очаги с глубиной до 30 км наблюдаются очень редко, т.е. землетрясения Тянь-Шаня являются коровыми, и их очаги располагаются в домезозойском основании.

На территории Тянь-Шаня отмечены многочисленные землетрясения с $M \sim 7$ и даже M > 8. Основная масса эпицентров сильных землетрясений с $M \ge 5$ закономерно вытягивается в виде двух сейсмогенных зон – Северо-Тянь-Шаньской и Гиссаро-Кокшаальской (Южно-Тянь-Шаньской), тяготеющих, соответственно, к северным и южным участкам контрастного сочленения орогена и ограничивающих его с севера Туранской плитой и Казахским щитом, а с юга Таримской платформой. Гиссаро-Кокшаальская зона является



Рис. 1. Горные хребты и долины Центрального Тянь-Шаня. Межгорные и предгорные впадины: АК – Аксайская, АТ – Атбашийская (Атбашинская), ДЖ – Джумгальская, КЕ – Кетмень-Тюбинская, КО – Кочкорская, НА – Нарынская, СУ – Суусамырская, ЧУ – Чуйская (по [10]). Красными линиями обозначены региональные разломы (по [8]). Желтая штрихпунктирная линия – граница Киргизии.

Fig. 1. Mountain ranges and valleys of the Central Tien Shan. Intermontane and piedmont basins: AK, Aksay; AT, At-Bashi; *ДЖ*, Jumgal; KE, Ketmen-Tyube; KO, Kochkor; HA, Naryn; CV, Suusamyr; ЧУ, Chuy (according to [10]). Red lines mark regional faults (according to [8]). The yellow dash-dotted line marks the border of Kyrgyzstan.

высокосейсмичной на участке сочленения Памира и Тянь-Шаня.

Эти две крупные зоны, называемые сейсмоактивными швами первой категории, являются границами между крупными блоками Туран–Тянь-Шань–Тарим. В пределах этих сейсмоактивных швов возможны предельные для земной коры магнитуды землетрясений – M > 8 [5].

Современный уровень исследований деформационных процессов в тектоносфере Земли невозможен без информации о действующих в ней полях тектонических напряжений, которые можно выявить, изучая очаговые параметры землетрясений. Информацию о полях тектонических напряжений получают в основном при анализе очаговых параметров землетрясений, к которым относятся фокальные механизмы очагов. Немаловажную роль играют и динамические параметры: радиус очага r, скалярный сейсмический момент M_0 , сброс касательных напряжений $\Delta \sigma$ (далее сброс напряжений), излученная сейсмическая энергия и др. Динамические параметры умеренных землетрясений Северного Тянь-Шаня рассмотрены в нашей работе [12], составлен банк данных. Данная работа предполагает расширение этого набора данных за счет рассмотрения землетрясений, для которых известен тензор сейсмического момента (TCM), а значит, и скалярный сейсмический момент М₀. Для расчета радиуса очага предлагается использовать модели зависимости радиуса очага от магнитуды, определенные на основе теоретических или экспериментальных данных. На основе скалярного сейсмического момента и радиуса очага можно рассчитать сброс напряжений.

Для землетрясений с известными TCM предполагается и наличие данных о фокальных механизмах, которые можно использовать для оценки напряженно-деформированного состояния земной коры. Это позволяет исследовать связь между динамическими и кинематическими параметрами землетрясений. В настоящей статье выполнена оценка напряженно-деформированного состояния земной коры на основе метода СТД и построены карты распределения некоторых параметров СТД. Рассчитаны динамические параметры (радиус очага r и сброс напряжений $\Delta \sigma$) 270 землетрясений Центрального Тянь-Шаня. Рассмотрена связь между типом подвижки в очаге с уровнем сброшенных напряжений и проведено сравнение уровня сброшенных напряжений с распределением коэффициента Лоде–Надаи.

Исходные данные

Рассматриваются землетрясения на территории Центрального Тянь-Шаня, для которых рассчитан тензор сейсмического момента (TCM) и скалярный сейсмический момент. Источником таких данных является каталог CMT (Global Centroid Moment Tensor catalog, https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html) и работы [13, 14], где по методу волновой

инверсии [15] получены тензоры сейсмического момента на основе данных сети KNET (Kyrgyz net). Каталог СМТ включает 63 землетрясения с $M_{\rm w} = 4.6-7.2$, произошедших на территории Центрального Тянь-Шаня с 1978 по 2022 г. В работах [13, 14] ТСМ определены для 334 землетрясений с $M_{\rm w} \ge 2.8$ на территории Центрального Тянь-Шаня с 1996 по 2021 г. Из 334 землетрясений было выбрано 207 событий, для которых ТСМ определены по количеству компонент (записей землетрясения) 8 и более (OBS, observation, см. легенду к рис. 2). Для рассматриваемых событий (63 + 207 = 270) наряду с компонентами тензора сейсмического момента известны значения скалярного сейсмического момента М_о, моментной магнитуды $M_{\rm w}$ и параметры нодальных плоскостей фокального механизма (strike, dip, slip). На рис. 2 представлены TCM этих землетрясений. Цвет «пляжного мячика» на карте зависит от источника данных и коли-



Рис. 2. Тензоры сейсмического момента 270 землетрясений Центрального Тянь-Шаня. Красными линиями обозначены региональные разломы. Положение станций сети KNET отмечено треугольниками. OBS – число наблюдений (записей) землетрясения. Fig. 2. Seismic moment tensors of 270 earthquakes in the Central Tien Shan. Red lines indicate regional faults. The location of KNET stations are showed with triangles. OBS mark number earthquake observations (records).

чества компонент, участвующих в определении TCM по методу волновой инверсии [15] (см. легенду к рис. 2). Землетрясения, TCM для которых взяты с сайта CMT, в основном расположены в восточной и западной части рассматриваемой территории, а землетрясения из работ [13, 14] – в центральной части и вдоль Таласо-Ферганского разлома, они находятся на расстоянии $1-2^\circ$ от станций сети KNET (обозначены треугольниками на рис. 2).

Некоторые количественные характеристики 270 землетрясений представлены на рис. 3. Большая часть событий имеет магнитуду $M_{\rm W} = 3-5$ (рис. 3 а), основная часть землетрясений произошла на глубине до 20 км (рис. 3 с). Бо́льшая часть событий выборки произошла после 2000 г. (рис. 3 b), до 1996 г. данные взяты из каталога СМТ.

На рис. 4 показаны диаграммы направлений главных осей напряжений – сжатия (рис. 4 а) и растяжения (рис. 4 b). Согласно диаграммам, для большинства событий рассматриваемые механизмы имеют северо-северо-западное направление оси сжатия (что характеризует состояние исследуемой территории как напряжение сжатия). Для осей растяжения при многообразии направлений незначительно выделяются восточное и северо-восточное (что дополнительно характеризует региональный характер напряженного состояния). Количественная зависимость числа землетрясений от угла погружения главных осей напряжений (относительно горизонтальной плоскости) представлена на рис. 4 с: ~75 % осей сжатия имеют угол погружения до 30° (близгоризонтальное положение), для ~45 % осей растяжения угол превышает 60° (близвертикальное положение).

Для определения количественного соотношения землетрясений по типу подвижки в очаге (рис. 5) использовались данные об углах погружения главных осей напряжений



Рис. 3. Количественное распределение рассматриваемых землетрясений (270 событий): а – по магнитуде; b – по годам; c – по глубине. **Fig. 3.** Quantitative distribution of the earthquakes under consideration (270 events): a, by magnitude; b, by year; c, by depth.



Рис. 4. Диаграммы распределения азимутов осей сжатия *P* (a), растяжения *T* (b) и зависимость числа землетрясений от угла погружения главных осей напряжений (c).

Fig. 4. Diagrams of the distribution of azimuths of the compression axes P (a) and tension axes T (b) and the dependence of the number of earthquakes on the plunge angle of the main stress axes (c).



Рис. 5. Количественное распределение землетрясений (270 событий) по типу механизма очага.

Fig. 5. Quantitative distribution of earthquakes (270 events) by focal mechanism type.

 $(P_{\rm pl}, T_{\rm pl})$. Согласно полученным данным, ~17 % от общего числа событий составляют взрезы $(30^{\circ} \le P_{\rm pl} \le 60^{\circ}, 30^{\circ} \le T_{\rm pl} \le 60^{\circ}), ~63 \%$ – взбросы $(P_{\rm pl} < 30^{\circ}, T_{\rm pl} > 60^{\circ})$ и взбросо-сдвиги $(P_{\rm pl} < 30^{\circ}, 30^{\circ} \le T_{\rm pl} \le 60^{\circ}), ~13 \%$ – горизонтальные сдвиги $(P_{\rm pl} < 30^{\circ}, T_{\rm pl} < 30^{\circ}), ~7 \%$ в сумме составляют сбросы $(P_{\rm pl} < 30^{\circ}, T_{\rm pl} < 30^{\circ}), ~7 \%$ в сумме составляют сбросы $(P_{\rm pl} > 60^{\circ}, T_{\rm pl} < 30^{\circ})$ и сбросо-сдвиги $(30^{\circ} \le P_{\rm pl} \le 60^{\circ}, T_{\rm pl} < 30^{\circ})$. Для рассматриваемой территории наиболее характерны землетрясения с типом подвижки взбросы, взбрососсдвиги и взрезы (70 % событий).

Методика

Сейсмотектонические деформации. Для оценки напряженно-деформированного состояния используется метод СТД, который основан на подходах, предложенных в работах Ю.В. Ризниченко и С.Л. Юнга, и использует данные о фокальных механизмах землетрясений. Методика расчета СТД описана во многих работах (в частности, см. подробное описание в [16, 17]) и здесь не приводится.

Однако стоит отметить, что расчет СТД выполняется суммированием матриц индивидуальных механизмов в пределах каждой элементарной подобласти. Вклад каждого землетрясения определялся на основе региональной весовой функции (см. [16]). Выбор узловых точек осуществлен по сетке с шагом 0.25° (~25 км), при этом рассматривается область вокруг узловой точки с радиусом $R = 0.35^{\circ}$ (~35 км). Некоторое пересечение элементарных областей позволяет получить сглаженную картину. Глубина исследуемого слоя 30 км. Для каждой узловой точки рассчитывался коэффициент соответствия к (каппа), т.е. интенсивность результирующей матрицы, и в дальнейшем учитывались те области осреднения, в которых к превышает значение из табл. 4 в работе [18, с. 88–89] для соответствующей количественной выборки. При расчете использовалось значение к, соответствующее кумулятивной вероятности 95 %. Для некоторых объемов выборки данные из указанного источника приведены в табл. 1.

Сброшенные напряжения. Подробная методика расчета динамических параметров (ДП) землетрясений Северного Тянь-Шаня на основе построения очагового спектра приведена в работе [12]. Определение основных параметров очагового спектра – угловой частоты f_0 и спектральной плотности Ω_0 – позволяет рассчитать две важные характеристики: скалярный сейсмический момент M_0 и радиус очага r.

Скалярный сейсмический момент согласно [19]:

$$M_0 = 4\pi\rho R V_{\rm s}^3 \Omega / \Psi_0 \tag{1}$$

где R – расстояние от очага станции или до референтной точки, где определяется спектр, $V_{\rm S}$ – скорость S-волны, ρ – плотность пород

Таблица 1. Мода М и критические значения параметра к, соответствующие разным кумулятивным вероятностям и объему выборки (N) [18]

Table 1. Mode M and critical values of the parameter κ corresponding to different cumulative probabilities and sample sizes (N) [18]

Ν	М	к 90 %	к 95 %
5	0.40	0.60	0.65
7	0.35	0.51	0.55
10	0.28	0.42	0.46
15	0.23	0.35	0.38
20	0.20	0.3	0.337
35	0.16	0.23	0.25
55	0.11	0.18	0.20
100	0.09	0.14	0.15
700	0.04	0.08	0.09
1000	0.03	0.05	0.05

в области очага, Ψ_0 – фактор направленности излучения из очага (для источника, описываемого скачком смещения на плоскости разрыва), среднее значение этого фактора принимается 0.64 [20].

