

УДК 551.24

Абдрахматов К.Е., Омуралиева А., Омуралиев М.
Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ В ПРЕДЕЛАХ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ КИТАЙ-КЫРГЫЗСТАН-УЗБЕКИСТАН

Аннотация. В статье дана предварительная оценка сейсмической опасности территории в пределах проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан. Проведены исследования района в пределах маршрута, приведены параметры сейсмогенерирующих разломов и сейсмические параметры (карта интенсивности сотрясений, пиковое ускорение сейсмических колебаний), которые являются основой оценки сейсмической опасности на этой территории.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, железная дорога, активный разлом, землетрясение, интенсивность, ускорение.

КЫТАЙ-КЫРГЫЗСТАН-ӨЗБЕКСТАН ТЕМИР ЖОЛУНУН АЛКАГЫНДАГЫ АЙМАКТЫН СЕЙСМИКАЛЫК КООПТУУЛУГУН АЛДЫН АЛА БААЛОО

Кыскача мазмуну. Макалада Кытай-Кыргызстан-Өзбекстан темир жолунун алкагындагы аймактын сейсмикалык кооптуулугун алдын ала баалоосу берилген. Маршрут чегиндеги аймакта изилдөөлөр жүргүзүлүп, сейсмогендик жаракалардын параметрлери жана сейсмикалык параметрлери (титирөөнүн интенсивдүүлүгүнүн картасы, сейсмикалык термелүүлөрдүн эң жогорку ылдамдалышы) берилген. Берилген параметрлер бул аймактагы сейсмикалык кооптуулукту баалоо үчүн негиз болуп саналат.

Негизги сөздөр: сейсмикалык коркунуч, темир жол, активдүү жарака, жер титирөө, интенсивдүүлүк, ылдамдануу.

PRELIMINARY SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF THE TERRITORY WITHIN THE PROJECTED CHINA-KYRGYZSTAN-UZBEKISTAN RAILWAY

Abstract. Results of the preliminary seismic hazard assessment of the territory within the planned railway China-Kyrgyzstan-Uzbekistan are given in the paper. Area within the route was carefully studied, parameters of seismogenic faults and seismic parameters (shake intensity map, PGA), which are the basis for seismic hazard assessment in this area, are given.

Keywords: seismic hazard, railway, active fault, earthquake, intensity, acceleration.

Проектируемая железнодорожная магистраль «Китай - Кыргызстан - Узбекистан» является стратегически важной транспортной инфраструктурой. Данная железная дорога призвана соединить железные дороги Китая с Кыргызстаном и Узбекистаном и далее через Туркменистан, Иран и Турцию с европейской сетью дорог.

В 2013 г. Институт сейсмологии НАН КР выбрал и обосновал сейсмическую опасность и безопасность территории железнодорожной магистрали «Китай-Кыргызстан-Узбекистан» (кыргызский участок) [1].

В 2022 г. с целью оценки сейсмической опасности территории железнодорожной магистрали, выбранной специалистами Китая, изучались активные разломы, генерирующие землетрясения; сейсмические параметры: карта интенсивности сотрясений, пиковое ускорение сейсмической колебаний и т.д.

Маршрут проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан на территории Кыргызстана, выбранный специалистами Китая, проходит через активные поднятия и впадины (рисунок 1).

