

УДК 550.34

Стром А.Л.¹, Абдрахматов К.Е.²¹ООО «ЦГИ», ООО «ИГИИС». г. Москва, Россия²Институт сейсмологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ СОНКУЛЬ-НАРЫНСКОЙ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ЗОНЫ

Аннотация. В статье рассмотрены структурные особенности Сонкуль-Нарынской сейсмогенерирующей зоны, в пределах которой располагаются основные сооружения строящихся и проектируемых гидротехнических сооружений Нарынского каскада ГЭС. Предполагается, что на начальной стадии изысканий целесообразно принять более консервативный вариант, приняв в качестве расчётного значение магнитуды возможного в пределах зоны землетрясений равными $M=7.7$ при расчётной глубине гипоцентра 20 км. При задании сейсмических воздействий может быть рассмотрен также альтернативный сценарий.

Ключевые слова: землетрясения, сейсмическая опасность, активные разломы, гидроэлектростанции.

СОНКӨЛ-НАРЫН СЕЙСМОГЕНЕРАЦИЯЛООЧУ ЗОНАНЫН СЕЙСМИКАЛЫК КООПТУУЛУГУ

Кыскача мазмуну. Макалада Нарын ГЭС каскадынын курулуп жаткан жана долбоорлонуп жаткан гидротехникалык курулмаларынын негизги курулмалары жайгашкан Сонкөл-Нарын сейсмогендик зонасынын структуралык өзгөчөлүктөрү каралды. Изилдөөнүн баштапкы стадиясында каралган зонасынын чектеринде көлөмү $M=7.7$ барабар болгон жер титирөөлөр болушу мүмкүн. Жер титирөөнүн тереңдиги 20 км болушу мүмкүн. Бирок, консервативдүү вариантты кабыл алуу максатка ылайыктуу деп болжолдонот.

Негизги сөздөр: жер титирөөлөр, сейсмикалык коркунучтар, активдүү бузулуулар, ГЭСтер.

SEISMIC HAZARD OF THE SONKUL-NARYN SEISMOGENERATING ZONE

Annotation. The article examines the structural features of the Sonkul-Naryn seismogenic zone, within which the main structures of the hydrotechnical structures under construction and design for the Naryn cascade of hydroelectric power stations are located. It is assumed that at the initial stage of research it is advisable to adopt a more conservative option, taking as the calculated value of the magnitude possible within the earthquake zone equal to $M = 7.7$ with an estimated hypocenter depth of 20 km. When specifying seismic impacts, an alternative scenario can also be considered.

Keywords: earthquakes, seismic hazard, active faults, hydroelectric power stations.

В связи с планами проектирования и строительства каскада крупных гидротехнических сооружений в бассейне реки Нарын, приобретают особую важность исследования, связанные с оценкой сейсмической опасности. Основные сооружения будут размещены в пределах Сонкуль-Нарынской сейсмогенерирующей зоны, поэтому именно на неё обращено основное внимание в процессе проводимых работ.

Основу Сонкуль-Нарынской зоны составляют активные разломы, протягивающиеся вдоль Нарыно-Сонкульской зоны разломов – новейшей структуры,

наследующую крупную шовную зону, отделяющую каледонские комплексы Северного Тянь-Шаня, характеризующиеся массовым внедрением ордовикских гранитов от расположенных южнее герцинид. В мезозойскую эру эта зона проявлялась в юрское время в виде шовного прогиба, о чем свидетельствует развитие в её центральной и восточной частях мощных юрских угленосных отложений, отсутствующих в соседних межгорных впадинах. В палеогене в этой зоне происходили излияния базальтов [1, 2].