Радиус очага вычисляется на основе выражения [21–23]:

$$r = kV_{\rm s}/f_0,\tag{2}$$

где *k* – численный коэффициент, зависящий от модели разрыва в очаге.

Для определения динамических параметров очага по параметрам спектров чаще других используются две модели: ставшая почти классической модель Брюна [24, 25] и модель Мадариаги [26, 27]. При использовании простейшей модели Брюна $k = k_{\rm B} = 0.37$ из выражения (2) определяют так называемый радиус Брюна, $r = r_{\rm B}$. Усовершенствованная модель Мадариаги-Канеко-Ширера может считаться предпочтительной по отношению к другим моделям [12]. Соответствующее этой модели значение $k_{\rm KS} = 0.26$ (весьма близкое к общефизической оценке) можно использовать как «эффективное», $k_{\rm ef}$, для проведения массовых расчетов по формуле (2). Отличие оценок сброса напряжений, получаемых для других моделей разрыва (Брюна, Мадариаги, Сато и др.), от результатов расчета $\Delta \sigma$ с использованием значения $k_{\rm ef} = 0.26$ не превышает 2.9 раза [12].

Зная две характеристики землетрясения, рассчитанные по выражениям (1) и (2), можно рассчитать сброс касательных напряжений [21, 24, 25, 28]:

$$\Delta \sigma = 7M_0 / 16r^3. \tag{3}$$

Построение очагового спектра связано со значительными временными затратами, и в настоящей работе, согласно [29], предлагается для расчета $\Delta \sigma$ использовать сейсмические события, для которых известен сейсмический момент М₀ (например, из каталога СМТ), а радиус очага определять на основе теоретических моделей зависимости радиуса очага от магнитуды землетрясения, описанных, например, в работах [20, 30, 31 и др.], или использовать зависимость, полученную на основе анализа экспериментальных данных (построение очагового спектра) в работе [12] для землетрясений Северного Тянь-Шаня.

Стоит отметить следующее. В работе [12] рассматриваются землетрясения с $M_{\rm W} = 2.5 - 5.5$, а в данной работе – с $M_{\rm W} = 2.8 - 7.2$, поэтому использование зависимости из работы [12] для расчета радиуса очага с $M_{\rm W} \ge 4$ не является корректным: полученное этим способом выраже-



Рис. 6. Зависимость логарифма радиуса очага $r_{\rm B}$ от моментной магнитуды $M_{\rm W}$ для рассматриваемых моделей; среднее значение логарифма радиуса очага по рассматриваемым моделям (серая линия) и регрессия, построенная по распределению среднего значения логарифма радиуса очага (черная линия): а – модели из работ [20] и [30]; b – модели из работ [20], [30] и [12].

Fig. 6. Dependence of the source radius $r_{\rm B}$ on the moment magnitude $M_{\rm W}$ for the models under consideration; the average value of the logarithm of the radius of the source for the models (gray line) and the regression calculated on the distribution of the average value of the logarithm of the radius of the source (black line): a, models from [20] and [30]; b, models from [20], [30], and [12].

]	Габли	ца 2. Лог	тарифм	ические	е значен	ия ради	іуса по	о Брюі	ıy, lg ($r_{\rm B}$, m), I	в зависим	ости	OT M	агнитуд	ы $M_{ m w}$	для ра	ссма-
Т	ривае	мых мод	елей, а	также (среднее	значен	ие лог	арифм	а радиу	са по	рассматри	ваем	лым м	моделям	и зна	чения	лога-
p	ифма	радиуса	очага, ј	рассчит	анные і	ю пост	роенны	ым рег	рессиям	распр	ределения	cpe;	цних	значени	й		

Table 2. Logarithmic values of the radius according to Brun, $lg(r_{\rm B}, m)$, depending on the magnitude $M_{\rm W}$ for the models unde
consideration, as well as the average value of the logarithm of the radius for the models under consideration and the value
of the logarithm of the radius of the source, calculated from the constructed regressions of the distribution of average values

м		lg(r, м)		Модел	и 1 и 2	Модел	ти 1 <i>—</i> 3
M _W	1	2	3	C3	СМ	C3	СМ
1.0		1.90					
1.5		2.10					
2.0		2.30					
2.5		2.50	2.30	2.50	2.27	2.40	2.18
3.0	2.08	2.70	2.40	2.39	2.48	2.39	2.39
3.5	2.33	2.90	2.50	2.62	2.69	2.58	2.61
4.0	2.58	3.10	2.60	2.84	2.90	2.76	2.82
4.5	2.83	3.30	2.70	3.07	3.11	2.94	3.04
5.0	3.08	3.50	2.80	3.29	3.32	3.13	3.25
5.5	3.33	3.70	2.90	3.52	3.53	3.31	3.47
6.0	3.58	3.90		3.74	3.74	3.74	3.68
6.5	3.83	4.10		3.96	3.95	3.97	3.90
7.0	4.08	4.30		4.19	4.16	4.19	4.11
7.5	4.33	4.50		4.42	4.37	4.42	4.33
8.0	4.58	4.70					
8.5		4.90					
9.0		5.10					

Примечание. 1 – $0.5 \cdot M_w$ + 0.58 [30], 2 – $0.4 \cdot M_w$ + 1.50 [20], 3 – $0.2 \cdot M_w$ + 1.80 [12]; С3 – среднее значение по рассматриваемым моделям, СМ – значение по уравнению регрессии распределения С3. Выделены строки в диапазоне магнитуд рассматриваемых землетрясений M_w = 2.8–7.2.

Note. 1, $0.5 \cdot M_w + 0.58$ [30]; 2, $0.4 \cdot M_w + 1.50$ [20]; 3, $0.2 \cdot M_w + 1.80$ [12]; C3, average value for the models under consideration; CM, value for the regression equation of the average value distribution. Rows in the magnitude range of the earthquakes under consideration $M_w = 2.8-7.2$ are highlighted.

ние имеет дефицит данных о землетрясениях с $M_{\rm W} \ge 4$. Какую же модель выбрать для расчета радиуса очага? Используем два подхода к выбору моделей.

На рис. 6 представлены зависимости радиуса очага (модель Брюна) от моментной магнитуды $M_{\rm W}$ для моделей из работ [20, 30, 12]. Каждая модель показана в границах магнитуд, для которых был определен радиус очага. На рис. 6 а показаны модели из работ [20] и [30], а также среднее значение по двум моделям и ее регрессия (первый подход), а на рис. 6 b к первым двум моделям добавлена модель из работы [12] (второй подход). Среднее значение рассчитывалось для диапазона магнитуд рассматриваемых землетрясений 2.8–7.2 (табл. 2). Для первых двух моделей (рис. 6 а) по усреднен-

ным данным получено уравнение регрессии lg ($r_{\rm B}$, м) = 0.42 $M_{\rm W}$ + 1.22; по сумме трех моделей (рис. 6 b) – $lg(r_{\rm B}, M) = 0.43 M_{\rm W} + 1.1$. Эти выражения отличаются друг от друга незначительно. Радиус очага по модели Брюна рассчитывали на основе выражения, полученного по сумме трех моделей (рис. 6 b), т.е. с учетом модели, полученной по землетрясениям Северного Тянь-Шаня (второй подход). Наряду с радиусом очага по модели Брюна рассчитан радиус очага по модели Мадариаги-Канеко-Ширера: при его расчете радиус по Брюну умножается на отношение коэффициентов $k_{\rm KS}$ и $k_{\rm p}$ (0.26/0.37), которые описаны выше. Сброс напряжений тоже рассчитан для двух моделей – Брюна и Мадариаги-Канеко-Ширера. Результаты расчетов представлены в табл. І (см. приложение).

Результаты

Карта СТД

На рис. 7 представлена карта СТД, где режимы СТД определены для 215 узловых точек. Для 99 точек решения получены по 2–5 землетрясениям, а для остальных по 6–32. Режим СТД обозначается значком, представляющим прямоугольник с перпендикулярными к нему стрелками из его центра. Направление прямоугольника и стрелок на горизонтальной поверхности позволяет судить, соответственно, об азимутальном направлении осей укорочения и удлинения (азимут ноль градусов – направление на север). Цвет фигуры определяет режим деформации, длина прямоугольника и стрелок – величину компоненты СТД (собственное значение) вдоль соответствующей главной оси.

На исследуемой территории поле деформации по СТД имеет мозаичную структуру. Проявляются следующие режимы деформации: переходный режим от вертикального сдвига к сжатию (восточная часть хр. Молдо-Тоо), сжатие (по бортам Нарынской, Суусамырской впадин, Киргизский хр., центральная часть Таласо-Ферганского разлома, хр. Терскей-



Рис. 7. Карта распределения режимов СТД на исследуемой территории, построенная по сетке с шагом 0.25° и с радиусом круговой области $R = 0.35^{\circ}$. Количество узловых точек – 215. Штрихпунктирные линии – государственные границы. Режимы СТД: S – горизонтальный сдвиг, О – косой сдвиг, Т – сжатие, TS – транспрессия, TV – переходный режим от вертикального сдвига к сжатию (согласно схеме классификации [32]). Длина прямоугольника и стрелок определяет величину компоненты СТД (собственное значение) вдоль соответствующей главной оси (масштаб собственного значения отмечен на карте серым значком вверху).

Fig. 7. Map of the STD modes in the study area constructed on a grid with a step of 0.25° and a radius of the circular area $R = 0.35^{\circ}$. The number of nodal points is 215. Dash-dotted lines are state boundaries. Classification of STD modes: S, strike-slip fault; O, oblique; TS, transpression; T, thrust; TV, underpression (according to the classification scheme [32]). The length of the rectangle and arrows determines the magnitude of the STD component (eigenvalue) along the corresponding main axis (the scale of the eigenvalue is marked on the map with a gray icon).

Алатау), транспрессия (юго-западная часть Иссык-Кульской котловины, центральная часть Киргизского хребта), косой сдвиг (южная часть Таласо-Ферганского разлома и область, где восточная окраина Нарынской впадины соединяется с хр. Нарын) и горизонтальный сдвиг (Чу-Илийские горы). При всей неоднородности (мозаичности) поля деформации, на исследуемой территории преобладают типы деформации, которые относятся к режиму сжатия с различающимися долями сдвиговой составляющей. Для осей укорочения преобладает северо-северо-западное направление, в отдельных точках юго-восточной области – северо-северо-восточное, а в северной части Таласо-Ферганского разлома – северо-западное направление.

Коэффициент Лоде-Надаи

На рис. 8 представлено площадное распределение коэффициента Лоде-Надаи, который является инвариантной характеристикой и позволяет судить о деформации в целом. Центральная и восточная части Киргизского хребта, западный борт Иссык-Кульской котловины, западная часть хр. Терскей-Алатау и западная часть хр. Нарын характеризуются режимом простого сжатия. Режим преобладания простого сжатия проявляется в центральной части Таласо-Ферганского разлома и в восточной части хр. Молдо-Тоо. Режим преобладания простого растяжения – на юго-восточных бортах Нарынской и западных бортах Суусамырской впадины. Большей частью режим простого сжатия проявляется в северной части Центрального Тянь-Шаня.



Рис. 8. Площадное распределение коэффициента Лоде–Надаи, μ_e : 1 – простое сжатие, 2 – преобладание простого сжатия, 3 – простой сдвиг, 4 – преобладание простого растяжения, 5 – простое растяжение.

Fig. 8. Areal distribution of the Lode–Nadai coefficient μ_e : 1, simple compression; 2, predominance of simple compression; 3, simple shear; 4, predominance of simple tension; 5, simple tension.

