

**Национальная академия наук Кыргызской Республики
Институт геологии**

**Национальная академия наук Кыргызской Республики
Институт сейсмологии**

Диссертационный совет Д. 25.23.677

На правах рукописи
УДК 551.242. (551.43)

Рахмединов Эркин Эмилбекович

Оценка сейсмической опасности Восточной части Нарынской впадины

25.00.01 – общая и региональная геология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Бишкек – 2024

Работа выполнена в лаборатории Оценки сейсмической опасности института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики

Научный руководитель: **Абдрахматов Канатбек Ермакович**
доктор геолого-минералогических наук,
профессор, член-корреспондент
Национальной академии наук Кыргызской
Республики

Официальные оппоненты:

Ведущая организация:

Защита состоится ____ 2025 года в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 25.23.677 при Институте геологии им. М. М. Адышева НАН КР, Институте сейсмологии НАН КР по адресу: 720040, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30, актовый зал. Ссылка для доступа к видеоконференции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/252-whl-gq7-1dj>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Института геологии им. М. М. Адышева НАН КР, по адресу: 720040, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30; Института сейсмологии НАН КР, по адресу: 720060, г. Бишкек, микрорайон Асанбай, 52/1 и на сайте Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики: https://stepen.vak.kg/d_25_23_677/130845/

Автореферат разослан _____ 2025 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат географических наук, доцент

Токторалиев Э.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТ

Актуальность темы диссертации. Строительство каскада гидротехнических сооружений в долине реки Нарын в Центральном Тянь-Шане, является одним из важнейших приоритетов Кабинета Министров Кыргызской Республики. При проектировании таких каскадов должны учитываться условия территорий строительства больших плотин, поскольку размещение основных сооружений в пределах активных разломов может привести к последующему их разрушению при сильном сейсмическом событии. Необходимо также принять во внимание возможность существенного усиления сейсмической активности в ходе эксплуатации ГЭС и вопросы динамической устойчивости сооружений.

Основная сложность при оценке сейсмических условий Восточной части Нарынской впадины, в пределах которой планируется возведение каскада ГЭС, обусловлена резким несоответствием между низким уровнем современной сейсмической активности этой территории и наличием многочисленных позднеплейстоценовых и голоценовых разрывов, рассматриваемых, как следы сильных землетрясений предшествующего периода (Абдрахматов К.Е. и др. 2007). Помимо позднечетвертичных разрывов, в пределах всего Центрального Тянь-Шаня широко развиты крупные скальные оползни и обвалы, обычно концентрирующиеся вблизи зон активных разломов.

Надо отметить, что исторические данные о сейсмичности этого района имеются лишь за период, не превышающий 150-200 лет. Но кондиционная оценка сейсмичности может быть произведена только с привлечением данных о землетрясениях, имевших место задолго до начала установки первых сейсмических станций. Отметим, что за последние 20-30 лет в мировой сейсмологии укрепились представления о важнейшей роли палеосейсмологических данных при оценке долговременной сейсмической опасности, обуславливаемой событиями редкой (раз в 1000 – 10000 лет) повторяемости (McCalpin, 1996, 2009, Мак-Калпин, 2011). В большинстве регионов мира, особенно там, где исторические сведения имеются за небольшой промежуток времени, именно палеосейсмологические данные позволяют наиболее объективно оценивать величину (магнитуду) сильных землетрясений и их период повторяемости. Это нашло свое подтверждение в случае Суусамырского землетрясения 1992 г., в эпицентральной зоне которого обнаружены приразломные уступы, образовавшиеся при аналогичных событиях в прошлом, хотя за исторический период до 1992 г. в этой зоне не было известно ни одного сколько-нибудь сильного землетрясения. Аналогичные примеры известны и на других Земного шара.

Связь темы диссертации с крупными научными программами (проектами) и основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными научными учреждениями: диссертационная работа выполнялась в течение 2014-2022 гг. в соответствии с научно-

исследовательской темой Института сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики – «Оценка сейсмической опасности и создание инженерно-сейсмометрической службы в районах расположения крупных ГЭС (на примере Верхне-Нарынского каскада ГЭС)». Автор принимал непосредственное участие в реализации научных исследований по данной тематике.

Цель и задачи исследования. Основная цель работы - оценка сейсмической опасности близрасположенных активных разломов для Верхне-Нарынского каскада ГЭС и прилегающих населенных пунктов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи исследования:

1. выявление и картирование активных разломов, расположенных в непосредственной близости от города Нарын и основных сооружений проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС;
2. оценка магнитуд и повторяемости землетрясений, связанных с активными разломами;
3. оценка зон влияния активных разломов.

Научная новизна полученных результатов:

1. Впервые для Восточно-Нарынской впадины произведено детальное описание активных разломов, которые являются сейсмогенерирующими зонами и служат источником сейсмической опасности этого региона;
2. Произведена оценка сейсмического потенциала активных разломов, (M_{\max} и повторяемости землетрясений) расположенных в непосредственной близости от города Нарын и основных сооружений проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС;
3. Результаты палеосейсмологических исследований, показали, что в восточной части Нарынской впадины возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне 7.0 – 7.5. Фоновая интенсивность сейсмических воздействий на площадках основных сооружений гидроузлов Верхне-Нарынского каскада составляет 9 баллов;
4. Результаты анализа подвижек по Центрально-Нарынскому разлому, наиболее близко расположенному к сооружениям проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС, показали, что они произошли в период 2486 г. до н.э. – 214 г. н.э. Повторяемость подвижек по имеющимся данным составляет несколько тысяч лет и за указанный период их произошло, как минимум две;
5. Предложена практическая рекомендация по локализации сооружений в зависимости от ширины зоны влияния активного разлома. Полученные нами данные позволяют заключить, что ширина зоны влияния Центрально-Нарынского разлома, проходящего в непосредственной близости от г. Нарын и от проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС, составляет 60 метров в пределах поднятого крыла и до 20 метров - в опущенном крыле.

Практическая значимость полученных результатов. Практическая значимость диссертации заключается в оценке сейсмической угрозы восточной части Нарынской впадины и ее влияния на проектируемый Верхне-Нарынский каскад гидроэлектростанций. Результаты исследования в отношении безопасности сооружений могут быть использованы при проектировании и строительстве ГЭС, чтобы принять необходимые меры по защите сооружений от сейсмических воздействий. Это может включать в себя технические меры, такие как использование специальных конструкционных материалов и усиление оснований. Градостроительные аспекты включают информирование заинтересованных сторон о сейсмической опасности активных разломов, чтобы разрабатывать градостроительные планы и строить здания и инфраструктуру, учитывая потенциальные риски сейсмических событий. Это поможет снизить ущерб и потери, связанные с землетрясением. На основе данных о сейсмической опасности можно создать планы эвакуации при чрезвычайных ситуациях для населения, чтобы снизить риск смерти и повреждений в результате землетрясений.