Общая протяжённость Нарыно-Сонкульской зоны разломов может достигать 200 км, если включать в её состав новейшие разломы, проходящие вдоль северного ограничения Кетмень-Тюбинской впадины и являющиеся непосредственным продолжением разломов, отделяющих частную Толукскую впадину от поднятия Суусамырского хребта. Ширина зоны изменяется от примерно 10 км в районе устья Кокомерена до примерно 20 км на меридиане Камбаратинской ГЭС. При этом узкий рамповый грабен, шириной 1-3 (местами до 10 км), ограниченный разломами, представляет собой основную и, вероятно, наиболее активную часть всей этой зоны. По крайней мере к этим разломам приурочено большинство разрывов, выраженных в рельефе и дешифрируемых на аэрофотоснимках. Участок створа проектируемой Камбаратинской ГЭС-1 располагается непосредственно к югу от южной границы рассматриваемой зоны.

Обращает на себя внимание, что в Сонкуль-Нарынской зоне, в западной части которой располагается створ Камбаратинских ГЭС-1 и 2, происходит «столкновение» систем новейших складок с южной и северной вергентностью. Отметим, что схожая структурная обстановка характерна для Кемино-Чиликской зоны на северном Тянь-Шане, с которой связаны очаги сильнейших землетрясений Тянь-Шаня – Чиликского 1889 г. и Кеминского 1911 г. с $M=8.2-8.3$. Оговоримся, что общая протяжённость рассматриваемой Нарыно-Сонкульской зоны (~150 км; до 200 км при включении в неё разрывов, ограничивающих с севера Кетмень-Тюбинскую межгорную впадину – см. выше) несколько меньше, чем Кемино-Чиликской (~200-250 км), что дает основание считать, что и её сейсмический потенциал (M_{max}) несколько ниже.

Характерная протяжённость отдельных новейших структур Центрального Тянь-Шаня (хребтов-антиклиналей, впадин-синклиналей и разделяющих их разломов) составляет 50-100 км. Однако, Нарыно-Сонкульская зона разломов, структурным выражением которой является Минкуш-Кокомеренский грабен, имеет существенно большую протяжённость – порядка 150-200 км.

Как уже отмечалось, наличие молодых разрывов в зонах крупных разломов является общепринятым признаком высокого сейсмического потенциала этих зон. Рассмотрим имеющиеся на сегодня сведения о таких разрывах в Нарыно-Сонкульской зоне разломов.

Молодые разрывы в зоне разломов, проходящей от восточного замыкания Кетмень-Тюбинской впадины вдоль долины р. Нарын, низовьев Кокомерена и далее в направлении оз. Сонкуль наблюдаются в виде отдельных нарушений, протяжённостью от нескольких сотен метров до примерно 10 км практически на всём протяжении рассматриваемой зоны. Наиболее подробно они были изучены в 80-х годах прошлого века на участке между створами Камбаратинских ГЭС-1 и ГЭС-2 (рисунок 1), где разрывы, рвущие аллювиальные отложения и выраженные в рельефе, выявлены непосредственно вдоль основных швов Северного и Южного разломов, по оперяющим их нарушениям различной ориентировки, а также в зоне Ак-Терекского разлома, ответвляющегося от Южного разлома и образующего западное ограничение Карабашского массива, в пределах которого располагается створ ГЭС-1 (рисунки 2, 3, 4).

Для одного из разрывов на правом борту долины р. Нарын с поднятым южным крылом установлена единовременная вертикальная подвижка примерно на 6 метров, произошедшая примерно 2000 лет тому назад (рисунок 4) [94]. В соответствии с зависимостями, между единовременной подвижкой и максимальной магнитудой такая подвижка соответствует землетрясению с $M \sim 7.5$ (6.9-8.2). Более вероятный диапазон – 7.3-8.0 определён с учётом общей протяжённости зоны разломов, в которую очаг землетрясения с $M > 8.0$ не впишется.