Сброс напряжений

Значения сброса напряжений получены для двух моделей радиуса очага (см. табл. I, приложение).

На рис. 9 представлено эпицентральное положение исследуемых землетрясений. Показан уровень сброшенных напряжений, рассчитанных для модели Мадариаги–Канеко–Ширера. Сброшенные напряжения для рассматриваемых землетрясений варьируют в диапазоне от 10 до 250 бар. Максимальный сброс напряжений (250 бар) произошел при Суусамырском землетрясении 19 августа 1992 г. с $M_w = 7.2$. Магнитуда землетрясений, для которых сброс напряжений более 120 бар (120–202), находится в диапазоне $M_w = 5.3-6.9$. Решения ТСМ этих землетрясений опубликованы на сайте СМТ. Максимальный сброс напряжений для землетрясений, где ТСМ опре-

делены по данным сети KNET, составляет 74 бар, и магнитуда этих землетрясений не превышает 4.7. Землетрясения со значительным уровнем сброса напряжений сосредоточены в восточной части рассматриваемой территории и по бортам Ферганской впадины. В северной части выделяется группа землетрясений, произошедших вдоль Иссык-Атинского разлома в восточной части Киргизского хребта, – для них сброс напряжений превышает 100 бар.

Для построения площадного распределения сброшенных напряжений для каждой рассматриваемой ячейки (размер ячейки 0.25° × 0.25°) используется выражение

$$\Delta \sigma_{W} = \frac{7(\sum M_{0i})}{16(\sum r_{i}^{3})},$$
(4)

которое аналогично выражению (3), используемому для единичного землетрясения, с той



Рис. 9. Эпицентральное положение исследуемых землетрясений (270 событий). В легенде указаны величины сброшенных напряжений, рассчитанные для модели Мадариаги–Канеко–Ширера, и количество землетрясений (N), которое соответствует этим величинам.

Fig. 9. Epicentral position of the studied earthquakes (270 events). The color of the dots depends on the value of the stress drops calculated for the Madariaga–Kaneko–Shearer model (see the legend at the bottom of the map). N, the number of earthquakes that correspond to these values.

разницей, что оно применяется для ячейки исследования, т.е. в ячейке сначала суммируются сейсмические моменты всех землетрясений, значения радиусов в третьей степени, а затем вычисляются сброшенные напряжения. Предложенный метод усреднения, с помощью которого введено $\Delta \sigma_w$, аналогичен методу перехода к «средневзвешенному механизму очага», который предложен в работе [18], а механизм расчета весовой функции хорошо представлен в [16].

Площадное распределение логарифма сброшенных напряжений (lg $\Delta \sigma_w$, бар), рассчитанное по выражению (4), представлено на рис. 10. Логарифмический масштаб позволяет более ярко выделить участки с минимальным значением сброшенных напряжений. Наибольшим уровнем $\Delta \sigma_w$ характеризуется ячейка, в которой расположена очаговая область Суусамырского землетрясения (количество событий 5, $\Delta \sigma_w = 251$ бар). В юго-восточной части Кочкорской впадины (очаговая область Кочкорского землетрясения 25.12.2006,

К = 14.8) сброс напряжений составляет $\Delta \sigma_{w} = 144$ бара (6 событий). Значительные величины $\Delta \sigma_w$ проявляются в отдельных ячейках Киргизского хребта, Терскей и Кунгей Алатоо, Таласо-Ферганского разлома ($\Delta \sigma_{w} \sim 125$ бар). На Иссык-Атинском разломе, в восточной части Киргизского хребта, отмечаются ячейки с $\Delta \sigma_{_W} \sim 80$ бар. Такого же уровня сброс напряжений отмечается в ячейках, расположенных восточнее асейсмической Аксайской впадины (хр. Кокшалтау, Южно-Тянь-Шаньская сейсмогенная зона, данные СМТ). Для большей части рассматриваемой территории уровень сброшенных напряжений $\Delta \sigma_w$ составляет ~65 бар (этому соответствуют ячейки зеленого цвета). В ячейках голубого цвета сброс напряжений соответствует 30-40 бар.

Сравнение кинематических и динамических параметров

Результаты анализа величины сброса напряжений в зависимости от типа подвиж-



Рис. 10. Площадное распределение логарифма сброшенных напряжений, рассчитанных для модели Мадариаги–Канеко–Ширера. **Fig. 10.** Areal distribution of the logarithm of stress drops calculated for the Madariaga–Kaneko–Shearer model.



Рис. 11. Зависимость суммы (a) и среднего значения сброса напряжений (b) от типа подвижки в очаге землетрясения. **Fig. 11.** Dependence of the sum (a) and average value of stress drop (b) on the type of slip in the earthquake source.

ки в очаге землетрясения представлены на рис. 11 (количественное распределение землетрясений по типу механизма очага см. на рис. 5). Максимальный суммарный сброс напряжений произошел при землетрясениях взбросового типа, минимальный – при сбросах. Сброс напряжений при взрезах, взбросах и взбросо-сдвигах в сумме составляет 83 % от всей величины сброса напряжений. Максимальное среднее значение сброса напряжений соответствует типу механизма взброс, минимальное – типу горизонтальный сдвиг.

Ранее анализ связи уровня сброса напряжений в зависимости от механизма очага для землетрясений Северного Тянь-Шаня был расмотрен в работах [12, 33]. В работе [33] рассматривалось 87 землетрясений с K = 9.5 - 13.7, в [12] банк данных по ДП был расширен до 183 событий с *K* = 8.7–14.8. В [33] определена связь вида подвижки от уровня сброшенных напряжений, установлено, что события взбросового типа вносят значительный вклад в уровень падения напряжений. В [12] сопоставление сброшенных напряжений и типов фокальных механизмов показало, что для событий одного класса, имеющих взбросовый механизм, средний уровень сброшенных напряжений выше, чем для событий того же класса с другими фокальными механизмами. Результаты исследования сброшенных напряжений для 270 землетрясений Центрального Тянь-Шаня с $M_{\rm W}$ = 2.8–7.2 (К ~ 9–17) (рис. 10) свидетельствуют о том же и подтверждают ранее полученные результаты.

Для сравнения величины сброшенных напряжений с распределением коэффициента Лоде-Надаи на исследуемой территории построена совместная карта рассматриваемых параметров (рис. 12). Сравнение указанных параметров проведено в пределах территории, для которой получено распределение коэффициента Лоде-Надаи (см. рис. 8). Из рассматриваемых событий в выделенную область попало 204 землетрясения. Посчитано количество событий и суммарный сброс напряжений для землетрясений в областях с разным режимом деформации, который определяется величиной коэффициента Лоде-Надаи. В табл. 3 представлены некоторые количественные характеристики сравнительного анализа.

По данным табл. 3, 100 (~50%) землетрясений локализованы в области деформации простого сжатия и преобладания простого сжатия, суммарный сброс напряжений составил 5032 бара. В области простого сдвига находится 84 (41%) землетрясения. Малочисленны землетрясения (20 событий, 9%) в области преобладания простого растяжения с суммарным сбросом напряжений 1329 бар. Очаговая зона Суусамырского землетрясения расположена в области с режимом преобладания простого растяжения. Это связано с тем, **Таблица 3.** Результаты сравнения распределения величины сброшенных напряжений $\Delta \sigma$ и коэффициента Лоде-Надаи μ_{ϵ}

Показатель			Режим деформации	1	
	простое сжатие	преобладание простого сжатия	простой сдвиг	преобладание простого растяжения	простое растяжение
μ _ε	$0.6 \le \mu_{\epsilon} \le 1.0$	$0.2 < \mu_\epsilon < 0.6$	$-0.2 \leq \mu_{\epsilon} \leq 0.2$	$-0.6 < \mu_{\epsilon} < -0.2$	$-1.0 \le \mu_{\epsilon} \! \le \! -0.6$
ΣΔσ, бар	1280	3752	5558	1329	0
Ν	24	76	84	20	0

Table 3. Results of comparison of the distribution of the value of stress drops $\Delta\sigma$ and the Lode–Nadai coefficient μ_{a}

что в нее попали землетрясения с такими механизмами очагов, как взбросы (2 события), взбросо-сдвиги (2 события) и взрезы (4 события). В целом можно отметить преобладающее количество землетрясений в области с $\mu_{\epsilon} > 0.2$, соответствующей режиму деформации простого сжатия и преобладания простого сжатия. Сравнительный анализ кинематических и динамических параметров землетрясений не только подтвердил выводы, полученные при сравнении землетрясений Северного Тянь-Шаня, но и подкрепил их количественными оценками.

Предложенный в данной работе подход к расчету радиуса очага позволил рассчитать



Рис. 12. Распределение коэффициента Лоде-Надаи и эпицентральное положение исследуемых землетрясений. Цвет кружка отражает величину сброшенного напряжения.

Fig. 12. Distribution of the Lode–Nadai coefficient and the epicentral location of the study earthquakes. The color of the circle shows the value of the stress drops.

сброс напряжений для 270 землетрясений, произошедших на территории Центрального Тянь-Шаня. Вполне вероятно, что такой подход не дает точной оценки радиуса очага и, соответственно, сброса напряжений. Можно полагать, что оценки параметров землетрясений в большой степени не точны или даже условны. Например, расчет радиуса очага по выражению (2), где участвует угловая частота f_0 , определяемая из очагового спектра, может быть выполнен лишь приближенно, что связано прежде всего с трудностями построения очагового спектра, которое требует применения различных поправок и т.д.

Заключение

На основе данных о тензорах сейсмического момента 270 землетрясений, произошедших с 1978 по 2022 г. на территории Центрального Тянь-Шаня, проведен анализ напряженно-деформированного состояния земной коры и рассчитаны динамические параметры сейсмических событий. Источником данных о ТСМ землетрясений служили сайт СМТ (63 землетрясения) и данные, опубликованные в работах А.Д. Костюка и Н.А. Сычевой (207 землетрясений). Моментная магнитуда рассматриваемых событий $M_w = 2.8-7.2$. Проведен анализ фокальных механизмов рассматриваемых событий.

Для исследуемой территории характерны землетрясения с взбросовым (взрез, взброс, взбросо-сдвиг) типом подвижки. Значительная часть осей сжатия имеет северо-северо-западное направление. Для 75 % землетрясений оси сжатия имеют угол погружения не более 30° (близгоризонтальное). Для оценки параметров напряженно-деформированного состояния исследуемой территории применен метод СТД. Построены карты СТД, а также карты распределения коэффициента Лоде-Надаи. По картам СТД определены режимы деформации и направление осей укорочения. На рассматриваемой территории наблюдаются следующие режимы деформационных обстановок (согласно классификации режимов СТД по Юнга С.Л.): сжатие, транспрессия, горизонтальный сдвиг и переходный режим от вертикального сдвига к сжатию. Согласно значениям коэффициента Лоде-Надаи, для исследуемой территории характерны такие режимы деформации земной коры, как простое сжатие, преобладание простого сжатия и простой сдвиг.

В работе используется подход к расчету радиуса очага на основе осреднения теоретических и экспериментальных моделей зависимости радиуса очага от магнитуды, опубликованных в работах по исследованию динамических параметров. Рассчитаны радиусы очага для модели Брюна и Мадариаги–Канеко–Ширера и соответствующие данным радиусам очага сброшенные напряжения. Составлен каталог динамических параметров 270 землетрясений, произошедших на территории Центрального Тянь-Шаня.

Проведено сравнение уровня сброшенных напряжений (динамических параметров) с типом подвижки в очаге и распределением коэффициента Лоде–Надаи (кинематические параметры). Установлено, что события взбросового типа вносят значительный вклад в уровень падения напряжений, наименьшие значения сброса напряжений снимаются при горизонтальном сдвиге. Значительное количество землетрясений Центрального Тянь-Шаня располагается в областях с $\mu_{\varepsilon} > 0.2$, с режимом деформации, соответствующим простому сжатию и преобладанию простого сжатия.

