

УДК 550.34

Омуралиева А., Омуралиев М.,  
Тилек кызы Гулкайыр  
Институт сейсмологии НАН КР,  
Бишкек, Кыргызстан

## ДИНАМИКА СЕЙСМИЧНОСТИ НА СОЧЛЕНЕНИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПОДНЯТИЯ КОКШААЛ ОБЛАСТИ ГОРООБРАЗОВАНИЯ ТЯНЬ-ШАНЬ И ПЛИТЫ ТАРИМ

**Аннотация:** В статье приведены первичные результаты изучения динамики сейсмичности на сочленении области горообразования Тянь-Шань и плиты Тарим с использованием результатов детальных сейсмотомографических исследований Тянь-Шаня и компьютерной программы GMT, а также имеющихся каталогов землетрясений Института сейсмологии НАН КР.

**Ключевые слова:** сейсмическая томография, литосферная плита, область горообразования, сейсмический цикл, кумулятивная сейсмическая энергия, динамика сейсмичности, область концентрации землетрясений, вектор активизации.

## КОКШААЛ ОБЛАСТЫНЫН БАТЫШ КӨТӨРҮЛҮҮ БӨЛҮГҮНДӨГҮ ТЯНЬ-ШАНЬ ТОО ТҮЗҮЛҮШҮНҮН ЖАНА ТАРИМ ПЛИТАСЫНЫН СЕЙСМИКАЛУУЛУГУНУН ДИНАМИКАСЫ

**Кыскача мазмуну:** Макалада Тянь-Шань тоо пайда болуу облусу жана Тарим плитасынын байланышкан жериндеги сейсмикалык акыбалынын динамикасын изилдөөнүн алгачкы жыйынтыктары берилген. Изилдөөдө так сейсмикалык томографиянын жыйынтыктары жана GMT компьютердик программасы, ошондой эле КР УИА Сейсмология институтунун жер титирөөлөрдүн каталогдору колдонулган.

**Негизги сөздөр:** сейсмикалык томография, литосфералык плита, тоо пайда болуу облусу, сейсмикалык цикл, топтолгон сейсмикалык энергия, жер титирөөлөрдүн динамикасы, жер титирөөлөрдүн концентрацияланган облусу, активдештирүүнүн вектору.

## DYNAMICS OF SEISMICITY AT THE JUNCTION OF THE WESTERN PART OF KOKSHAAL ELEVATION, TIEN SHAN, AND THE TARIM BASIN

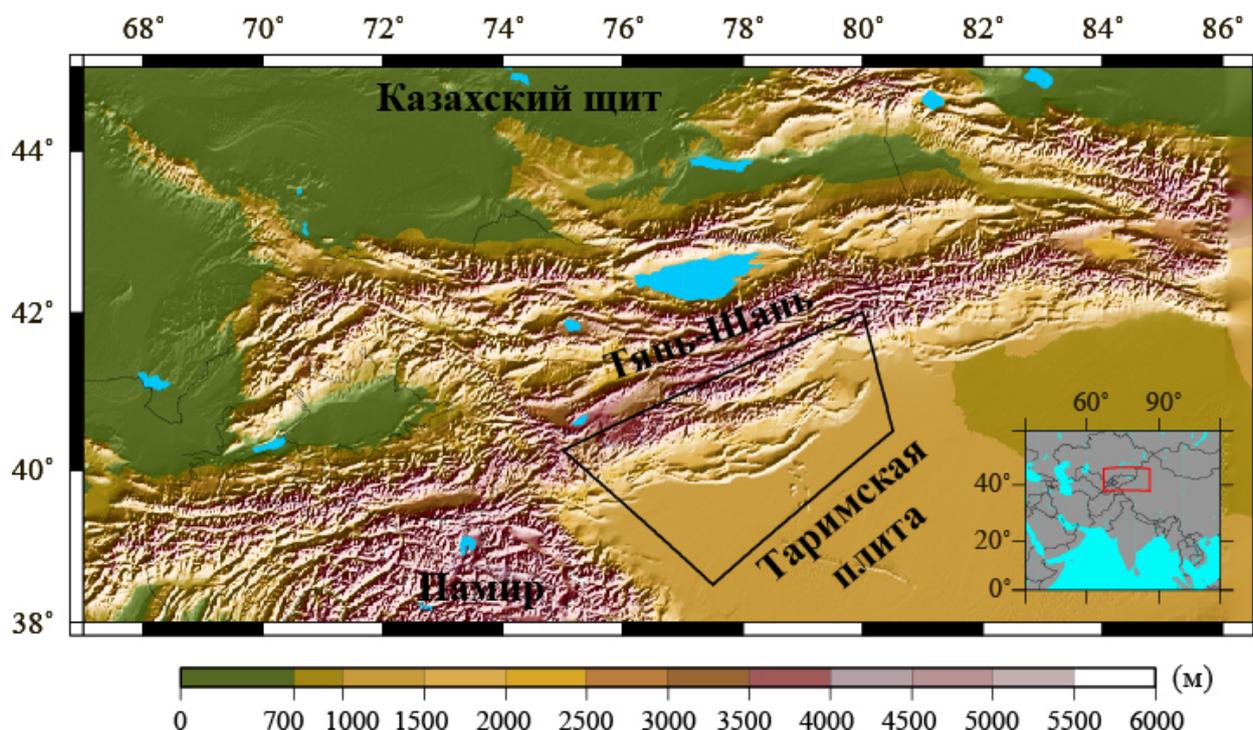
**Abstract:** Primary results of the study on dynamics of seismicity at the junction of the Tien Shan orogeny and the Tarim basin are presented in the paper. Results of the detailed seismic tomography studies and the GMT open-source software package, as well as the earthquake catalogues of the Institute of seismology NAS KR are used in this study.

**Keywords:** seismic tomography, lithospheric plate, mountain building area, seismic cycle, cumulative seismic energy, dynamics of seismicity, earthquakes concentration area, vector of seismic activation.