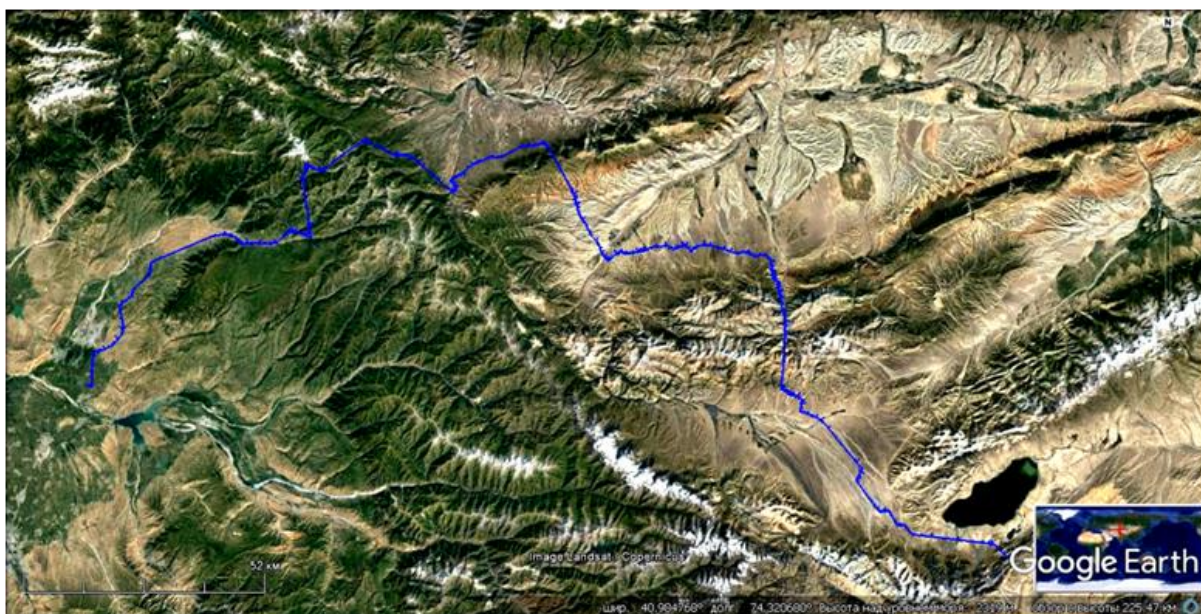


Рисунок 1. Схема расположения маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан, обозначенная синей линией, на космической снимке.

Маршрут железной дороги пересекает сейсмогенерирующие активные разломы (с юга на север): Торугартский (1), Аксайский (2), Срединно-Арпинский (3), Джамантооский (Южный) (4), Джамантооский (Северный) (5), Байбичетооский (6), Южно-Тогузтороуский (7), Таласо-Ферганский (Центральный) (8), Южно-Ферганский (Кокжангакский) (9) (рисунок 2).

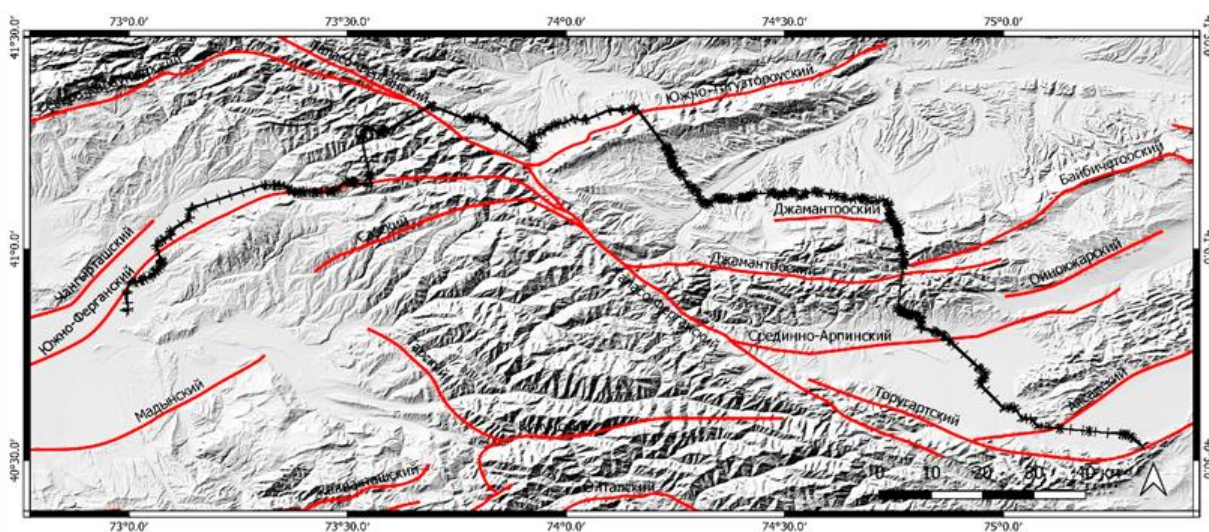


Рисунок 2. Карта-схема активных разломов (красная линия), генерирующих землетрясения, в пределах маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан (чёрная линия) ($\varphi = 40^{\circ}24' - 41^{\circ}30'N$, $\lambda = 72^{\circ}48' - 75^{\circ}42'E$) с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM-30. Маршрут железной дороги пересекает зоны активных разломов (с юга на север): Торугартский, Аксайский