Данные, полученные в этой работе, отражают приближенную картину сброса напряжений на исследуемой территории и могут быть учтены при решении задач сейсмического районирования.

Список литературы

- Molnar P., Tapponnier P. 1975. Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision: Features of recent continental tectonics in Asia can be interpreted as results of the India-Eurasia collision. *Science. New Series*, 189(4201): 419–426. https://doi.org/10.1126/ science.189.4201.419
- Omuralieva A., Nakajima J., Hasegawa A. 2009. Threedimensional seismic velocity structure of the crust beneath the central Tien Shan, Kyrgyzstan: Implications for large- and small-scale mountain building. *Tectonophysics*, 465(1): 30–44. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.10.010
- 3. Макаров В.И. **1977.** Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М.: Наука, 171 с.
- Садыбакасов И.С. 1990. Неотектоника Высокой Азии. М.: Наука, 1990. 176 с.

- 5. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). 2005. М.: Научный мир, 400 с.
- 6. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. **2002.** Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. М.: ГЕОС, 224 с.
- Трофимов А.К., Удалов Н.Ф., Уткина Н.Г., Фортуна А.Б., Чедия О.К., Язовский В.М. 1976. Геология кайнозоя Чуйской впадины и ее горного обрамления. Ленинград: Наука, 128 с.
- 8. Чедия О.К. **1986.** Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 313 с.
- 9. Шульц С.С. **1948.** Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. Москва: Географгиз, 224 с.
- 10. Буртман В.С. **2012.** *Тянь-Шань и Высокая Азия: Геодинамика в кайнозое.* М.: ГЕОС, 186 с.
- Юдахин Ф.Н. 1983. Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 246 с.
- Сычева Н.А., Богомолов Л.М. 2020. О сброшенных напряжениях в очагах землетрясений Северной Евразии и приведенной сейсмической энергии. *Геосистемы переходных зон*, 4(4): 393–416. https://doi. org/10.30730/gtrz.2020.4.4.393-416.417-446
- Костюк А.Д., Сычева Н.А., Юнга С.Л., Богомолов Л.М., Яги Ю. 2010. Деформация земной коры Северного Тянь-Шаня по данным очагов землетрясений и космической геодезии. Физика Земли, 3: 52–65.
- Сычева Н.А. 2020. Тензор сейсмического момента и динамические параметры землетрясений Центрального Тянь-Шаня. *Геосистемы переходных зон*, 4(2): 178–191. https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.2.178-191.192-209
- 15. Yagi Y. **2004.** Determination of focal mechanism by moment tensor inversion. Tsukuba: IISEE Lecture Note. 51 p.
- 16. Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Кузиков С.И. 2020. Вычислительные технологии в сейсмологических исследованиях (на примере сети КNET, Северный Тянь-Шань). Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 358 с.
- Sycheva N.A., Mansurov A.N. 2020. Seismotectonic deformation of the lithosphere in the Pamir and adjacent territories. *Geodynamics & Tectonophysics*, 11(4): 785–805. (In Russ.). https://doi.org/10.5800/gt-2020-11-4-0507
- Юнга С.Л. 1990. Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций. М.: Наука, 191 с.
- 19. Аки К., Ричардс П. **1983.** *Количественная сейсмология. Теория и методы.* М.: Мир. Т. 1–2. 880 с.
- Ризниченко Ю.В. 1985. Проблемы сейсмологии: Избранные труды. М.: Наука, 408 с.
- Scholz C.H. 2002. The Mechanics of earthquakes and faulting. Cambridge: Cambridge University Press, 496 p.

- 22. Abercrombie R.E., Rice J.R. **2005.** Can observations of earthquake scaling constrain slip weakening? *Geophysical Journal International*, 162: 406–424. https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2005.02579.x
- Scuderi M.M., Marone C., Tinti E., Di Stefano G., Collettini C. 2016. Precursory changes in seismic velocity for the spectrum of earthquake failure modes. *Nature Geoscience*, 9(9): 695–700. https://doi.org/10.1038/ ngeo2775
- 24. Brune J.N. 1971. Corrections. J. of Geophysical Research, 76: 5002.
- Brune J.N. 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. J. of Geophysical Research, 75(26): 4997–5009. https://doi.org/10.1029/ jb075i026p04997
- 26. Madariaga R. **1976.** Dynamics of an expanding circular fault. *Bull. of the Seismological Society of America*, 66: 639–666.
- Madariaga R. 1979. On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity. *J. of Geophysical Research*, 84: 2243–2250. https://doi.org/10.1029/jb084ib05p02243
- Eshelby J.D. 1957. The determination of elastic field of an ellipsoidal inclusion and related problems. *Proceedings of the Royal Society of London*, A241(1226): 376–396. https://doi.org/10.1098/rspa.1957.0133
- Сычева Н.А., Богомолов Л.М. 2024. Динамические параметры землетрясений Алтае-Саянской горной области. В кн.: Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: IX Междунар. симп., 24–28 июня 2024 г., Бишкек: Тез. докл. Бишкек, с. 123.
- Boore D. 2003. Simulation of ground motion using the stochastic method. *Pure and Applied Geophysics*, 160: 635–676. https://doi.org/10.1007/pl00012553
- Bormann P., Liu R., Xu Z., Ren K, Zhang L., Wendt S. 2009. First application of the New IASPEI teleseismic magnitude standards to data of the China National Seismographic Network. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99(3): 1868–1891. https://doi. org/10.1785/0120080010
- Юнга С.Л. 1997. О классификации тензоров сейсмических моментов на основе их изометрического отображения на сферу. Доклады Российской Академии наук, 352(2): 253–255.
- Сычева Н.А., Богомолов Л.М. 2016. Закономерности падения напряжений при землетрясениях Северного Тянь-Шаня. *Геология и геофизика*, 57(11): 2071–2083.

References

 Molnar P., Tapponnier P. 1975. Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision: Features of recent continental tectonics in Asia can be interpreted as results of the India-Eurasia collision. *Science. New Series*, 189(4201): 419–426. https://doi.org/10.1126/ science.189.4201.419

- Omuralieva A., Nakajima J., Hasegawa A. 2009. Threedimensional seismic velocity structure of the crust beneath the central Tien Shan, Kyrgyzstan: Implications for large- and small-scale mountain building. *Tectonophysics*, 465(1): 30–44. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.10.010
- 3. Makarov V.I. **1977.** *Recent tectonic structure of the Central Tien Shan.* Moscow: Nauka, 172 p. (In Russ.).
- 4. Sadybakasov I.S. **1990.** *Neotectonics of High Asia*. Moscow: Nauka, 176 p. (In Russ.).
- [Modern geodynamics of intracontinental collisional mountain formation (Central Asia)]. 2005. Moscow: Nauchnyi Mir [Scientific world], 400 p.
- Trifonov V.G., Soboleva O.V., Trifonov R.V., Vostrikov G.A. 2002. [Modern geodynamics of the Alpine-Himalayan collision belt]. Moscow: GEOS, 224 p. (In Russ.).
- Trofimov A.K., Udalov N.F., Utkina N.G., Fortuna A.B., Chediya O.K., Yazovskii V.M. 1976. Geologiya kainozoya Chuiskoi vpadiny i ee gornogo obramleniya [Geology of Cenozoic of the Chuy basin and its mountainous frame]. Leningrad: Nauka, 128 p. (In Russ.).
- Chediya O.K. 1986. [Morphostructures and recent tectogenesis of the Tien Shan]. Frunze: Ilim, 315 p. (In Russ.).
- Shul'ts S.S. 1948. [Analysis of recent tectonics and relief of the Tien Shan]. Moscow: Geographgiz, 224 p. (In Russ.).
- 10. Burtman V.S. **2012.** *Tian Shan and High Asia: Geodinamics in the Cenozoic*. Moscow: GEOS, 188 p. (In Russ.).
- 11. Yudakhin F.N. **1983.** [*Geophysical fields, deep structure, and seismicity of the Tien Shan*]. Frunze: Ilim, 246 p. (In Russ.).
- Sycheva N.A., Bogomolov L.M. 2020. On the stress drop in North Eurasia earthquakes source-sites versus specific seismic energy. *Geosistemy perehodnykh zon* = *Geosystems of Transition Zones*, 4(4): 417–446. https:// doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.4.393-416.417-446
- Kostyuk A.D., Sycheva N.A., Yunga S.L., Bogomolov L.M., Yagi Y. 2010. Deformation of the Earth's crust in the Northern Tien Shan according to the earthquake focal data and satellite geodesy. *Izv., Physics of the Solid Earth*, 46(3): 230–243. https://doi.org/10.1134/ s1069351310030055
- Sycheva N.A. 2020. Seismic moment tensor and dynamic parameters of earthquakes in the Central Tien Shan. Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones, 4(2): 192–209. https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.2.178-191.192-209
- 15. Yagi Y. 2004. Determination of focal mechanism by moment tensor inversion. Tsukuba: IISEE Lecture Note. 51 p.
- Sycheva N.A., Bogomolov L.M., Kuzikov S.I. 2020. Computational technologies in seismological studies (on the example of KNET, Northern Tian Shan). Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG DVO RAN, 358 p. (In Russ.). https://dx.doi.org/10.30730/978-5-6040621-6-6.2020-2
- 17. Sycheva N.A., Mansurov A.N. **2020.** Seismotectonic deformation of the lithosphere in the Pamir and adjacent ter-

ritories. *Geodynamics & Tectonophysics*, 11(4): 785–805. (In Russ.). https://doi.org/10.5800/gt-2020-11-4-0507

- 18. Yunga S.L. **1990.** [*Methods and results of study of seismotectonic deformations*]. Moscow: Nauka, 191 p. (In Russ.).
- 19. Aki K., Richards P. **1983.** *Quantitative seismology: Theory and methods.* Vol. 1–2. Moscow: Mir, 880 p.
- Riznichenko Yu.V. 1985. [Problems of seismology]. Moscow: Nauka, 408 p. ([Selected works]). (In Russ.).
- 21. Scholz C.H. **2002.** *The Mechanics of earthquakes and faulting.* Cambridge: Cambridge University Press, 496 p.
- Abercrombie R.E., Rice J.R. 2005. Can observations of earthquake scaling constrain slip weakening? *Geophysical Journal International*, 162: 406–424. https:// doi.org/10.1111/j.1365-246x.2005.02579.x
- Scuderi M.M., Marone C., Tinti E., Di Stefano G., Collettini C. 2016. Precursory changes in seismic velocity for the spectrum of earthquake failure modes. *Nature Geoscience*, 9(9): 695–700. https://doi.org/10.1038/ ngeo2775
- 24. Brune J.N. 1971. Corrections. J. of Geophysical Research, 76: 5002.
- Brune J.N. 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. J. of Geophysical Research, 75(26): 4997–5009. https://doi.org/10.1029/ jb075i026p04997
- Madariaga R. 1976. Dynamics of an expanding circular fault. *Bull. of the Seismological Society of America*, 66: 639–666.
- Madariaga R. 1979. On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity. J. of Geophysical Research, 84: 2243–2250. https://doi.org/10.1029/jb084ib05p02243
- Eshelby J.D. 1957. The determination of elastic field of an ellipsoidal inclusion and related problems. *Proceedings of the Royal Society of London*, A241(1226): 376–396. https://doi.org/10.1098/rspa.1957.0133
- 29. Sycheva N.A., Bogomolov L.M. **2024.** [Dynamic parameters of earthquakes in Altai-Sayan mountain region]. In: *Problems of geodynamics and geoecology of intracontinental orogens: IX Intern. Symp., 24–28 June, Bishkek*: Abstracts. Bishkek, p. 123.
- Boore D. 2003. Simulation of ground motion using the stochastic method. *Pure and Applied Geophysics*, 160: 635–676. https://doi.org/10.1007/pl00012553
- Bormann P., Liu R., Xu Z., Ren K, Zhang L., Wendt S. 2009. First application of the New IASPEI teleseismic magnitude standards to data of the China National Seismographic Network. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99(3): 1868–1891. https://doi. org/10.1785/0120080010
- Yunga S.L. 1997. On the classification of seismic moment tensors based on their isometric mapping onto a sphere. *Doklady Akademii Nauk*, 352(2): 253–255. (In Russ.).
- Sycheva N.A., Bogomolov L.M. 2016. Patterns of stress drop in earthquakes of the Northern Tien Shan. *Russian Geology and Geophysics*, 57(11): 1635–1645. https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.10.009