В рассматриваемом регионе (рисунки 1, 2) литосфера плиты Тарим (с юга) поддвигается под литосферу области внутриконтинентального горообразования Тянь-Шань (на севере), а литосфера Тянь-Шаня надвигается на литосферу Тарима [1, 2, 3]. На основе изучения методом детальной сейсмической томографии Кыргызского Тянь-Шаня отмечено, что под этими зонами имеются два потока низкоскоростных аномалий в мантии, которые внедряются в литосферу Тянь-Шаня. В надвинутой окраинной части Тянь-Шаня сформировалось устойчивое поднятие северо-восточного простирания Кокшаал. Данное поднятие состоит из четырёх сегментов: западный, центральный широтный, центральный

северо-восточный и восточный, которые поднялись до 4950 м, 5990 м, 5220 м, 6880 м, соответственно. Протяжённость этих сегментов составляет около 100-130 км. Первые три сегмента имеют южно-вергентное строение и расположены правосторонне, а восточный сегмент имеет, вероятно, дивергентное строение и расположен левосторонне. В северной окраинной части плиты Тарим поэтапно образовались система инверсионных поднятий (с севера на юг): Мейдантаг-Каратекетоо, Имгентаг и Татыр-Кельпинчёлтаг, и система прогибаний (с севера на юг): Ташкандарья, Шабыркёл – Чельтала, Аблайчартысай.

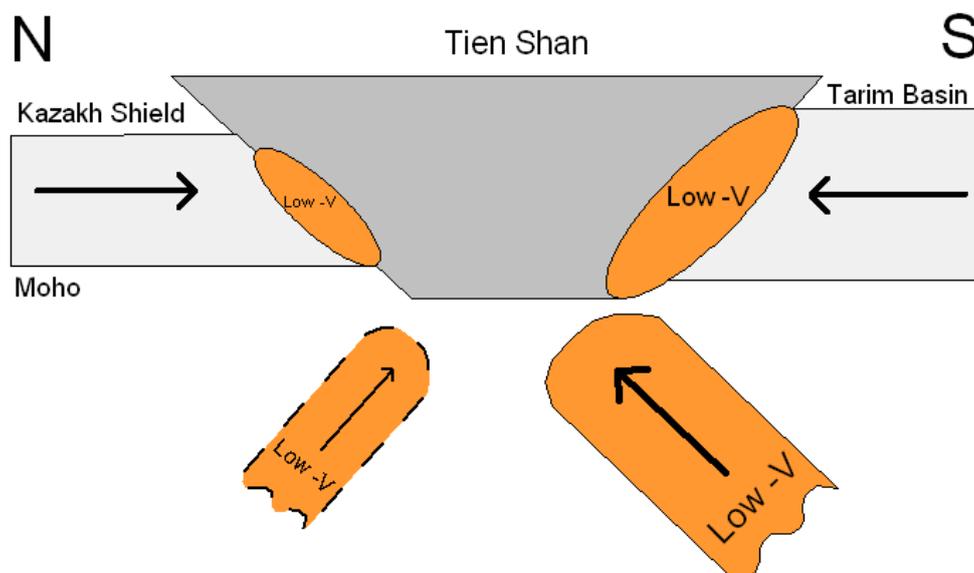
Поднятие Татыр-Кельпинчёлтаг по простиранию в западном направлении разветвляется на две, а на меридиане г. Кашгар - на три структуры до зоны Таласо-Ферганского разлома. Это, вероятно, выражает разветвление Таласо-Ферганского разлома в юго-восточном направлении в виде, так называемой, структуры «конский хвост». Инверсионные поднятия южновергентные, южные их крылья оборваны активными разломами. Общая ширина активной окраины Тарима достигает около 120 км. Южнее поднятия Татыр-Кельпинчёлтаг проявилась система меридиональных поднятий Ляилитаг. Еще южнее в западной части Тарима, юго-восточнее г. Яркенд, проявилась активная структура Яркенд северо-западного простирания с координатами  $\varphi=39^{\circ}14'$   $\lambda=78^{\circ}13'$  и  $\varphi=38^{\circ}25'$   $\lambda=80^{\circ}52'$ . Следует отметить, что данная структура совпадает по направлению с простиранием Таласо-Ферганского разлома.



**Рисунок 1.** Схема расположения района изучения (чёрная рамка) на сочленении западной части поднятия Кокшаал области горообразования Тянь-Шань и плиты Тарим. Вкладка в нижнем правом углу показывает географическое положение Тянь-Шаня, который оконтурен красной рамкой.

Исходные данные для изучения динамики сейсмичности взяты из каталога землетрясений Института сейсмологии НАН КР [4].

Сочленение Тянь-Шаня и Тарима является одной из сейсмически активных зон Средней Азии с частыми проявлениями землетрясений. Здесь в западной части поднятия Татыр-Кельпинчёлтаг произошло одно из катастрофических землетрясений [5, 6] - Кашгар (1902,  $M=8.2$ ,  $K=18.5$ ,  $I=10$  балл,  $\varphi=39.90^{\circ}$ ,  $\lambda=76.2^{\circ}$  на глубине 40 км).