(Срединный), Срединно-Арпинский, Джамантооский (Южный), Джамантооский (Северный), Байбичетооский, Южно-Тогузтороуский, Таласо-Ферганский (Центральный), Южно-Ферганский (Кокжангакский) (таблица 1).

В таблицах 1 и 2 даны параметры активных разломов, пересекающих маршрут проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан, а именно тип подвижки, угол падения (градусы), азимут падения, длина разлома (км), возраст, максимальная моментная магнитуда, возможная магнитуда, максимальная подвижка, вероятная ширина возможных очагов, период повторения землетрясения на этих разломах.

Таблица 1. Параметры активных разломов, пересекающих маршрут проектируемой железной дороги «Китай-Кыргызстан-Узбекистан».

№	Название разлома (с юга на север по маршруту)	Тип разлома	Угол падения. град	Азимут падения	Длина разлома, км	Возраст	Mw макс
1.	Торугартский	взброс	30-55	Южный	50	Неоген-четвертичный	7.07
2.	Аксайский (Срединный)	взброс	30-60	Северо-западный	60	Неоген-четвертичный	7.17
3.	Срединно-Арпинский	взброс	50-60	Южный	60	Четвертичный	7.17
4.	Джамантооский (Южный)	взброс	30-60	Южный	80	Неоген-четвертичный	7.32
5.	Джамантооский (Северный)	взброс	30-55	Южный	25	Неоген-четвертичный	
6.	Байбичетооский	взброс	45-60	Северо-западный	70	Четвертичный	7.25
7.	Южно-Тогузтороуский	взброс	30-45	Юго-восточный	70	Неоген-четвертичный	7.25
8.	Таласо-Ферганский (Центральный)	сдвигосброс	60-70	Юго-западный	160	Неоген-четвертичный	7.63
9.	Южно-Ферганский (Кокжангакский)	взброс	30-50	Юго-восточный	45	Неоген-четвертичный	7.02

Таблица 2. Возможная магнитуда, максимальная подвижка, вероятная ширина возможных очагов, период повторения землетрясения на активных разломах.

№ активных разломов (см.табл.1)	Возможная магнитуда	Максимальная подвижка разломов	Вероятная ширина возможных очагов	Период повторения при скоростях смещения (подвижка)	
	Mw ≥ 6.4	MD, м	ВА, м	v=0.6 см/год	v=0.15 см/год
1.	7.07	4.307039	25.79353	717.8399	2871.359560
	7.00	4.1012	24.2860	683.5333	2734.133333
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
2.	7.17	4.616338	28.07858	769.3896	3077.558493
	7.10	4.397946	26.46281	732.9910	2931.964000
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000

	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
3.	7.17	4.616338	28.07858	769.3896	3077.558493
	7.10	4.397946	26.46281	732.9910	2931.964000
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
4-5.	7.32	5.113908	31.79605	852.3180	3409.271893
	7.20	4.712624	28.79424	785.4373	3141.749333
	7.10	4.397946	26.46281	732.9910	2931.964000
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
6.	7.25	4.876688	30.01794	812.7813	3251.125000
	7.20	4.712624	28.79424	785.4373	3141.749333
	7.10	4.397946	26.46281	732.9910	2931.964000
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
7.	7.25	4.876688	30.01794	812.7813	3251.125000
	7.20	4.712624	28.79424	785.4373	3141.749333
	7.10	4.397946	26.46281	732.9910	2931.964000
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
8.	7.63	6.270075	40.58128	1045.012	4180.049693
	7.50	5.76425	36.71625	960.7083	3842.833333
	7.30	5.045234	31.28029	840.8723	3363.489333
	7.20	4.712624	28.79424	785.4373	3141.749333
	7.10	4.397946	26.46281	732.9910	2931.964000
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333
9.	7.02	4.159115	24.70899	693.1858	2772.743093
	7.00	4.1012	24.286	683.5333	2734.133333
	6.80	3.561504	20.39624	593.5840	2374.336000
	6.60	3.093536	17.12496	515.5893	2062.357333
	6.40	2.697296	14.47216	449.5493	1798.197333

