

*Аширов Б.*

## ДИЗЬЮНКТИВДУУ ТҮЙҮНДӨР СЕЙСМИКАЛЫК КООПСУЗДУКТУН ЭЛЕМЕНТИ КАТАРЫ

*Аширов Б.*

## ДИЗЬЮНКТИВНЫЕ УЗЛЫ КАК ЭЛЕМЕНТ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

*B. Ashirov*

## DISJUNCTIVE NODES AS AN ELEMENT OF SEISMIC HAZARD

УДК: 551.242.1: 550.34

Түндүк Тянь-Шань аймагындагы «дизьюнктивдүү түйүндөрдү» аныктоо үчүн даана келечекте күчтүү жер титирөөлөрдүн пайда болуучу жерлердин абалын аныктоо жана алардын мүмкүн болушунча максималдуу баллга аныктоого мүмкүндүк берет. Бул ошондой эле аталган аймактагы сейсмикалык коркунучун тактайт жана сейсмикалык райондоштуруу карталардын ишенимдүүлүгү компоненттин жогорулатууга жардам берет. Түндүк Тянь-Шандын аймагында көпчүлүк сейсмикалык коркунучтуу жерлер «үч ыргыган түйүндөр» деп саналат - узунунан кеткен жээк жаракалар менен кайчылашкан «линеаментер» кесилишинде жана туурасынан кеткен жаракалар, ошондой эле ар түрдүү жаңы жаракалардын кесилиши саналат. Дизьюнктивдүү түйүндөр сейсмогеодинамика системасынын эң негизги элементи болуп саналат, себеби жер кыртышында топтолгон импульстук энергиялар дал ушулардан келип чыгат.

**Негизги сөздөр:** сейсмоструктуралар, жер титирөө, сейсмикалык, жараңка, эрозия, магнитуда.

Выявление дизьюнктивных узлов на территории Северного Тянь-Шаня позволяет наметить положение потенциальных мест возникновения очагов сильных землетрясений в будущем и определить их возможную максимальную магнитуду. Это также позволит уточнить оценку сейсмической опасности указанной территории и повысить надежность составляемых карт сейсмического районирования. Наиболее сейсмически опасными узлами на территории Северного Тянь-Шаня являются «тройные сочленения» – пересечения секущих и поперечных линеаментов с продольными краевыми разломами, а также узлы пересечения новейших разломов разных порядков. Как нам известно, метод сейсмоактивных узлов сейсмического районирования предполагает приуроченность сильных землетрясений к одним и тем же участкам сейсмогенерирующих структур, то есть к «узлам» пересечения таких структур. Дизьюнктивные узлы являются важнейшим элементом сейсмогеодинамической системы, поскольку именно в них происходит импульсное излучение упругой энергии, накопленной в блоках земной коры.

**Ключевые слова:** сейсмоструктуралар, землетрясения, сейсмичность, разлом, разрыв, эрозия, магнитуда.

*The identification of disjunctive sites in the Northern Tien Shan makes it possible to outline the position of potential sites for the occurrence of foci of strong earthquakes in the future and determine their possible maximum magnitude. It will also make it possible to clarify the seismic hazard assessment of the specified territory and increase the reliability of the seismic regionalization maps compiled. The most seismically dangerous nodes on the territory of the Northern Tien Shan are the most earthquake-prone “triple junctions” - the intersection of intersecting and transverse lineaments with longitudinal boundary faults, as well as the intersection nodes of the newest faults of different orders.*

**Key words:** *seismotectonics, earthquake, seismic, fault, rupture, erosion, magnitude.*

Дизьюнктивные узлы являются важнейшим элементом сейсмогеодинамической системы, поскольку именно в них происходит импульсное излучение упругой энергии, накопленной в блоках земной коры.

