

УДК 550.34

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

## СЕЙСМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА

### Аннотация

Изложены научно-методические и практические основы стратегии обеспечения сейсмической безопасности.

**Ключевые слова:** Сейсмоактивный блок, иерархия блоков, повторяемость землетрясений, цифровая станция, сейсмическая безопасность, сейсмическая опасность, пиковая ускорение, пиковая скорость, максимальная интенсивность, вероятность ожидания землетрясений.

## КЫРГЫЗСТАНДЫН АЙМАГЫНЫН СЕЙСМИКАЛЫК КООПСУЗДУГУ

### Кыскача мазмуну

Сейсмикалык коопсуздукту камсыздоо стратегиясынын илимий-усулдук жана практикалык негиздери баяндалган.

**Негизги сөздөр:** Сейсмикалык активдүү блок, блоктордун иерархиясы, жер титирөөлөрдүн кайталанышы, санариптик станция, сейсмикалык коопсуздук, сейсмикалык коркунуч, эң жогорку ылдамдануу, эң жогорку ылдамдык, максималдык интенсивдүүлүк (күч), жер титирөөлөрдүн күтүү ыктымалдыгы.

## SEISMIC SAFETY OF THE TERRITORY OF KYRGYZSTAN

### Abstract

Scientific and methodological, and practical bases of the strategy of seismic safety provision are expounded.

**Keywords:** Seismically active block, block hierarchies, earthquake recurrences, seismic station, seismic safety, seismic hazard, peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV), maximum intensity, probability of earthquake's expectation.

### Введение

Сейсмическая безопасность - это состояние защищённости населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей, возникающих в результате землетрясений. Состояние защищённости достигается путём выполнения правовых норм, инженерно-технических, сейсмостойких и сейсмозащитных требований, достоверной оценки сейсмической опасности, уязвимости объектов и сейсмического риска, а также проведения соответствующих мероприятий по стратегии безопасности. Обеспечение безопасности людей, социально-экономических и экологоуязвимых объектов

представляются на сегодня наиболее актуальными проблемами. Сейсмическая безопасность является составной частью национальной безопасности страны.

В современных экономических условиях Кыргызстана не всегда выполняются требования сейсмостойкости зданий и объектов различного назначения. Примером этому являются разрушения зданий и сооружений впоследствии землетрясений последних лет. Так, 25 декабря 2006 года произошло Кочкорское землетрясение с интенсивностью  $I_0=7$  баллов в девятибалльной Южно-Кочкорской сейсмической зоне (Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики, 2011 г.), в результате которого многочисленные здания получили повреждения. 5 октября 2008 года произошло землетрясение Нура интенсивностью  $I_0=8$  баллов в девятибалльной Заалайской сейсмической зоне. Во время данного землетрясения было полностью разрушено село Нура и имелись человеческие жертвы (рис. 1). 17 ноября 2015 года произошло Талдыкское землетрясение с интенсивностью  $I_0=7$  баллов в девятибалльной Мадынской сейсмической зоне. При этом отмечались разрушения зданий в населённых пунктах, расположенных восточнее города Ош. Эти примеры показывают, что, во-первых, не были выполнены требования сейсмостойкого строительства, во-вторых, при составлении карты сейсмического районирования по традиционной методике оценена только повторяемость землетрясений максимально возможных и редких интенсивностью в 9-10 баллов, а повторяемость частых землетрясений  $I_0=6-8$  баллов не определялась. Обычно на традиционных картах сейсмического районирования сейсмогенерирующие зоны выделяют с малой точностью и с приблизительной максимальной магнитудой  $M_{max}$  (или  $K_{max}$ ) - соответствующей интенсивностью (в баллах).



Рис. 1. Полное разрушение населённого пункта Нура впоследствии землетрясения 05.10.2008 г.,  $K=14.8$ ,  $I_0=8$  баллов (фото Омуралиева М., Ормукова Ч.).

Однако в пределах этих зон часто происходят землетрясения с магнитудой  $M < M_{max}$  и последствия (социально-экономические, экологические ущербы) таких "неучтённых" землетрясений достаточно большие. Так, например, Суусамырская

сейсмогенерирующая зона, где в 1992 г. произошло землетрясение с  $M=7.3$ ,  $I_0=9-10$  баллов, не выделялась до 90-х годов прошлого века.

В последние годы зарубежные исследователи [1-3] составляют многочисленные неравнозначные карты сейсмической опасности Тянь-Шаня с помощью различных компьютерных программ и использованием различных исходных фактических данных, при этом практически не учитывая природы и механизма землетрясений в области горообразования Тянь-Шань. Вышеотмеченные пробелы обусловлены тем, что на сегодня отсутствуют государственная стратегия обеспечения сейсмической безопасности страны и закон по сейсмозащите.

Изучение современного материала по сейсмическому районированию и оценки сейсмической опасности территории Тянь-Шаньского орогена показало, что наиболее достоверная оценка сейсмической опасности и уязвимости строящихся объектов может быть достигнута на основе: 1- точных данных о землетрясении, которые можно получить с помощью цифровых сейсмических сетей; 2 - применении закона повторяемости Гутенберга-Рихтера; 3 - познаний природы и механизма очага землетрясений в связи с иерархией активных структур Тянь-Шаня; 4 - закона затухания пикового ускорения в пределах конкретной сейсмогенной зоны. В связи с этим, нами предложен новый подход по дифференцированной оценке сейсмической опасности.

### Дифференцированная оценка сейсмической опасности

Целью дифференцированной оценки сейсмической опасности является составление серии (слоев) карт среднего времени повторения землетрясения и вероятности возникновения сейсмособытия каждого энергетического класса (магнитуды) с интенсивностью  $I_0 = 6$  баллов и далее 7, 8, 9, 10 и т.д. в каждом иерархическом уровне активных блоков с учётом ежегодного пополнения каталога землетрясений данными, полученными в результате обработки материалов цифровых сейсмических станций (рис. 2) [4-7].

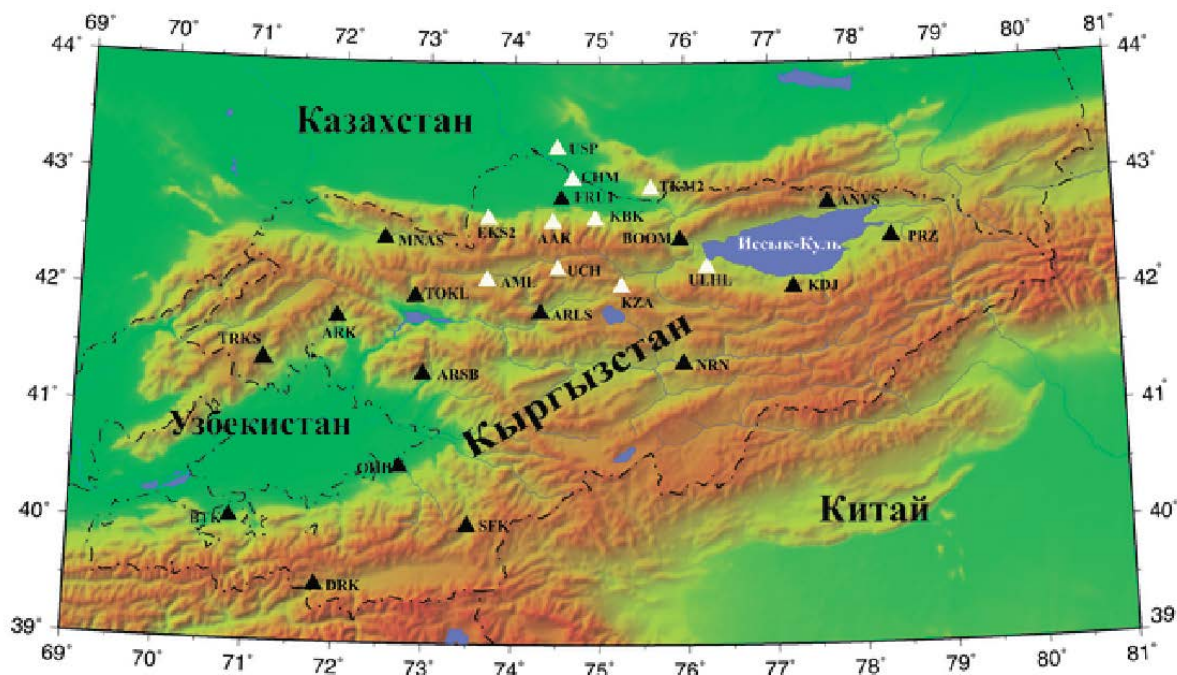


Рис.2. Расположение цифровых сейсмических станций на территории Кыргызстана сети KNET (ИС РАН) - белые треугольники, и сети KRNET (ИС НАН КР) - чёрные треугольники (<http://seismo.kg/ru/sejsmicheskie-stantsii>).

