

УДК550.34

Абдрахматов К.Е., Джумабаева А.Б.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан

## СЕГМЕНТАЦИЯ КЕМИНО-ЧИЛИКСКОЙ ЗОНЫ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ

**Аннотация:** В статье показана сегментация Кемино-Чиликской зоны разломов и взаимоотношения между «сейсмогенерирующими» сегментами и сегментами, выделенными на основе других критериев (геологических, структурных и др.). Показано, что сейсмогенерирующие сегменты не совпадают по протяженности и местоположению с сегментами, выделенными по структурным признакам. Кроме того, последние заведомо протяженнее, чем сейсмогенерирующие сегменты.

**Ключевые слова:** зона активных разломов, сегментация, Кемино-Чиликский разлом.

## АКТИВДҮҮ КЕМИН-ЧИЛИК ЖАРАКА ЗОНАСЫН СЕГМЕНТКЕ БӨЛҮҮ

**Кыскача мазмууну:** Макалада Кемин-Чилик активдүү зонадагы жаракалардын сегментациясы жана алардын бири бирине кандайча таасир тийгизиши тууралуу маселе каралат. Күчтүү жер титирөөлөрдү жараткан сегменттер өзүнүн түзүлүшү жана узундугу менен башка сегменттерден айырмаланат.

**Негизги сөздөр:** кыймылдуу жараңкалар тилкеси, сегментация, Кемин-Чилик жараңкасы.

## SEGMENTATION OF THE KEMIN-CHILIK ACTIVE FAULT ZONE

**Abstract:** The segmentation of Kemin-Chilik zone of active faults and relationship between seismogenic and segments which divided with another criteria (geological, structural etc.) are shown. Seismogenic segments are not coincide with another ones on lengths and place. Besides last ones more continued then fist ones.

**Key words:** active fault zone, segmentation, Kemin-Chilik fault.

Исследователи стремились выделять отдельные сегменты у многих разломов. В отсутствие исторических разрывов по этим разломам они использовали различные типа «статичных» (т.е. не зависящих от времени) геометрических, структурных, геофизических и геологических критериев, чтобы разделить их на «сегменты». При этом возникают две проблемы [1]. Первая связано с терминологией. Термин «сегмент» был первоначально основан на наблюдаемых исторических поверхностных разрывах. Во время более поздних исследований, большинство «сегментов» были определены на основе статичных геологических и структурных критерий. При этом считалось, что такие образования могут остановить распространение будущих очаговых разрывов. Например, зона разлома Сан-Андреас была разделена на сегменты, по меньшей мере, четырьмя авторами, которыми число «сегментов» изменялось от 4 до 782, что соответствовало средней протяженности сегментов от 245 км до 1,2 км.

Вторая проблема связана с тем, что в публикациях не всегда описывается основание для сегментации разломов, а если она приводится, то для выделения сегментов используется недостаточное число параметров или неподходящие параметры.

Как указывалось выше, в отсутствии наблюдаемых или логически установленных признаков поверхностных разрывов, разломы могут разделяться на отрезки на основе разнообразных статических геометрических или геологических критериев. Если называть эти отрезки «сегментами» то нужно ясно указать, к какому типу сегментов они относятся и на каком основании они выделены. Поэтому термин «сегмент разлома» можно использовать как общий термин для отрезков разлома, выделенных на основе статических геологических критериев, в отличие от «сейсмогенерирующих сегментов». В чисто описательных целях для этих отрезков более предпочтительным может быть термин «участок разлома», применение которого должно сопровождаться обсуждением того, как описательные участки могут соотноситься с сейсмогенерирующими сегментами.

Большинство протяженных активных разломов при больших исторических землетрясениях вскрылись только частично. Поверхностные разрывы заканчиваются там, где наблюдаются геометрические или структурные изменения в зоне разлома, что может дать основание для предположения - разломы разбиты на устойчивые участки, периодически охватываемые очагами (очаговыми разрывами) отдельных сильных землетрясений, выходят на земную поверхность. Согласно этим предположениям, очаговый разрыв в пределах длинной зоны разлома всегда будет располагаться в пределах отдельного сегмента разлома, в котором он зародился, следовательно сегменты должны быть *устойчивыми*.