Таким образом, диссертация имеет важное практическое значение для многих областей, таких как инженерное строительство, градостроительство, и общественная безопасность, поскольку поможет снизить риски и ущерб, вызванные сейсмическими событиями.

Экономическая значимость полученных результатов. Исследование сейсмической опасности восточной части Нарынской впадины и его влияния на проектируемый Верхне-Нарынский каскад гидроэлектростанций имеет большое экономическое значение.

В части сокращения рисков экономическая значимость заключается в том, что информированность о сейсмической опасности, позволяет минимизировать потери и убытки во время строительства и эксплуатации различных инженерных сооружений. Это снижает затраты на восстановление и ремонт после сейсмических воздействий.

Обеспечение жизненного цикла сооружений зависит от надлежащих антисейсмических мер безопасности, которые могут продлить срок службы гидроэлектростанций. Это предотвращает непредвиденные повреждения и обеспечивает более длительную и эффективную работу ГЭС, что способствует экономической стабильности в регионе.

Инвестиционный потенциал отдельно взятого сооружения или региона в целом, зависит от защищенности сооружений от сейсмических рисков, регион или объект становятся более привлекательным для инвесторов. Осведомленность заинтересованных сторон о защищенности инфраструктуры от сейсмических рисков, вызывает уверенность в инвестициях в проекты.

Таким образом, исследование сейсмической опасности имеет прямое влияние на экономическую устойчивость и развитие района, обеспечивая

безопасность сооружений, привлекая инвесторов и создавая новые возможности для экономического роста.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Детальное описание активных разломов, которые являются сейсмогенерирующими зонами и служат источником сейсмической опасности этого региона;
2. Оценка сейсмического потенциала активных разломов, (M_{\max} и повторяемости землетрясений) расположенных в непосредственной близости от города Нарын и основных сооружений проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС;
3. Результаты палеосейсмологических исследований восточной части Нарынской впадины, которые показали, что возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне 7.0 – 7.5;
4. Результаты анализа подвижек по Центрально-Нарынскому разлому, наиболее близко расположенному к сооружениям проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС, которые информируют, что они произошли в период 2486 г. до н.э. – 214 г. н.э.;
5. Практическая рекомендация по локализации сооружений в зависимости от ширины зоны влияния активного разлома. Рекомендация заключается, что ширина зоны влияния Центрально-Нарынского разлома, проходящего в непосредственной близости от г. Нарын и от проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС, составляет 60 метров в пределах поднятого крыла и до 20 метров - в опущенном крыле.

Личный вклад соискателя. В процессе многолетних полевых работ в Нарынской впадине соискателем лично были выполнены: сбор, обработка, анализ исходных данных о структуре доновейшего фундамента и новейших разломов, геолого-тектонических особенностей строения очаговых зон сильнейших землетрясений региона. Проведенные соискателем исследования базируются на полевом картировании активных в позднем плейстоцене и голоцене структур, дешифрировании аэрокосмоснимков, анализе полученных результатов и внедрении этих результатов в производство.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались:

- на Симпозиуме «Инновационное развитие: потенциал науки и образования как основа индустриализации регионов» - Национальная Академия Наук КР, Бишкек, 2021 г.;
- на Международном форуме молодых ученых «Наука без границ» - Россия, г. Нижний Новгород, 2022 г.;
- на Академическом форуме молодых ученых стран Большой Евразии «Континент науки» Россия, Москва 2023 г.

Полнота отображения результатов диссертации в публикациях.

Основные результаты работы нашли свое отражение в печатных изданиях, рекомендованных в НАК ПКР. По теме диссертации опубликовано 10 научных статей [5, 6, 7, 10, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Структура и объем диссертации. Диссертация, объемом 147 страниц, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы, в том числе 108 рисунков и фотографий, 4 таблицы и 165 наименований использованной литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследований, показана их научная новизна, сформулированы основные защищаемые положения диссертации и раскрыта практическая значимость полученных результатов, приводится личный вклад диссертанта, апробация результатов исследований, структура и объем диссертации.

В главе I. «**Обзор литературы в области неотектоники изучаемого региона**»,

Изучена геология кайнозоя Нарынской впадины, особый вклад внесли Шульц С.С. [43,47], Попов В.И, Петрушевский В.В, Луйк А.А, Курдюкова К.В, Садыбакасов И. [55], Чедия О. К, Трофимов А.К, Турдукулов А.Т, Макаров В.И, Благовидов В.В, Королева Н.П, Королев О.И, Кыдыров Ш.А. и многие другие. Ими разработаны схемы стратиграфии кайнозойских отложений, молассы разделены на “Киргизский красноцветный” и “Тянь-Шанский орогенический” комплексы, изучены литологический состав и внутреннее строение отложений, проведены фациально-палеогеографические анализы.

Изучением соотношения складчатых и глыбовых (разрывных) структур занимались Богданович К.И, Девис В, Кейдель Г, Принц Г, Мушкетов Д.И. [57, 68], Обручев В.А. Лекус К, Махачек Ф, Наливкин Д.В, Попов В.В. и др. С их точки зрения складчатости участвуют лишь породы кайнозоя.

Взгляд о складчатой природе новейших структур развивали: Арган Э, Мушкетов И.В, Шульц С.С, Петрушевский Б.А. и др.

Идею о складчато-глыбовой природе новейших структур поддерживали: Николаев В.А, Пейве Н.П, Синицын Н.И, Хаин Е.Е, Чедия О.К. [40, 43, 88], Садыбакасов И, Макаров В.И. [24, 48] и другие.

Исследователи, поддерживавшие идею о глыбовой природе новейших структур, а также Пейве А.В, Синицын Н.И, Чедия О.К. [40, 43, 88] и др. Складкообразования под силами горизонтальных сил. Мушкетов Д.И, Николаев В.А, Хаин Е.Е, Садыбакасов С. и др. [55], Попов В.И, Садыбакасов И. и др [55] развивали идею о волновом характере орогенеза опусканий и поднятий, Мушкетов В.И, Пейве А.В, Садыбакасов И, Макаров В.И, Омуралиев М. и др. придерживаются взгляда о пересечении («интерференции») складчатостей разных направлений различных слоев расслоенной литосферы.

Изучение связи новейшей и современной тектоники и сейсмичности. Петрушевский Б.А. отметил, что историко-геологические особенности развития является важным фактором при анализе сейсмичности. Багданович К.И, Папов В.В, Резанов И.А, Крестников В.В, Нерсесов И.А. Рейснер Г.И. отметили связь между сейсмической активностью и значениями градиентов скоростей новейших тектонических движений.