При этом базовыми данными являются серии карт иерархии активных блоков и закон Гутенберга-Рихтера в этих отдельно взятых блоках за определённый период времени, а также экспериментально утверждённый факт, что отдельно взятому значению с интенсивностью  $I_0$  (энергетического класса  $K$ , магнитуды  $M$ ) соответствуют определённые значения пикового ускорения и пиковой скорости колебаний (табл.1) [8-11].

Таблица 1.

Интенсивность, балл	Пиковое ускорение, % g и см/сек <sup>2</sup>	Пиковая скорость, см/сек
I	<0,17 и < 1,6	<0,1
II - III	0,17 -1,4 и 1,6 - 13,7	0,1 -1,1
IV	1,4 – 3,9 и 13,7 - 38,2	1,1 – 3,4
V	3,9 – 9,2 и 38,2 - 90,2	3,4 – 8,1
VI	9,2 – 18 и 90,2 - 176,6	8,1 - 16
VII	18 – 34 и 176,6 - 333,5	16 – 31
VIII	34 – 65 и 333,5 - 667	31 – 60
IX	65 – 124 и 667 - 1216	60 – 116
X	>124 и >1216	>116

Область горообразования Тянь-Шаня представляет собой иерархически построенную “мозаику” блоков со свойственным структурно-вещественным строением и геодинамическим преобразованием [12-15]. Литосферы Таримской плиты и Казахского щита поддвигаются под литосферу Тянь-Шаня (рис. 3).

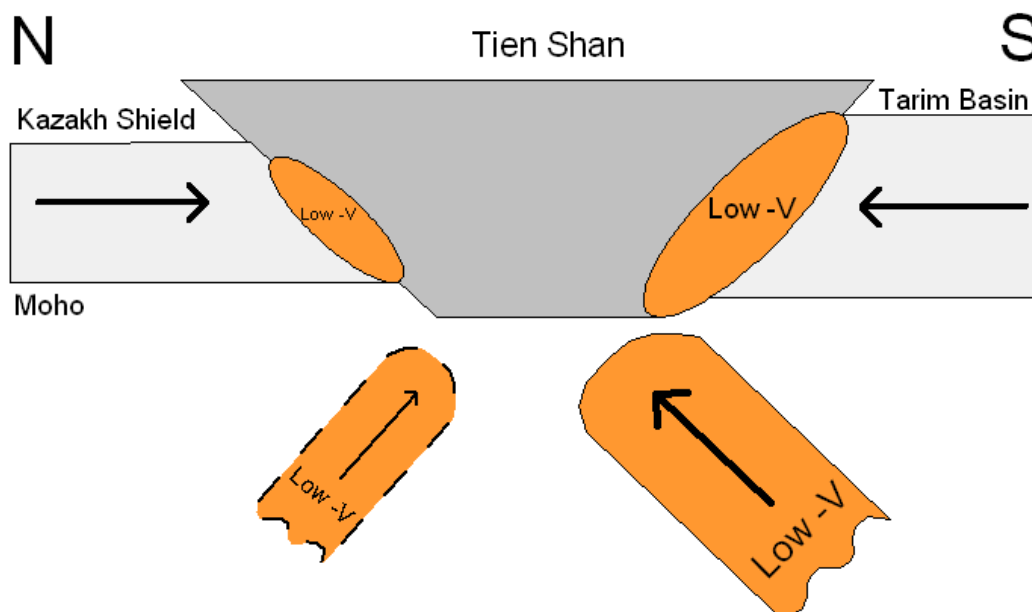


Рис. 3. Модель поддвигания литосферы Казахского щита и Таримской плиты под Тянь-Шань [16].

Тянь-Шань, ограниченный с юга областью горообразования Памира и плиты Тарима, а с севера - Казахским щитом и Туранской плитой, является блоком первого порядка (рис. 4). Данный блок делится секущими Таласо-Ферганским и Джунгарским региональными разломами северо-западного простирания и сдвигового характера на Западный, Центральный и Восточный блоки второго порядка, относительно малого



размера (рис. 5). Западный блок Тянь-Шаня состоит из блоков третьего порядка. Это Гиссаро-Алай (южный), Курама-Чаткал (срединный), Каржантау-Пскем (северный) блоки, которые разделены системами впадин (с юга на север), а именно: Таджикско-Алайской, Ферганской и Ангрэн-Чаткальской (рис. 6). Центральный блок Тянь-Шаня состоит (в пределах системы поднятий) из блоков третьего порядка: Атбаша – Кокшаал (южный), Молдоттоо-Терскей-Сарыджаз (срединный), Кыргызтоо-Кунгей-Кетмень (северный) блоки, ограниченных системами следующих впадин (с юга на север): Кыркы-Таушкандарьянской, Алабуга-Нарын-Иньльческской, Талас-Иссык-Куль-Текеской, Чу-Илийской. Восточный блок состоит из трёх блоков третьего порядка. В свою очередь, блоки третьего порядка разделены на блоки четвёртого (рис. 7), пятого порядка (рис. 8) и т.д. Количество блоков четвёртого порядка в Западном блоке Тянь-Шаня (второго порядка) составляет 25, в Центральном блоке Тянь-Шаня - 36, в Восточном блоке – 20.

Основными структурными единицами блоков четвёртого порядка являются зоны устойчивых поднятий (хребты-поднятия) и разделяющие их зоны устойчивых опусканий (впадины - прогибания). Границы этих зон представлены, как правило, унаследованными краевыми разломами. Геометрия разломов, в целом имеющих падение под ограничивающие впадины хребты, меняется с глубиной (по падению) - разломы имеют множество перегибов. Характерной чертой развития активных структур является динамическая сегментация разломов и динамическая секторизация поднятий и впадин. Структурными единицами блоков пятого порядка являются зоны инверсионных высоких и низких предгорий на крыльях впадин.

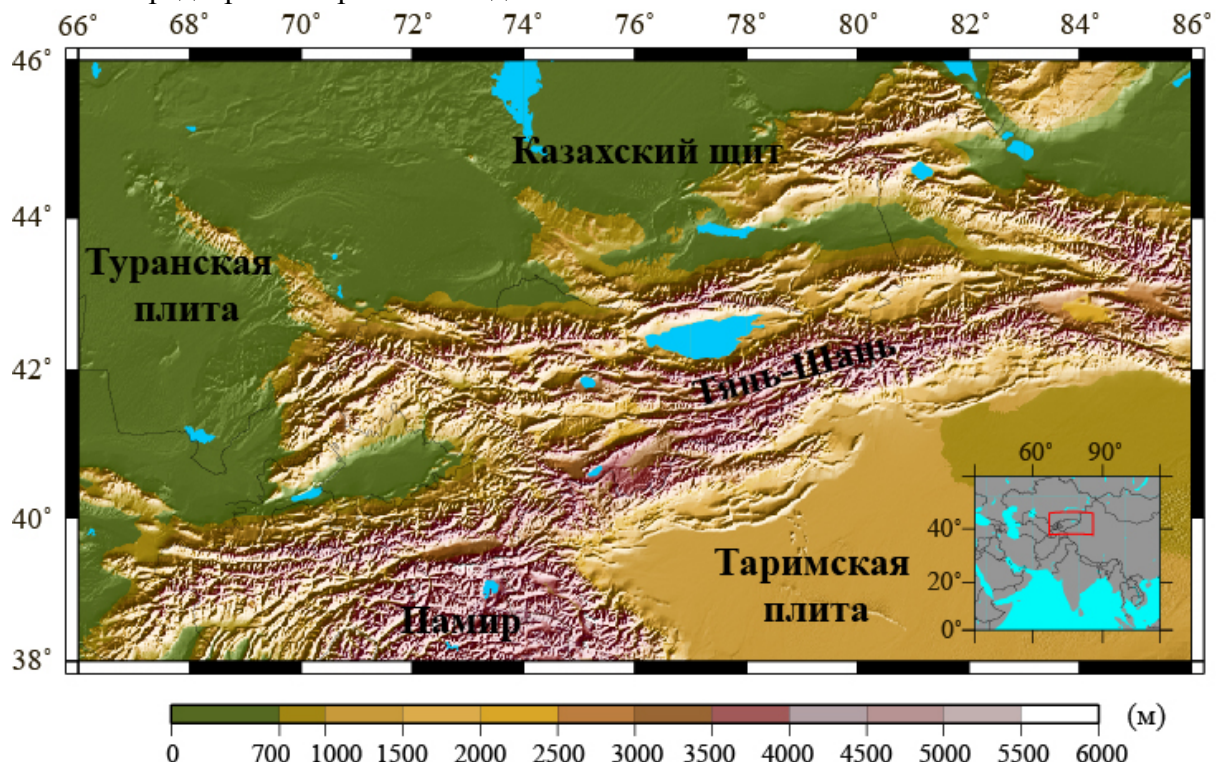


Рис. 4. Положение сейсмоактивного блока первого порядка - Тянь-Шань (ограничен Таримской плитой и Памиром - с юга, и Казахским щитом и Туранской плитой - на севере).