На рисунке 3 приведена карта – схема новейшей тектоники западной части Алабугинской впадины и её горного обрамления в масштабе 1:200 000, на основе которой прослежен маршрут железной дороги через антиклинальные, синклиналильные структуры, через зоны разломов и толщи свит с различными литологическими разрезами. В частности, отмечено, что отрезок маршрута западнее р. Алабуга пересекает (профиль XVIII) соленосные отложения, где образованы солевые диапиры (рисунок 4).

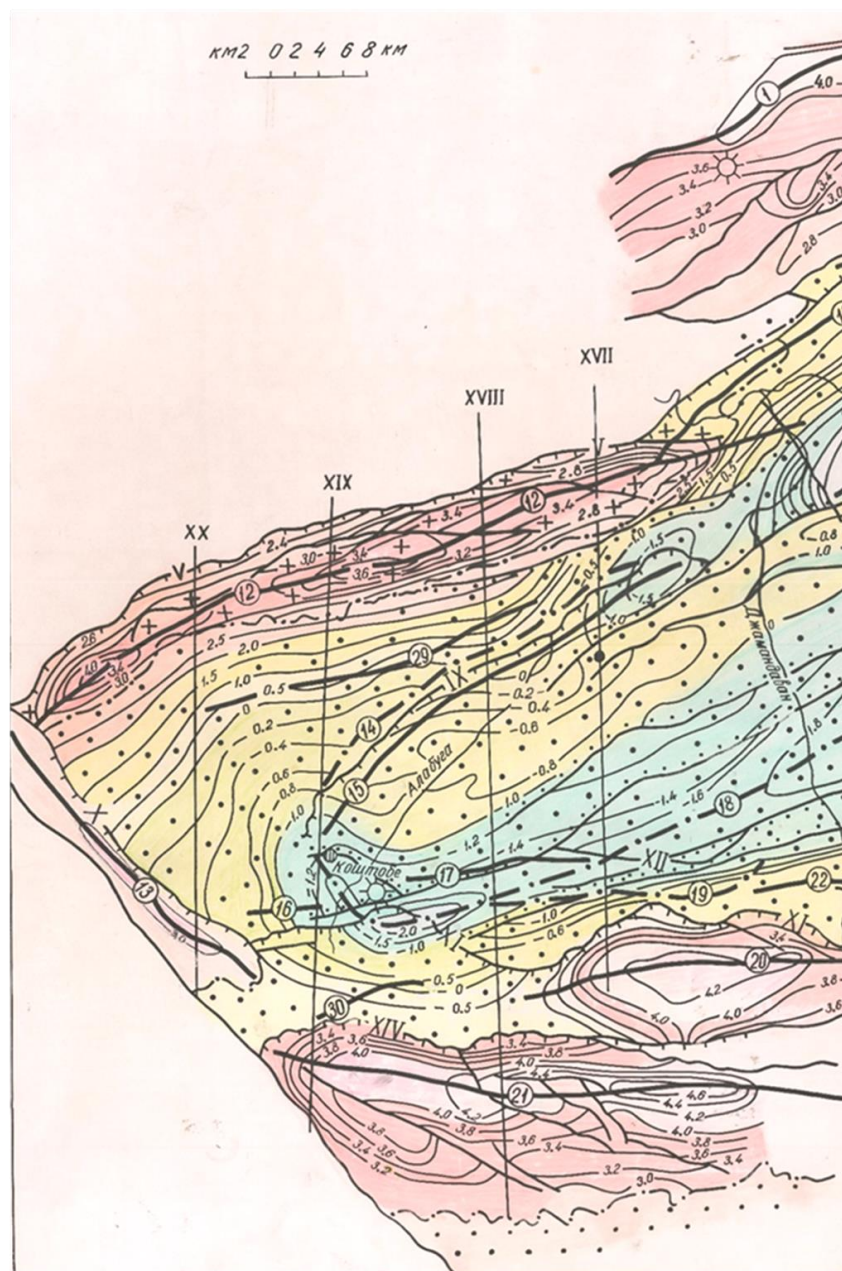


Рисунок 3. Фрагмент схемы новейших структур западной части Алабугинской впадины и горных обрамлений М1:200000 (составленной И. Садыбакасовым, М. Омуралиевым, 1989) [2]. Участки, обозначенные плюсами, означают домезозойские породы; точками – отложения палеогон-неогеновые, оси антиклинальных поднятий выделены черными линиями; оси синклиналей - пунктирными линиями; линиями со штрихами обозначены разломы, штрихи указывают направление падения поверхности разлома. Шкала глубины и высот - в километрах. Месторасположение субмеридиональных геолого-структурных профилей указаны чёрной линий с римскими цифрами.