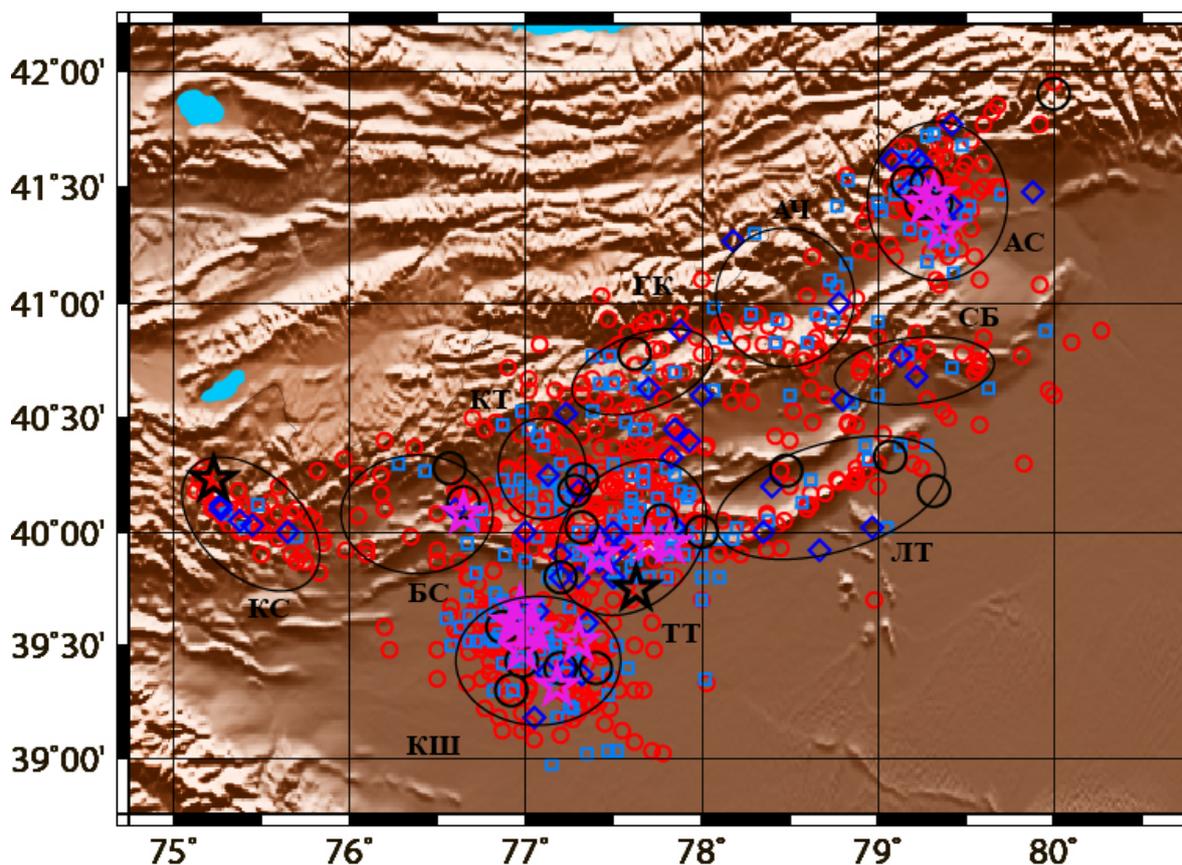


**Рисунок 2.** Модель поддвижения литосферы Тарима и Казахского щита под Тянь-Шань [2].

На рисунке 3 приведено распределение землетрясений с  $11 \leq K \leq 16$  на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за период 1960-2015 гг. Значительные землетрясения приурочены к определённым областям концентрации землетрясений (ОКЗ). А именно выделяются ОКЗ (с юга на север и с запада на восток): КШ- Кашгар, ТТ- Татыртаг, ЛТ- Ляилитаг, КС- Кызылсу, БС- Башсуек, КТ-Кызылтоо, СБ- Сайранбулак, ГК- Гюркюре, АЧ- Акчий, АС- Аксу. ОКЗ Кашгар находится, вероятно, в скрытой структуре между Таласо-Ферганской зоной разлома и активной структурой Яркенд. ОКЗ Ляилитаг сформировалось в северной части одноимённого поднятия, ОКЗ Татыртаг – в западной части поднятия Татыр-Кельпинчёлтаг, ОКЗ Башсуек – в пределах поднятий Татыр-Кельпинчёлтаг и Медантаг, ОКЗ Кызылтоо и Сайранбулак - в восточной и западной частях поднятия Имгентаг, ОКЗ Кызылсу и Гюркюре - в пределах поднятия Мейдантаг, ОКЗ Акчий - в пределах западной части поднятия Каратекетоо, ОКЗ Аксу – в пределах северо-восточной части поднятия Кокшаал. В пределах меридиональной полосы  $77-78^\circ$  находятся четыре ОКЗ, которая представляет собой своеобразный критический меридиан. В связи с вышеизложенными данными проявления ОКЗ вдоль и поперёк активных структур можно отметить, что на сочленении Тянь-Шаня и Тарима происходят процессы динамической сегментации и секторизации.

Распределение плотности землетрясений с  $K \geq 11$  на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за период 1960-2015 гг. приведено на рисунке 4. При этом плотность определена в ячейках  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ . Величина плотности изменяется в пределах 0.001-0.12 землетрясений на  $1 \text{ км}^2$  за 56 лет. Отмечается, что вышевыделенные области концентрации землетрясений (ОКЗ) могут иметь относительно большую и малую плотности. Так, ОКЗ Кызылсу, Кашгар, Татыртаг и Аксу имеют относительно большую плотность, а ОКЗ Башсуек, Кызылтоо, Гюркюре, Акчий, Ляилитаг и Сайранбулак - относительно малую плотность.

Изучение динамики сейсмичности каждой ОКЗ (за 1960-2015 гг.) показало, что они имеют характерные сейсмические циклы (чередование периодов активизации и затишья), изменение кумулятивной сейсмической энергии, повторяемость землетрясений и т.д. Например, на рисунке 5 приведено изменение кумулятивной сейсмической энергии в ОКЗ Татыртаг. Здесь скорость высвобождения сейсмической энергии за 1960-2015 гг. равна  $0.520790542 \text{ Дж/год}$ . Разница значений верхнего и нижнего пределов флуктуаций кумулятивной сейсмической энергии составляет  $8.5 \times 10^{14} \text{ Дж}$ . Это представляет собой максимальную сейсмическую энергию в рассматриваемый период.