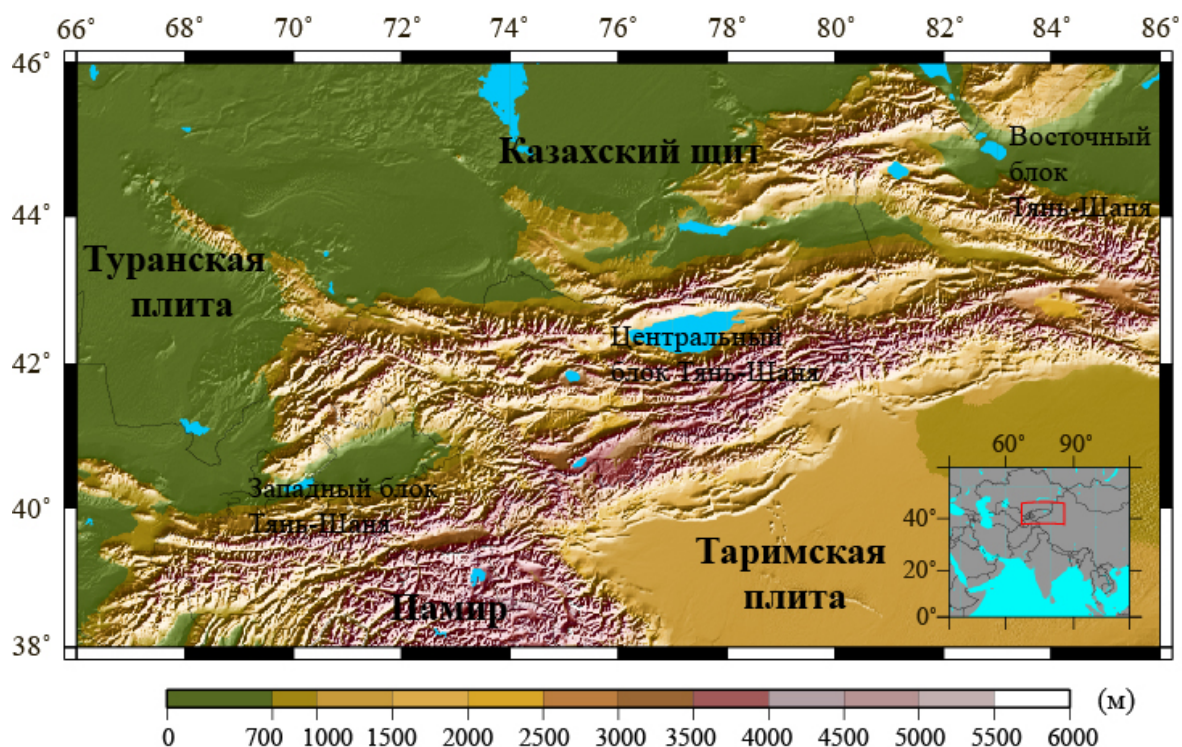


Рис. 5. Сейсмоактивные блоки Тянь-Шаня второго порядка: Западный, Центральный и Восточный блоки, разделённые зонами Таласо-Ферганского и Джунгарского разломов.

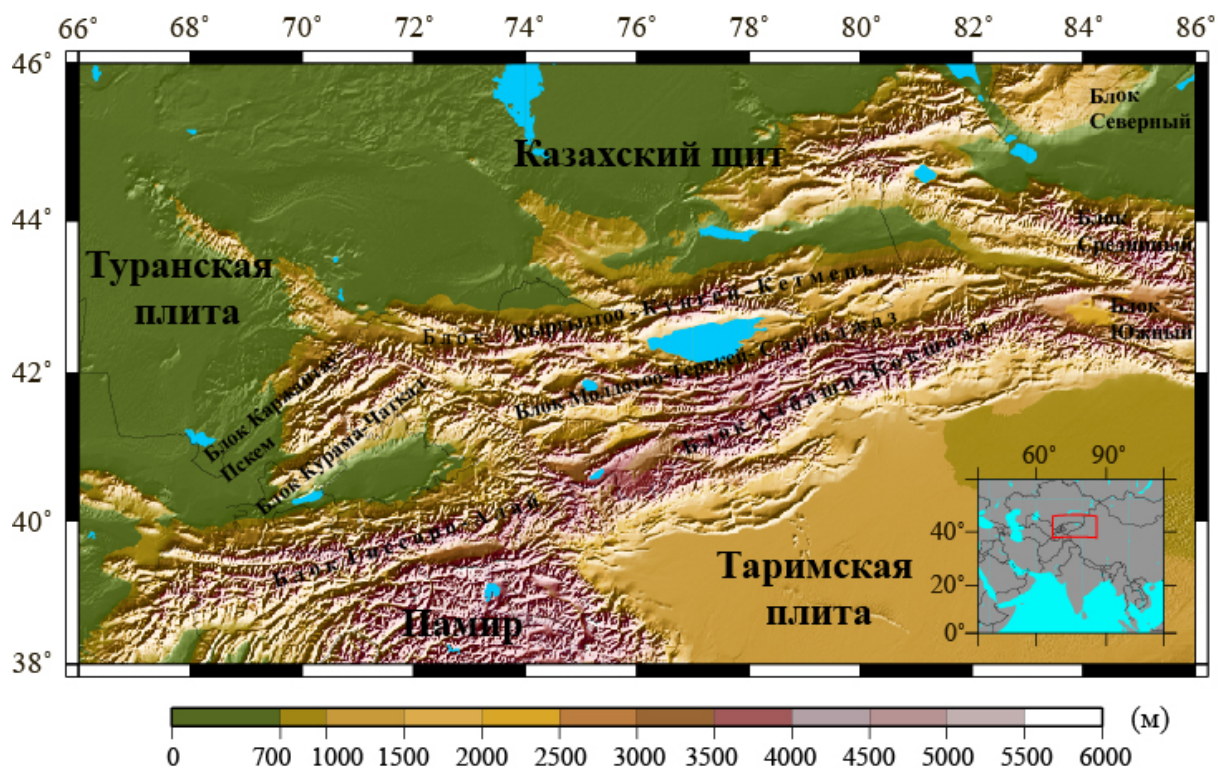


Рис. 6. Сейсмоактивные блоки третьего порядка: Гиссаро-Алай, Курама-Чаткал, Каржантау-Пскем (в Западном блоке второго порядка); Атбаши-Кокшаал, Молдоттоо-Терскей-Сарыджаз, Кыргызтоо-Кунгей-Кетмень (в Центральном блоке второго порядка); Южный, Срединный, Северный (в Восточном блоке второго порядка) блоки, выраженные системами поднятий.



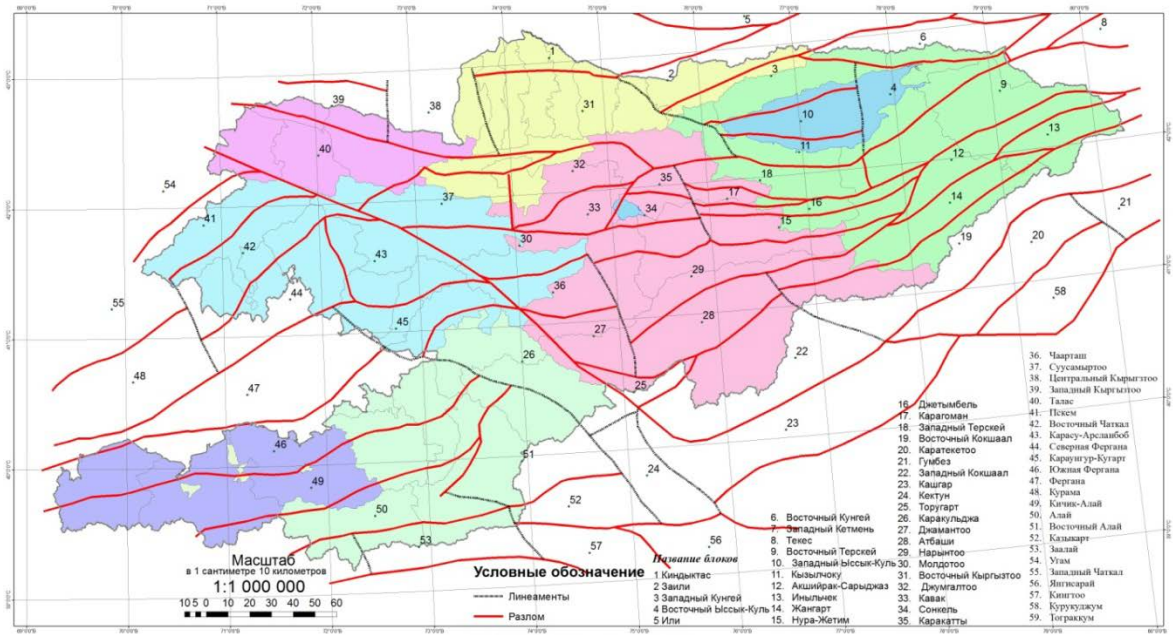


Рис. 7. Карта сейсмоактивных блоков Тянь-Шаня в пределах территории Кыргызстана и приграничных районов четвертого порядка (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М.).