Шульц С.С. [43, 47], Трифонов В.Г, Абдрахматов К.Е, Лемзин И.А, Омуралиев М. О. [112] и др. [100] отметили связь импульсных движений по активным разломам (в позднем плейстоцене-голоцене) и сейсмичности.

Основная сложность при оценке сейсмических условий Восточной части - Нарынской впадины, в пределах которой планируется возведение каскада ГЭС, как и всего Центрального Тянь-Шаня, обусловлена резким несоответствием между низким уровнем современной сейсмической активности этой территории и наличием многочисленных молодых (позднеплейстоценовых и голоценовых) разрывов, рассматриваемых, как следы сильных землетрясений более далекого прошлого (Абдрахматов и др. 2007) [8].

В главе II. «**Методология и методы исследования**» приводится следующее.

Объектом исследования является Центрально-Нарынский и Нуратоуский активные разломы Восточной части Нарынской впадины.

Предмет исследования: Сейсмическая опасность, современных разрывных геологических структур; антиклинально – синклинальные образования Восточной части Нарынской впадины; современные палеосейсмодислокации; площади распределения деформации при возможных сейсмических событиях; возможные сейсмические риски и безопасная эксплуатация строительных объектов.

Методика исследований и достоверность результатов. Диссертация выполнена на основе результатов научных исследований, выполненных в период с 2014 года методом палейсейсмологии.

В ходе полевых исследований были заактивированы и вскрыты траншеями вкрест простирания уступы Центрально-Нарынского и Наратоуского активных разломов, кроме того, были проведены геодезические профили и проведено дешифрирование аэрофотоснимков современных сейсмодислокационных структур и активных разломов, выраженных в рельефе с использованием Google Earth, Open topography, Bing, Open Street map, SRTM DEM, и др.

Работы по изучению разломной тектоники проводились в Восточной части Нарынской впадины. Основной целью исследования было выявление отдельных разрывов и их трассирование с тем, чтобы избежать размещения строящихся зданий на разрывах (Абдрахматов К.Е, Рахмединов Э.Э. 2018; Рахмединов Э.Э. 2020, 2023).

Как известно, для рационального расположения важных гидротехнических и гражданских зданий и сооружений необходимо учитывать зоны динамического влияния активных разломов. Глубинное расположение и поведение активного

разлома не всегда подчиняется той геологической характеристике разлома которая демонстрирована на поверхности. В таких случаях для детального исследования активных разломов особенно его глубинной хорошо подходит методы геофизического зондирования.

В пределах г. Нарын строение разлома и его положение детально изучено геологическими и геофизическими методами. В местах скрытого разлома под толщей аллювиальных накоплений, его положение определялось с помощью мобильной сейсморазведочной станции Seistronix RAS 24.

В главе III. **«Палеосейсмологические исследования Центрально-Нарынский Нуратоуский и Кажыртынкий активные разломы Восточной части Нарынской впадины»**. Нами детально изучен уступ Центрально-Нарынского разлома на участке, расположенном чуть ниже слияния р. Малый Нарын с долиной р. Нарын и участок университета Ага-Хана, западной части города Нарын. Приведены основные результаты палеосейсмологических данных по Центрально-Нарынскому разлому, сосредоточенные непосредственно в пределах стройплощадки Университета и проектируемых Верхнее – Нарынских ГЭС, были нацелены на выявление и трассирование отдельных разрывов, с тем, чтобы избежать размещения строящихся зданий на разрывах. (Абдрахматов К.Е, Рахмединов Э.Э. 2018) [6], (Рахмединов Э.Э. 2020 г.) [26].

Центрально-Нарынский разлом прекрасно выражен в рельефе: он смещает отложения и поверхности выравнивания вплоть до голоценовых.

В приустьевых частях долин рек Ири-Суу, Чет-Нура, Орто-Нура, Башнура-правые притоки р. Нарын, разлом проявлен наиболее выразительно.

Нами детально изучен уступ Центрально-Нарынского разлома на участке, расположенном чуть ниже слияния р. Малый Нарын с долиной р. Нарын. На этом участке было сделано несколько профилей через приразломный уступ, и он был вскрыт траншей протяженностью 20 м, глубиной и шириной, примерно, по 3 м (см. рис 3.1.1.6)

Для документации (см. рис 3.1.1.6) выбрана восточная стенка траншеи, которая была размечена сеткой 1×1 м, тщательно сфотографирована и зафиксирована.

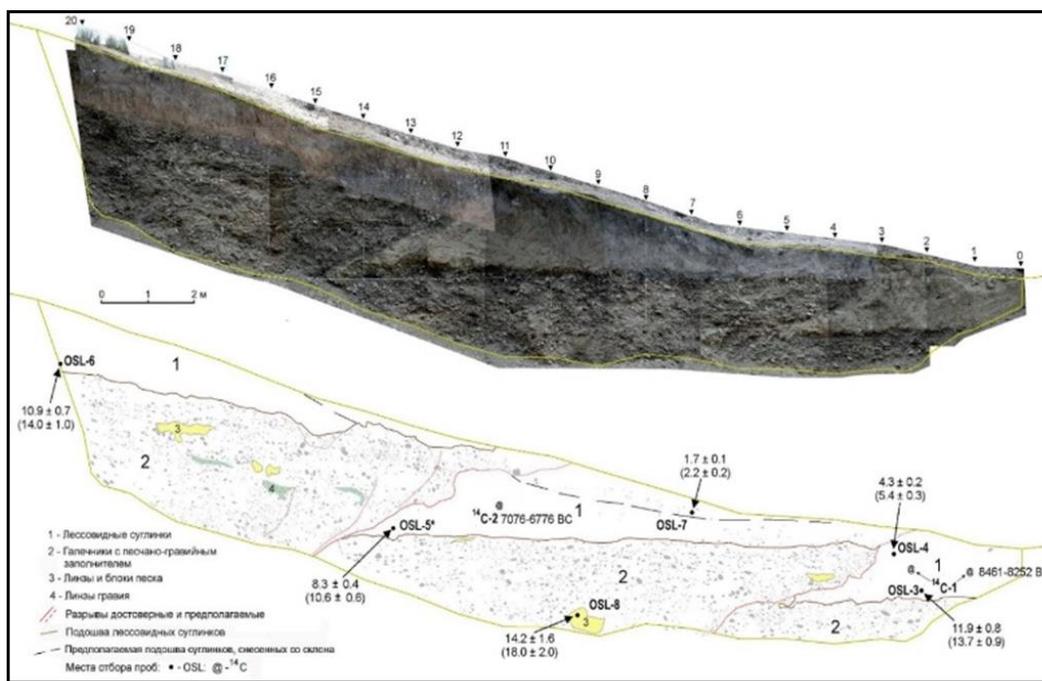


Рис. 3.1.1.6 - Общий вид траншеи, пройденной через уступ Центрально-Нарынского разлома.