Впервые на их повышенную сейсмоактивность обратили внимание В.И. Бунэ, В.М. Рейман [2] В 1969-1992 гг. был опубликован цикл работ по прогнозу мест сильных землетрясений, выполненных под руководством И.М. Гельфанда, Ш.А. Губермана, В.И. Кейлис-Борока, Е.Я. Ранцман [3,4]. Прогноз основывался на морфоструктурном районировании – иерархически упорядоченной модели блокового строения земной коры, выраженного в современном рельефе. Формализованная методика такого районирования разработана Е.Я. Ранцман (1989). Затем многие исследователи применяли понятие “узла” в своих разработках [5,6,7]. К примеру, выделение зон максимально возможных землетрясений на юге Европейской части СССР построено на установлении дизьюнктивных узлов разной категории. При этом оказалось, что наиболее опасными узлами являются пересечения поперечных флексур продольными зонами глубинных разломов, активных в

новейшее время, а также узлы пересечения новейших разломов разных порядков.

Прогноз мест сильных землетрясений опирается на факты расположения эпицентров сильных землетрясений только в окрестностях морфоструктурных узлов, образуемых пересечением линеаментов трех высших рангов, обладающих определенными индикационными признаками. Признаки высокосейсмичных узлов характеризуют интенсивность и контрастность современных тектонических движений, величину блоков, сочлененных в узлах. Выбор индикационных признаков высокой сейсмичности может производиться с помощью алгоритмов распознавания [3].

О.К. Чедия [9] выделяет несколько разновидностей узлов, из которых наиболее сейсмоопасны следующее:

- 1) Места расщепления или виргации разломов;
- 2) Торцовое сочленение разломов;
- 3) Узлы, представленные основным стержневым разломом и ответвляющимся от него дугообразным разломом;
- 4) Узлы, образованные пересечением разломов разных простираний и как правило, разной длительности существования;
- 5) Узлы, образованные пересечением зон краевых разломов, растущими поперечными поднятиями;
- 6) Узлы, образованные кулисно подставляющимися разломами.

В.И. Уломов [10] предложил иной подход к магнитудному ранжированию узлов и сейсмоактивных разломов. В Среднеазиатском регионе были выделены четыре системы пересекающихся разломов разного ранга и оценены среднестатистические величины межзловных расстояний для каждой из этих систем. Они оказались следующими:

$$a = 570 + -110 \text{ км}; b = 270 + -100 \text{ км}; \\ c = 120 + -60 \text{ км и } d = 50 + -15 \text{ км}.$$

Ранжирование этих разломов по сейсмотектоническому потенциалу позволило установить что для дизъюнктивных узлов с расстоянием а соответствует интервал магнитуд  $M = 7,0-8,0$ ; в -  $M = 7,1-7,5$ ; с -  $M = 6,6-7,0$ ; d -  $M = 6,0-6,5$ .

Это означает, что если мы имеем дизъюнктивный узел, в пределах которого произошло землетрясение с определенной магнитудой, то оценив межзловное расстояния и определив на

этом расстоянии однородную ситуацию, мы можем придать этому месту значение магнитуды. При этом считается, что магнитуда землетрясения, уже произошедшего в определенном узле была максимальной.

М.О. Омуралиев подсчитал (устное сообщение), что на Тянь-Шане значение расстояний между линеаментами типа поперечных прогибов или поперечных поднятий находятся в пределах 110-150 км, а между поперечными поднятиями и прогибами – 50-75 км. Расстояние между трансорогенными флексурно-разрывными зонами составляет около 70км.

Если на основании выше приведенных данных считать, что наиболее сейсмоопасными считаются узлы, образованные пересечением поперечных структур с продольными зонами краевых новейших разломов, тогда необходимо признать, что на территории северного Тянь-Шаня имеются в основном узлы с вероятной магнитудой от 6,0 до 7,0 (межзловные расстояния) с и d по классификации [10]. Что касается Верненского землетрясения 1887 года ( $M=7,3$ ), Чиликского землетрясения 1889 года ( $M=8,3$ ), Кеминского землетрясения 1911 года ( $M=8,3$ ) и Суусамырского землетрясения 1992 года ( $M=7,3$ ) то, по всей видимости, они принадлежат к узлам, образованным пересечениями линеаментов более низких порядков.