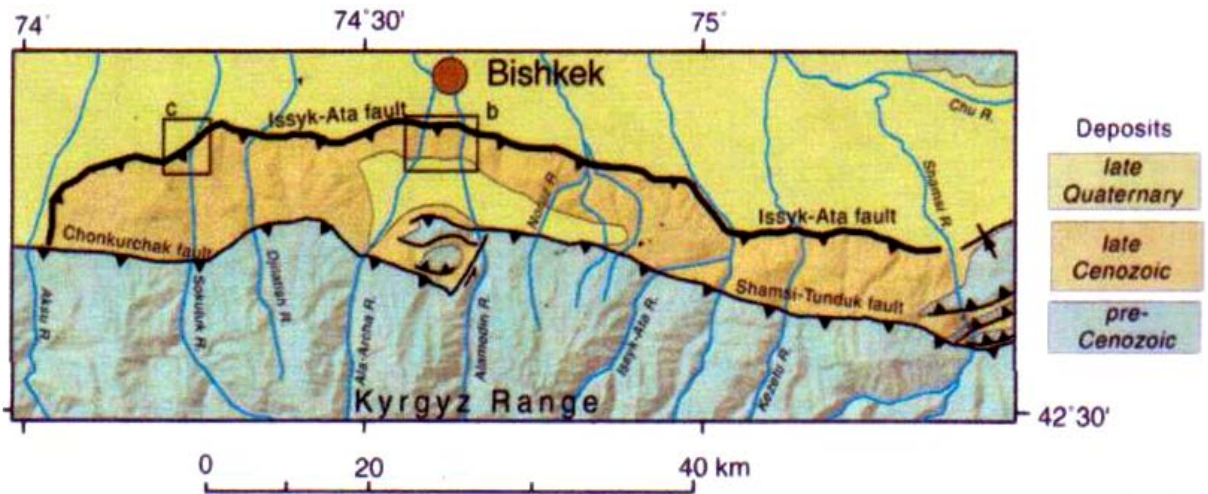


Рис. 8. Сейсмоактивные блоки пятого порядка на сопряжении Кыргызского поднятия и Чуйской впадины [17].

Зависимость числа блоков от порядка иерархии блоков выражается следующей эмпирической формулой:

$$N = 10.333\Pi^3 - 60.000\Pi^2 + 109.667\Pi - 59.000 \quad R^2 = 1, \quad (1)$$

где N – число блоков,  $\Pi$  - порядок иерархии блоков,  $R^2$  – достоверность аппроксимации.

В целом иерархия активных блоков Тянь-Шаня, где возникают очаги землетрясений, является дискретной геофизической средой и формируется геодинамическими процессами литосферы и мантии. Система активных блоков представляет собой открытую сложную динамическую систему, где развиваются нелинейные сейсмические процессы. Это положение является фундаментальной основой дифференцированной оценки сейсмической опасности.

Повторяемость землетрясений по Гутенбергу-Рихтеру [18] и время повторения землетрясений с энергетическими классами  $K=14, 15, 16, 17, 18$  в области горообразования Тянь-Шаня - в активном блоке первого порядка (в квадрате  $\varphi=38.0^\circ - 45.5^\circ, \lambda = 64.5^\circ - 85.0^\circ$ ) за 1885-2009 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Название активного блока	Повторяемость $\lg N = a - bK$		Дост. аппрок. $R^2$	Время повторения $T$ (лет) землетрясений энергетического класса $K=\lg E$ , Дж				
	$a$	$b$		$K=14$	$K=15$	$K=16$	$K=17$	$K=18$
Тянь-Шань	6.291	0.434	0.983	0.73	1.42	4.16	9.62	41.66

Повторяемость землетрясений по Гутенбергу-Рихтеру [18] и время повторения землетрясений  $K=14, 15, 16, 17, 18$  в активном Центральном блоке Тянь-Шаня второго порядка за 1885-2009 гг. приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Название активного блока	Повторяемость $\lg N = a - bK$		Дост. аппрок. $R^2$	Время повторения $T$ (лет) землетрясений энергетического класса $K=\lg E$ , Дж				
	$a$	$b$		$K=14$	$K=15$	$K=16$	$K=17$	$K=18$
Центральный блок Тянь-Шаня	5.5707	0.4060	0.922	1.29	3.30	8.42	21.44	54.66

Повторяемость землетрясений по Гутенбергу-Рихтеру [18] и время повторения землетрясений  $K=14, 15, 16, 17, 18$  в активном Западном блоке Тянь-Шаня второго порядка за 1885-2009 гг. приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Название активного блока	Повторяемость $\lg N = a - bK$		Дост. аппрок. $R^2$	Время повторения $T$ (лет) землетрясений энергетического класса $K=\lg E$ , Дж				
	$a$	$b$		$K=14$	$K=15$	$K=16$	$K=17$	$K=18$
Западный блок Тянь-Шаня	5.3670	0.3957	0.982	1.48	3.70	9.21	22.90	56.96

Повторяемость землетрясений по Гутенбергу-Рихтеру [18] и время повторения землетрясений  $K=12, 13, 14, 15, 16$  за 1960-2015 гг. в активных блоках четвертого порядка (в качестве примера - блоки четвертого порядка Кыргызско-Кунгейского блока третьего порядка Северной части Тянь-Шаня) приведены в табл. 5.

Таблица 5

Название активного блока	Повторяемость $\lg N = a - bK$		Дост. аппрок. $R^2$	Время повторения $T$ (лет) землетрясений энергетического класса $K=\lg E$ , Дж				
	$a$	$b$		$K=12$	$K=13$	$K=14$	$K=15$	$K=15$
Западный Кыргызтоо	1.902	0.283	0.80	31.2	59.8	114.8	220.3	422.6
Центральный Кыргызтоо	2.766	0.335	0.98	17.9	38.8	83.9	181.5	392.6



Восточный Кыргызтоо	4.267	0.447	0.96	12.5	35	98	274.1	767.4
Заили	4.400	0.440	0.98	7.6	20.8	57.5	158.4	436.5
Западный Кунгей	3.262	0.382	0.99	20.9	50.6	121.8	293.7	707.9
Восточный Кунгей	3.499	0.353	0.90	5.4	12.3	27.7	62.5	140.9

Интересно отметить, что время повторения землетрясений разного энергетического класса относительно частое в активном блоке первого порядка и увеличивается по ряду активных блоков второго, третьего, четвёртого и т.д. порядков [19]. Время ожидания землетрясения определяется с относительно малой неопределённостью в блоках первого и второго порядков.

Исходя из закона Гутенберга–Рихтера следует, что землетрясения распределяются по степенному закону

$$N = 10^a \cdot E^{-b} \quad (2)$$

и сейсмический процесс имеет фрактальную (дробную) размерность.

Повторяемость пикового ускорения (ПУ), пиковой скорости (ПС, см/сек) и интенсивности  $I_0$  (балл) в годах, соответствующих времени повторения (см. табл.5) энергетических классов  $K=12, 13, 14, 15, 16$  землетрясений за 1960-2015 гг. в отдельно взятом активом блоке четвёртого порядка (в качестве примера - блоки четвёртого порядка Кыргызско-Кунгейского блока третьего порядка Северной части Тянь-Шаня) приведены в табл.6.

Таблица 6.

Название сейсмоактивного блока четвёртого порядка	Повторяемость пикового ускорения (ПУ, % g) в годах, повторяемость пиковой скорости (ПС, см/сек) в годах и повторяемость интенсивности $I_0$ (балл) в годах землетрясений				
	ПУ=9.2-18 ПС=8.1-16 $I_0 =VI$	ПУ=18-34 ПС=16-31 $I_0 =VII$	ПУ=34-65 ПС=31-60 $I_0 =VIII$	ПУ=65-124 ПС=60-116 $I_0 =IX$	ПУ>124 ПС>116 $I_0 =X+$
	Западный Кыргызтоо	31.2	59.8	114.8	220.3
Центральный Кыргызтоо	17.9	38.8	83.9	181.5	392.6
Восточный Кыргызтоо	12.5	35	98	274.1	767.4
Заили	7.6	20.8	57.5	158.4	436.5
Западный Кунгей	20.9	50.6	121.8	293.7	707.9
Восточный Кунгей	5.4	12.3	27.7	62.5	140.9

Средняя вероятность  $P$  (%) проявления каждого класса  $K=12, 13, 14, 15, 16$  землетрясений за 1960-2015 гг. в отдельно взятом активом блоке четвёртого порядка (в качестве примера - блоки Северной части Тянь-Шаня) при заданном времени ( $t$ , год) ожидания приведена в табл.7.

Таблица 7.