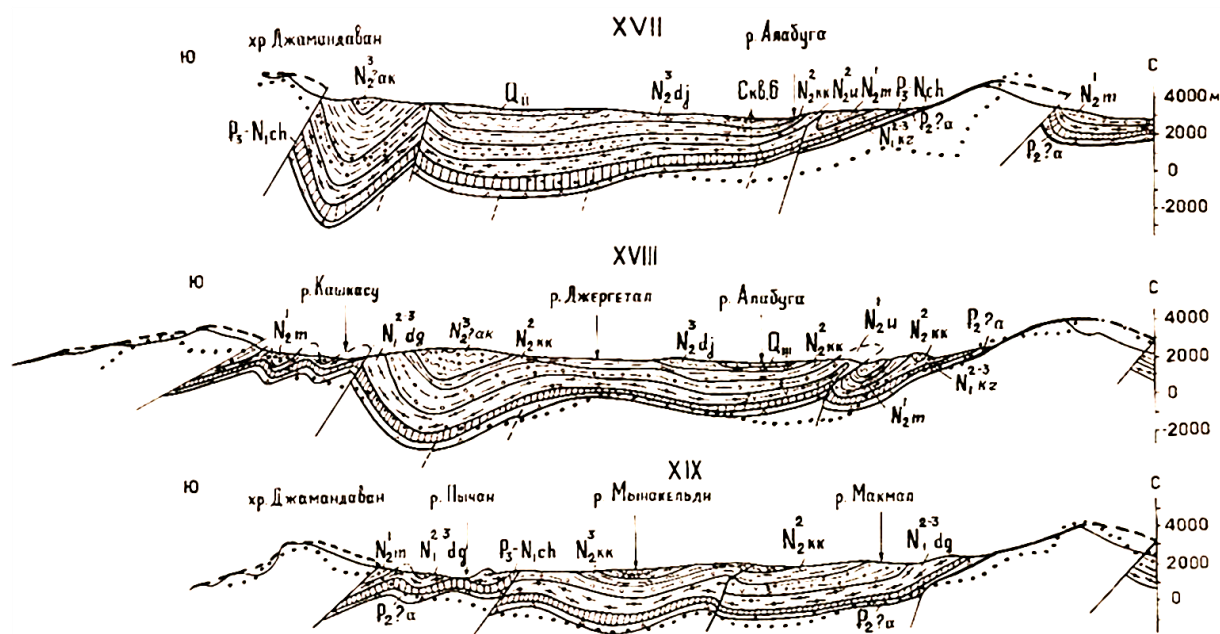


Рисунок 4. Субмеридиональные геолого-структурные профили (см. рисунок 3), (составленные И. Садыбакасовым, М. Омуралиевым, 1989) [2]. На профилях указаны структурные положения палеоген-неогеновой толщи и четвертичные отложения, и линии разломов, где палеозойские толщи на поднятиях надвигаются на кайнозойские отложения в впадинах. Отрезок маршрута западнее р. Алабуга пересекает (профиль XVIII) соленосные отложения, где образованы солевые диапиры.

Построены графики повторяемости землетрясений в пределах каждого сейсмогенерирующего разлома. Коэффициенты наклона графика повторяемости (γ) – фрактальность сильных землетрясений в пределах активных разломов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициенты наклона графика повторяемости – фрактальность сильных землетрясений в пределах активных разломов.