Вертикальная составляющая подвижек составляет, соответственно, 1,1 и 1,8 м. Если считать, что вся высота уступа на этом участке соответствует подвижкам по этим двум плоскостям разрывов, то вертикальная составляющая подвижки по верхнему разрыву, с учетом разрыва его висячего крыла, могла достигать 5-6 метров, результаты проб, отобранных для определения возрастов подвижек.

Возраст лессовидных суглинков, определенный методом OSL, составляет от $11,9 \pm 0,8$ до $1,7 \pm 0,1$ тысяч лет (рис. 3.1.1.6). При этом пробы, отобранные вблизи подошвы лессовидных суглинков (OSL-3, 5, 6), дали возраст от $11,9 \pm 0,8$ до $8,3 \pm 0,4$ тысяч лет. Проба OSL-8, отобранная из песчаной линзы в подстилающих пролювиальных отложениях, древнее и имеет возраст $14,2 \pm 1,6$ тыс. лет. Проба OSL-4, отобранная примерно в 1 м выше подошвы лессовидных суглинков, имеет возраст в $4,3 \pm 0,2$ тысячи лет. Судя по состоянию разреза в месте отбора (плотные, светло-желто-серые суглинки, с очень редкими мелкими галечками), эта проба была отобрана из ненарушенной толщи и ее возраст близок к верхней границе периода накопления пачки лессовидных суглинков. Соответственно, все подвижки, нарушающие эту толщу, должны быть моложе. Наиболее молодой возраст ($1,7 \pm 0,1$ тысяч лет) показала проба OSL-7, отобранная из верхней части разреза лессовидных суглинков примерно на ПК+7. Здесь грунт отличается более рыхлым сложением, более темным цветом и более высоким содержанием мелких галек, что позволяет предположить, что суглинки здесь не залегают *in situ*, а находятся в смещенном состоянии, т.е. были перемещены сюда после образования уступа. Отметим, что четкой границы между "коренными" и "смещенными" лессовидными суглинками определить не удалось. Если указанные соображения

верны, то подвижки по верхнему разрыву происходили в интервале от $4,3 \pm 0,2$ до $1,7 \pm 0,1$ тысячи лет. Подвижка по нижнему, предположительно более молодому разрыву (см. выше) моложе $4,3 \pm 0,2$ тыс. лет, однако верхний предел ее возраста определить не удалось.

На территории университета Ага Хана в двух точках отмеченными красными стрелками (см. рис. 3.20 - № 1 и № 2), были пройдены две траншеи в крест простирания зоны Центрально-Нарынского разлома.

В точке №1 траншея пройдена в два этапа: сначала глубиной 1,5 м, а затем меньшей ширины также глубиной 1,5 м. Общая глубина траншеи составила 3 м, длина - 20 м.

Отличительной особенностью данного разреза является то, что валунно-галечная аллювиальная толща, перекрывающая зону разлома, не затронута смещениями. Это может свидетельствовать о том, что после ее образования смещений по разлому не происходило. Образец № N5 возрастом $2,46 \pm 0,48$ тыс. лет, который отобран в линзе песка, заключенной в покровной толще, подтверждает, что после этой даты смещений по разлому не было.

Центрально-Нарынский разлом было изучено и определено точное место положения на западной окраине г. Нарын и на территории Университета Ага-Хана. Разлом здесь выражен в рельефе на левом берегу Нарына в виде гряды, возвышающейся примерно на 10 м над 20-метровой надпойменной террасой Нарына и отделяющей поверхность террасы от русла реки

Весьма характерной особенностью являлось подворачивание слоев, слагающих террасовые отложения. Разлом представляет собой надвиг, падающих к северу с параметрами: простирание 115° северо-восток и угол падения 25° , по которому неоген надвинут на четвертичные галечники с песчаным заполнителем. Примерно в трех метрах от линии разрыва галечники опрокинуты и длинная ось отложений протягивается вдоль простирания разлома.

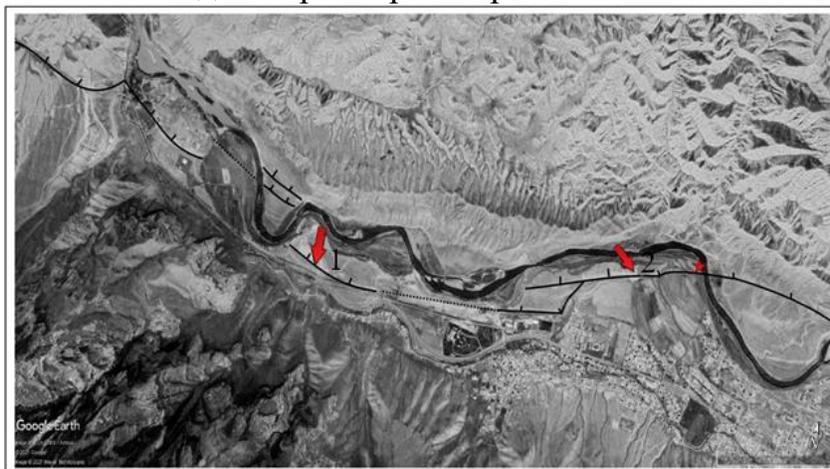


Рис. 3.20 - Активные разломы в пределах стройплощадки Университета. Красные стрелки - положение траншей. Цифры – номера траншей. Красная звездочка – места отбора образцов в уступе первой террасы р. Нарын.



Рис. 3.1.2.8 Места отборов проб методом OSL для датирования возраста геологических слоев и их результаты, участок университета Ага-Хана, западной части города Нарын

В главе IV «Оценка сейсмической опасности Восточной части Нарынской впадины» приведена оценка максимальной магнитуды возможных сильных землетрясений.

Общая протяженность прослеживаемого активного Центрально-Нарынского разлома, составляет примерно 60 км (см. рис 4.1.1, 4.1.3). Несколько большую протяженность – около 80 км – имеет ступень в рельефе, приуроченная к разлому, отделяющему восточную часть Алабуга-Нарынской впадины от примыкающих к ней с севера хребтов Джетимтоо и Нуратоо. Представляется, однако, что единовременное вспарывание охватывало эти разломы не на всей их протяженности. Особенно ярко это проявлено к которому приурочена дислокация Нуратоо, где обновленный участок разлома прослеживается не более чем на 32 км (см. рис 4.1.1, 4.1.3).