Название сейсмически активного блока	Средняя вероятность Р (%) проявления землетрясений энергетического класса $K=lgE$ , Дж при заданном времени ожидания $t$ , год				
	$K=12$ при $t=2$ года	$K=13$ при $t=3$ года	$K=14$ при $t=5$ лет	$K=15$ при $t=15$ лет	$K=16$ при $t=30$ лет
Западный Кыргызтоо	6,4	5,0	4,4	6,8	7,1
Центральный Кыргызтоо	11,2	7,7	6,0	8,3	7,6
Восточный Кыргызтоо	16,0	8,6	5,1	5,5	3,9
Заили	26,3	14,4	8,7	9,5	6,9
Западный Кунгей	9,6	5,9	4,1	5,1	4,2
Восточный Кунгей	37,0	24,4	18,1	24,0	21,3

На основе вышеприведённого подхода составлена карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности блоков четвёртого порядка, состоящая из серии карт (рис. 9-18):

- Средняя повторяемость (в годах) землетрясений интенсивностью  $I_0=9-10$  баллов, пиковым ускорением  $a=65-124\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =15.6-16.5, магнитудой  $M_L=6.4-6.9$  в сейсмоактивных блоках (рис. 9).
- Средняя вероятность (в процентах) проявления землетрясений интенсивностью  $I_0=9-10$  баллов, пиковым ускорением  $a=65-124\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =15.6-16.5, магнитудой  $M_L=6.4-6.9$  в сейсмоактивных блоках при времени ожидания 30 лет (рис. 10).
- Средняя повторяемость (в годах) землетрясений интенсивностью  $I_0=8-9$  баллов, пиковым ускорением  $a=34-124\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =14.6-15.5, магнитудой  $M_L=5.9-6.3$  в сейсмоактивных блоках (рис. 11).
- Средняя вероятность (в процентах) проявления землетрясений интенсивностью  $I_0=8-9$  баллов, пиковым ускорением  $a=34-124\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =14.6-15.5, магнитудой  $M_L=5.9-6.3$  в сейсмоактивных блоках при времени ожидания 15 лет (рис. 12).
- Средняя повторяемость (в годах) землетрясений интенсивностью  $I_0=7-8$  баллов, пиковым ускорением  $a=18-65\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =13.6-14.5, магнитудой  $M_L=5.3-5.8$  в сейсмоактивных блоках (рис. 13).
- Средняя вероятность (в процентах) проявления землетрясений интенсивностью  $I_0=7-8$  баллов, пиковым ускорением  $a=18-65\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =13.6-14.5, магнитудой  $M_L=5.3-5.8$  в сейсмоактивных блоках при времени ожидания 5 лет (рис. 14).
- Средняя повторяемость (в годах) землетрясений интенсивностью  $I_0=6-7$  баллов, пиковым ускорением  $a=9.2-34\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =12.6-13.5, магнитудой  $M_L=4.8-5.2$  в сейсмоактивных блоках (рис. 15).
- Средняя вероятность (в процентах) проявления землетрясений интенсивностью  $I_0=6-7$  баллов, пиковым ускорением  $a=9.2-34\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =12.6-13.5, магнитудой  $M_L=4.8-5.2$  в сейсмоактивных блоках при времени ожидания 3 года (рис. 16).
- Средняя повторяемость (в годах) землетрясений интенсивностью  $I_0=5-6$  баллов, с пиковым ускорением  $a=3.9-18\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$  (Дж) =11.6-12.5, магнитудой  $M_L=4.2-4.7$  в сейсмоактивных блоках (рис. 17).
- Средняя вероятность (в процентах) проявления землетрясений интенсивностью  $I_0=5-6$  баллов, пиковым ускорением  $a=3.9-18\%g$ , энергетическим классом  $K=lgE$

(Дж) =11.6-12.5, магнитудой  $M_L=4.2-4.7$  в сейсмоактивных блоках при времени ожидания 2 года (рис. 18).

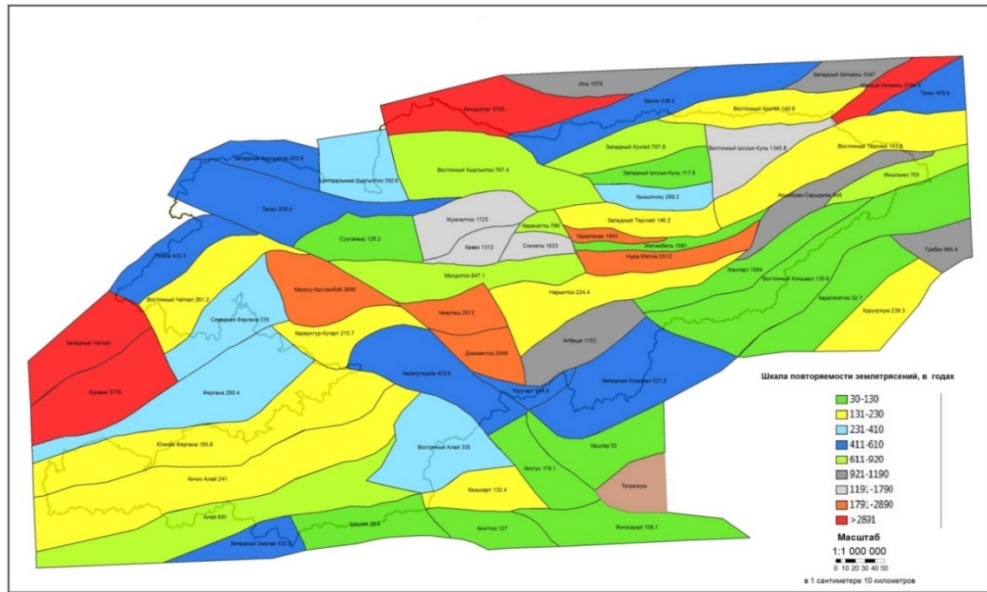


Рис. 9. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя повторяемость землетрясений в годах с интенсивностью  $I_0=9-10$  баллов, пиковым ускорением  $a=65-124\%$  g, энергетическим классом  $K=15.6-16.5$ , магнитудой  $M_L=6.4-6.9$  в сейсмоактивных блоках четвертого порядка (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

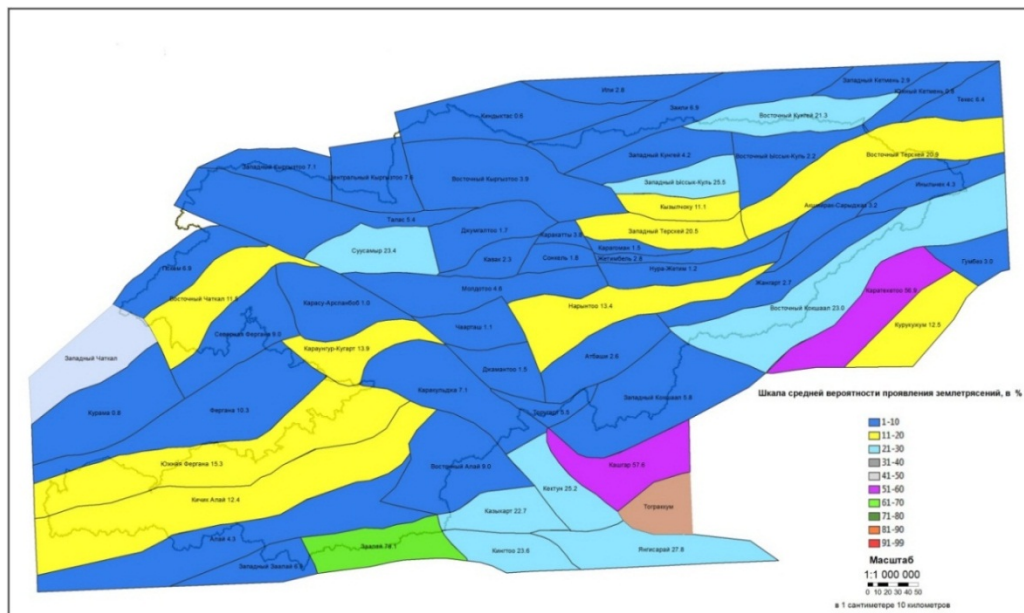


Рис. 10. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя вероятность проявления землетрясений в процентах с интенсивностью  $I_0=9-10$  баллов, пиковым ускорением  $a=65-124\%$ g, энергетическим классом  $K=15.6-16.5$ , магнитудой  $M_L=6.4-6.9$  в сейсмоактивных блоках четвертого порядка при времени ожидания 30 лет (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).