Такие линеаменты (или сейсмолинеаменты) были выделены А.Р. Ярмухамедовым [8] на территории всей Центральной Азии. По мнению указанного автора, эпицентры сильнейших землетрясений Северного Тянь-Шаня тяготеют к узлам пересечения Северно-Тянь-Шаньского сейсмолинеамента первого ранга (категории) – с секущими сейсмолинеаментами второго ранга – Джергаланский и Южно-Прииссыкульским.

Рассмотрим приуроченность известных сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня к узлам разной категории. При этом мы использовали данные А.К.Трофимова, который на основе дешифрирования космоснимков и детального анализа новейших структур, выделил на этой территории ряд линеаментов. При этом в ряде случаев выделенные линеаменты совпадают с существующими разломами, выделенными геологическими и геофизическими методами. В других случаях они выделены по геоморфологическим признакам (спрямленные участки долин рек, локальные поперечные прогибы и т.д.).

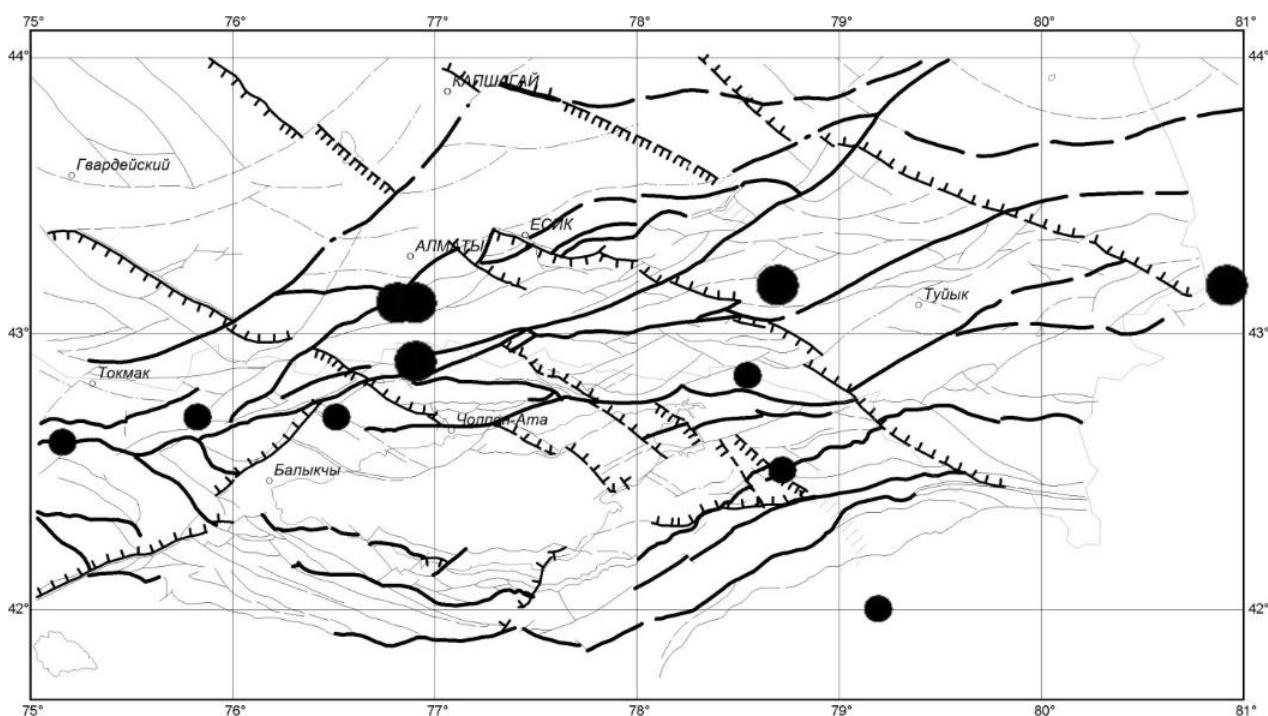
Необходимо также учитывать точность определения эпицентров древних землетрясений,

которая весьма невысока (+/-50м), а также неопределенности в определении ширины линейментных зон.