Отдельные участки разломов вышедшие на поверхность, по которым явно, два или более раз, произошли подвижки, на полном основании могут именоваться *сейсмогенерирующими сегментами* [1].

Рассмотрим особенности сегментации одной из наиболее активных зон Тянь-Шаня в приложении к оценке сейсмической опасности.

Кемино-Чиликская левосторонняя транспрессионная зона (рисунок 1), является важнейшей структурной линией Северного Тянь-Шаня, которая активизировалась, вероятно, с позднего плиоцена и наследует зону разломов, развивавшуюся в позднем палеозое - мезозое. Она контролирует структуру всей горной системы между Иссык-Кульской впадиной и Казахским щитом и как бы уравнивает правосдвиговые смещения по разломам С-З простирания, в частности по Таласо-Ферганскому. В центральной части от нее ответвляется Аксуйская подзона разломов, косо секущая поднятие Кунгейского хребта.

Характерной чертой указанной зоны является концентрация очагов сильнейших землетрясений Центральной Азии. Серия сейсмических катастроф началась с Верненского землетрясения 1887 г. с  $M_s=7.3\pm 0.5$ , охватившего окрестности Алма-Аты (Верного), за которым вскоре последовало Чиликское землетрясение 1889 г. с  $M_s=8.3\pm 0.5$ . Затем, в 1911 г. произошло Кеминское (Кебинское) землетрясение с  $M_s=8.2\pm 0.3$ . По-видимому, завершающим в этой серии было Кемино-Чуйское землетрясение 1938 г. с  $M_s=6.9\pm 0.5$ . Три последних события отражают разрядку напряжений в направлении с востока на запад вдоль Кемино-Чиликской зоны разломов.

В целом, исходя из структурных предпосылок, в пределах описываемой зоны Северного Тянь-Шаня можно, выделить четыре крупных отрезка разломов, которые отграничивают Кунгейское новейшее поднятие от области новейшего опускания- Иссыкульская впадины. Средняя протяженность каждого отрезка составляет около 55-100 км. Если каждый из этих отрезков (сегментов) разломов является сейсмогенерирующим, то максимальная магнитуда землетрясений, которые возможны в их пределах может составлять 7,5 и выше [3]. Объединение двух или более сегментов может привести к возникновению катастрофического землетрясения с  $M$  более 8.