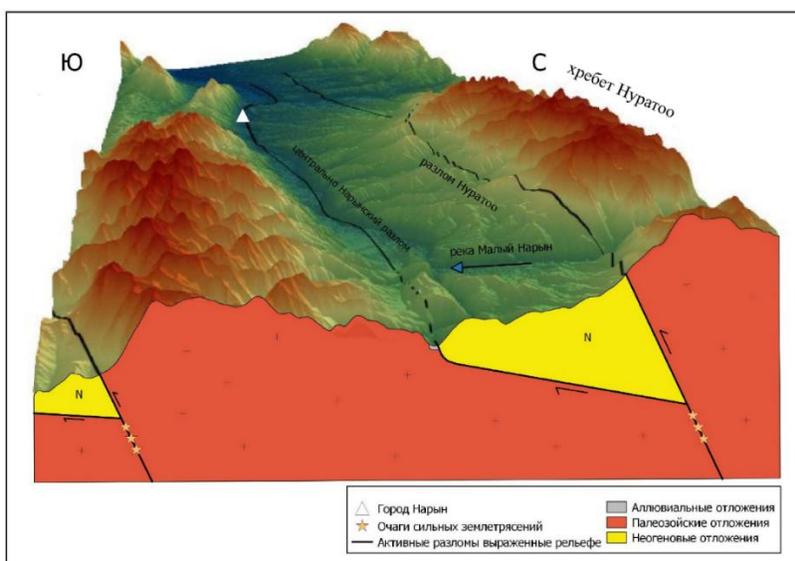


Рис. 4.1.1 Тектоническое строение Восточной части Нарынской впадины

На рисунке 4.1.3 отчетливо видно, что эта область в целом образует полуэллипс, длинная ось которого, протяженностью 38 км, приурочена к разрыву дислокации Нуратоо (см. рис. 4.1.3). Ее восточное ограничение совпадает с восточной границей области развития кайнозойского осадочного чехла межгорной впадины (см. рис 4.1.1). Однако западное (юго-западное) окончание этой области не имеет столь отчетливого "геологического" ограничения, хотя наиболее нарушенная оползнями территория совпадает с областью развития отложений кыргызской и нижней части нарынской свиты. За пределами оконтуренной области, несмотря на то, что большая часть территории Алабуга-Нарынской впадины сложена аналогичными малопрочными неогеновыми песчаниками, конгломератами и алевролитами и характеризуется эрозионной расчлененностью предположительно одинаковой глубины долин и крутизной их склонов (см. рис 4.1.1, 4.1.3), подобной дислокации не наблюдается.

На наш взгляд, явная приуроченность этой области к разрывам дислокации Нуратоо не случайна и обусловлена единой причиной образования и разрывов и оползней – сильным доисторическим землетрясением.

В то же время, как было отмечено выше, при описании разрывов дислокации Нуратоо, они с большой вероятностью представляют собой не самостоятельную сейсмогенерирующую структуру, а являются вторичными по отношению к основному – Центрально-Нарынскому разлому. Мы рассматриваем область массового развития и молодых разрывов в зонах обоих рассматриваемых разломах и приуроченных оползневых процессов, как очаговую область землетрясений, периодически повторяющихся на этом участке. Ее протяженность составляет примерно 45 км. Эту величину мы учитываем при оценке сейсмического потенциала Центрально-Нарынского разлома, ограничивающего впадину с севера (разлом Нуратоо), отдавая себе отчет, что он превосходит протяженность уверенно выделяемых молодых дислокаций в каждой из этих зон.

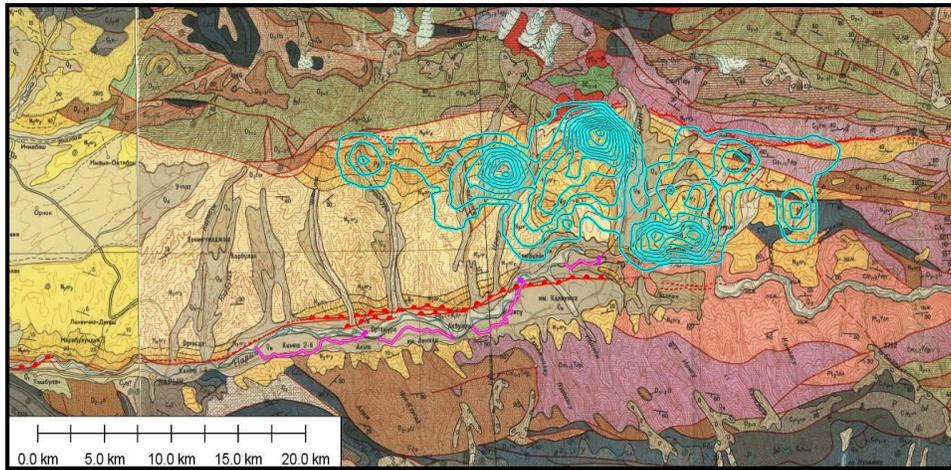


Рис. 4.1.3 - Сопоставление оползневой пораженности территории к северу от Центрально-Нарынского разлома с ее геологическим строением. Геология приведена по картам 1:200 000 [44].

Разрывы такой протяженности описаны при землетрясениях от 6.5 до 7.9. Среднее значение $M_s=7.2$ (см. рис 4.1.3). Согласно регрессионным зависимостям между длиной поверхностного (SRL), либо очагового (RLD) разрыва, согласно работе (Wells, Coppersmith, 1994) протяженность составляет 45 км, наши исследования показывают меньшие значения поверхностных магнитуд:

$$M_w=5.0+1.22 \times \log(\text{SRL})=7,02 \quad (3.1)$$

$$M_w=4.49+1.49 \times \log(\text{RLD})=6.95 \quad (3.2)$$

Как отмечено выше, есть основания ожидать, что максимальная измеренная высота уступа Центрально-Нарынского разлома (16 м) накопилась в результате нескольких (4-5) последовательных подвижек по данному разлому, которые происходят при максимальном единовременном вертикальном смещении до 6 метров. Вертикальная компонента смещений по сдвиго-сбросу дислокации Нуратоо также составляет 4-5 м.

Таким образом, анализ всей совокупности палеосейсмологических данных позволяет считать, что в Восточной части Нарынской впадины возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне 7.0 – 7.5. Оценки магнитуд палеоземлетрясений по длине очаговой области дают несколько меньшие значения – примерно от 7.0 до 7.2; оценки по величине подвижки – несколько большие – примерно 7.5. С учетом неопределенностей, в качестве расчетной величины при определении параметров расчетных сейсмических воздействий рекомендуется принять среднее значение магнитуды равное 7.3.

Оценка фоновой интенсивности сейсмических воздействий сделана для 4 зон ВОЗ, рассмотренных в двух близких, связанных с Центрально-Нарынским разломом и участком, ограничивающим восточную часть впадины с севера (зона Нуратоо) и двух удаленных – Предтерской и Кемино-Чиликской.