Данные по параметрам очагов древних сильных землетрясений любезно предоставлены Центром Данных Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Наиболее древнее из известных сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня - Баласогунское, 1475г. с предполагаемой магнитудой 6,4, приурочено к стыку разнопростирающихся структур Залийского и Киргизского хребтов [11], к своеобразному дизъюнктивному узлу,

образованному этими структурами. Приуроченность этого землетрясения может быть связана также и с пересечением здесь новейших краевых разломов разного простирания с поперечным линейментом трансзонального характера, совпадающим с цепочками впадин (поперечное опускание). Условимся, что в таких случаях приоритетным в определении категории или ранга дизъюнктивного узла является узел наименьшего ранга. Таким образом, здесь наиболее вероятно, что возникновение очага землетрясений связано с пересечением поперечного линеймента с новейшими краевыми разломами.



**Рис. 1.** Карта разломов Северного Тянь-Шаня. Черными линиями – краевые разломы, тонкими линиями – прочие новейшие разломы. Черные кружки большего размера – землетрясения с  $M \geq 7,5$ ; меньшего размера – землетрясения  $M 6,5-7,5$ .

Верненское землетрясение 1887 г. ( $M=7,3$ ) и Алматинское землетрясение 1807 г. с вероятной  $M=7,0$  может быть связано с пересечением разноранговых новейших разломов.

Чиликское землетрясение 1889 г. ( $M=8,3$ ) является одним из самых сильных сейсмических событий XIX столетия. Точный эпицентр этого землетрясения неизвестен, хотя макросейсмический эпицентр располагается в долине р. Чилик, примерно в 100 км юго-востоку от города Алматы. Детальные исследования показали [12],

что поверхностный разрыв этого события был не единичным, но образовалась серия из трех разрывов северо-восточного простирания. Расстояние между разрывами составляло 3-5 км. Вероятное место возникновения первоначального разрыва вероятнее всего находится в месте пересечения линеймента северо-западного простирания с продольным разрывом, проходящим вдоль левого борта долины р. Чилик и разрывом, протягивающимся вдоль северного борта хребта Акшолок.

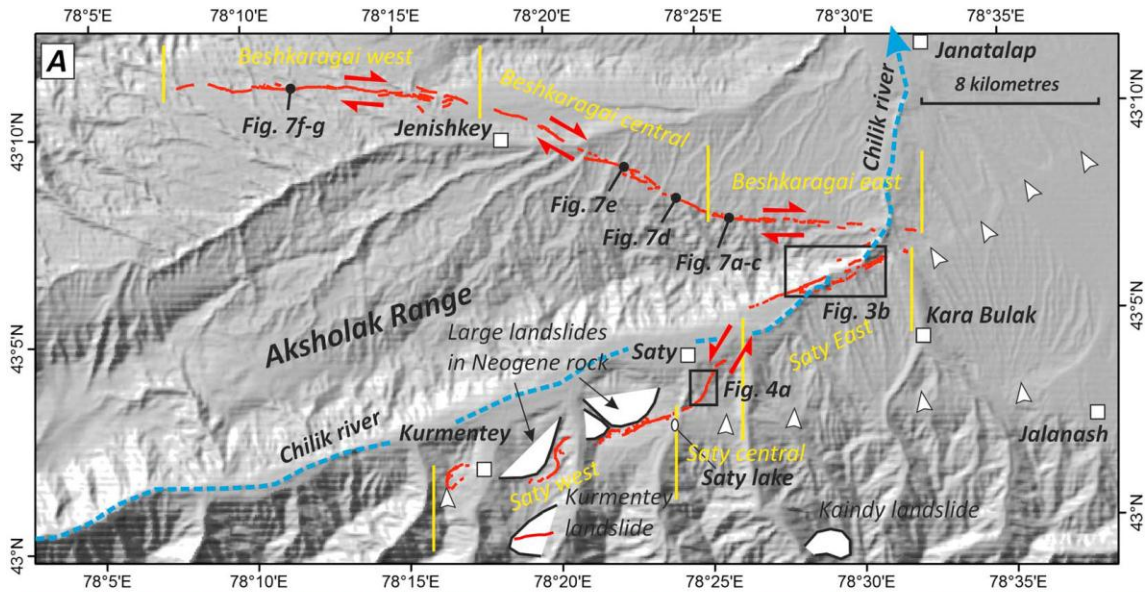


Рис. 2. Вероятное положение эпицентра Чиликского землетрясения 1889 года.