Габлица I. Каталог динамических параметров 270 землетрясений Центрального Тянь-Шаня Гable I. Catalog of dynamic parameters of 270 earthquakes in the Central Tien Shan

ПРИЛОЖЕНИЕ / APPENDIX

подвижки ВЗ-СД в очаге ВЗ-СД В3-СД B3-CI ВЗ-СД CE-CJ ВЗ-СД B3-CJ B3P Тип B3P B3P B3 **B**3 B3 B3 Мадариаги-Канеко-Ширера **6ap** 204 35 135 142 l04 253 115 157 119 4 20 98 79 23 22 66 93 02 86 83 114 22 57 66 91 81 ∆ 0, 0993 $r_{\rm M}, {\rm M}$ 8168 517 2255 4509 1517 245 1675 1517 1517 245 1374 1245 1675 1850 2489 1675 2749 1374 2489 2749 1675 1517 2042 1675 Моделн 02] 6ap 70 32 34 46 46 49 54 36 27 4 28 4 34 32 35 29 28 34 39 4 33 40 87 4 31 41 Δ٩, Брюна 15704 11668 3556 3926 $r_{\rm R}, {\rm M}$ 1778 2393 2642 2168 2393 3926 6442 2168 1778 2393 1963 3556 2168 2393 2168 2168 1778 1963 2917 2393 1459 3221 CMT OBS CMT CMT CMT CMT CMT CMT CMT CMT $M_0, H \cdot M$ $4.15 \cdot 10^{16}$ $7.80 \cdot 10^{16}$ $8.28 \cdot 10^{16}$ $1.32 \cdot 10^{17}$ $3.64 \cdot 10^{16}$ $2.54 \cdot 10^{19}$ $1.74 \cdot 10^{17}$ $4.77 \cdot 10^{17}$ 9.73·10¹⁶ $3.72 \cdot 10^{17}$ 7.68·10¹⁹ $3.49 \cdot 10^{16}$ $4.81 \cdot 10^{16}$ $7.89 \cdot 10^{16}$ $8.14 \cdot 10^{16}$ $6.86 \cdot 10^{16}$ 5.87.10¹⁶ $1.31 \cdot 10^{17}$ $2.37 \cdot 10^{16}$ $1.24 \cdot 10^{17}$ $6.39 \cdot 10^{17}$ $4.30 \cdot 10^{17}$ $5.66 \cdot 10^{17}$ $1.00 \cdot 10^{17}$ $2.22 \cdot 10^{17}$ 3.29·10¹⁸ $M_{\rm W}$ 6.9 5.05.35.4 5.2 5.7 5.3 5.8 5.6 6.3 5.2 7.2 5.05.35.7 5.2 5.8 5.35.2 5.2 5.05.1 5.5 5.34.8 5.1 ΚM 15 35 33 19 15 15 15 15 15 15 32 17 19 26 33 20 20 15 32 33 33 33 46 28 15 30 Ħ, 71.42 77.98 76.25 78.56 72.58 74.16 76.83 72.78 75.39 77.74 77.40 75.30 78.24 73.32 72.23 72.40 71.87 77.42 72.24 77.05 78.69 75.45 75.67 77.01 77.51 73.41 0 Координаты ź 40.26 42.10 41.92 41.94 40.37 42.75 40.27 43.18 40.62 42.19 41.20 42.45 41.73 41.23 41.00 41.35 41.23 42.75 41.9040.97 40.20 42.65 42.37 41.50 43.01 42.81 0 ÷ 06:50:35.30 13:30:47.10 07:21:58.70 08:55:53.00 09:33:57.00 13:43:35.30 00:05:35.30 09:06:22.85 19:46:49.70 12:28:58.60 05:09:47.20 06:34:47.00 21:05:55.80 06:11:34.40 18:30:11.00 20:25:30.20 02:45:32.00 15:42:27.20 18:09:31.60 02:04:45.80 08:07:43.20 22:49:40.00 07:33:15.20 18:11:57.37 01:15:9.40 23:35:42.01 Время 24.03.1978 14.04.1978 06.05.1982 05.04.1983 17.06.1988 06.11.1992 12.1992 20.02.1995 08.10.1995 18.01.1996 09.01.1997 29.05.1998 07.06.1998 08.08.2000 26.09.2003 16.01.2004 06.04.1979 06.12.1980 31.12.1982 19.08.1992 06.12.1999 05.05.2003 22.05.2003 05.07.1980 12.11.1990 01.12.1990 Дата 24.] ٩ ١/١ 1011 12 13 4 15 16 17 18 19 20 22 23 24 25 26 9 6 21 Ś ∞ 2 \mathfrak{c} 4

Тип	подвижки	в очаге	B3P	B3	B3	B3	B3	В3-СД	B3	B3	B3	B3	B3	B3	ГР-СД	B3	B3	B3	B3	сь-сд	ВЗ-СД	B3P	B3	B3	B3	B3P	B3	B3	B3	B3P	ВЗ-СД
	анеко-Ширера	Δσ, бap	87	103	67	85	85	147	86	98	86	111	81	88	66	107	64	103	75	84	89	109	136	92	106	85	06	67	108	87	136
Модель	Мадариаги-К	<i>г</i> _М , М	1021	1374	1021	925	1021	2749	1245	1374	1245	2255	1021	1675	1850	1245	1127	1245	1021	1374	1127	1374	4084	1127	1850	1517	1675	1021	1850	1374	2042
	она	$\Delta \sigma, 6 a p$	30	35	33	29	29	51	30	34	30	38	28	30	34	37	32	35	26	29	30	37	47	26	37	29	31	33	37	30	47
	Брн	$r_{\rm B}, { m M}$	1459	1963	1459	1321	1459	3926	1778	1963	1778	3221	1459	2393	2642	1778	1611	1778	1459	1963	1611	1963	5834	1611	2642	2168	2393	1459	2642	1963	2917
OBS			CMT																												
М ₀ , Н·м			$2.12 \cdot 10^{16}$	$6.11 \cdot 10^{16}$	$2.36 \cdot 10^{16}$	$1.53 \cdot 10^{16}$	$2.07 \cdot 10^{16}$	$6.99 \cdot 10^{17}$	$3.80 \cdot 10^{16}$	$5.82 \cdot 10^{16}$	$3.81 \cdot 10^{16}$	$2.91 \cdot 10^{17}$	$1.97 \cdot 10^{16}$	$9.45 \cdot 10^{16}$	$1.43 \cdot 10^{17}$	$4.72 \cdot 10^{16}$	$3.07 \cdot 10^{16}$	$4.52 \cdot 10^{16}$	$1.83 \cdot 10^{16}$	$5.01 \cdot 10^{16}$	$2.91 \cdot 10^{16}$	$6.47 \cdot 10^{16}$	$2.12 \cdot 10^{18}$	$2.50 \cdot 10^{16}$	$1.54 \cdot 10^{17}$	$6.76 \cdot 10^{16}$	$9.71 \cdot 10^{16}$	$2.35 \cdot 10^{16}$	$1.56 \cdot 10^{17}$	$5.14 \cdot 10^{16}$	$2.64 \cdot 10^{13}$
$M_{ m w}$			4.8	5.1	4.8	4.7	4.8	5.8	5.0	5.1	5.0	5.6	4.8	5.3	5.4	5.0	4.9	5.0	4.8	5.1	4.9	5.1	6.2	4.9	5.4	5.2	5.3	4.8	5.4	5.1	5.5
H, KM			17	30	30	32	24	19	28	25	20	20	18	17	26	16	36	20	20	26	17	25	29	31	27	12	12	27	24	15	23
инаты	λ, °		77.51	78.70	77.64	76.87	75.32	76.06	75.36	73.05	71.97	72.90	71.21	78.63	78.32	77.27	72.62	72.35	71.26	75.74	78.90	77.73	71.36	74.76	78.78	77.52	78.98	77.29	77.22	77.21	73.07
Коорд	φ,°		40.38	41.48	40.53	40.20	42.65	42.17	42.71	40.34	41.11	40.34	41.52	40.74	41.29	40.21	41.06	42.90	41.62	42.54	40.39	43.72	40.28	41.59	43.58	40.22	40.32	43.19	42.21	40.19	40.44
Время	<u> </u>		16:14:18.12	08:45: 2.15	11:34:59.53	07:51:47.14	02:21:31.06	20:01: 4.65	11:09:29.37	04:45:32.39	18:23:38.94	06:32:32.66	01:29:30.69	10:02:32.06	04:08:20.25	09:26: 6.03	23:54:15.78	20:04:15.66	18:53:11.84	01:55:40.45	15:34:33.81	02:31:31.77	19:35:48.49	07:10:20.43	21:20:58.68	03:01:41.44	08:34:27.83	21:42:33.43	01:24:18.53	06:51: 1.79	17:29:39.51
Дата			07.10.2004	06.04.2005	08.06.2006	06.09.2006	08.11.2006	25.12.2006	06.06.2007	26.12.2007	31.12.2007	01.01.2008	01.08.2008	20.02.2009	19.04.2009	22.04.2009	26.04.2009	27.04.2009	29.04.2009	02.03.2010	17.03.2011	01.05.2011	19.07.2011	05.02.2012	30.05.2012	11.03.2013	01.12.2013	15.08.2014	14.11.2014	10.01.2015	17.11.2015
Ñ	п/п		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	4	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55