№	Название разлома (с юга на север по маршруту)	Коэффициенты наклона графика повторяемости (γ)
1.	Торугартский	-0.3039
2.	Аксайский (Срединный)	-0.3038
3.	Срединно-Арпинский	-0.3038
4.	Джамантооский (Южный)	-0.3030
5.	Джамантооский (Северный)	-
6.	Байбичетооский	-0.3034
7.	Южно-Тогузтороуский	-0.3034
8.	Таласо-Ферганский (Центральный)	-0.2995
9.	Южно-Ферганский (Кокжангакский)	-0.3039

На рисунке 5 показана Карта интенсивности сотрясений земной поверхности в баллах шкалы MSK-64 в пределах маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан [3]. В отрезках маршрута в пределах зон активных разломов интенсивность сотрясений составляет 9 баллов, исключением является зона Таласо-Ферганского разлома, где интенсивность сотрясений превышает 9 баллов.

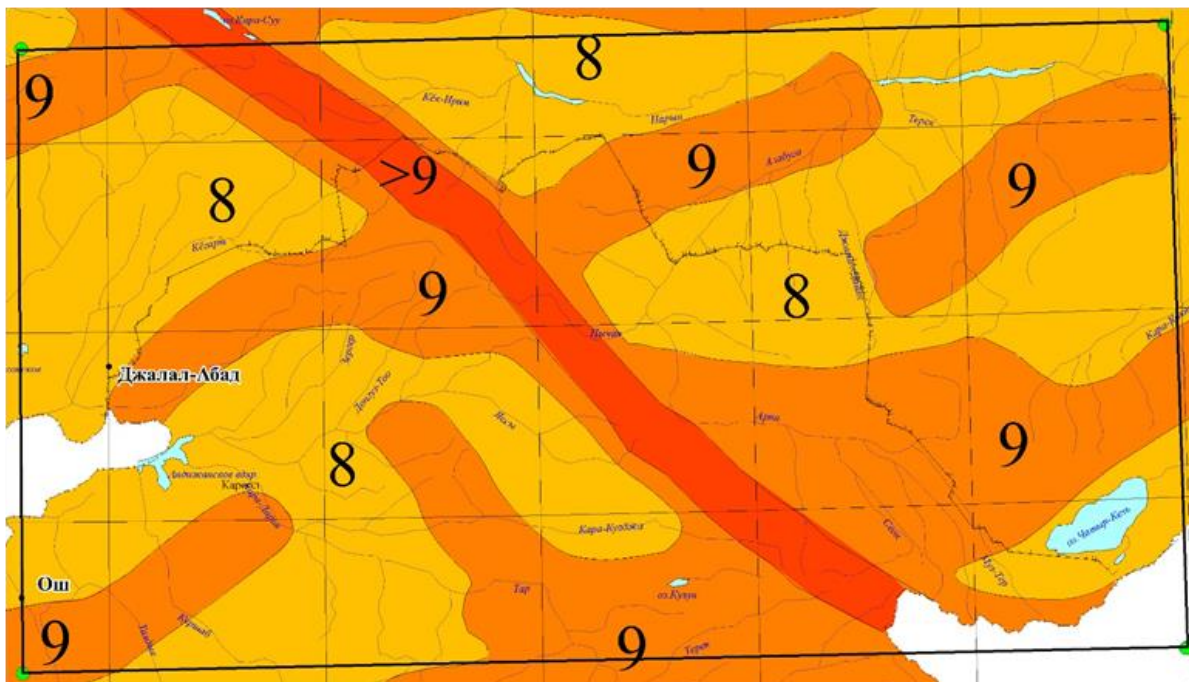


Рисунок 5. Карта интенсивности сотрясений земной поверхности в баллах шкалы MSK-64 в пределах маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан, обозначенной ломаной (зубчатой) линией чёрного цвета ($\varphi = 40^{\circ}24' - 41^{\circ}30'N$, $\lambda = 72^{\circ}48' - 75^{\circ}42'E$, фрагмент карты Интенсивности сотрясения земной поверхности в баллах при вероятных максимальных землетрясениях на территории Кыргызстана, 2018 г., M1:1000000; К.Е. Абдрахматов, М. Омуралиев и др.).