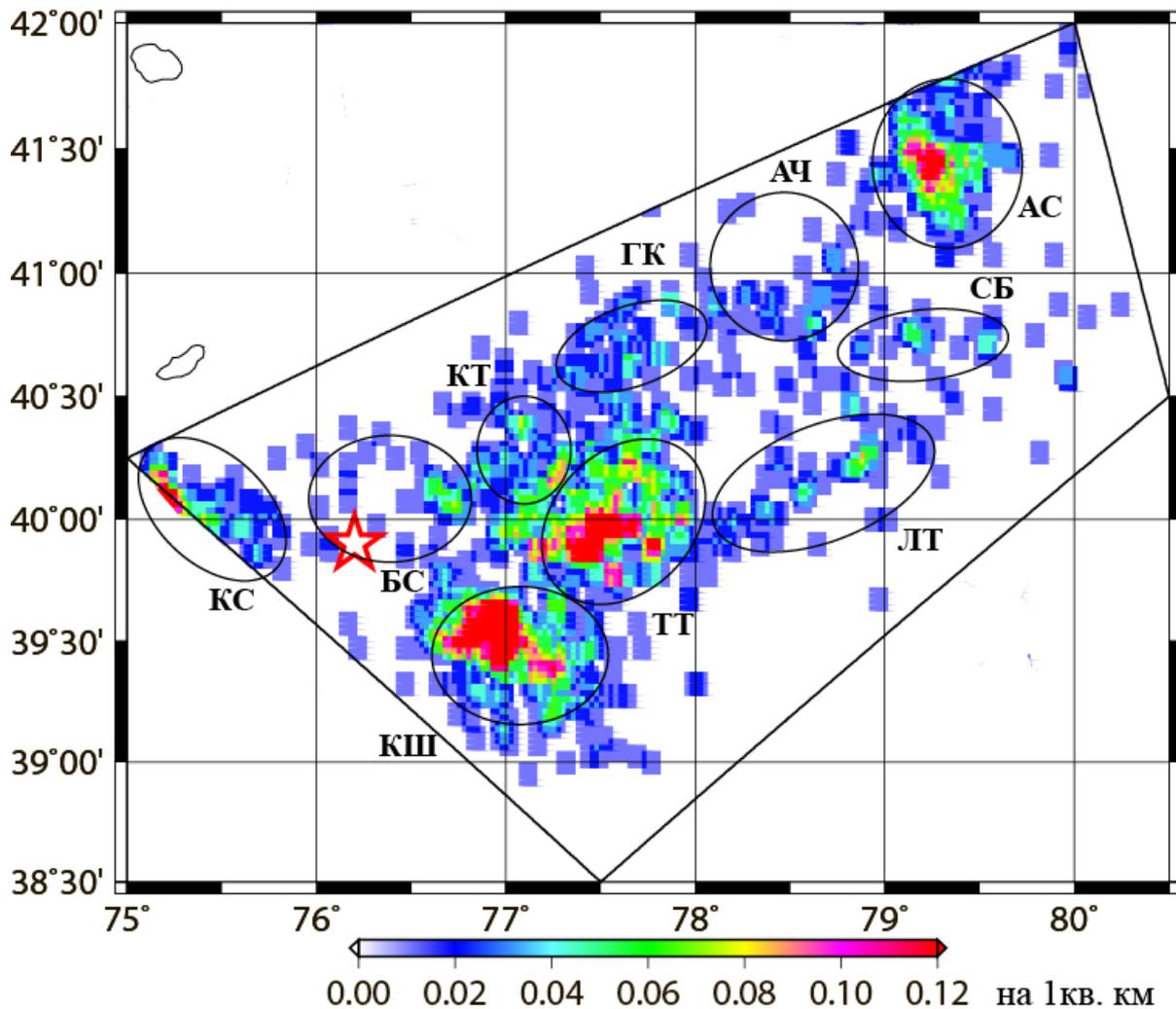


**Рисунок 3.** Распределение землетрясений с  $11 \leq K \leq 16$  на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за период 1960-2015 гг. Эпицентры землетрясений с  $K=11$  обозначены кружочками красного цвета,  $K=12$  – квадратиками голубого цвета,  $K=13$  – ромбиками синего цвета,  $K=14$  – кружочками черного цвета,  $K=15$  – звездочками малинового цвета и  $K=16$  – звездочками черного цвета. Области концентрации землетрясений (ОКЗ) обозначены эллипсами: КШ-Кашгар, ТТ-Татыртаг, ЛТ-Ляилитаг, КС-Кызылсу, БС-Башсуек, КТ-Кызылтоо, СБ-Сайранбулак, ГК- Гюркуре, АЧ-Акчий, АС-Аксу.

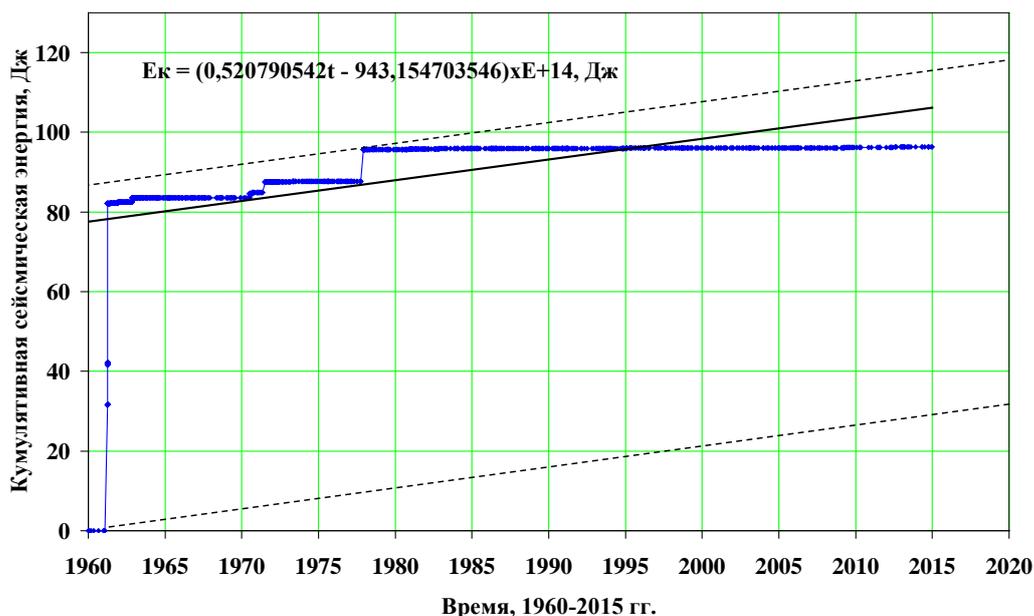
В распределении землетрясений вдоль активных структур на сочленении Тянь-Шаня и Тарима - по долготе и во времени отмечаются векторы сейсмической активизации (рисунок б). Векторы активизации направлены с запада (юго-запада) на восток (северо-восток) и с северо-востока на юго-запад навстречу друг другу в пределах  $\lambda=77-78^\circ$ , где имеются ОКЗ: Кашгар, Татыртаг, Кызылтоо и Гюркуре. Кажущиеся скорости вектора сейсмической активизации, направленного с северо-востока составляет около 12 км/год, а вектора, направленного с юго-запада – около 8 км/год. Эти данные близки к значению кажущейся скорости вектора сейсмической активизацией около 9 км/год в зоне Таласо-Ферганского разлома [7].

Вызывает интерес распределение землетрясений во времени поперек активных структур. На рисунке 7 приведено в качестве примера распределение землетрясений во времени в полосе между  $\lambda=77^\circ$  и  $\lambda=77.5^\circ$ . Отмечены векторы активизации, направленные с севера на юг и векторы активизации, направленные с юга на север. Векторы активизации, направленные с юга на север, наблюдались более определённо после сильных землетрясений с  $K=15$  в 1997 г. и  $K=14.9$  в 2003 г. в пределах ОКЗ Кашкар. Скорости векторов сейсмической