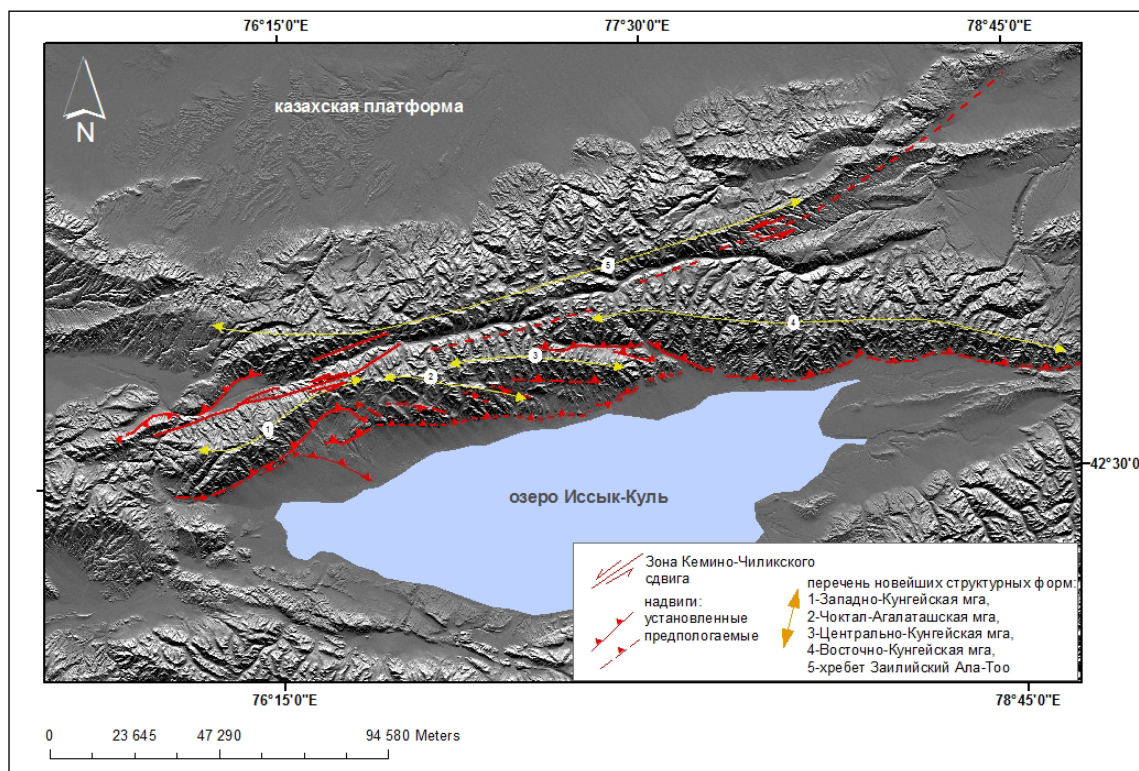


Рис. 1. Схема активных разломов Северного Тянь-Шаня

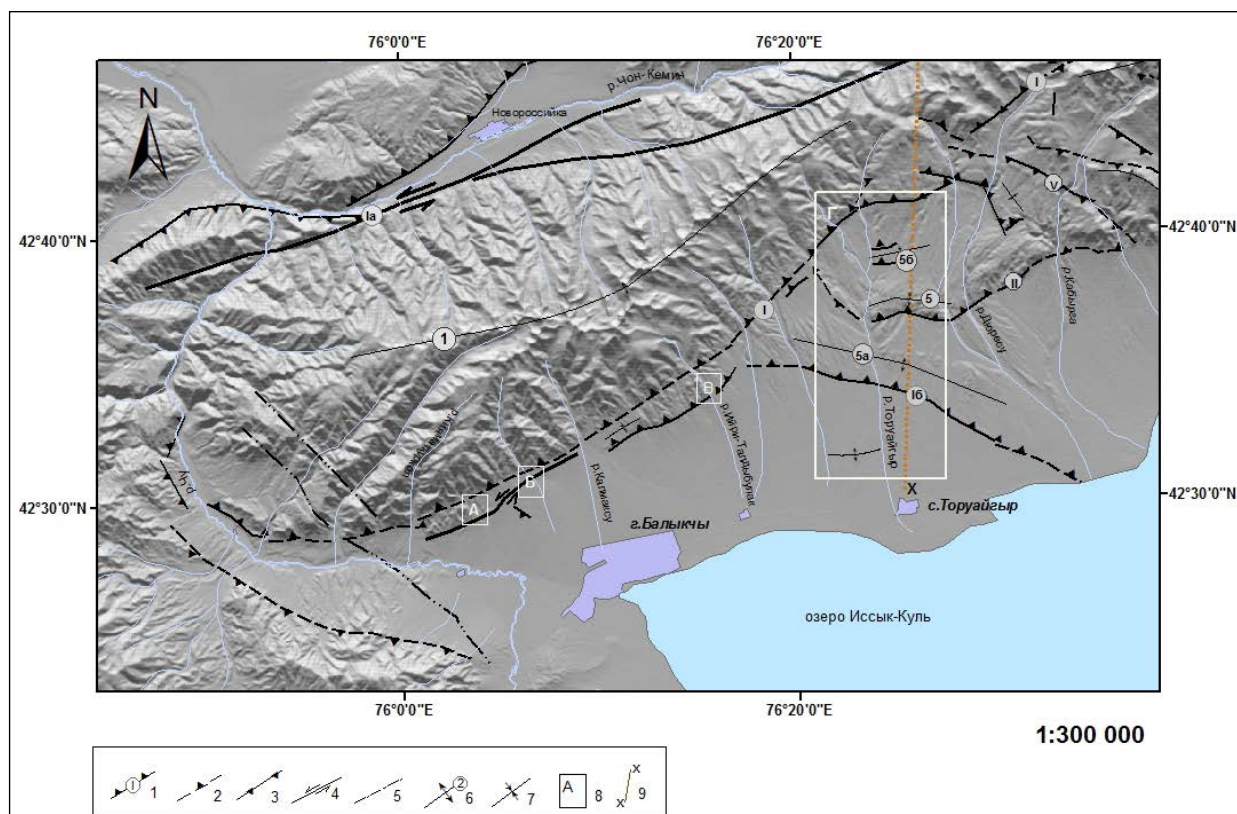
Попробуем сопоставить эти отрезки с активными разломами этой зоны. В качестве активных разломов нами рассматриваются нарушения, отчетливо выраженные в рельефе в виде прямолинейных, дугообразных или фестончатых прямых или обратных уступов протяженностью в сотни метров - километры и высотой в первые метры, иногда - в первые десятки метров, которые пересекают и смещают мелкие формы рельефа и поверхности выравнивания голоценового (позднечетвертичного) возраста, а также синхронные им отложения.