В зонах активных разломов проявились сильные палеоземлетрясения, например, в зоне Южно-Тогузтороуского разлома проявилось палеоземлетрясение Бешкель, выраженное крупным сейсмооползнем [4] (рисунок 6).

На рисунке 7 показано проявление современной зоны разлома сбросо-сдвигового типа, по которой смещены голоценовые отложения, в пределах лежащего северного крыла зоны Южно-Тогузтороуского разлома восточнее пункта Кош-Добе.

На рисунке 8 приведена карта пиковых ускорений (PGA) сейсмических колебаний в пределах маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан [3]. В отрезках маршрута в пределах зон активных разломов пиковое ускорение для горизонтальной составляющей сейсмических колебаний составляет 0.4 – 0.5 g, в районе зоны Таласо-Ферганского разлома – 0.6g и более.

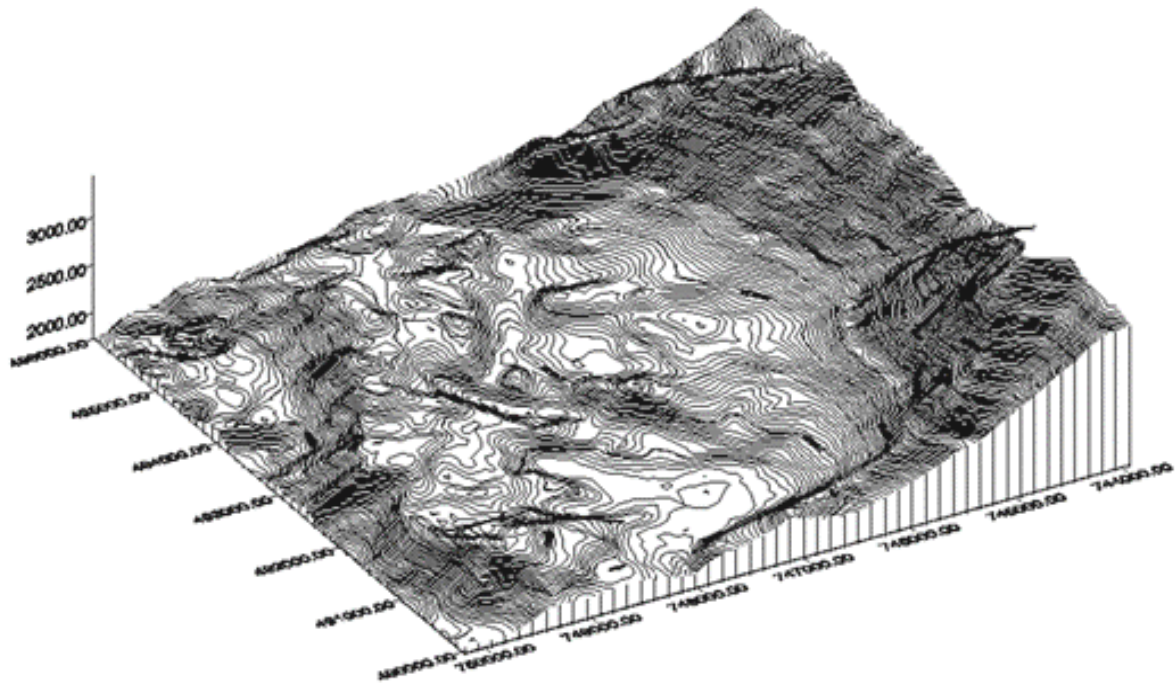


Рисунок 6. Цифровая карта скального оползня Бешкель, проявленный в эпицентре сильного палеоземлетрясения в зоне активного разлома Южный Тогузтороо [4].



Рисунок 7. Современная зона разлома сбросо-сдвигового типа, по которой смещены голоценовые отложения, восточнее пункта Кош-Добе.