Наряду с разрывными дислокациями в рассматриваемой зоне на бортах долин Нарына, нижнего Кокомерена, Минкуша и их притоков широко развиты крупные скальные оползни и обвалы, отчётливо концентрирующиеся вдоль Нарыно-Сонкульской зоны разломов, а также в прилегающей к ней средней части бассейна р. Кокомерен. Такого числа скальных оползней и обвалов, приуроченных к крупной зоне разломов столь большой протяжённости, не наблюдается ни в эпицентральной зоне Кеминского и Чиликского землетрясений, ни в зоне Таласо-Ферганского разлома, ни вдоль других зон разломов. Несомненно, для отдельных участков протяжённостью 5-10 км в зонах этих и других разломов также характерна повышенная оползневая поражённость, но обычно такие участки разделены значительными промежутками, в пределах которых крупные оползни отсутствуют [3].

Наиболее сложные сейсмические условия могут возникнуть на участке строительства при возникновении сильного землетрясения в Нарыно-Сонкульской зоне, проходящей в непосредственной близости от основных сооружений и вдоль водохранилища проектируемой Камбаратинской ГЭС-1.

Значительная (не менее 150 км) протяжённость зоны, при преимущественно взбросовой кинематике подвижек достаточна для возникновения здесь землетрясения с $M=7.5-8.0$. По новейшему структурному рисунку и характеру новейших движений (узкий рамповый грабен «зажатый» между встречными взбросами) эта зона схожа с Кемино-Чиликской зоной Северного Тянь-Шаня, где в конце XIX и начале XX века произошли два землетрясения с магнитудами > 8.0 (Чиликское 1889 г. и Кеминское 1911 г.). Следует отметить, что если хорошо изученное Кеминское землетрясение 1911 г. сопровождалось образованием системы разрывов, прослеженных более, чем на 100 км [4,5], то не менее сильное Чиликское землетрясение 1889 г., по-видимому, не привело к образованию аналогичных по протяжённости непрерывных разрывных сейсмодетформаций. В то же время, в его эпицентральной области наблюдаются многочисленные разрывы протяжённостью в несколько километров, аналогичные тем, которые описаны в пределах Нарыно-Сонкульской зоны разломов. С другой стороны, Нарыно-Сонкульская зона несколько уступает Кемино-Чиликской по протяжённости, и, соответственно, по величине сейсмического потенциала (M_{\max}).

О возникновении в пределах Нарыно-Сонкульской зоны сильных землетрясений в позднем плейстоцене и голоцене свидетельствуют многочисленные палеосейсмодислокации разных типов, в том числе многочисленные разрывы со значительными амплитудами смещений за позднечетвертичное время, а также уникальные кальдерообразные провалы Кызылкель и Джузумды – аналоги дислокации Битут в эпицентральной зоне Гоби-Алтайского землетрясения 1957 г. [6]. Судя по 6-метровой амплитуде единовременной подвижки по одному из молодых разрывов между створами ГЭС-1 и ГЭС-2, магнитуда землетрясения, произошедшего около 2000 лет тому назад, находилась в диапазоне значений 7.0 – 8.0.