Активные разрывы, по которым произошло смещение, обозначено красными линиями. С севера это Бешкарайский разлом, вдоль долины р. Чилик – восточное окончание разломов Чилико-Кеминской зоны активных разломов.

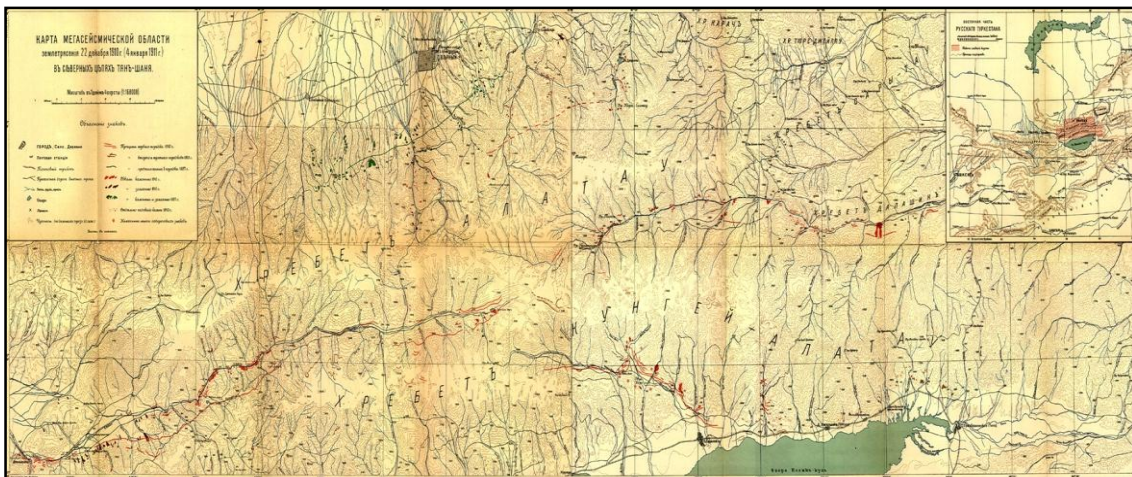


Рис. 3. Карта поверхностных деформаций Кеминского землетрясения 1911 года с  $M=8,3$  [13].

Судя по ситуации, начало вспарывания Кеминского землетрясения 1911 г. ( $M=8,3$ ) произошло в месте сочленения Аксуйского разлома северо-западного простирания, ограничивающего левый борт Аксуйского грабена (Чедия, 1986), тяготеющего к Иссык-Кульской впадине и активного разлома, одного из разломов, составляющих зону Чилико-Кеминского грабена. Кроме того, к этому же участку тяготеет сочленение линеамент северо-западного простирания пересекается с линеаментом север-восточного простирания и соединяются они в зоне примыканий к продольным разломов Кемино-Чиликской зоны.

Кемино-Чуйское землетрясение 1938 года ( $M=6,9$ ) тяготеет к пересечению второстепенных новейших разломов (рис. 1).

Возникновение эпицентров Джаланаш-Тюпского землетрясения 1978 года ( $M=6,6$ ) и Сарыкамьшское землетрясение 1970 г. ( $M=6,5$ ) связывают с узлом, образованным пересечением разломов разных простираний и разной длительности существования [14, 15]. Кроме того, на расположение эпицентра Сарыкамьшского землетрясения могло повлиять также и пересечение линеамента северо-западного простирания с краевым субширотным разломом,