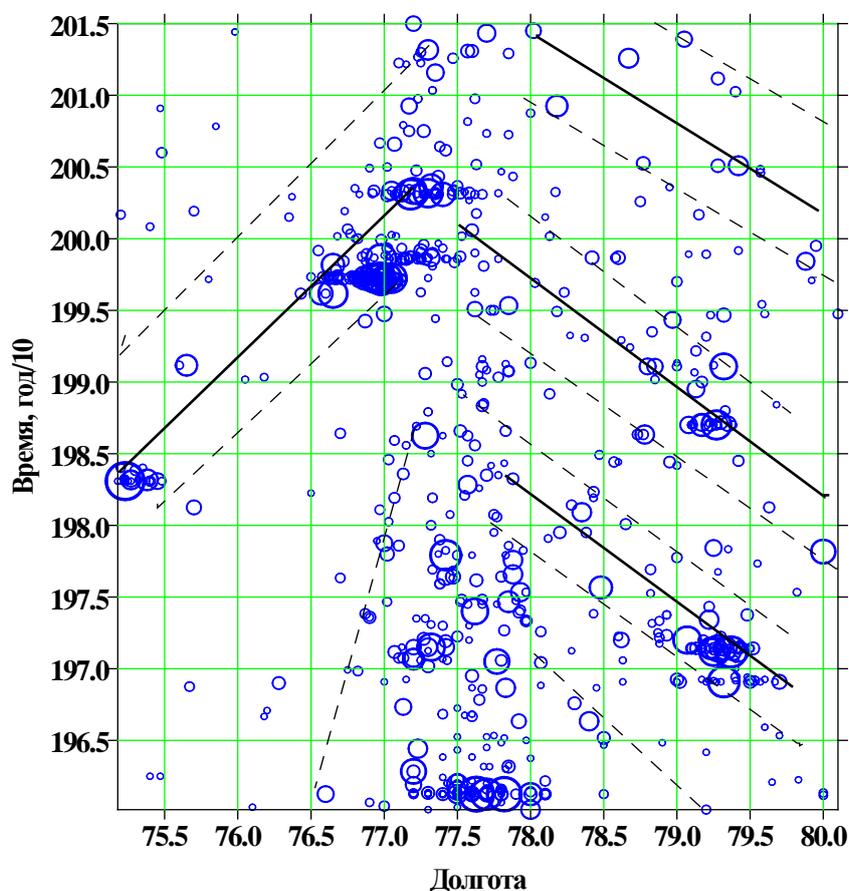
активизации, направленные с севера на юг, составляет около 5.5-11 км/год, а направленные с юга на север – 9-10 км/год.



**Рисунок 4.** Распределение плотности землетрясений с  $K \geq 11$  на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за период 1960-2015 гг. Катастрофическое землетрясение Кашгар (1902 г.,  $K=18.5$ ) обозначено красной звёздочкой. Области концентрации землетрясений (ОКЗ) обозначены эллипсами: КШ-Кашгар, ТТ-Татыртаг, ЛТ-Ляилитаг, КС-Кызылсу, БС-Башсуек, КТ-Кызылтоо, СБ-Сайранбулак, ГК- Гюркуре, АЧ-Акчий, АС-Аксу.

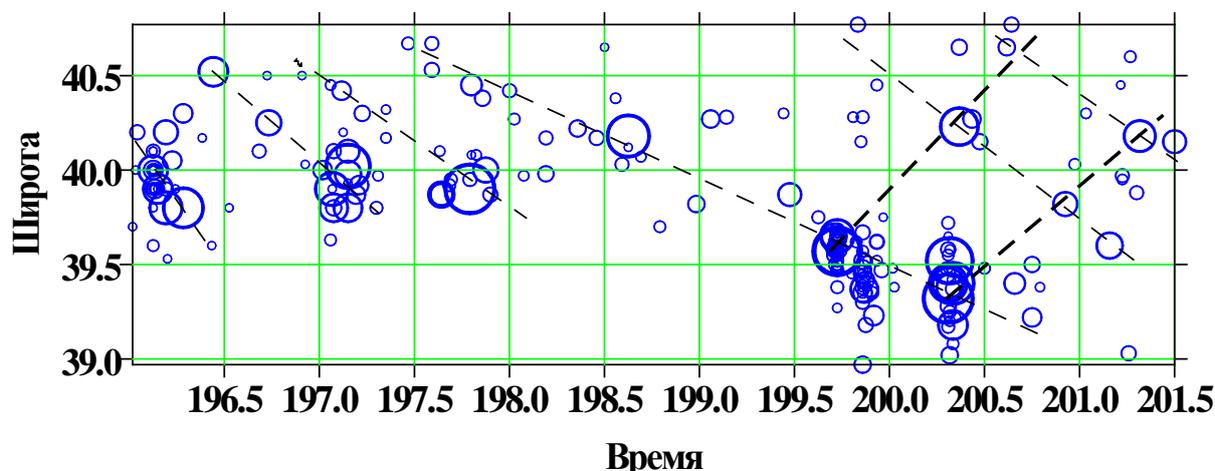


**Рисунок 5.** Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическими классами больше 8 в ОКЗ Татыртаг в районе сочленения Тянь-Шаня и Тарима за 1960-2015 гг. Сплошной чёрной линией обозначен линейный тренд, пунктирными линиями чёрного цвета - нижний и верхний пределы флуктуации  $E_k$ , красной точечной линией – предполагаемое время ожидания сейсмической активизации.



**Рисунок 6.** Распределение землетрясений с  $11 \leq K \leq 16$  (кружочки синего цвета разного радиуса) во времени вдоль активных структур на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за 1960-2015 гг.

Вероятные векторы сейсмической активизации обозначены сплошной линией, предполагаемые границы районов активизации - пунктирными линиями.



**Рисунок 7.** Распределение землетрясений с  $11 \leq K \leq 16$  (кружочки синего цвета разного радиуса) во времени за 1960-2015 гг. поперек активных структур в полосе между  $\lambda = 77^\circ$  и  $\lambda = 77.5^\circ$ . Векторы активизации, направленные с севера на юг, обозначены тонкой пунктирной линией, а векторы активизации, направленные с юга на север - жирной пунктирной линией.

На рисунке 8 приведён график повторяемости землетрясений ( $K \geq 9$ ) на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за 1960-2015 гг.

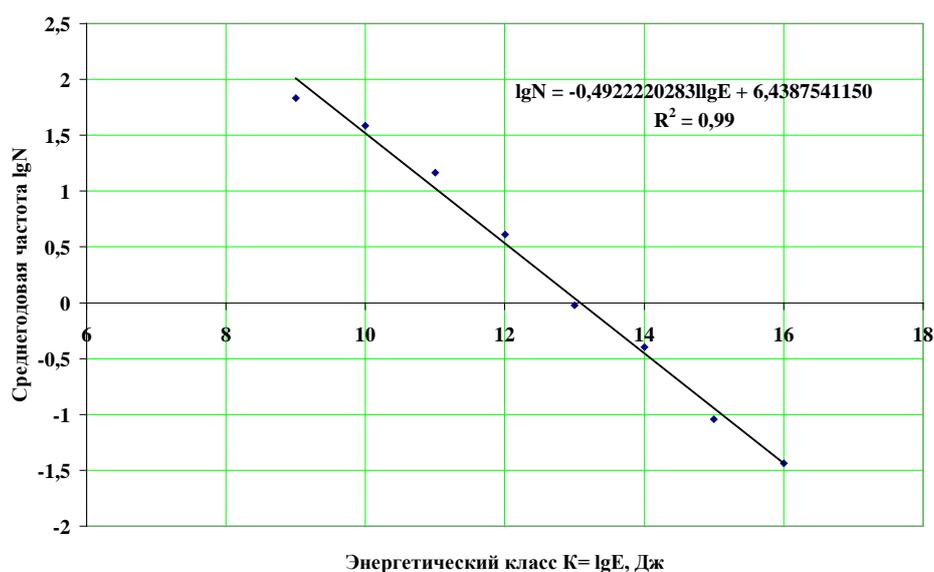
Повторяемость землетрясений по закону Гутенберга – Рихтера выражается формулой:

$$\lg N = -0.4922220283 \lg E + 6.4387541150. \quad R^2 = 0.99, \quad (1)$$

где  $\lg N$  – среднегодовая частота,  $\lg E = K$  – энергетический класс,  $R^2$  – достоверность аппроксимации. Среднее время повторения землетрясений выражается формулой:

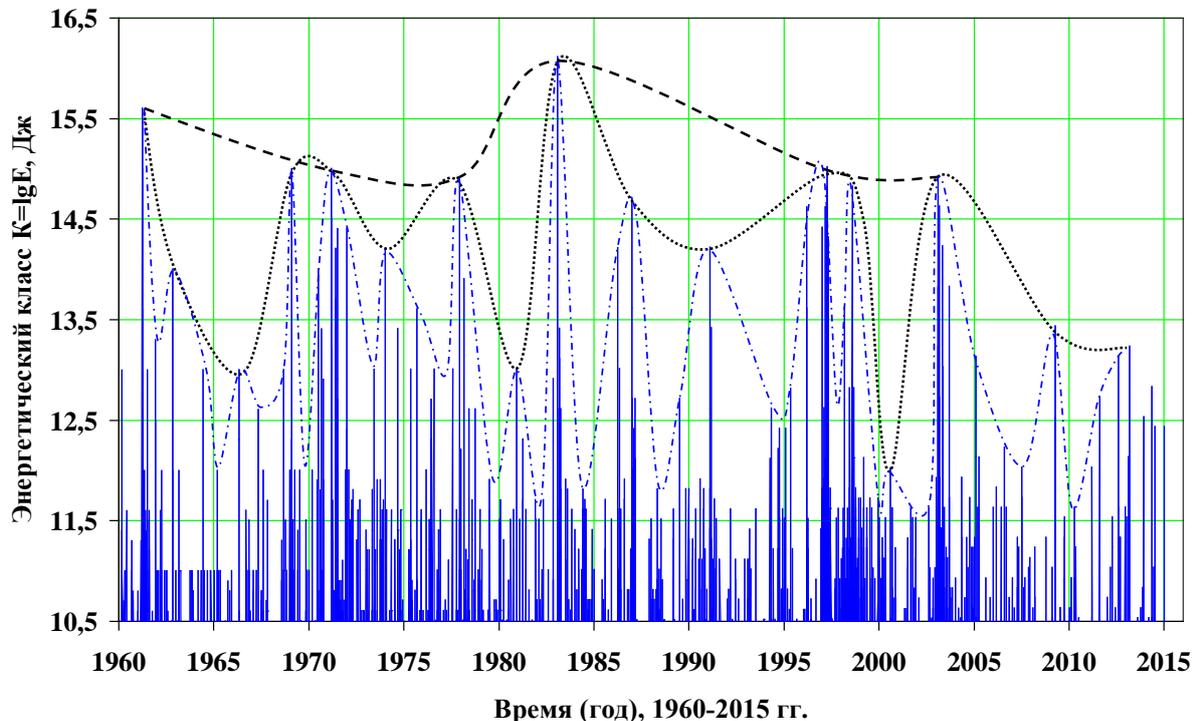
$$\lg T = 0.4922220283 \lg E - 6.4387541150. \quad R^2 = 0.99, \quad (2)$$

где  $\lg T$  – среднее время повторения землетрясения,  $\lg E = K$  – энергетический класс,  $R^2$  – достоверность аппроксимации.



**Рисунок 8.** График повторяемости землетрясений на сочленении Тянь-Шаня и Тарима за 1960-2015 гг.

В последовательности проявления землетрясений с  $K \geq 8$  за период 1960-2015 гг. выделяются периоды сейсмической активизации, затишья и сейсмические циклы (рисунок 9). По пиковым и максимальным значениям энергетического класса выделяются циклы первого, второго и третьего порядков. Так, в цикле первого порядка 01.04.1961 г. проявился пик сейсмической активизации и произошло землетрясение с  $K=15.5$ . После наблюдался спад активизации и 11.02.1969 г., 23.03.1971 г. произошли землетрясения с  $K=15.0$ . С 20.12.1977 г. отмечалось сейсмическое затишье. 13.02.1983 г. произошло землетрясение Кызылсу с  $K=16.1$  на пике сейсмической активизации. Длительность сейсмического цикла от 01.04.1961 г. по 13.02.1983 г. составляла около 22 лет. В дальнейшем снова наблюдался спад активизации, 24.01.1987 г. проявилось землетрясение с  $K=14.7$ . В период затишья 25.02.1991 г. произошло землетрясение с  $K=14.2$ . В 1997 г. наступает сейсмическая активизация, 15.04.1997 г. произошла серия землетрясений Кашгар с энергетическими классами до  $K=15$ . В этом случае если серия землетрясений Кашгар является пиком сейсмической активизации, то длительность сейсмического цикла от 13.02.1983 г. по 15.04.1997 г. составляет около 14 лет. После отмечался спад активизации, произошли 12.03.2003 г. и 19.04.2009 г. землетрясения с  $K=14.6$  и 13.4, соответственно. 11.08.2012 г. наступил период сейсмического затишья и проявилось землетрясение с  $K=13.1$ . Данное затишье продолжается по настоящее время. В дальнейшем ожидается наступление очередной сейсмической активизации.