Поскольку при высокомагнитудных коровых землетрясениях изосейсты высших баллов обычно вытянуты вдоль сейсмогенерирующих структур, а

указанные зоны ВОЗ простираются в субширотном направлении и расположены к северу от участка Верхне-Нарынского каскада ГЭС, полученные значения интенсивности, являются завышенными и могут рассматриваться, как весьма консервативные.

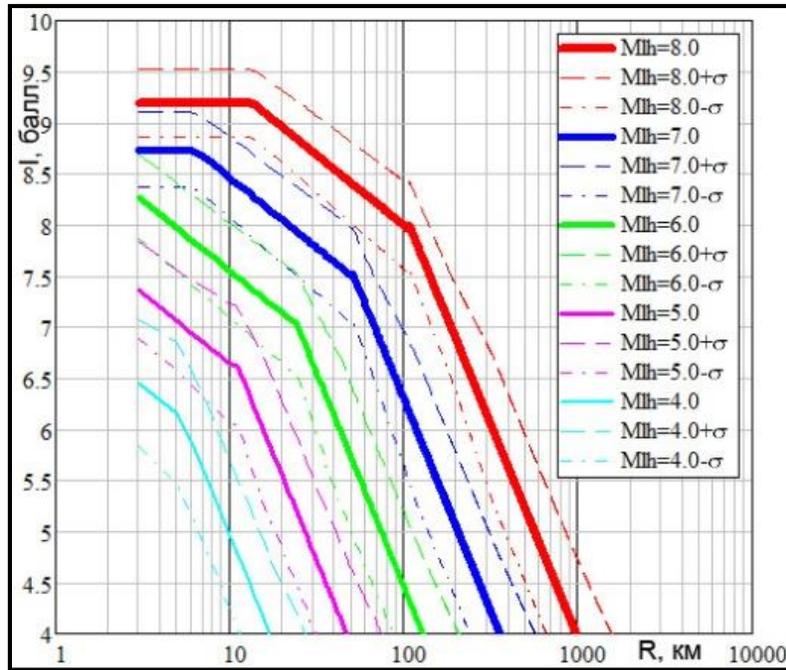


Рис. 4.2.1 - Зависимость сейсмической интенсивности от расстояния до источника с магнитудой M_{LN} для землетрясений со взбросовой кинематикой подвижки в очаге землетрясения. Графики построены С.А. Перетокиным (НП ЭЦ РОПР) по данным Ф.Ф. Аптикаева (ИФЗ РАН) [12].

При оценке фоновой интенсивности воздействий при землетрясениях с очагами в зонах ВОЗ, проходящих вблизи площадки строительства на расстояниях, существенно меньших линейных размеров этих очагов, использование вышеприведенного уравнения вообще не корректно, так как в этих случаях площадка оказывается в пределах "ближней зоны" или даже в пределах «очаговой зоны». Согласно Ф.Ф. Аптикаеву (2012) [12], ближняя зона – это область, в которой затухание ускорений с расстоянием R слабее сферического расхождения, а очаговая зона – область вблизи сейсмогенерирующего разлома, где отсутствует затухание сейсмических волн или наблюдается некоторое увеличение их амплитуды с расстоянием. На рисунке 4.2.1 показаны графики изменения сейсмической интенсивности с расстоянием для различных магнитуд, с учетом вышеуказанных особенностей.

Согласно этим соотношениям, фоновая интенсивность сейсмических воздействий при землетрясениях с $M_{max}=7.3$ в Центрально-Нарынской зоне ВОЗ и в зоне ВОЗ, совпадающей с дислокаций Нуратоо, выраженная в целочисленных значениях, составит 9 баллов, что согласуется с оценками по действующей карте сейсмического районирования территории Кыргызской Республики.

Таким образом, оценка сейсмического потенциала зон ВОЗ, ближайших к сооружениям Верхне-Нарынского каскада, и параметров сейсмических воздействий показывает, что анализ всей совокупности палеосейсмологических данных позволяет считать, что в Восточной части Алабуга-Нарынской впадины возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне 7.0 – 7.5. Фоновая интенсивность сейсмических воздействий на площадках основных сооружений этих гидроузлов составляет 9 баллов.

Последние подвижки по ближайшему к сооружениям Центрально-Нарынскому разлому произошли в периоды - 2486 г. до н.э. и в – 214 г. н.э. Повторяемость подвижек по имеющимся данным определить не удалось, однако можно полагать, что она составляет несколько тысяч лет, так как за указанный период произошло, как минимум, две подвижки.

Для надвигов, которые развиты в пределах изученной нами территории, приняты следующие положения: при изучении зоны Центрально-Нарынского активного разлома, пересекающего строительную площадку Международного Университета Ага Хана в зоне разлома были выделены три различных по своему значению зоны влияния (см. рис 4.4.2).

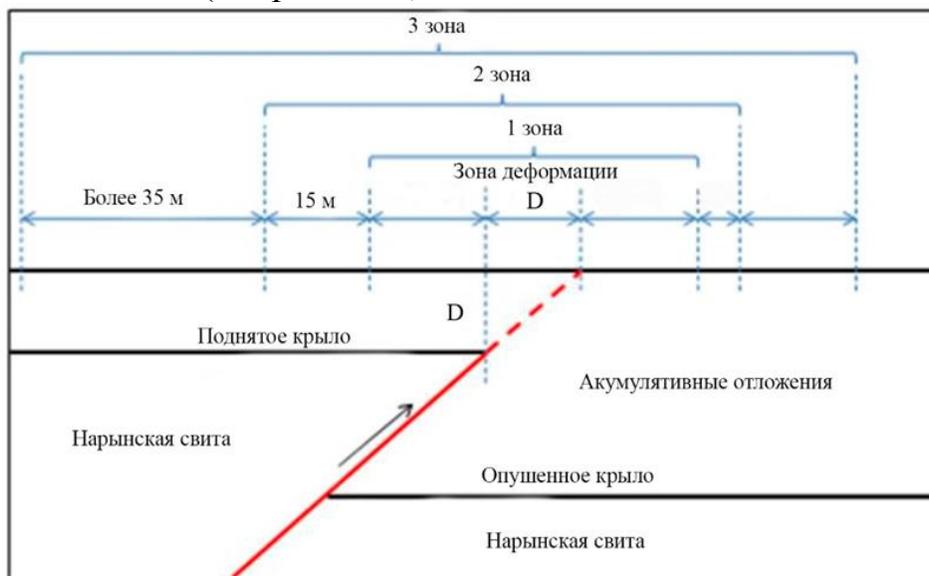


Рис. 4.4.2 - Зона влияния Центрально-Нарынского разлома в пределах территории Университета Ага-Хана по данным компании ARUP (Лондон, Англия - Фонды Института сейсмологии НАН КР).