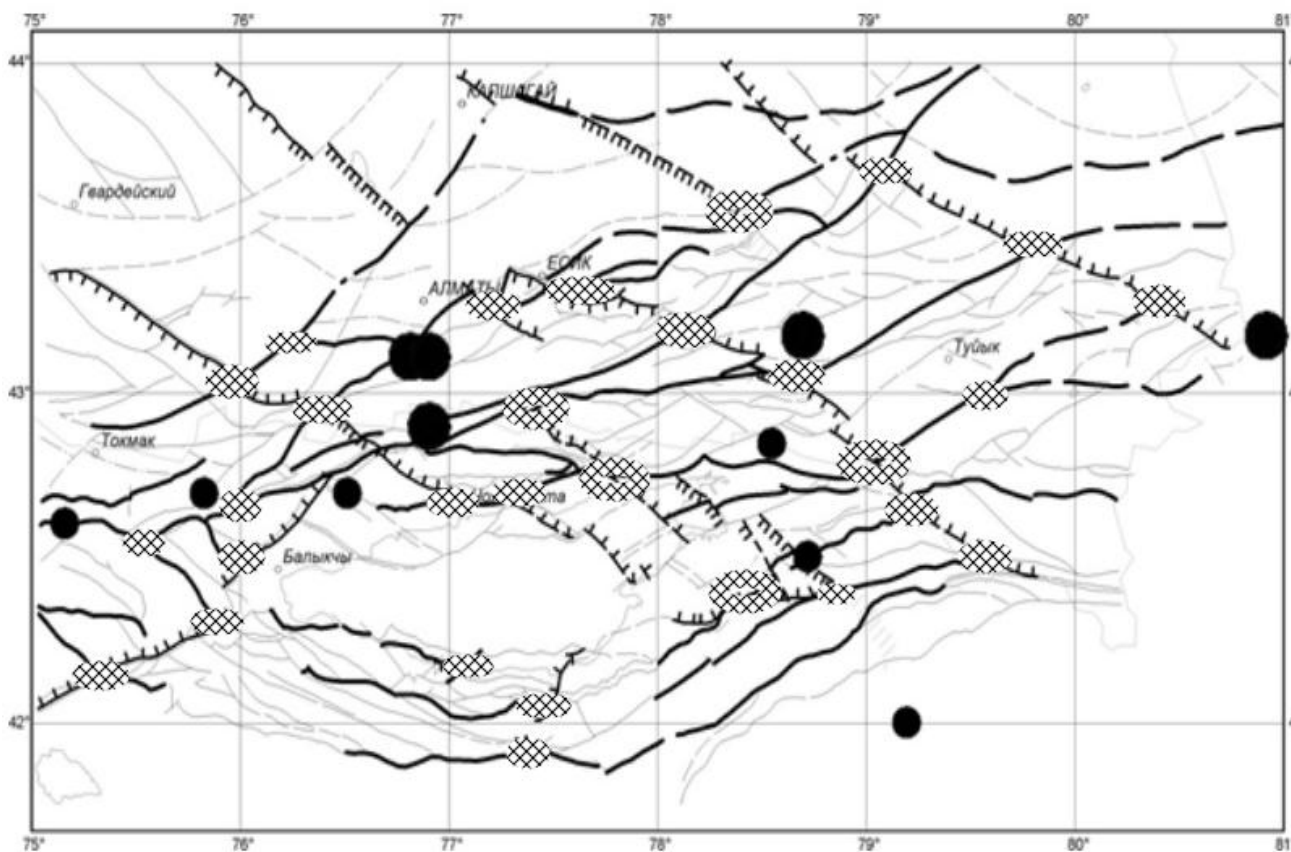
ограничивающим восточную часть Иссыккульской впадины от Терсейского хребта.

И наконец, возникновение Сарыджазского землетрясения 2013 года с  $M=6,5$  также связано с пересечением линеамента северо-западного простирания с краевым субширотным разломом, ограничивающим Кегенскую впадину и Терсейский хребет

Таким образом, рассмотренные выше данные показывают, что наиболее сейсмоопасными являются “тройные сочленения” – пересечения секущих и поперечных линементов с продольными краевыми разломами. К такому узлу приурочено Кеминское 1911 года, Чиликское землетрясение 1889 года. Максимальная магнитуда превышает 8. Также сейсмоопасны пересечения

региональных линементов с краевыми разломами (Кемино-Чуйское, 1938 года; Верненское 1887 года и др.). Возможная максимальная магнитуда до 7,5. Менее сейсмоопасны пересечения краевых разломов и пересечения краевых разломов с второстепенными разломами (Сарыкамышское 1970 г., Джаланаш-Тюпское 1978 г.). Магнитуда может достигать 6,6.