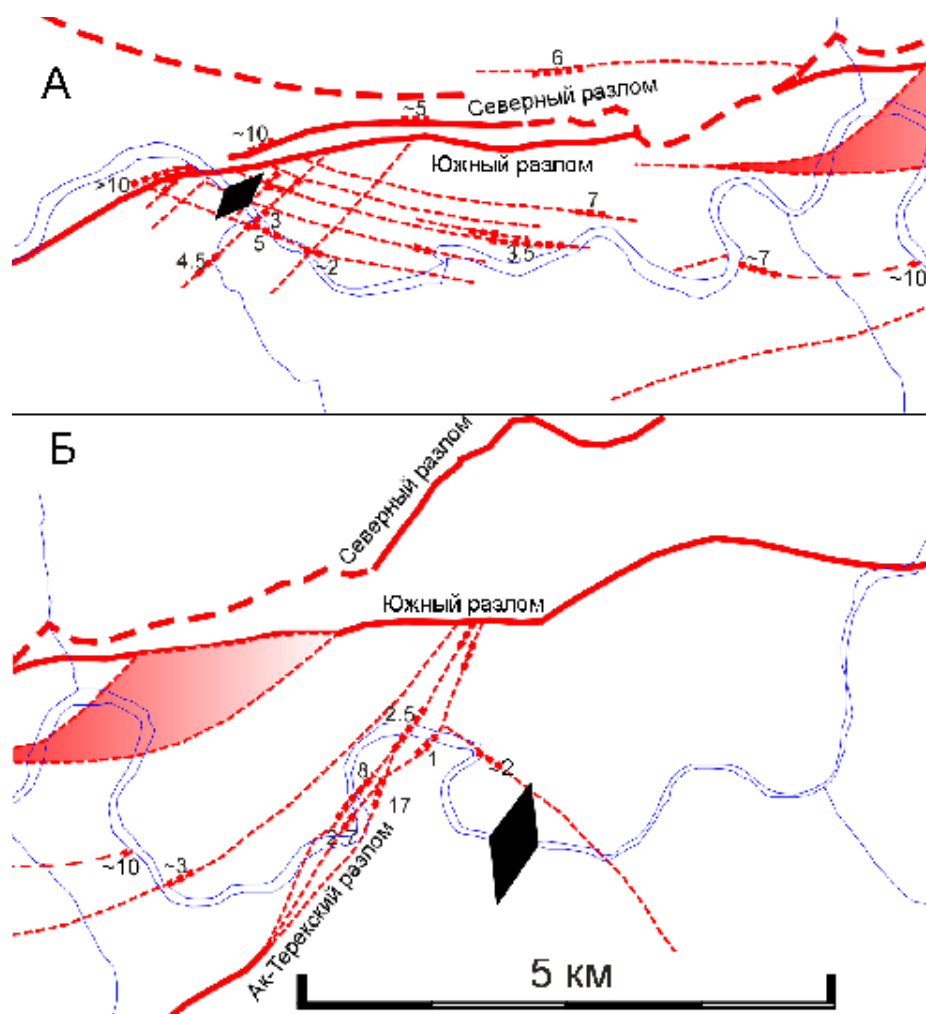


Рисунок 1. Схема активных разломов на участке долины р. Нарын между Камбаратинскими ГЭС-1 (Б) и 2 (А). Цифрами указаны наблюдаемые амплитуды позднечетвертичных смещений по отдельным разрывам.

Основная неопределённость при оценке сейсмического потенциала Нарыно-Сонкульской зоны по палеосейсмологическим данным связана с недостаточностью данных о возрастах дислокаций, в первую очередь подвижек по разрывам, в разных частях зоны. Это не позволяет судить о протяжённости очаговых зон отдельных палеоземлетрясений и, соответственно, не позволяет оценивать их магнитуды по протяжённости зон единовременного разрывообразования. Наличие многометровых единовременных смещений позволяет лишь утверждать, что наиболее значительные палеоземлетрясения имели магнитуду не менее 7.0. В настоящее время целесообразно рассматривать два возможных сценария:

1) очаг землетрясения охватывает всю зону на протяжении порядка 100-150 км. В этом случае значение магнитуды находится в диапазоне $\sim 7.5 - 8.0$ (расчётное значение $M=7.7$).

2) очаг охватывает часть зоны протяжённостью несколько десятков километров (например, от восточного окончания Кетмень-Тюбинской впадины до устья р. Кокомерен).

В этом случае, при тех же, что и при первом сценарии, максимальных амплитудах смещений по разрывам магнитуа землетрясения находится в диапазоне 7.0 – 7.5 (расчётное значение $M=7.3$).



Рисунок 2. Молодой разрыв в зоне Южного разлома к западу от здания ГЭС-2. Обнажение, существовавшее в 1989 г. Плоскость разрыва отмечена красными стрелочками, KW – коллювиальные клинья (colluvial wedges) в толще лессовидные суглинки в опущенном крыле разрыва.