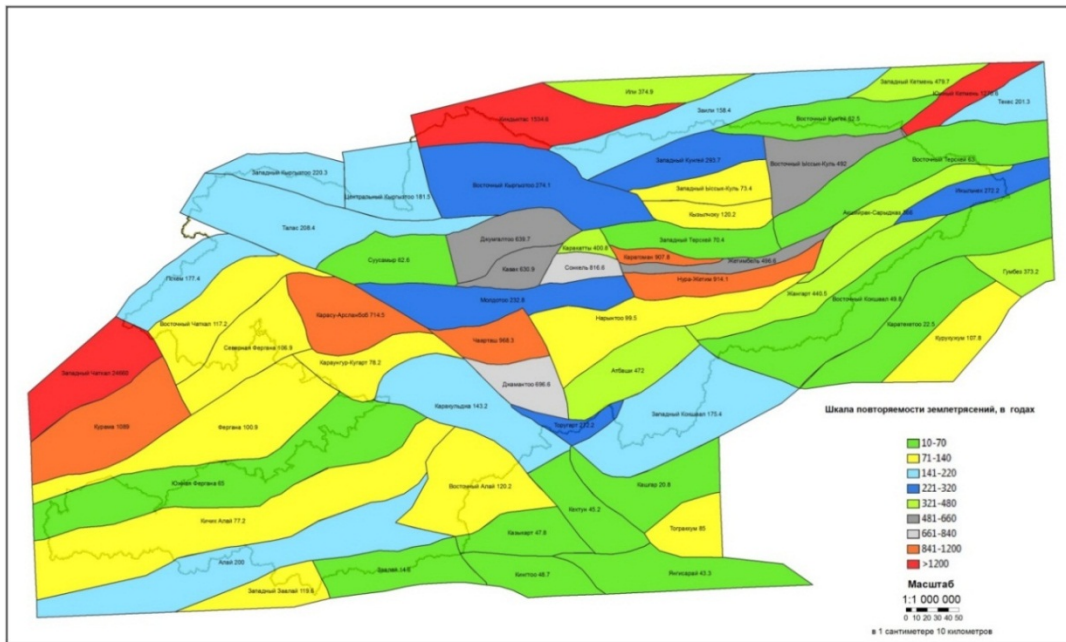


Рис. 11. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя повторяемость землетрясений в годах с интенсивностью  $I_0=8-9$  баллов, пиковым ускорением  $a=34-124\%g$ , энергетическим классом  $K=14.6-15.5$ , магнитудой  $M_L=5.9-6.3$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

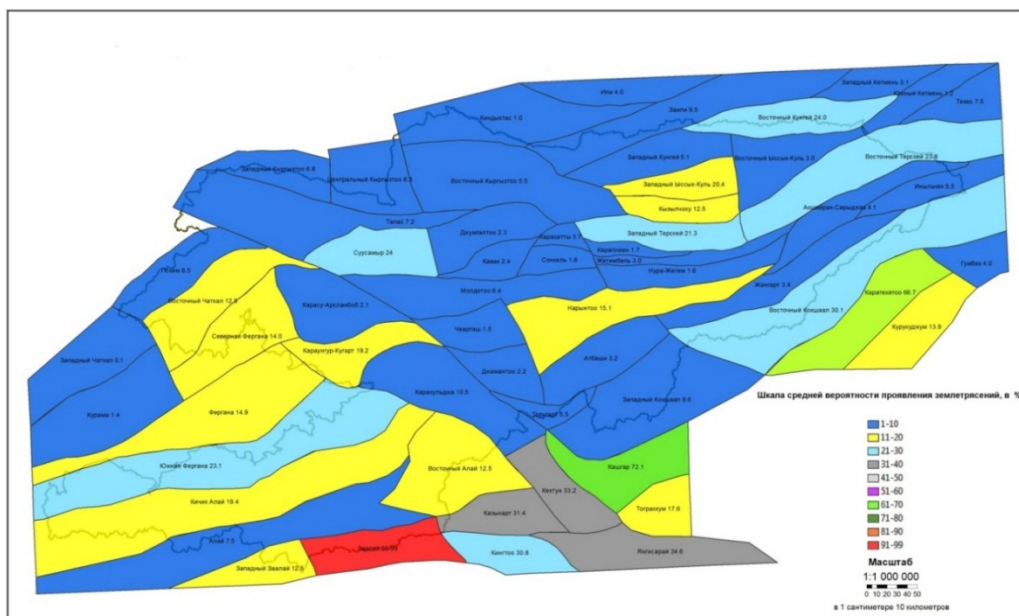


Рис. 12. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя вероятность проявления землетрясений в процентах с интенсивностью  $I_0=8-9$  баллов, пиковым ускорением  $a=34-124\%g$ , энергетическим классом  $K=14.6-15.5$ , магнитудой  $M_L=5.9-6.3$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка при времени ожидания 15 лет (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

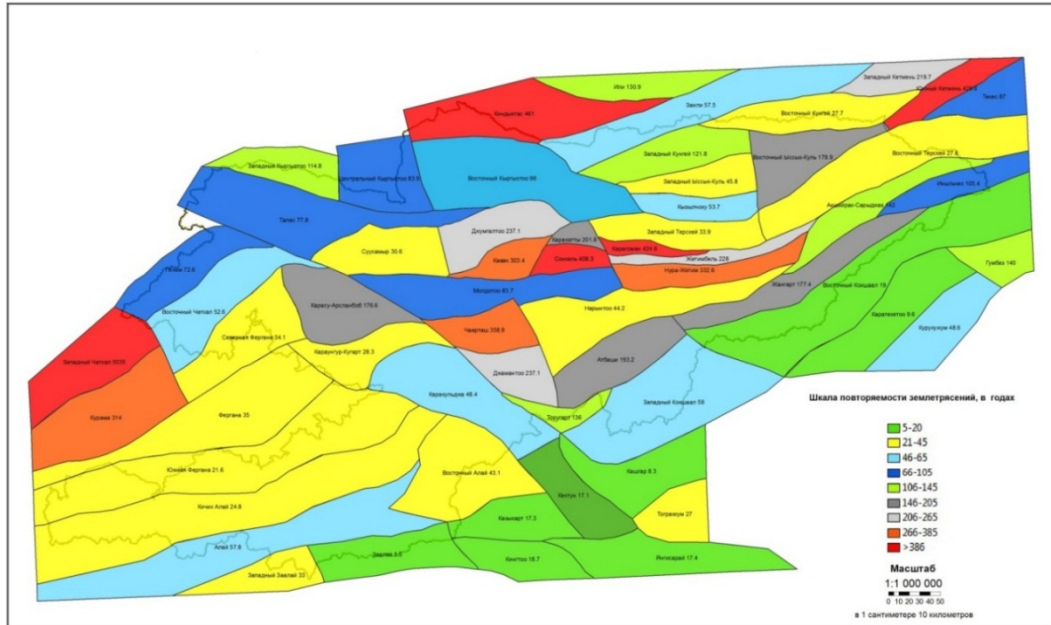


Рис. 13. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя повторяемость землетрясений в годах с интенсивностью  $I_0=7-8$  баллов, пиковым ускорением  $a=18-65\%$  g, энергетическим классом  $K=13.6-14.5$ , магнитудой  $M_L=5.3-5.8$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

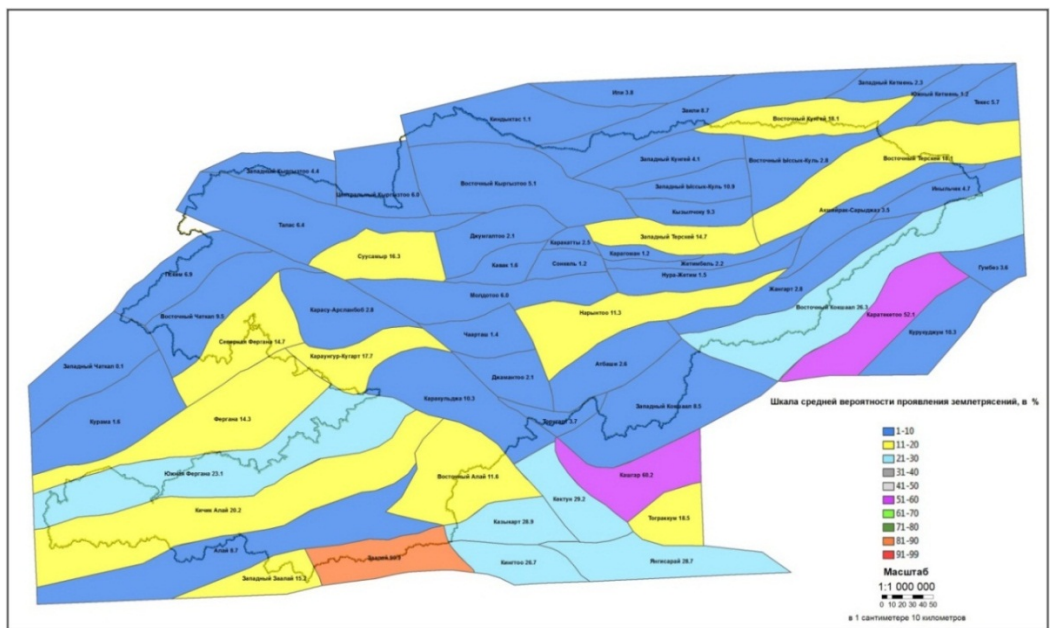


Рис. 14. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя вероятность проявления землетрясений в процентах с интенсивностью  $I_0=7-8$  баллов, пиковым ускорением  $a=18-65\%$ g, энергетическим классом  $K=13.6-14.5$ , магнитудой  $M_L=5.3-5.8$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка при времени ожидания 5 лет (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