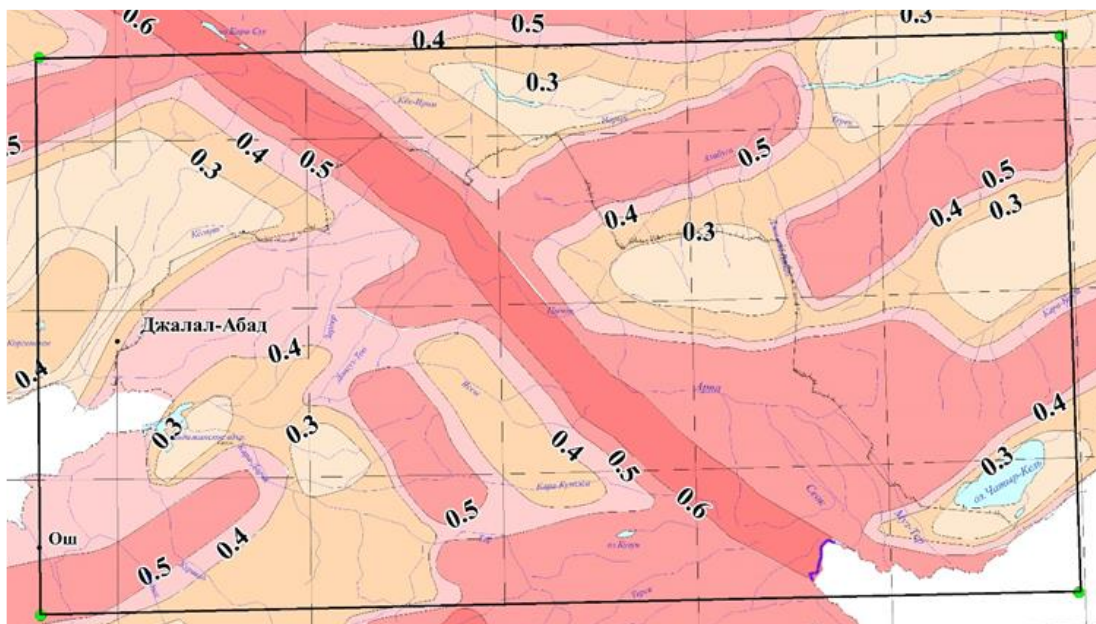


Рисунок 8. Карта пиковых ускорений (PGA) сейсмических колебаний в пределах маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан (чёрная зубчатая линия) ($\varphi=40^{\circ}24'-41^{\circ}30'N$, $\lambda=72^{\circ}48'-75^{\circ}42'E$, фрагмент Карты Пиковых ускорений в скальных грунтах для горизонтальной составляющей сейсмических колебаний на территории Кыргызстана, 2018 г., М1:1000000; Абдрахматов К.Е., Омуралиев М.и др.).

В заключение можно отметить, что приведенные выше результаты исследования, а именно атрибуты активных разломов генерирующих землетрясений и сейсмические параметры (карта интенсивности сотрясений, пиковое ускорение сейсмических колебаний, характерный период спектра отклика землетрясения) являются основой оценки сейсмической опасности маршрута проектируемой железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан и создания моделей сейсмических воздействий на проектируемые объекты железной дороги.

В дальнейших работах следует учесть ранее выбранный Институтом сейсмологии НАН КР [1] маршрут железной дороги Китай-Кыргызстан-Узбекистан в качестве альтернативного варианта маршрута железной дороги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахматов К.Е., Омуралиев М. Сейсмическая опасность и безопасность кыргызского участка железнодорожной магистрали Китай-Кыргызстан-Узбекистан. //Известия НАН КР, 2013, №3, с. 44-49.
2. Отчёт Института сейсмологии АН КиргССР за 1989 год.
3. Абдрахматов К.Е., Бегалиев У.Т., Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическая опасность населённых пунктов и стратегических сооружений Кыргызской Республики. - Б.: ОСОО «ТРИАДА Принт», 2019., - 98 с.
4. Omuraliev M., Omuralieva A. Late Cenozoic tectonics of the Tian Shan, Kyrgyzstan, Central Asia. Bishkek, 2004, 166 p.

Рецензент: к. ф.-м. н. Фролова А.Г.