**Рисунок 9.** Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 10.5$  за период 1960-2015 гг. на сочленении Тянь-Шаня и Тарима. Пунктирной линией обозначен сейсмический цикл первого порядка, точечной линией – сейсмический цикл второго порядка, а пунктирно-точечная линия – сейсмический цикл третьего порядка.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии, высвобожденной при землетрясениях с энергетическими классами больше 8 в районе сочленения Тянь-Шаня и Тарима за период 1960-2015 гг. неровный, ступенчатый (рисунок 10). Изменение кумулятивной сейсмической энергии характеризуется средней линией – линейным трендом:

$$E_k = (0.621348765t - 1212.780908173) * E + 15, \text{ Дж}, \quad (3)$$

где  $t$  – время, коэффициент  $0.621348...10^{15}$  имеет единицу измерения мощности Дж/год. Флуктуация рассматриваемой кумулятивной энергии ограничивается сверху и снизу прямыми линиями, параллельными средней линии. Верхняя линия выражается формулой:

$$E_k = (0.621348765t - 1206.692736) * E + 15, \text{ Дж} , \quad (4)$$

нижняя линия - неопределённая, при времени ожидания активизации  $t=2016$  г. – формулой:

$$E_k = (0.621348765t - 1219.92) * E + 15, \text{ Дж} . \quad (5)$$

Изменение кумулятивной сейсмической энергии за период 1983-2015 гг. (рисунок 11) характеризуется средней линией – линейным трендом:

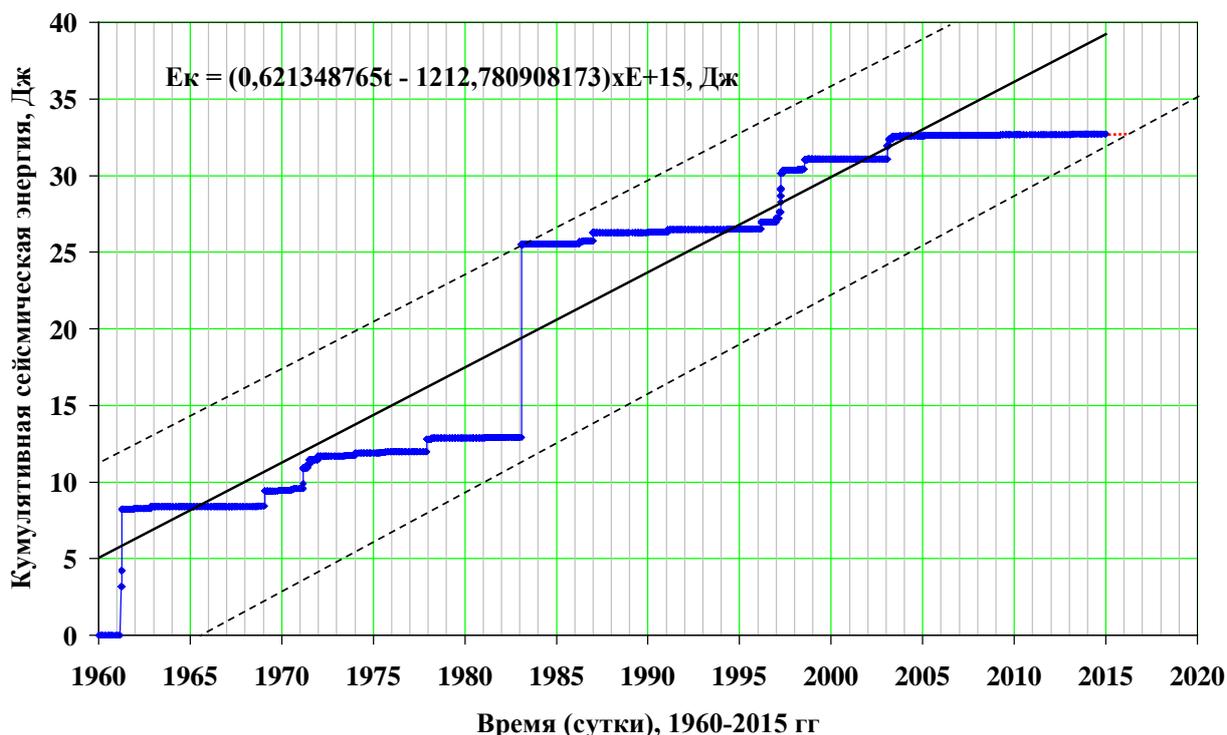
$$E_k = (3.245950869t - 6445.245906973) * E + 14, \text{ Дж} , \quad (6)$$

где  $t$  – время (сутки), коэффициент  $3.2459...10^{15}$  имеет единицу измерения мощности Дж/год. Флуктуация рассматриваемой кумулятивной энергии ограничивается сверху и снизу прямыми линиями. Верхняя линия выражается формулой:

$$E_k = (3.245950869t - 6431.807131) * E + 14, \text{ Дж} , \quad (7)$$

нижняя линия - неопределённая, при времени ожидания активизации  $t=2016$  г. – формулой:

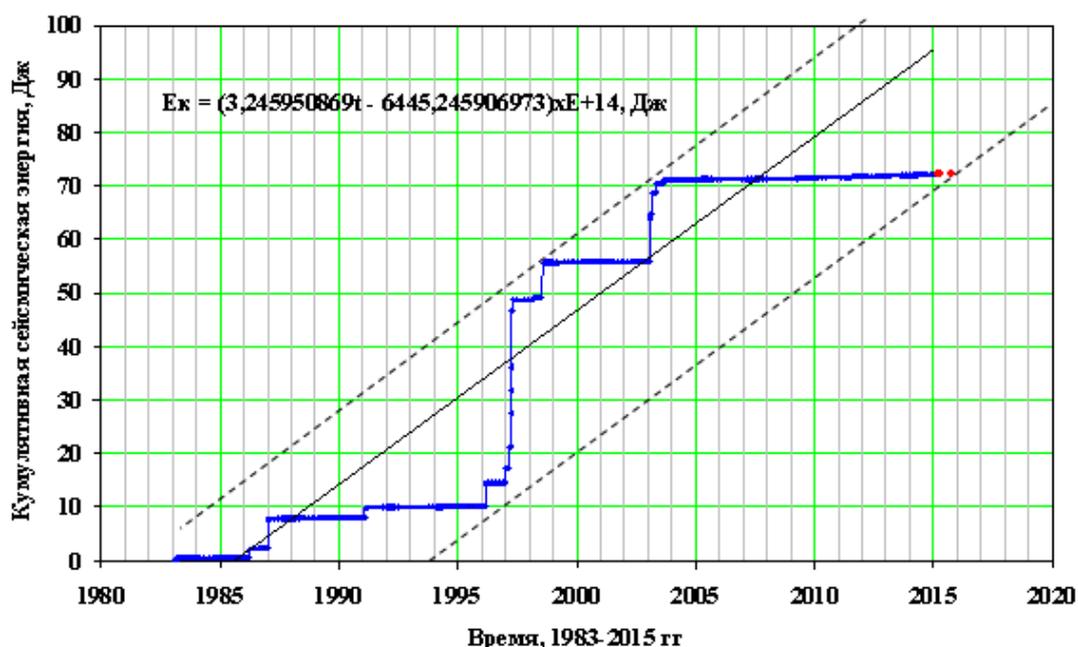
$$E_k = (3.245950869t - 6471.696819) * E + 14, \text{ Дж} . \quad (8)$$



**Рисунок 10.** Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическими классами больше 8 в районе сочленения Тянь-Шаня и Тарима за 1960-2015 гг. Сплошной чёрной линией обозначен линейный тренд, пунктирными линиями чёрного цвета - нижний и верхний пределы флуктуации  $E_k$ , красной точечной линией – предполагаемое время ожидания сейсмической активизации.