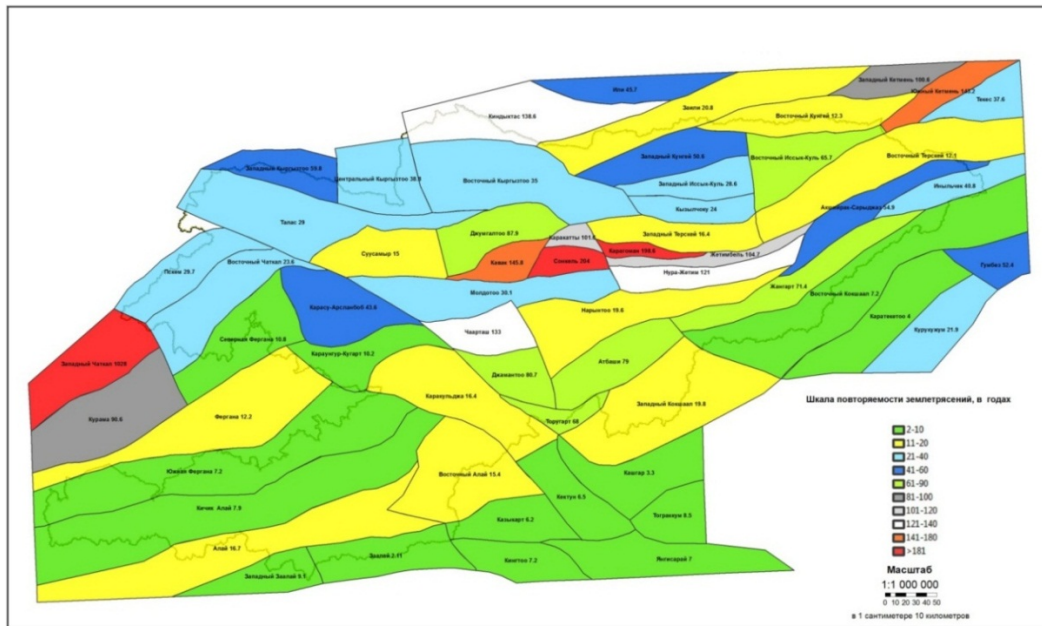


Рис. 15. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя повторяемость землетрясений в годах с интенсивностью  $I_0=6-7$  баллов, пиковым ускорением  $a=9.2-34\%g$ , энергетическим классом  $K=12.6-13.5$ , магнитудой  $M_L=4.8-5.2$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

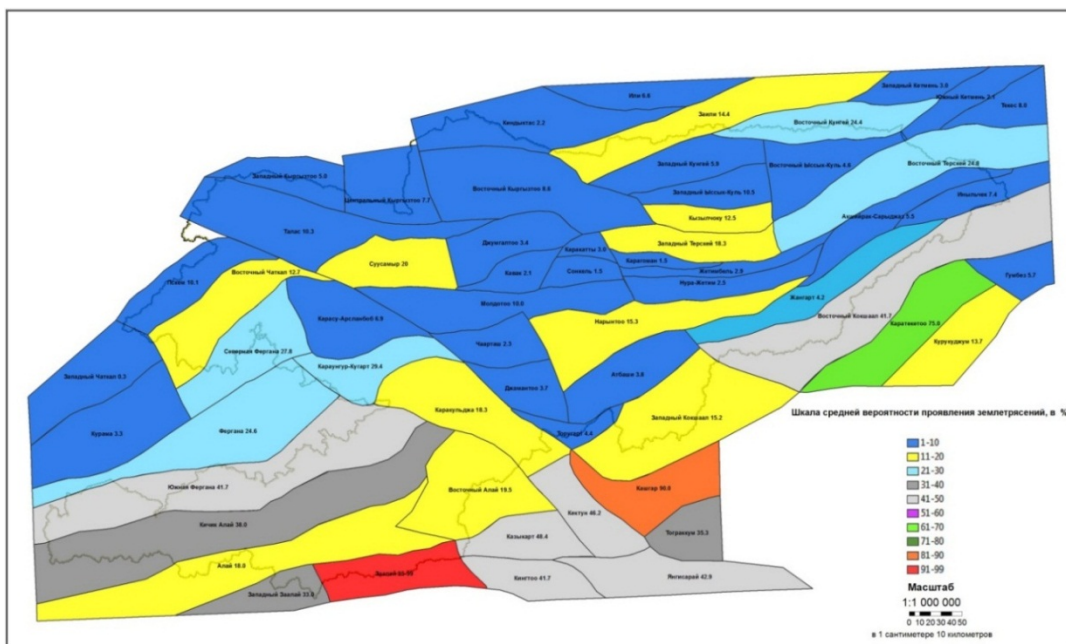


Рис. 16. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя вероятность проявления землетрясений в процентах с интенсивностью  $I_0=6-7$  баллов, пиковым ускорением  $a=9.2-34\%g$ , энергетическим классом  $K=12.6-13.5$ , магнитудой  $M_L=4.8-5.2$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка при времени ожидания 3 года (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).



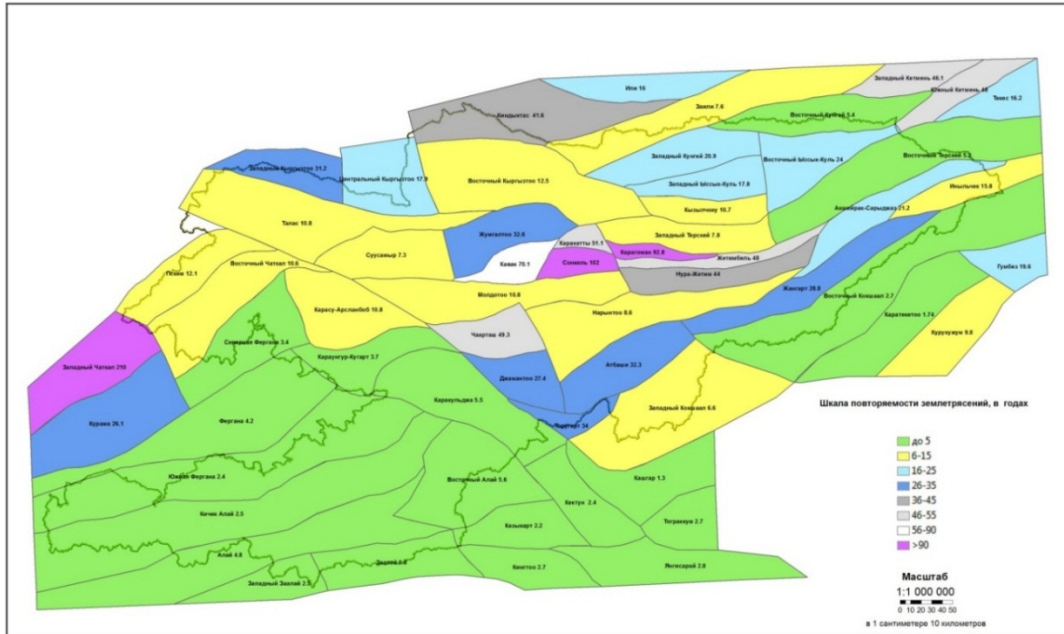


Рис. 17. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя повторяемость землетрясений в годах с интенсивностью  $I_0=5-6$  баллов, пиковым ускорением  $a=3.9-18\%$  g, энергетическим классом  $K=11.6-12.5$ , магнитудой  $M_L=4.2-4.7$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

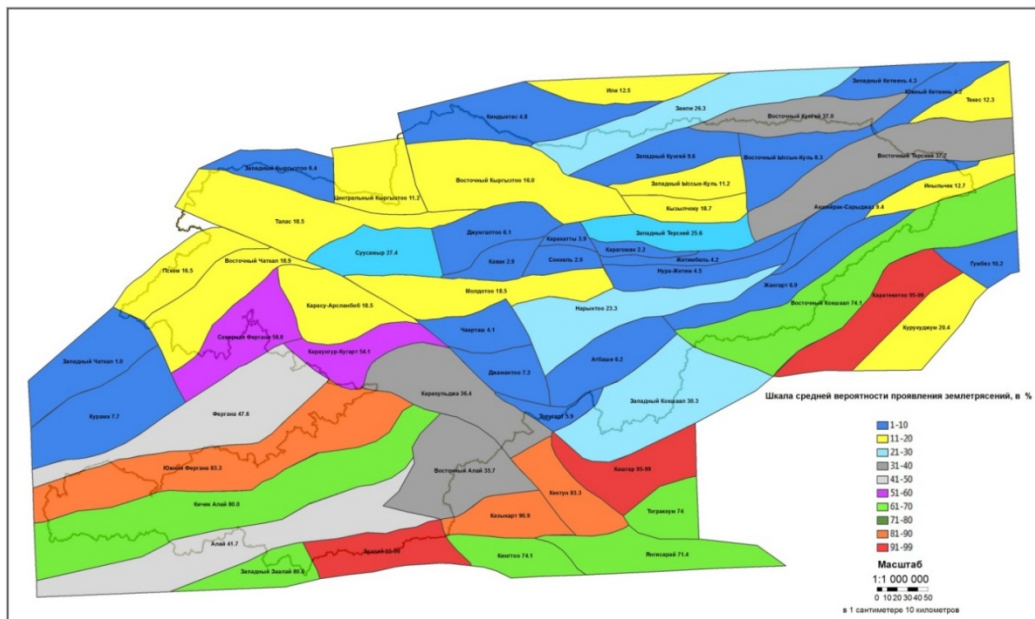


Рис. 18. Карта дифференцированной вероятной сейсмической опасности территории Кыргызстана и приграничных районов. Средняя вероятность проявления землетрясений в процентах с интенсивностью  $I_0=5-6$  баллов, пиковым ускорением  $a=3.9-18\%$ g, энергетическим классом  $K=11.6-12.5$ , магнитудой  $M_L=4.2-4.7$  в сейсмоактивных блоках четвёртого порядка при времени ожидания 2 года (составили: Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С., Тилек кызы Г., Ачакеев Э.).