Тип	подвижки	в очаге	B3	B3	B3P	B3	ВЗ-СД	B3	B3	B3	B3	B3P	ГР-СД	B3	B3	B3	ГР-СД	B3P	ВЗ-СД	ВЗ-СД	B3P	B3	ВЗ-СД	B3P	B3	ВЗ-СД	B3	B3	ГР-СД	B3P	B3
	анеко-Ширера	Δσ, бар	89	73	83	85	66	82	100	87	64	49	54	43	47	99	56	67	55	45	48	47	43	47	35	56	41	42	59	73	51
Модель	Мадариаги-К	<i>r</i> _M , M	1245	1127	1127	1127	1850	1021	1127	1245	604	376	427	274	347	667	491	708	622	255	347	351	279	334	255	501	258	258	521	838	391
	она	$\Delta\sigma, \delta a p$	31	25	28	29	34	28	34	30	22	17	18	15	16	22	19	23	19	15	16	16	15	16	12	19	14	14	20	25	18
	Брк	$r_{\rm B}, { m M}$	1778	1611	1611	1611	2642	1459	1611	1778	863	537	610	391	496	953	701	1011	889	365	496	501	399	477	365	715	368	368	744	1197	558
OBS			CMT	13	12	6	10	12	13	12	10	13	15	8	14	8	10	19	17	10	11	11	23	6							
M_0 , H ·M			$3.94 \cdot 10^{16}$	$2.40 \cdot 10^{16}$	$2.72 \cdot 10^{16}$	$2.80 \cdot 10^{16}$	$1.43 \cdot 10^{17}$	$2.00 \cdot 10^{16}$	$3.28 \cdot 10^{16}$	$3.83 \cdot 10^{16}$	$3.21 \cdot 10^{15}$	$5.93 \cdot 10^{14}$	$9.56 \cdot 10^{14}$	$2.02 \cdot 10^{14}$	$4.50 \cdot 10^{14}$	$4.45 \cdot 10^{15}$	$1.51 \cdot 10^{15}$	$5.46 \cdot 10^{15}$	$3.04 \cdot 10^{15}$	$1.69 \cdot 10^{14}$	$4.55 \cdot 10^{14}$	$4.67 \cdot 10^{14}$	$2.14 \cdot 10^{14}$	$4.01 \cdot 10^{14}$	$1.34 \cdot 10^{14}$	$1.61 \cdot 10^{15}$	$1.60 \cdot 10^{14}$	$1.64 \cdot 10^{14}$	$1.91 \cdot 10^{15}$	$9.84 \cdot 10^{15}$	$7.00 \cdot 10^{14}$
$M_{ m w}$			5.0	4.9	4.9	4.9	5.4	4.8	4.9	5.0	4.27	3.79	3.92	3.47	3.71	4.37	4.06	4.43	4.30	3.40	3.71	3.72	3.49	3.67	3.40	4.08	3.41	3.41	4.12	4.60	3.83
H, KM			21	22	12	12	31	24	28	12	8	14	18	11	16	21	0	0	0	16	10	2	15	0	0	13	14	7	0	0	11
инаты	λ, °		78.40	77.22	77.66	78.75	78.68	71.56	71.48	78.04	74.86	73.37	73.52	73.96	75.08	74.06	76.59	73.63	73.17	74.80	72.64	75.00	73.15	73.19	73.08	76.18	74.98	74.98	74.13	73.07	73.32
Коорд	φ, °		40.70	40.41	40.24	41.22	40.79	40.27	40.27	40.93	42.70	42.15	42.12	42.56	42.10	42.24	41.29	41.16	41.38	42.58	40.82	42.74	41.70	41.77	41.74	42.15	42.14	42.14	40.65	41.00	40.68
Время	<u>I</u>		18:00:59.38	10:41:53.69	21:36:22.89	05:29:49.09	15:36: 3.33	07:38:56.16	10:28:37.98	22:02:14.34	18:16:26.66	03:39:58.59	13:27: 1.23	22:36: 6.41	00:57:37.10	11:46: 9.44	17:28:41.23	20:33:58.86	08:22:46.84	08:56:26.91	10:38:23.34	12:15:16.40	17:46:41.90	00:13:24.43	11:14:16.23	15:02:33.55	11:51:52.68	01:27: 5.74	00:32:48.76	20:25:15.88	08:18:22.88
Дата			12.08.2016	12.04.2018	03.11.2018	27.10.2019	09.05.2020	06.11.2020	26.12.2020	02.07.2022	14.01.1996	12.06.1996	13.02.1998	16.05.1998	02.11.1998	21.11.1998	27.02.1999	01.07.2000	14.07.2000	28.07.2000	09.10.2000	21.02.2001	13.03.2001	10.04.2001	09.05.2001	22.05.2001	08.07.2001	20.08.2001	28.08.2001	02.09.2001	05.09.2001
Ne	п/п		56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	99	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	LT	78	79	80	81	82	83	84

Тип	подвижки	в очаге	ВЗ-СД	B3	сь-сд	B3	сь-сд	B3P	B3	ВЗ-СД	СБ-СД	B3	ВЗ-СД	B3P	ВЗ-СД	ВЗ-СД	B3	ВЗ-СД	СБ-СД	B3	ГР-СД	ВЗ-СД	ВЗ-СД	ВЗ-СД	B3	ВЗ-СД	B3	ГР-СД	ГР-СД	ГР-СД	B3P
	анеко-Ширера	Δσ, бар	41	66	49	58	32	69	54	47	45	71	44	45	42	37	40	40	50	42	75	58	47	53	39	51	50	50	43	43	60
Модель	Мадариаги–К	<i>г</i> _м , м	250	654	358	531	916	715	445	340	305	782	293	305	258	212	245	236	379	279	880	516	321	407	231	387	387	361	282	276	526
	она	$\Delta \sigma, 6 a p$	14	23	17	20	11	24	19	16	16	24	15	16	14	13	14	14	17	15	26	20	16	18	13	17	17	17	15	15	20
	Брю	$r_{\rm B}, {\rm M}$	358	934	511	759	1308	1021	635	486	436	1117	419	436	368	302	351	337	542	399	1257	737	458	581	330	553	553	516	403	395	751
OBS			8	8	~	15	~	12	14	11	14	10	14	10	11	8	15	9	11	8	19	21	10	14	9	16	11	12	13	6	10
$M_0, H \cdot M$			$1.48 \cdot 10^{14}$	$4.22 \cdot 10^{15}$	$5.07 \cdot 10^{14}$	$2.00 \cdot 10^{15}$	$5.66 \cdot 10^{15}$	$5.75 \cdot 10^{15}$	$1.09 \cdot 10^{15}$	$4.23 \cdot 10^{14}$	$2.94 \cdot 10^{14}$	$7.72 \cdot 10^{15}$	$2.56 \cdot 10^{14}$	$2.94 \cdot 10^{14}$	$1.65 \cdot 10^{14}$	$8.03 \cdot 10^{13}$	$1.34 \cdot 10^{14}$	$1.19 \cdot 10^{14}$	$6.20 \cdot 10^{14}$	$2.10 \cdot 10^{14}$	$1.17 \cdot 10^{16}$	$1.81 \cdot 10^{15}$	$3.53 \cdot 10^{14}$	$8.07 \cdot 10^{14}$	$1.11 \cdot 10^{14}$	$6.75 \cdot 10^{14}$	$6.59 \cdot 10^{14}$	$5.34 \cdot 10^{14}$	$2.19 \cdot 10^{14}$	$2.07 \cdot 10^{14}$	$1.98 \cdot 10^{15}$
$M_{ m w}$			3.38	4.35	3.74	4.14	4.69	4.44	3.96	3.69	3.58	4.53	3.54	3.58	3.41	3.21	3.36	3.32	3.80	3.49	4.65	4.11	3.63	3.87	3.30	3.82	3.82	3.75	3.50	3.48	4.13
H, KM			9	1	0	7	33	33	0	0	5	-1	8	22	14	10	13	13	0	13	0	12	L	9	12	3	1	0	16	0	33
инаты	λ, °		75.59	75.63	76.40	74.14	72.89	74.07	73.13	73.09	73.29	74.42	73.75	73.56	75.54	73.27	73.67	74.86	72.40	74.47	72.97	73.76	72.83	72.81	72.81	74.67	74.94	76.45	74.48	76.46	72.97
Коорд	φ, °		42.41	41.30	42.01	42.59	40.93	40.82	41.22	42.74	41.60	42.10	42.14	41.16	41.63	41.59	42.22	41.34	41.87	42.53	41.23	40.93	43.05	43.00	42.98	41.64	40.98	41.25	42.50	41.26	40.56
Время			07:13:42.81	12:00:30.35	00:24:30.84	01:28:55.44	02:59:14.04	02:11:8.63	12:52:43.00	01:37:22.48	22:36:21.12	15:35: 2.00	21:03:47.98	01:33:27.37	21:02:44.80	17:46:38.13	10:44:20.70	14:30:10.50	22:10:39.77	10:35:22.15	00:32: 5.75	22:08:31.22	19:34:47.18	00:16:4.86	22:44:22.26	04:57:29.84	18:58:17.38	02:51:34.14	16:42:13.93	06:49:56.55	18:05:34.39
Дата			11.09.2001	13.09.2001	09.10.2001	18.11.2001	22.11.2001	13.12.2001	25.02.2002	26.02.2002	28.03.2002	10.05.2002	17.06.2002	04.07.2002	11.07.2002	31.08.2002	17.10.2002	25.10.2002	08.12.2002	21.02.2003	09.03.2003	11.03.2003	22.05.2003	23.05.2003	25.05.2003	28.07.2003	26.08.2003	06.10.2003	06.10.2003	18.11.2003	09.04.2004
Nē	п/п		85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	66	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113

Тип	подвижки	в очаге	B3	ВЗ-СД	B3	B3	B3	ВЗ-СД	B3	B3	ГР-СД	B3P	B3	B3P	B3	B3	B3	B3	B3	ВЗ-СД	B3	B3	ГР-СД	B3	ВЗ-СД	B3	B3	ГР-СД	CB	B3P	ГР-СД
	анеко-Ширера	Δσ, бар	44	56	65	52	38	55	48	39	44	40	40	38	63	46	59	41	57	42	56	45	44	70	59	40	47	55	49	59	41
Модель	Мадариаги-К	$r_{\rm M}$, m	288	481	629	403	220	467	344	222	285	241	243	212	641	324	521	253	516	274	476	305	288	751	531	234	324	453	379	526	255
	она	$\Delta\sigma, 6ap$	15	19	22	18	13	19	16	13	15	14	14	13	22	16	20	14	20	15	19	15	15	24	20	14	16	19	17	20	14
	Брн	<i>г</i> _в , м	411	687	898	575	314	667	491	318	407	344	347	302	916	463	744	361	737	391	681	436	411	1073	759	334	463	648	542	751	365
OBS			10	8	16	8	14	19	13	8	14	6	12	8	13	12	12	8	18	6	19	11	8	11	17	10	6	18	12	14	8
М ₀ , Н·м			$2.39 \cdot 10^{14}$	$1.43 \cdot 10^{15}$	$3.67 \cdot 10^{15}$	$7.78 \cdot 10^{14}$	$9.30 \cdot 10^{13}$	$1.29 \cdot 10^{15}$	$4.43 \cdot 10^{14}$	$9.82 \cdot 10^{13}$	$2.33 \cdot 10^{14}$	$1.27 \cdot 10^{14}$	$1.32 \cdot 10^{14}$	$8.24 \cdot 10^{13}$	$3.82 \cdot 10^{15}$	$3.60 \cdot 10^{14}$	$1.92 \cdot 10^{15}$	$1.53 \cdot 10^{14}$	$1.79 \cdot 10^{15}$	$1.98 \cdot 10^{14}$	$1.38 \cdot 10^{15}$	$2.93 \cdot 10^{14}$	$2.39 \cdot 10^{14}$	$6.81 \cdot 10^{15}$	$2.04 \cdot 10^{15}$	$1.17 \cdot 10^{14}$	$3.64 \cdot 10^{14}$	$1.16 \cdot 10^{15}$	$6.14 \cdot 10^{14}$	$1.96 \cdot 10^{15}$	$1.57 \cdot 10^{14}$
$M_{ m w}$			3.52	4.04	4.31	3.86	3.25	4.01	3.70	3.26	3.51	3.34	3.35	3.21	4.33	3.64	4.12	3.39	4.11	3.47	4.03	3.58	3.52	4.49	4.14	3.31	3.64	3.98	3.80	4.13	3.40
H, KM			16	1	18	0	15	17	7	17	23	12	11	12	7	9	12	9	0	0	13	1	14	3	0	10	7	14	16	3	0
инаты	λ, °		74.92	73.71	74.91	74.55	74.84	75.31	76.49	75.09	74.38	74.84	74.82	74.82	76.05	75.89	75.41	75.40	76.92	73.23	72.96	75.84	73.25	72.67	72.75	75.11	73.36	73.05	72.52	76.79	76.47
Коорд	φ,°		41.54	41.00	42.28	41.02	42.61	41.62	42.41	42.16	42.77	42.66	42.65	42.65	42.10	42.71	42.69	42.69	41.94	42.16	42.67	41.44	41.61	41.65	41.65	42.60	42.16	41.74	41.87	42.94	41.94
Время			04:15:18.19	00:02:41.22	17:15:10.82	13:45:56.82	12:42:54.30	00:44:54.94	17:48:53.10	21:05:21.44	14:25: 1.50	19:22: 5.42	21:00: 7.50	09:28:26.24	06:25:58.93	00:55:30.54	01:52:48.29	08:50:32.76	10:28:12.21	09:49:33.57	13:17:54.27	17:53:49.37	18:58:20.37	11:48:16.11	06:10:13.41	18:58:22.87	11:01:32.21	01:30:53.75	08:26:37.90	21:27:22.05	08:57: 7.55
Дата			25.04.2004	28.04.2004	02.06.2004	15.10.2004	27.11.2004	29.11.2004	20.04.2005	08.06.2005	20.06.2005	07.07.2005	07.07.2005	03.10.2005	08.10.2005	27.12.2005	28.12.2005	29.12.2005	05.02.2006	27.03.2006	24.05.2006	12.06.2006	08.07.2006	30.07.2006	13.08.2006	15.08.2006	22.10.2006	27.05.2007	28.06.2007	29.12.2007	03.02.2008
No	п/п		114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142