После установления таких связей мы можем перейти к следующей стадии, которая заключается в том, что при выявлении на территории Северного Тянь-Шаня условий подобных тем, где уже возникли очаги сильных землетрясений, появляется возможность экстраполировать значения максимальных магнитуд на новые узлы. Результаты такой экстраполяции представлены на рисунке 4.



**Рис. 4.** Карта дизъюнктивных узлов Северного Тянь-Шаня (эллипсы со штриховкой). Эллипсы большего размера – возможные эпицентры землетрясений с  $M = 7.5$  и более; эллипсы меньшего размера – 6,6 - 7,5.

Таким образом, выявление дизъюнктивных узлов на территории Северного Тянь-Шаня позволяет наметить положение потенциальных мест возникновения очагов сильных землетрясений в будущем и определить их возможную

максимальную магнитуду. Это также позволит уточнить оценку сейсмической опасности указанной территории и повысить надежность составляемых карт сейсмического районирования.

**Литература:**

1. Губин И.Е. Сеймотектонический метод сейсмического районирования. Труды Геофиз. института АН СССР, 1950. - №3. - С. 36-73.
2. Бунэ В.И., Рейман В.М. К сеймотектонической характеристике центральной части Таджикской депрессии. Труды Инс-та сейсмологии и сейсмостойкого строительства. - Душанбе: Дониш, 1960. - Т. 7.
3. Губерман И.М., Губерман Ш.А., Извекова М.Н., В.И. Кейлис-Борок, Ранцман Е.Я. О критериях высокой сейсмичности / Доклады АН СССР, Геофизика, 1972. - Т. 202. - №6. - С. 1436-1440.
4. Губерман И.М., Губерман Ш.А., Извекова М.Н., В.И. Кейлис-Борок, Ранцман Е.Я. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений 1., Памир, Тянь-Шань. - Сборник "Вычислительная сейсмология". - Вып. 6. - М.: Наука, 1973.
5. Ранцман Е.Я. Места землетрясений и морфоструктура горных стран. - М.: Наука, 1979. - 160 с.
6. Рейснер Г.И. Геологические методы оценки сейсмической опасности. - М.: Недра, 1980. - 174 с.
7. Ибрагимов Р.И., Садыков Ю.М., Кадыров М.М. и др. Сеймотектоника некоторых районов Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1980. - С. 84-88.
8. Ярмухамедов А.Р. Позднеплейстоценовой (молодая и современная) тектоническая активность земной коры Западного Тянь-Шаня и ее связь с сейсмичностью. Автореф. дисс. докт.геол.-мин.н., 1991. - 35 с.
9. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1986. - 313 с.
10. Уломов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. - Вып. 1. - Москва, 1993. - С. 24-44.
11. Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н. Сеймотектоническая позиция Баласагунского землетрясения XV в. в Северном Тянь-Шане. - Бишкек, Илим, 1996.
12. Abdrakhmatov, K.E., R.T. Walker, G.E. Campbell, A.S. Carr, A.Elliott, C.Hillemann, J.Hollingsworth, A.Landgraf, D. Mackenzie, A.Mukambaev, M.Rizza, and R.A. Sloan. Multisegment rupture in the 11 July 1889 Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3), Kazakh Tien Shan, interpreted from remote sensing, field survey, and paleoseismic trenching, 2016, J. Geophys. Res. Solid Earth, 121.
13. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1911 г. (4 января 1911 г.). Труды Геологического комитета. Новая серия. 1914. - Вып. 89. - СПб. - 256 с.
14. Жаланаш-Тюпское землетрясение 25 марта 1978 г. - Алма-Ата: Наука, 1981. - с. 72-75.
15. Кнауф В.И., Кузнецов М.П., Нурманбетов К., Христов Е.В., Шилов Г.Г. Домезозойские структуры и сейсмичность Киргизии. - Фрунзе: Илим, 1981.-74 с.

**Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Муралиев А.М.**