При оценке сейсмической опасности иерархии блоков от первого порядка по четвёртый или пятый комплексно получим разномасштабные карты сейсмической опасности (от региональной до детальной).

Следует отметить, что определённая сейсмогенная зона, в том числе и сейсмоактивные блоки, имеет свойственные закономерности затухания пиковых ускорений (ПУ) [9]. Так, в сейсмогенной зоне на сочленении Кыргызского поднятия Чуйской впадины фактическое затухание ПУ Беловодского землетрясения поперёк и вдоль активных структур может быть примером закономерности затухания ПУ этой зоны (рис. 19).

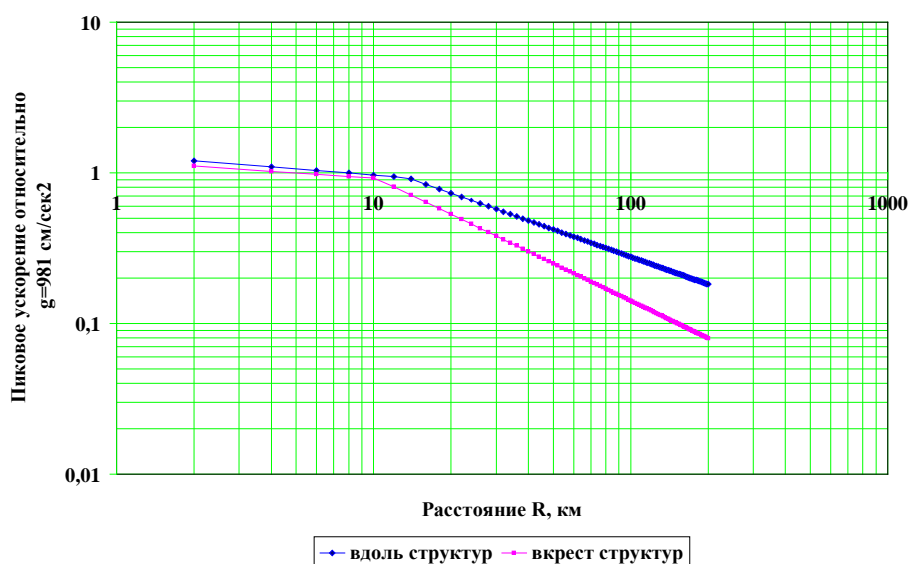


Рис. 19. Затухание пиковых ускорений колебаний грунта вдоль (в восточном направлении) и вкрест (в северном направлении) простираения структуры, где произошло Беловодское землетрясение (1885 г.,  $M=6.96$ ,  $h=15$  км).

При этом важно, что затухание ПУ наблюдается и за пределами плейстосейстовой зоны (зоны конкретного высокого балла).

Можно отметить, что при решении задач по оценке уязвимости объектов важное значение будет иметь повторяемость ускорений и скорости колебаний (вместо сейсмических сотрясений) в соответствии с повторяемостью землетрясений всех классов с характерными спектрами сейсмических волн.

### Заключение

1. Разработан способ дифференцированной оценки сейсмической опасности в иерархии активных блоков (где возникают очаги землетрясений) на примере Тянь-Шаня, представляющего сложную динамическую систему.
2. Предложенный подход повышает точность и расширяет функциональную возможность составления карты (общей, детальной, локальной) сейсмической опасности в соответствии с категорией ответственности и срока эксплуатации строительных объектов.
3. Мониторинг сейсмической опасности с использованием вышеизложенной методики и дальнейшее расширение возможности сейсмостойкого строительства повысят уровень сейсмической безопасности Кыргызстана.
4. Научно-методические и практические результаты изложенных исследований являются основой стратегии обеспечения сейсмической безопасности страны.
5. Сейсмическая безопасность может быть достигнута принятием национального Закона о сейсмической защите.

## Литература

1. Bindi D, Abdrakhmatov K, Parolai S, Mucciarelli M, Grunthal G, Ischuk A, Mikhailova N, Zschau J. - Seismic hazard assessment in Central Asia: Outcomes from a site approach. //Soil dynamics and earthquake engineering. 2012, 37, 84-91. DOI: 10.1016/j.soildyn.2012.01.016.
2. Pittore M., D. Bindi, S. Tyagunov, M. Wieland, M. Picozzi, M. Pilz, S. Ullah, K. Fleming, S. Parolai, J. Zschau, B. Moldobekov, K. Abdrakhmatov, U. Begaliev, P. Yasunov, A. Ishuk, N. Mikhailova. - Seismic Hazard and Risk in Central Asia.// Scientific Technical Report STR11/14. November, 2011. DOI: 10.2312/GFZ.b103-11149.
3. Ullah Sh. - Seismic hazard assessment in Central Asia: combining site effects. Technische Universität Berlin. Doctoral Thesis. 2016, 163 p. <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-5069>.
4. Омуралиев М., Абдрахматов К. Е., Омуралиева А. - Методика составления дифференцированной карты вероятной сейсмической опасности на примере территории Кыргызской Республики.// Кыргызпатент, Авторское свидетельство № 2626.
5. Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Омуралиева А., Молдобекова С. - Новые подходы к оценке сейсмической опасности территории Кыргызской Республики.// Вестник Института сейсмологии НАН КР, 2014, №4, СС 22-36.
6. Омуралиев М. Новая методика составления карты дифференцированной сейсмической опасности.// Материалы Международной научной конференции «Наука, Техника и Инновационные технологии в эпоху могущества и счастья» (11-13 июня 2015 года). Ашхабад: Илим, 2015. - С. 260-262.
7. Омуралиев М. - Дифференцированная оценка сейсмической опасности в иерархии активных структур Тянь-Шаня. Прогноз и предупреждение тектонических ударов и землетрясений: измерение деформаций, остаточных и действующих напряжений в горных породах. // Материалы первого Международного симпозиума, г.Бишкек, 21-23 сентября 2016 г. –Б.: НАН КР, 2016. С. 87-96.
8. Seismic Hazard and Building Vulnerability in Post-Soviet Central Asian Republics// NatoASI Series, 1999, vol 52.
9. Омуралиев М., Омуралиева А., Ачакеев Э. - Атлас пиковых ускорений землетрясений и законы затухания пиковых ускорений сейсмогенных зон в пределах Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии. Бишкек. 2009, -164 с.
10. Grunthel, G., Musson, R., Schwarz, J., and Stucchi, M. - European Macroseismic Scale (EMS-98): Luxembourg, Conseil de l'Europe, v. 7,1998.
11. Wald, D.J., Quitoriano, V., Heaton, T.H., and Kanamori, H. - Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified Mercalli Intensity in California: Earthquake Spectra, 1999, v. 15, no. 3, p. 557–564.
12. Omuraliev M., Omuralieva A. - Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan. Bishkek, 2004, 166 p.
13. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. - Сейсмический процесс в блоковой среде. М., Наука, 1991, 96 с.
14. Абдрахматов К.Е., Уилдон Р., Томпсон С., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П. - Происхождение, направление и скорость современного сжатия Центрального Тянь-Шаня (Киргизия). //Геология и геофизика, 2001, т.42, №10, с.1585-1610.
15. Абдрахматов К.Е. Внутриконтинентальное горообразование и сейсмическая опасность (на примере Тянь-Шаня). Бишкек, «Инсанат» , 2013, 120 с.
16. 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. -pp.30-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2008.10.010>



17. Абдрахматова К.Е., Томсона С., Уилдон Р. - Активная тектоника Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2007, 72 с.
18. Gutenberg B., Richter C.F. - Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. //BSSA, 1956, v. 46, pp. 105-45.
19. Омуралиев М., Омуралиева А. М., Ачакеев Э.А. - Масштабный закон периодичности проявления и повторяемость землетрясений. Кыргызпатент.// Авторское свидетельство №2037.