## Обсуждение результатов

Зона сочленения области горообразования Тянь-Шаня и плиты Тарим, где литосфера Тарима поддвигается под Тянь-Шань, а литосфера Тянь-Шаня надвигается на литосферу Тарима, а также, где внедряется низкоскоростная среда верхней мантии, имеет свойственную динамику сейсмичности – сейсмического процесса. Динамика сейсмичности выражается, главным образом, образованием областей концентрации значительных землетрясений; динамической сегментацией вдоль активных разломов; динамической секторизацией поперек активных поднятий; векторами сейсмической активизации с различными скоростями, направленные с севера на юг, с юга на север поперек структур, а также с запада на восток и с востока на запад вдоль активных структур, которые встречаются в центральной части зоны; повторяемостью землетрясений по закону Гутенберга-Рихтера; последовательностью проявления землетрясений и чередованием периодов активизации (подъёма и спуска) и затишья; проявлением сейсмических циклов первого, второго и третьего порядков; закономерностью высвобождения кумулятивной сейсмической энергии. Таким образом, вышеприведённые результаты и методика являются достаточными и более совершенными при изучении динамики сейсмичности.



**Рисунок 11.** Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическими классами больше 8 в районе сочленения Тянь-Шаня и Тарима за 1983-2015 гг. Сплошной чёрной линией обозначен линейный тренд, пунктирными линиями чёрного цвета - нижний и верхний пределы флуктуации  $E_k$ , красной точечной линией – предполагаемое время ожидания сейсмической активизации.

## Заключение

1. Получены результаты изучения динамики сейсмичности в связи с иерархией активных структур, которая является фундаментальным направлением в сейсмологии и геодинамики.
2. Землетрясения происходят в условиях поддвигания литосферы плиты Тарим в северном направлении и надвигания литосферы Тянь-Шаня (области внутриконтинентального горообразования) в южном направлении, формирования устойчивого поднятия Кокшаал Тянь-Шаня, серии инверсионных поднятий и впадин в

- окраинной части Тарима с общей шириной около 120 км. Поднятия с юга ограничены активными разломами взбросового характера.
- Отмечено, что катастрофическое землетрясение Кашгар (1902,  $M=8.2$ ,  $I=10$  балл) произошло в западной части активного поднятия Тарагай-Кельпинчёлтаг Тарима. В распределении землетрясений с  $K \leq 11.0$  в пространстве выделены области их концентрации (ОКЗ) с относительно большой и малой плотностями. Установлено, что проявления ОКЗ вдоль и поперек активных структур выражают процессы динамической сегментации и секторизации в этих структурах.
  - В пространственно - временном проявлении землетрясений вдоль активных структур установлены векторы сейсмической активизации, направленные на северо-восток и юго-запад. Кажущаяся скорость активизации составляет около 8-12 км/год. В пространственно - временном распределении землетрясений поперек активных структур отмечены векторы сейсмической активизации, направленные на юг и на север. Кажущаяся скорость вектора сейсмической активизации, направленного с севера на юг, составляет около 5.5-11 км/год, а направленного с юга на север – 9-10 км/год.
  - Повторяемость землетрясений в соответствии с законом Гутенберга-Рихтера выражается формулой:

$$\lg N = -0.49222202831 \lg E + 6.4387541150. \quad R^2 = 0.99,$$

где  $N$  – среднегодовая частота,  $\lg E = K$  – энергетический класс,  $R^2$  – достоверность аппроксимации. Среднее время повторения землетрясений выражается формулой:

$$\lg T = 0.49222202831 \lg E - 6.4387541150. \quad R^2 = 0.99,$$

где  $T$  – среднее время повторения землетрясения,  $\lg E = K$  – энергетический класс,  $R^2$  – достоверность аппроксимации.

- В последовательности проявления землетрясений выделены периоды активизации, затишья и сейсмические циклы. Сильные землетрясения 1961 г.  $K=15.5$ , 1983 г.  $K=16.1$  и возможно 1997 г.  $K=15$  являлись пиками сейсмических активизаций, замыкающие сейсмические циклы. Изменение кумулятивной сейсмической энергии за 1960-2015 гг. выражается эмпирической формулой:

$$Ek = (0.621348765t - 1212.780908173) * E + 15, \text{ Дж},$$

где  $t$  – время, коэффициент  $0.621348...10^{15}$  имеет единицу измерения мощности Дж/год.

Изменение кумулятивной сейсмической энергии за 1983-2015 гг. выражается эмпирической формулой:

$$Ek = (3.245950869t - 6445.245906973) * E + 14, \text{ Дж},$$

где  $t$  – время (сутки), коэффициент  $3.2459...10^{14}$  имеет единицу измерения мощности Дж/год.

### Литература

- Lei J., Zhao D. Teleseismic P-wave tomography and the upper mantle structure of the Central Tien Shan orogenic belt. //Physics of the Earth and Planetary Interiors, 2007, v.162. –p.165-185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pepi.2007.04.010>
- Omuralieva A., Nakajima J., Hasegawa A. Three-dimensional seismic velocity structure of the crust beneath the central Tien Shan, Kyrgyzstan: Implications for large- and small-scale mountain building. //Tectonophysics, 2009. -v.465. -p.30-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2008.10.010>
- Omuraliev M., A. Omuralieva. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Kyrgyzstan, Central Asia. Bishkek, 2004. -166 p.

4. Каталог землетрясений Института сейсмологии Национальной Академии Наук Кыргызской Республики <<http://www.seismo.kg/>>.
5. Molnar P., Ghose. S. Seismic Moments of Major Earthquakes and Rate of Shortening across the Tien Shan. Geophysical Res. Letters. V.27, N16, 2377-2380, 2000. DOI: 10.1029/2000GL011637
6. Джанузаков К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2003. – 216 с.
7. Омуралиев М., Омуралиева А. Сегментация и сейсмическая опасность зоны Таласо-Ферганского разлома Тянь-Шаня. //Наука и новые технологии, 2012.- №3.- С.70-83.

*Рецензент: к. г.-м. н. Орозбаев Р.Т.*