Что касается малоамплитудных криповых перемещений по зонам разломов, то в настоящее время данные, позволяющие уверенно говорить о наличии таких смещений, отсутствуют. Результаты повторных геодезических наблюдений, проводившихся в ряде районов [4] свидетельствуют, скорее, о региональных деформациях, нежели о крипе, сосредоточенном именно в плоскости разрыва. Поэтому мы рассматриваем выделенные активные разломы, отчетливо выраженные в рельефе в виде уступов или горизонтальных сдвигов, как сейсмогенные, т.е. образовавшиеся в результате резких смещениях при сильных землетрясениях, в промежутках между которыми существенных смещений не происходило. В ряде случаев это однозначно подтверждается характером деформаций отложений в зонах разломов, вскрытых траншеями [5].

Сопоставление новейших разломов с активными сегментами позволяет выделить в протяженных зонах отдельные отрезки, которые могут быть сопоставлены с крупными сейсмическими событиями. Например, новейший Тогузбулакский разлом, который ограничивает с юга Западно-Кунгейскую мегантиклиналь, имеет явные признаки активности в районе северо-восточнее г.Балыкчы, в междуречье Кыяматкуркол-Калмаксу, по долине рек Сарыбулак и Ийри-Талдыбулак, где закартированы смещения на пролювиальной позднеплейстоценовой поверхности ( $Q_{III}^2$ ) (участок А- Б- В; на рисунке 2) [3,6].

Нужно отметить, что имеются также и участки, где признаки активности не наблюдаются. Отсутствие таких признаков может рассматриваться либо, как затухание поверхностного выражения сейсмогенного разрыва, либо, как признак окончания разрыва, связанного с границами сегмента.

В условиях сильно расчлененного рельефа с активно развивающимися склоновыми процессами, зачастую невозможно проследить сейсмогенный разрыв, что связано с изменчивостью величины смещения по простиранию (рисунок 3) [7]. Такая изменчивость характерна для сейсмогенных разрывов и может привести к тому, что на малоамплитудных участках разрыв либо не сохранялся, либо, как произошло при Суусамырском землетрясении 1992 г., проявится на дневной поверхности на отдельных коротких отрезках в виде разрывов со значительной амплитудой, разделенных многокилометровыми промежутками [8].



**Рис.2.** Цифровая модель рельефа Западно-Кунгейской мегантиклинали. 1-надвиги установленные; 2-надвиги предполагаемые; 3-взбросы; 4-сдвиги; 5-прочие разломы; 6-оси антиклинали; 7-оси синклинали; 8-исследованные участки.

Если принимать эти отрезки за поверхностные разрывы образовавшийся при отдельных землетрясениях (сейсмогенерирующие сегменты), то может произойти занижение максимальной магнитуды возможных сейсмических событий. Следовательно, необходимо провести исследования, позволяющие датировать возраст подвижек, чтобы избежать ошибок.

Если же окончание отрезка разлома является границей сегмента, то необходимо решить вопрос о том, является ли эта граница устойчивой, постоянной или же она временная и контролирует только несколько последовательно возникающих (во времени) разрывов в течение коротких периодов эволюции разлома, но не до и не после этих периодов. Если же эти границы неустойчивы, то концепция сегментации разрывов становится неприемлемой для оценки сейсмической опасности, поскольку невозможно определить – сколько сегментов в данный временной отрезок эволюции разлома могут объединиться и породить сейсмическое событие.

Хорошая возможность рассмотреть взаимоотношения сейсмогенерирующих сегментов с участками разлома, представлялась при изучении поверхностной сегментации разрыва, возникший при Кеминском землетрясении 1911 года [9].