Геофизика, сейсмология

195

Тип	ра подвижки	B OHARC	B3P	B3	B3	B3	B3	В3-СД	ГР-СД	B3-СД	B3P	B3	СБ-СД	B3	ГР-СД	B3	B3	B3	СБ-СД	ГР-СД	B3	B3P	CB	ГР-СД	B3	B3P	ГР-СД	B3	B3	В3-СД	ucd
	Канеко-Шире	Δσ, бар	49	45	56	40	70	52	34	42	43	49	43	43	37	59	61	48	51	54	63	36	64	47	41	49	39	59	34	43	02
Модель	Мадариаги-	<i>r</i> _M , M	354	296	481	250	729	423	174	268	282	358	282	266	197	531	564	337	407	440	587	197	616	330	250	368	222	537	175	279	744
	она	Δσ, 6ap	17	15	19	14	24	18	12	14	15	17	15	15	13	20	21	16	18	19	22	12	22	16	14	17	13	20	12	15	24
	Epi	$r_{ m B},{ m M}$	506	423	687	358	1042	604	248	383	403	511	403	379	282	759	805	481	581	629	838	282	880	472	358	526	318	766	250	399	1063
OBS			18	12	19	8	19	15	11	8	13	15	6	10	8	24	11	12	10	17	21	10	6	15	10	11	8	12	6	8	15
М ₀ , Н·м	,		$4.96 \cdot 10^{14}$	$2.67 \cdot 10^{14}$	$1.44 \cdot 10^{15}$	$1.45 \cdot 10^{14}$	$6.17 \cdot 10^{15}$	$9.07 \cdot 10^{14}$	$4.08 \cdot 10^{13}$	$1.85 \cdot 10^{14}$	$2.22 \cdot 10^{14}$	$5.09 \cdot 10^{14}$	$2.18 \cdot 10^{14}$	$1.83 \cdot 10^{14}$	$6.45 \cdot 10^{13}$	$2.02 \cdot 10^{15}$	$2.51 \cdot 10^{15}$	$4.16 \cdot 10^{14}$	$7.90 \cdot 10^{14}$	$1.06 \cdot 10^{15}$	$2.90 \cdot 10^{15}$	$6.30 \cdot 10^{13}$	$3.42 \cdot 10^{15}$	$3.90 \cdot 10^{14}$	$1.48 \cdot 10^{14}$	$5.62 \cdot 10^{14}$	9.69·10 ¹³	$2.10 \cdot 10^{15}$	$4.15 \cdot 10^{13}$	$2.13 \cdot 10^{14}$	$6.60 \cdot 10^{15}$
$M_{ m w}$			3.73	3.55	4.04	3.38	4.46	3.91	3.01	3.45	3.50	3.74	3.50	3.44	3.14	4.14	4.20	3.68	3.87	3.95	4.24	3.14	4.29	3.66	3.38	3.77	3.26	4.15	3.02	3.49	4.48
H, KM			-	14	14	14	11	15	13	12	0	0	20	7	19	11	4	2	12	16	21	11	11	10	11	0	13	11	16	2	0
инаты	λ, °		73.89	75.38	76.02	76.02	73.20	73.86	74.60	75.71	75.86	73.14	75.65	76.70	75.15	73.24	75.58	72.70	73.07	74.95	74.84	76.29	<i>66.11</i>	73.07	76.46	76.26	75.88	73.19	74.57	76.64	73.13
⊈dooy	φ,°		41.30	42.93	41.97	41.96	42.68	42.75	42.61	42.59	41.35	41.75	42.44	41.88	42.31	41.46	41.13	41.10	41.66	43.02	42.02	43.21	42.48	41.66	42.23	42.52	42.30	41.64	42.94	43.66	41.48
Время			21:09:29.86	22:09:56.90	17:19:51.67	19:34: 5.27	04:26:28.64	11:25:38.02	00:08:40.93	14:57:10.42	18:05:51.07	05:54:31.37	04:17:40.13	10:36:14.15	18:31:50.35	04:48: 2.87	03:44: 2.48	22:15:22.30	04:09:23.89	09:36:26.66	12:30:24.93	23:27:43.77	21:06:46.42	08:38:44.85	11:49: 7.49	00:24: 2.64	03:14:40.13	09:20: 7.10	06:49:17.11	05:23: 3.04	02:23:56.17
Дата			25.06.2008	04.07.2008	21.08.2008	21.08.2008	03.12.2008	01.02.2009	24.05.2009	25.07.2009	07.12.2009	22.12.2009	02.03.2010	03.06.2010	09.09.2010	27.10.2010	24.11.2010	18.02.2011	16.03.2011	18.03.2011	09.04.2011	01.05.2011	02.06.2011	11.08.2011	03.11.2011	02.12.2011	16.12.2011	24.12.2011	10.02.2012	19.02.2012	20.02.2012
No	п/п		143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171

Тип	подвижки	в очаге	B3	ВЗ-СД	ВЗ-СД	ВЗ-СД	B3P	ГР-СД	B3	св-сд	B3	ГР-СД	B3P	сБ-сд	ГР-СД	B3	ГР-СД	св-сд	ГР-СД	ГР-СД	B3	B3P	ГР-СД	сБ-сД	ВЗ-СД	B3	B3P	ВЗ-СД	ВЗ-СД	ВЗ-СД	B3P
	анеко-Ширера	Δσ, бар	58	35	34	58	47	42	35	59	45	37	43	61	33	38	57	58	39	68	56	43	56	54	39	45	44	47	46	42	66
Модель	Мадариаги–К	<i>r</i> _M , M	542	186	174	516	334	276	182	542	321	199	271	564	164	227	491	501	231	838	467	268	476	432	224	308	299	337	308	260	1532
	она	$\Delta\sigma, 6ap$	20	12	12	20	16	15	12	20	16	13	15	21	11	13	20	20	13	23	19	15	19	18	13	15	15	16	16	14	34
	Брн	$r_{\rm B}, {\rm M}$	774	266	248	737	477	395	260	774	458	285	387	805	234	324	701	715	330	1197	667	383	681	616	321	440	427	481	440	372	2189
OBS			16	14	12	16	11	15	12	8	14	12	6	10	6	22	11	8	8	18	14	12	14	6	6	13	13	15	19	8	10
M ₀ , H·M			$2.13 \cdot 10^{15}$	$5.11 \cdot 10^{13}$	$4.06 \cdot 10^{13}$	$1.81 \cdot 10^{15}$	$4.00 \cdot 10^{14}$	$2.04 \cdot 10^{14}$	$4.84 \cdot 10^{13}$	$2.15 \cdot 10^{15}$	$3.41 \cdot 10^{14}$	$6.64 \cdot 10^{13}$	$1.96 \cdot 10^{14}$	$2.51 \cdot 10^{15}$	$3.32 \cdot 10^{13}$	$1.02 \cdot 10^{14}$	$1.54 \cdot 10^{15}$	$1.67 \cdot 10^{15}$	$1.09 \cdot 10^{14}$	$9.18 \cdot 10^{15}$	$1.31 \cdot 10^{15}$	$1.88 \cdot 10^{14}$	$1.38 \cdot 10^{15}$	$9.86 \cdot 10^{14}$	$1.01 \cdot 10^{14}$	$2.99 \cdot 10^{14}$	$2.72 \cdot 10^{14}$	$4.10 \cdot 10^{14}$	$3.06 \cdot 10^{14}$	$1.69 \cdot 10^{14}$	$8.13 \cdot 10^{16}$
$M_{ m w}$			4.16	3.08	3.01	4.11	3.67	3.48	3.06	4.16	3.63	3.15	3.46	4.20	2.95	3.28	4.06	4.08	3.30	4.60	4.01	3.45	4.03	3.93	3.27	3.59	3.56	3.68	3.59	3.42	5.21
H, KM			0	17	16	13	ю	6	14	0	9	23	0	43	14	6	7	33	8	10	4	19	15	2	0	7	0	12	15	8	8
инаты	λ, °		72.85	74.73	74.92	74.57	75.53	73.04	75.42	74.14	73.63	76.44	72.58	73.98	74.89	75.72	76.50	73.12	75.69	75.69	75.64	74.95	75.15	72.45	73.26	75.05	72.68	74.80	73.97	75.40	77.22
Коорд	φ, °		41.32	42.49	42.48	41.37	41.32	41.69	42.21	40.90	42.20	42.27	42.39	40.90	42.49	41.37	42.34	40.59	42.43	42.43	41.21	42.62	42.11	41.30	42.18	42.27	41.07	42.49	43.21	41.61	42.14
Время			04:18: 7.52	12:54: 1.43	03:26:40.57	00:32:40.44	00:24:59.09	21:35: 4.01	11:41:23.18	16:30: 8.24	04:52:25.03	03:03: 7.42	07:43:22.67	08:45:31.37	18:19: 8.03	03:39:16.67	16:28:25.99	06:57:13.40	00:14:30.51	09:42: 6.75	08:48:55.63	22:59:52.35	20:46:36.20	01:31:45.41	20:18:50.93	01:18:44.89	18:24:37.31	02:25:58.35	17:59:17.71	08:56:18.85	01:24:16.48
Дата			20.02.2012	28.03.2012	16.05.2012	26.06.2012	27.08.2012	29.09.2012	06.10.2012	14.10.2012	02.05.2013	06.06.2013	09.07.2013	11.07.2013	15.07.2013	25.07.2013	20.09.2013	15.11.2013	23.11.2013	23.11.2013	26.12.2013	26.12.2013	21.01.2014	19.03.2014	12.04.2014	13.05.2014	24.05.2014	28.05.2014	25.09.2014	30.10.2014	14.11.2014
No	п/п		172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200