Зона 1 – зона выхода разрыва на поверхность D, которая определяется глубиной до кровли коренной породы и шириной зоны нарушений, связанных непосредственно с основным разрывом разлома. Ширина буферной зоны определяется в зависимости от угла падения разлома и величиной смещений, характерных для данного типа разломов.

Зона 2 – определяет область потенциальной интенсивной деформации, которую следует избегать при выборе наиболее подходящих безопасных мест для строительства.

Зона 3 – определяет область меньшей деформации, которая протягивается еще до 50 м и более в сторону висячего крыла и 15 м на опущенной стороне разлома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования неотектоники Восточной части Нарынской впадины позволили провести детальное описание Центрально-Нарынского и Нура-Тооуского активных разломов. Били уточнены и идентифицированы данные разломов как основные источники сейсмогенерации в данном регионе. Такой подход применялся для более точной оценки сейсмической опасности и разработки мер по уменьшению рисков для проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС, населения и инфраструктуры.

1) Палеосейсмологические исследования Восточной части Нарынской впадины позволили детально оценить сейсмическую опасность Центрально-Нарынского и Нура-Тооуского активных разломов, расположенных неподалеку от проектируемых сооружений Верхне-Нарынского каскада ГЭС. Анализ данных показал, что эти разломы могут порождать землетрясения с магнитудами в диапазоне 7,0 – 7,5. Фоновая интенсивность сейсмических воздействий в районах сооружений достигает 9 баллов на шкале интенсивности MSK 64, что подчеркивает значительный потенциал сейсмической активности в данном регионе - эти результаты формируют ключевую роль в планировании и строительстве гидроэнергетических объектов, а также в разработке мер по снижению сейсмических рисков для инфраструктуры и населения.

2) Проведенные исследования Центрально-Нарынского разлома вблизи города Нарын, указывают, что разлом оказывает значительное влияние на окружающую среду и инфраструктуру в регионе, которые дали возможность определить ширину влияния разлома в пределах поднятого крыла, достигающего до 60 метров в поднятом блоке повышенного сейсмического риска и геодинамической активности, когда как в опущенном крыле зона влияния снижается до 20 метров, эти условия необходимо учесть при планировании и проектировании гидротехнических сооружений и другой инфраструктуры в данном регионе. Учет буферной зоны влияния разлома необходим для разработки мер по снижению сейсмических рисков и обеспечению безопасности населения и других объектов. Важно также учитывать данную информацию при строительстве и эксплуатации объектов, чтобы минимизировать потенциальные негативные последствия от возможных сейсмических событий.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученные результаты проведенных исследований нами материалы и данные, приведенные по изученному территории позволяют заключить, что ширина влияния Центрально-Нарынского разлома, проходящего в непосредственной близости от г. Нарын, и проектируемых верхнее Нарынских

каскадов ГЭС составляет 60 метров в пределах поднятого крыла и до 20 метров в опущенном крыле. Результаты исследования могут быть использованы при оценке сейсмической опасности территории расположения Верхне-Нарынского каскада ГЭС, а также при разработке генерального плана развития территории г. Нарын.

Перспектива дальнейшего развития оценки сейсмической опасности следует отметить что необходимые дальнейшие работы по расширению изученных территорий и составлению достоверной карты сейсмического районирования Нарынской области на основе новых фактов по сейсмологии, сеймотектонике и геофизике. Знание наиболее опасных в сейсмическом отношении зон позволит уменьшить ущерб от возможных землетрясений.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Абдрахматов, К. Е. Центральнo-Нарынский активный разлом (восточная часть) [Текст] / К. Е. Абдрахматов, Э. Э. Рахмединов // Изв. Нац. АН Кырг. Респ. – Бишкек, 2017. – № 1. – С.10–13. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29155579>
2. Рахмединов, Э. Э. К вопросу сейсмичности центрального Тянь-Шаня [Текст] / Э. Э. Рахмединов // Научная ст. Рос. АН (НС РАН). – 2017. – С. 148-153 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29150563>
3. Абдрахматов, К. Е. Сейсмическая опасность города Нарын [Текст] / К. Е. Абдрахматов, Э. Э. Рахмединов // Наука новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек, 2018. – № 8. – С. 16–21. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36776065>
4. Рахмединов, Э. Э. Новейшие сейсмодислокации на южных склонах хребтов Джетим-тау и Нура-Тау (Центральный Тянь-Шань) [Текст] / Э. Э. Рахмединов // Научная ст. Рос. А (НС РАН). – Бишкек, 2018. – С.98–103. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35430690>
5. Рахмединов, Э. Э. Сейсмическая опасность территории нарынской области (Кыргызская Республика) [Текст] / Э. Э. Рахмединов, Г. Тилек к., С. К. Байкулов // Современные техника и технологии в науч. исслед. – Бишкек, 2019. – Вып. 6. – С. 197–201. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38585948>
6. Рахмединов, Э. Э. Следы сильных палеоземлетрясений на востоке Нарынской впадины [Текст] / Э. Э. Рахмединов, К. Е. Абрахматов // Наука, новые технологии и иновации Кыргызстана. – 2020. – № 1. – С. 42–46. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43938648>
7. Рахмединов, Э. Э. Геоморфологические особенности территории южной части Срединного Тянь-Шаня [Текст] / Э. Э. Рахмединов // Вестн. ин-та сейсмологии Нац. АН Кырг. Респ. – Бишкек, 2020. – Вып. 2. – С. 78–83. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44139116>

8. Абдрахматов, К. Е. Скорость смещения и сейсмическая опасность разлома Кажырты (Нарынская впадина) [Текст] / К. Е. Абдрахматов, Э. Э. Рахмединов // Вестн. ин-та сейсмологии Нац. АН Кырг. Респ. – Бишкек, 2020. – Вып. 1. – С. 81–84. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42847889>
9. Рахмединов, Э. Э. Кайнозойские отложения Нарынской впадины [Текст] / Рахмединов Э.Э., Фортуна А.Б. // Вестн. Ин-та Сейсмологии Нац. АН Кырг. Респ. 2023. – Вып. 1. - С. 95-103. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50758384>
10. Положение Центрально-Нарынского разлома в пределах территории г. Нарын и ширина зоны его влияния [Текст] / К. Е. Абдрахматов, Н. М. Камчыбеков, Э. Э. Рахмединов [и др.] // Вестн. ин-та сейсмологии Нац. АН Кырг. Респ. – 2023. – № 1(21). – С. 16–22. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50758373>

Рахмединов Эркин Эмилбековичтин 25.00.01 – жалпы жана аймактык геология адистиги боюнча геология-минералогия илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн «Нарын ойдуңунун чыгыш бөлүгүнүн сейсмикалык кооптуулугун баалоо» темасындагы диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: Акыркы тектоника, жер титирөө, палесейсмология, активдүү жарака, абсолюттук жаш, сейсмикалык дислокация, буфердик зона, активдүү тектоника, геоморфологиялык терраса.