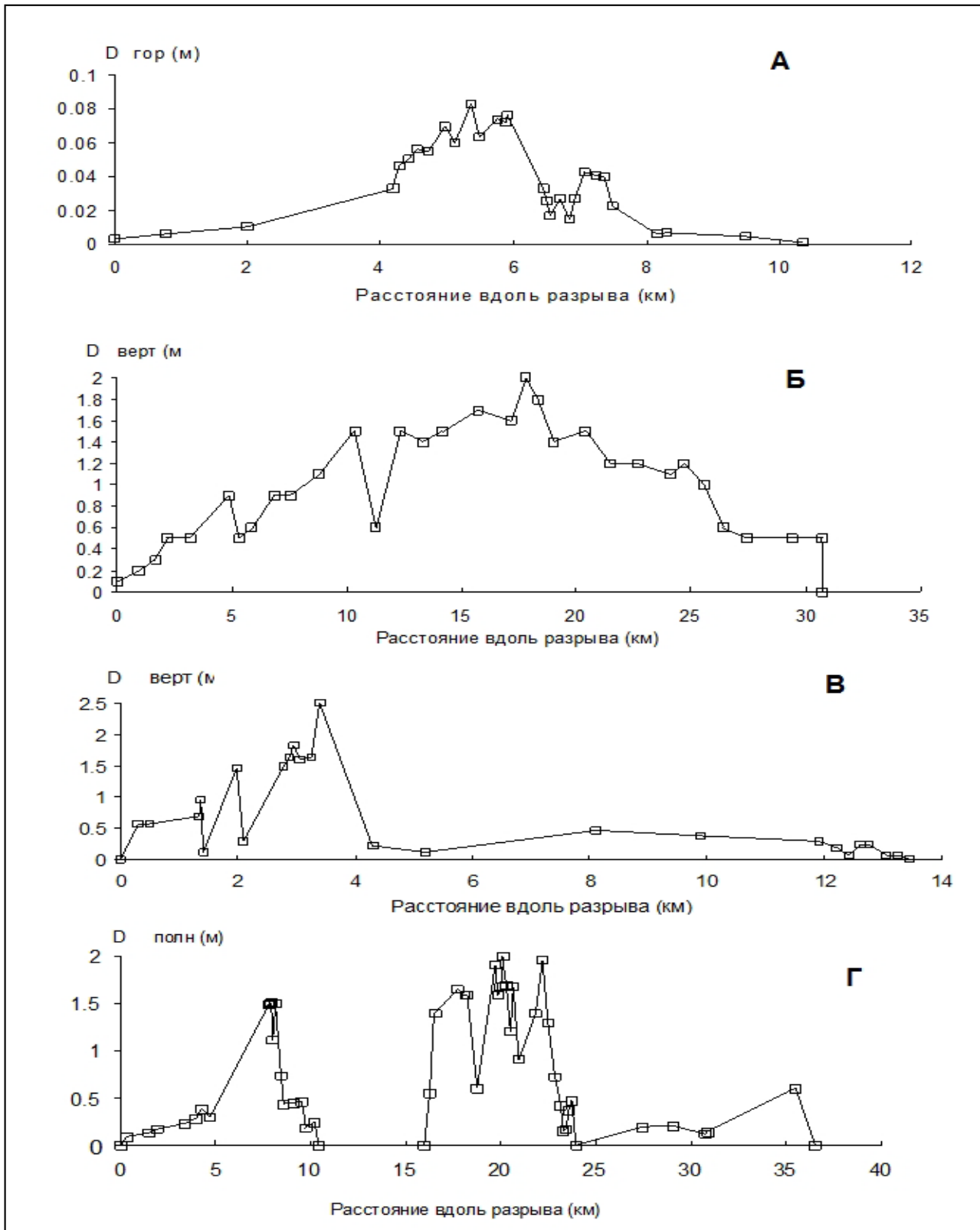
Предшествующими исследованиями [5] было выявлено, что поверхностный разрыв Кеминского землетрясения 1911 года с  $M_s=8.2\pm 0.3$  имел протяженность около 300 км, при этом отчетливо выделилось 6 сегментов разной протяженности (см. таблицу 1).