На сегодняшний день рассматриваемые сценарии можно считать равновероятными. По нашему мнению, на начальной стадии изысканий целесообразно принять более консервативный вариант 1, приняв в качестве расчётного значения $M=7.7$ при расчётной глубине гипоцентра 20 км. При задании сейсмических воздействий может быть рассмотрен также альтернативный сценарий.

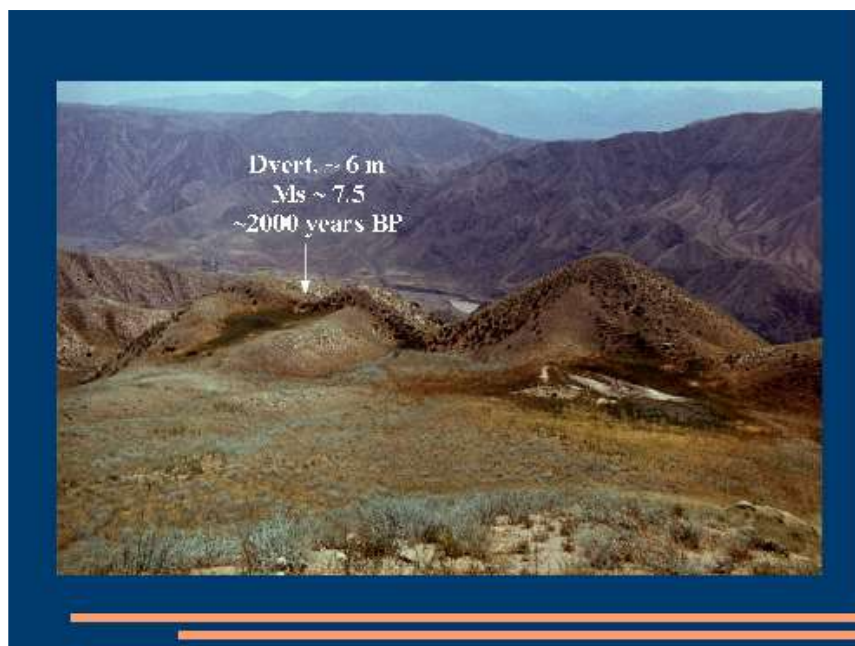


Рисунок 3. Позднеголоценовый разрыв на правом борту долины р. Нарын на участке между створами Камбаратинских ГЭС-1 и 2. Возраст последней подвижки определён по данным радиоуглеродного датирования.



Рисунок 4. Молодые разрывы на правом борту долины р. Нарын в зоне Северного разлома, примерно в 11 км выше по течению от Карабашского ущелья. Разлом, проходящий в основании высокого склона, отделяет палеозойские отложения висячего крыла от неогенового лежачего крыла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садыбакасов И. Неотектоника центральной части Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1972. - 118 с.
2. Чедия О. К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня: Фрунзе, Илим, 1986.
3. Богачкин Б.М., Корженков А.М., Мамыров Э., Нечаев Ю В., Омуралиев М., Петросян А.Е., Плетнев К.Г., Рогожин Е.А., Чаримов Т.А. Структура очага Сусамырского 1992

- года землетрясения на основе анализа его геологических и сейсмологических проявлений // Изв. РАН. Физика Земли. - 1997. - № 11. - С. 3-18.
4. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясение в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.). Тр. Геол. комитета. Новая серия. 1914. - Вып. 89. - СПб. - 256 с.
 5. Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Стром А.Л. Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1991 г. с Ms 8,2 в Киргизии // Геология и геофизика. - 2001- Т. 42. – № 10. - С. 1667-1677.
 6. Хромовских В.С. Сейсмогеология Южного Прибайкалья. М., Наука, 1965, 121 с.

Рецензент: канд. г.-мин. наук М. Омуралиев