Изилдөө объектиси: болуп Нарын ойдуңунун чыгыш бөлүгүндөгү Борбордук Нарын жана Нуратоо активдүү жаракалары саналат.

Изилдөө предмети: Азыркы үзгүлтүксүз геологиялык түзүлүштөрдүн сейсмикалык коркунучу; антиклиналдык – Нарын ойдуңунун чыгыш бөлүгүнүн синклиналдык түзүлүштөрү; азыркы палесейсмикалык дислокациялар; мүмкүн болгон сейсмикалык окуялар учурунда деформация таралуу аймактары; мүмкүн болгон сейсмикалык тобокелдиктер жана курулуш объектилерин коопсуз эксплуатациялоо.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери. Иштин негизги максаты – Жогорку Нарын ГЭСтер каскадынын жана ага чектеш калктуу конуштар үчүн жакын жердеги активдүү жаракалардын сейсмикалык коркунучун баалоо.

Изилдөөнүн методологиясы жана жабдуулары: Талаа изилдөөлөрүнүн жүрүшүндө геодезиялык профилдердин картасы түзүлүп, кайра иштетилип, ошондой эле Борбордук Нарындын жана Наратоонун рельефинде чагылдырылган активдүү жаракаларынын сызыгы боюнча траншеялар ачылды, мындан тышкары заманбап сейсмикалык дислокациянын аэрофотосүрөттөрү дагы ачылды. түзүмдөр жана рельефте көрсөтүлгөн активдүү бузулуулар Google Earth, Open топография, Bing, Open Street картасы, SRTM DEM ж.

Алынган натыйжалар жана жаңылык: Нарын ойдуңунун чыгыш бөлүгүндө биринчи жолу палеосейсмология тарабынан изилденген активдүү жаракалардын деталдуу мүнөздөмөсү жасалган, тарыхка чейинки сейсмикалык окуялардын жашы жана Борбордук Нарын жаракасынын таасир зонасы, сейсмогендик зоналардын негизи жана бул аймактагы сейсмикалык коркунучтун түздөн-түз булагы болуп саналат.

Колдонуу боюнча сунуштар: Алынган натыйжалар ГЭСтердин жогорку Нарын каскаддарын долбоорлоодо жана Нарын ойдуңунун чыгыш бөлүгүндөгү калктуу конуштарды өнүктүрүүдө колдонулат.



РЕЗЮМЕ

диссертации Рахмединова Эркина Эмилбековича на тему «Оценка сейсмической опасности Восточной части Нарынской впадины», представленное на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 – общая и региональная геология

Ключевые слова: Новейшая тектоника, землетрясение, палеосейсмология, активный разлом, абсолютный возраст, сейсмодислокация, буферная зона, активная тектоника, геоморфологическая терраса.

Объектом исследования является Центрально-Нарынский и Нуратоуский активные разломы Восточной части Нарынской впадины.

Предмет исследования: Сейсмическая опасность, современных разрывных геологических структур; антиклинально – синклинальные образования Восточной части Нарынской впадины; современные палеосейсмодислокации; площади распределения деформации при возможных сейсмических событиях; возможные сейсмические риски и безопасная эксплуатация строительных объектов.

Цель и задачи исследования. Основная цель работы - оценка сейсмической опасности близ расположенных активных разломов для Верхне-Нарынского каскада ГЭС и прилегающих населенных пунктов.

Методика исследования и аппаратура: В ходе полевых исследований было закартировано и продейдено геодезические профили, так же вскрыты траншеями в крест простиранию уступа Центрально-Нарынского и Наратоуского активных разломов выраженных в рельефе, кроме того, были проведены дешифрирование аэрофотоснимков современных сейсмодислокационных структур и активных разломов выраженных в рельефе с использованием Google Earth, Open topography, Bing, Open Street map, SRTM DEM, и др.

Полученные результаты и новизна: Впервые в Восточной части в Нарынской впадины произведено детальное описание активных разломов, изучено методом палеосейсмологии, получены возрасты доисторических сейсмических событий и зона влияния Центрально-Нарынского разлома, которые являются основой сейсмогенерирующих зон и непосредственно являются источником сейсмической опасности этого региона.

Рекомендации по использованию: Полученные результаты будут использованы при проектировании верхнее Нарыских каскадов ГЭС и развитие населенных пунктов Восточной части Нарынской впадины.

Область применения: Результаты исследования могут быть использованы при оценке сейсмической опасности территории расположения Верхне-Нарынского каскада ГЭС, а также при разработке генерального плана развития территории г. Нарын.



RESUME

dissertation of Rakhmedinov Erkin Emilbekovich on the topic “Assessment of seismic hazard of the Eastern part of the Naryn depression”, submitted for the academic degree of candidate of geological and mineralogical sciences in specialty 25.00.01 - general and regional geology.

Key words: Recent tectonics, earthquake, paleoseismology, active fault, absolute age, seismic dislocation, buffer zone, active tectonics, geomorphological terrace.

The object of study: is the Central Naryn and Nura-Tou active faults of the Eastern part of the Naryn depression.

Subject of research: Seismic hazard of modern discontinuous geological structures; anticlinal – synclinal formations of the Eastern part of the Naryn depression; modern paleoseismic dislocations; areas of deformation distribution during possible seismic events; possible seismic risks and safe operation of construction projects.

Purpose and objectives. of the study: The main goal of the work is to assess the seismic hazard of nearby active faults for the Upper Naryn cascade of hydroelectric power stations and adjacent settlements.

Research methodology and equipment: During the field research, geodetic profiles were mapped and processed, and trenches were also opened across the strike of the ledge of the Central Naryn and Naratou active faults expressed in the relief, in addition, aerial photographs of modern seismic dislocation structures and active faults expressed in the relief were deciphered relief using Google Earth, Open topography, Bing, Open Street map, SRTM DEM, etc.

The results obtained and novelty: For the first time in the Eastern part of the Naryn depression, a detailed description of active faults was made, studied using paleoseismology, the ages of prehistoric seismic events and the zone of influence of the

Central Naryn fault, which are the basis of seismogenic zones and are directly the source of seismic hazard in this region, were obtained.

Recommendations for use: The results obtained will be used in the design of the upper Naryn cascades of hydroelectric power stations and the development of settlements in the Eastern part of the Naryn depression.

Scope of application: The results of the study can be used in assessing the seismic hazard of the territory of the Upper Naryn cascade of hydroelectric power stations, as well as in developing a master plan for the development of the territory of Naryn.