Тип	подвижки	в очаге	ВЗ-СД	ВЗ-СД	ВЗ-СД	B3P	B3P	ВЗ-СД	сь-сд	сь-сд	ГР-СД	СБ-СД	B3	B3P	СБ-СД	B3	B3	СБ-СД	СБ-СД	B3P	ГР-СД	B3P	B3	ГР-СД	ВЗ-СД	B3P	B3	CB	B3	B3P	ГР-СД
	анеко-Ширера	Δσ, бар	44	64	37	64	53	40	53	53	46	44	50	53	45	36	43	39	49	54	41	60	48	43	45	58	58	39	37	74	71
Модель	Мадариаги–К	<i>г</i> _м , м	296	616	203	629	423	197	445	415	324	288	383	436	305	190	231	311	311	419	344	419	344	379	344	419	379	209	255	687	687
	она	$\Delta \sigma, 6 a p$	15	22	13	22	18	14	18	18	16	15	17	18	15	12	15	13	17	19	14	20	16	15	15	20	20	13	13	25	24
	Брн	$r_{\rm B}, {\rm M}$	423	880	290	898	604	282	635	593	463	411	547	623	436	271	330	445	445	598	491	598	491	542	491	598	542	299	365	982	982
OBS			9	17	8	11	12	13	19	16	21	6	14	17	14	8	8	13	12	22	18	6	12	15	15	19	14	6	17	11	8
$M_0, H \cdot M$			$2.63 \cdot 10^{14}$	$3.44 \cdot 10^{15}$	$7.13 \cdot 10^{13}$	$3.65 \cdot 10^{15}$	$9.22 \cdot 10^{14}$	$6.99 \cdot 10^{13}$	$1.07 \cdot 10^{15}$	$8.64 \cdot 10^{14}$	$3.55 \cdot 10^{14}$	$2.39 \cdot 10^{14}$	$6.46 \cdot 10^{14}$	$9.95 \cdot 10^{14}$	$2.92 \cdot 10^{14}$	$5.58 \cdot 10^{13}$	$1.22 \cdot 10^{14}$	$2.69 \cdot 10^{14}$	$3.38 \cdot 10^{14}$	$9.11 \cdot 10^{14}$	$3.84 \cdot 10^{14}$	$1.00 \cdot 10^{15}$	$4.44 \cdot 10^{14}$	$5.42 \cdot 10^{14}$	$4.14 \cdot 10^{14}$	$9.72 \cdot 10^{14}$	$7.21 \cdot 10^{14}$	$8.18 \cdot 10^{13}$	$1.40 \cdot 10^{14}$	$5.48 \cdot 10^{15}$	$5.29 \cdot 10^{15}$
$M_{ m w}$			3.55	4.29	3.17	4.31	3.91	3.14	3.96	3.89	3.64	3.52	3.81	3.94	3.58	3.10	3.30	3.60	3.60	3.90	3.70	3.90	3.70	3.80	3.70	3.90	3.80	3.20	3.40	4.40	4.40
H, KM			4	14	13	0	0	15	n	7	9	0	2	0	0	14	7	3	0	3	16	0	0	14	0	14	12	13	10	2	0
инаты	λ, °		76.18	75.02	75.03	76.80	72.84	73.86	74.06	74.06	74.13	73.76	75.68	73.57	74.12	75.17	75.99	76.73	74.43	75.80	73.05	72.93	76.56	75.22	74.13	75.17	75.16	75.17	75.16	76.77	72.00
Коорд	φ,°		42.68	42.21	42.23	42.99	41.87	42.76	41.06	41.14	41.13	41.31	41.29	41.16	41.08	42.56	42.14	41.89	40.92	41.35	41.74	41.76	41.41	43.22	41.09	42.59	42.59	42.60	42.59	41.91	42.16
Время			18:28:56.85	15:52:27.06	15:32:18.46	14:01: 0.96	04:50:19.01	23:40:18.58	00:31:56.91	12:31: 5.58	12:45:52.65	23:02:12.66	20:34:12.14	16:09:15.84	21:41: 9.74	21:43:17.80	17:31:46.97	06:41:44.14	03:21: 2.19	19:54:49.17	06:11:18.88	08:00:10.12	15:16:41.61	05:54:53.02	22:16:23.22	00:41:52.43	00:55:43.91	02:41:13.09	02:21: 6.79	05:01:24.24	09:07:16.25
Дата			16.12.2014	22.01.2015	03.03.2015	15.03.2015	08.06.2015	21.06.2015	10.07.2015	10.08.2015	10.08.2015	28.08.2015	05.09.2015	20.09.2015	01.10.2015	04.10.2015	09.04.2016	23.04.2016	26.04.2016	05.05.2016	27.05.2016	01.08.2016	18.11.2016	18.12.2016	18.12.2016	21.04.2017	21.04.2017	21.04.2017	22.04.2017	28.04.2017	16.05.2017
$\mathcal{N}_{\bar{0}}$	п/п		201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229

Тип	Тип подвижки в очаге		ВЗ-СД	B3	ГР-СД	B3	ВЗ-СД	B3	В3-СД	B3P	ГР-СД	B3P	ВЗ-СД	B3P	B3	ВЗ-СД	B3	ВЗ-СД	B3	ГР-СД	ВЗ-СД	B3	B3P	B3	B3P	B3	ГР-СД	ВЗ-СД	ГР-СД	B3P	B3
Модель	анеко-Ширера	Δσ, бар	40	55	39	55	38	43	39	43	43	39	68	63	58	39	41	46	55	43	46	42	47	45	63	67	46	47	39	47	55
	Мадариаги–К	<i>г</i> _М , М	255	344	311	622	311	231	311	255	290	234	701	616	511	227	245	324	476	271	317	268	337	314	610	687	330	334	229	324	449
	Брюна	$\Delta \sigma, 6 a p$	14	19	13	19	13	15	13	15	15	13	23	22	20	13	14	16	19	15	16	14	16	15	22	23	16	16	13	16	19
		$r_{ m B}, { m M}$	365	491	445	889	445	330	445	365	415	334	1001	880	729	324	351	463	681	387	454	383	481	449	872	982	472	477	327	463	641
OBS	OBS		20	6	13	11	25	6	6	12	13	10	8	6	6	11	14	6	10	6	11	8	6	12	14	6	11	15	10	8	17
M ₀ , H·M	М ₀ , Н·м		$1.51 \cdot 10^{14}$	$5.07 \cdot 10^{14}$	$2.71 \cdot 10^{14}$	$3.03 \cdot 10^{15}$	$2.64 \cdot 10^{14}$	$1.22 \cdot 10^{14}$	$2.66 \cdot 10^{14}$	$1.62 \cdot 10^{14}$	$2.43 \cdot 10^{14}$	$1.13 \cdot 10^{14}$	$5.37 \cdot 10^{15}$	$3.36 \cdot 10^{15}$	$1.77 \cdot 10^{15}$	$1.04 \cdot 10^{14}$	$1.39 \cdot 10^{14}$	$3.54 \cdot 10^{14}$	$1.36 \cdot 10^{15}$	$1.95 \cdot 10^{14}$	$3.36 \cdot 10^{14}$	$1.84 \cdot 10^{14}$	$4.09 \cdot 10^{14}$	$3.19 \cdot 10^{14}$	$3.27 \cdot 10^{14}$	$4.97 \cdot 10^{15}$	$3.79 \cdot 10^{14}$	$3.98 \cdot 10^{14}$	$1.06 \cdot 10^{14}$	$3.61 \cdot 10^{14}$	$1.14 \cdot 10^{15}$
$M_{\rm W}$	$M_{ m w}$		3.40	3.70	3.60	4.30	3.60	3.30	3.60	3.40	3.53	3.31	4.42	4.29	4.10	3.28	3.36	3.64	4.03	3.46	3.62	3.45	3.68	3.61	4.28	4.40	3.66	3.67	3.29	3.64	3.97
H, KM	Н, км		0	0	5	4	17	7	1	20	2	19	0	15	7	14	16	0	2	16	13	0	0	10	14	0	8	15	14	3	0
IHATЫ	λ, °		73.26	72.34	76.43	75.29	74.96	76.06	74.10	75.30	73.09	74.66	72.60	77.43	77.16	74.99	74.71	75.07	76.24	74.74	76.20	75.95	75.23	75.43	77.14	73.00	75.78	76.29	75.31	73.34	75.30
Коорд	φ, °		42.22	41.08	42.78	41.06	42.12	42.11	40.89	42.52	41.74	41.60	41.44	42.96	41.92	42.81	41.39	41.15	41.64	41.98	41.96	40.66	41.13	41.65	42.08	41.27	42.36	42.26	43.42	40.82	41.08
Время		20:08:53.10	03:19:25.99	20:03:30.44	10:36:35.48	05:33:10.27	03:12:43.13	16:16:45.97	03:44: 1.39	15:34:39.24	20:22: 3.04	17:17:22.25	12:21:27.94	22:15: 3.65	22:57:31.33	22:40:13.93	05:05: 9.42	01:41: 7.17	11:15:19.12	22:23:41.15	16:53:38.42	23:37:28.79	13:10:26.20	00:49: 2.18	04:41: 9.05	11:24:43.74	21:56:35.97	12:11:35.89	04:25: 9.58	00:28:47.18	
Дата			24.05.2017	23.06.2017	05.07.2017	23.07.2017	29.07.2017	13.08.2017	05.10.2017	03.02.2018	11.07.2018	14.07.2018	07.08.2018	31.08.2018	14.09.2018	17.09.2018	28.09.2018	06.12.2018	02.04.2019	01.07.2019	21.07.2019	05.08.2019	18.08.2019	21.01.2020	20.03.2020	29.03.2020	18.04.2020	24.04.2020	26.05.2020	30.05.2020	12.07.2020
№ П/П		230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	

Тип	подвижки	в очаге	ГР-СД	ВЗ-СД	B3	B3P	B3	B3	ВЗ-СД	B3	B3	СБ-СД	B3P	B3P	. B3D panea.
	инеко-Ширера	Δσ, бар	53	37	62	60	47	38	46	57	43	41	54	61	дено а илжиатоп
Модель	Мадариаги-Ка	$r_{\rm M}$, M	415	197	581	542	344	220	327	506	266	268	462	553	пи Операти на
	она	$\Delta\sigma, 6ap$	18	13	21	21	16	13	16	19	15	14	19	21	
	Брі	$r_{\rm B}, {\rm M}$	593	282	830	774	491	314	467	722	379	383	661	790	
OBS			11	6	12	11	16	8	12	6	10	8	12	10	EVE
$M_0, H \cdot M$			$8.58 \cdot 10^{14}$	$6.43 \cdot 10^{13}$	$2.77 \cdot 10^{15}$	$2.19 \cdot 10^{15}$	$4.39 \cdot 10^{14}$	$9.25 \cdot 10^{13}$	$3.71 \cdot 10^{14}$	$1.68 \cdot 10^{15}$	$1.83 \cdot 10^{14}$	$1.83 \cdot 10^{14}$	$1.23 \cdot 10^{15}$	$2.35 \cdot 10^{15}$	J
$M_{ m w}$			3.89	3.14	4.23	4.16	3.70	3.25	3.65	4.09	3.44	3.45	4.00	4.18	E C
H, KM			14	16	1	5	17	12	20	0	6	7	0	3	
инаты	λ, °		75.43	74.75	72.97	73.51	75.54	75.52	75.15	73.64	76.10	76.22	73.21	72.92	2
Коорд	φ,°		42.02	42.50	41.23	41.03	42.12	42.13	42.05	41.08	42.06	42.20	41.24	41.23	2
Время			10:03:20.14	17:54:25.93	23:08: 5.23	08:25:47.68	17:47: 5.05	20:18:22.36	07:41:31.81	19:38:22.91	14:59:35.05	05:07: 7.85	07:46:13.12	11:17:16.73	
Дата			12.08.2020	15.09.2020	20.10.2020	12.11.2020	29.11.2020	29.11.2020	01.01.2021	10.01.2021	04.02.2021	07.07.2021	29.09.2021	17.11.2021	ODe Press
ซึ	п/п		259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	П

Note: OBS, number earthquake observations (records). CMT, data from the Global Centroid Moment Tensor database, the number of components is not specified. Type of movement in the source: B3P, thrust fault; B3, reverse fault; B3-CJ, reverse shift fault; ГP-CJ, strike-slip fault; CB, normal fault; CB-CJ, normal shift fault. ВЗ – взброс; ВЗ-СД – взбросо-сдвиг; ГР-СД – горизонтальный сдвиг; СБ – сброс; СБ-СД – сбросо-сдвиг.

Об авторе

Сычева Найля Абдулловна (https://orcid.org/0000-0003-0386-3752), кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шиидта Российской академии наук, Москва, Россия, ivtran@mail.ru

About the Author Sycheva, Naylya A. (https://orcid.org/0000-0003-0386-3752), Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia, ivtran@mail.ru

> Поступила 12.08.2024 Принята к публикации 26.08.2024

Received 12 August 2024 Accepted 26 August 2024