Но если теория сегментации верна, то исторические поверхностные разрывы должны быть приурочены к сегментам разломов, которые можно распознавать на основе структурных, геологических и геометрических критериев. Рассмотрение сегментов, ограничивающих новейшую Кунгейскую структуру как с юга, т.е. со стороны Иссык-Кульской впадины, так и с севера, со стороны Чилико-Кеминского грабена показывает, что сейсмогенерирующие сегменты, не совпадают по протяженности и местоположению с сегментами, выделенными по структурным признакам. Кроме того, последние заведомо протяженнее, чем сейсмогенерирующие сегменты и, что важно, не имеют соответствующих аналогов с северной стороны.

Таким образом, Кеминское землетрясение объединило в Кемино-Чиликской зоне 6 сегментов, имеющих разные протяженности, каждый из которых, по-видимому, может самостоятельно порождать сейсмические события разной силы.

**Таблица.1.** Поверхностных разрывов Кеминского землетрясения 1911 г. и соответствующих сегментов разломов, активизировавшихся при этом событии.

СЕГМЕНТЫ	Длина разрывов, описанных в 1911г. [9]	Длина разрывов, прослеженных нами [5] и уверенно или предположительно относящихся к землетрясению 1911 г.			Общая протяженность сегмента зоны разлома (км).
		Всего	Описанные в работе [7]	Ранее не описанные	
Джилль-Арыкский	9	9	9	0	20
Нижне-Чон-Кеминский, Левобережный	48	20	20	0	62
Нижне-Чон-Кеминский, Правобережный	2	18	2	16	40 (80)
Верхне-Чон-Кеминский Чиликский	46	3,5	3,5	0	66
Чон-Аксуйский	20	32	20	12	40
Аксуйский	34	14	14	0	34
ВСЕГО	159	96.5	68,5	28	262 (302)



**Рис. 3.** Разрывы, образовавшиеся при землетрясениях 22.02.1984 г. в Туркмении (А), 14.10.1968 г. в Австралии (Б), в Новой Зеландии 02.03.1987 г. (В), Спитакском землетрясении 07.12.1988 г. в Армении (Г) (Стром, 1999).

**Литература**

1. Палеосейсмология. Коллектив авторов; под ред. Джеймса П. Мак Калпина: в 2-х томах. Том 2. Пер. с англ. И. А. Басов, И. Ю. Лободенко, А. Л. Стром; предисл. к рус. изд. и науч. ред. А. Л. Стром. – М.; Научный мир, 2011.- 400 с.
2. Чедия, О. К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. – 316 с.
3. Джумабаева А. Б. Сеймотектоника и сейсмическая опасность Северного Прииссыккуля. дис. канд. геол.-мин. наук: 25.00.01 – Бишкек, 2012. – 133 с.
4. Абдрахматов К.Е., Цурков В.Е. Современные движения земной коры и сейсмичность. Бишкек, Илим, 1992.- 102 с.
5. Delvaux D., Abdrakhmatov K.E., Lemzin I.N., and Strom A.L. Landslides and surface breaks of the 1911, M 8,2 Kemin earthquake, Kyrgyzstan. Russian geology and geophysics, 2001.- vol.42.- № 10.-P. 1667-1677
6. Корженков А. М., Абдиева С.В., Джумабаева А.Б. и др. Сильные исторические землетрясения на северо-западе Иссык-Кульской впадины (Северный Тянь-Шань) Геология и геофизика. – 2011. -Т. 52.- №9. – С. 1276-1286.
7. Стром А. Л., Никонов А. А. Распределение смещений вдоль сейсмических разрывов и учет неравномерности подвижек при палеосейсмологических исследованиях // Вулканология и сейсмология.- 1999. - №6 - С. 47-59.
8. Богачкин, Б. М. , Корженков А. М., Мамыров Э. М. и др. Структура очага Суусамырского землетрясения 1992 года на основании анализа его геологических и сейсмологических проявлений // Физика Земли.- 1997.- №11. - С.3-18.
9. Богданович, К. И., Кларк И. М., Корольков Б. Я. и др. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1911 г. (4 января 1911 г.) // Тр. Геол. комитета. Новая серия. 1914. – Вып. 89. – СПб. – 256 с.