

**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 Ермекович
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

сколь угодно 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 сейсмической опасности выявленных активных разломов, методом палеосейсмологии;
3. оценка зон влияния активных разломов.

Научная новизна полученных результатов:

1. впервые для Восточно-Нарынской впадины произведено детальное описание активных разломов, которые являются основой сейсмогенерирующих зон и являются источником сейсмической опасности этого региона;
2. произведена оценка сейсмической опасности активных разломов, расположенных в непосредственной близости от города Нарын и основных сооружений проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС;
3. результаты палеосейсмологических исследований, отличающиеся тем, что в восточной части 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;
4. результаты анализа подвижек по Центрально-Нарынскому разлому, отличающиеся тем, что он наиболее близко расположен к сооружениям проектируемого Верхне-Нарынского каскада ГЭС. Подвижки, которых,

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 влияния активного разлома, отличающаяся тем, что полученные нами данные позволяют заключить, что ширина 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, финансы 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. основными активными структурами, которые могут оказать роковое влияние на проектируемый Верхне-Нарынский каскад ГЭС, являются Центрально-Нарынский и Нуратооский активные разломы;
2. в восточной части Нарынской впадины возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне $M 7.0 - 7.5$. Фоновая интенсивность сейсмических воздействий на площадках основных сооружений Верхне-Нарынского каскада ГЭС составляет 9 баллов;
3. ширина влияния Центрально-Нарынского разлома, проходящего в непосредственной близости от сооружений 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 145 страниц, состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы, в том числе 106 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 1. «Обзор литературы в области неотектоники изучаемого региона», изучена геология кайнозоя Нарынской впадины, особый вклад внесли Щульц С.С. [43,47], Попов В.И, Петрушевский В.В, Луйк А.А, Курдюкова К.В, Садыбакасов И. [55], 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, Сеницын Н.И, Хаин Е.Е, Чедия О.К. [40, 43, 88], Садыбакачов И, Макаров В.И. [24, 48] и другие.

Исследователи, поддерживавшие идею о глыбовой природе новейших структур, а также Пейве А.В, Сеницын Н.И, Чедия О.К. [40, 43, 88] и др. придают главную роль вертикальному тектоническому движению. 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.

Первое, что следует отметить, это факт того, что в данном регионе были проведены исследования, связанные с современными геологическими деформациями и процессами горообразования это может включать в себя исследования геологической структуры, истории землетрясений, геодинамики и другие связанные аспекты.

Однако, несмотря на проведенные громадные работы, не была проведена или не была учтена методология для оценки сейсмической опасности.

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. «**Активные разломы восточной части Нарынской впадины**» приведены объект и предмет исследования, и применяемая методика.

Объектом исследования является Центрально-Нарынский и Нура-Тооуский 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 палеосейсмологии.

В ходе полевых исследований было закартировано и проделано 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.

Работы по изучению разломной тектоники на этом участке нами было разделено на два участка район стройплощадки Университета Ага-Хана и проектируемых верхних Нарынских каскадов ГЭС. 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. Бишкек 2018; Рахмединов Э.Э. 2020, 2023 гг.).

Центрально-Нарынский разлом определен и выполнен в ходе полевых исследований, на основе которого произведено картирование местоположения Центрально-Нарынского разлома на западной окраине г. Нарын и на территории Университета Ага-Хана. Разлом выражен в виде гряды на левом берегу реки Нарын. Он отделяет поверхность 20-метровой надпойменной террасы от русла реки и возвышается еще на 10 м (см. рис. 2.1.1.20).



Рисунок 2.1.1.20 – Центрально – Нарынский разлом в западной части города Нарын (составлен автором).

Согласно рисунку 2.1.1.20. активные разломы проходят в не посредственной близости от населенных пунктов. Бергштрихами показаны основной разлом и его ответвление.

Кажыргынский разлом. Севернее Центрально-Нарынского разлома, в долине р. Кажырты, в рельефе четко виден Кажыргинский разлом. На восточной стороне долины р. Кажырты одноименный разлом пересекает 5 разновозрастных террас и имеет выраженный кумулятивный эффект. Самая низкая из этих террас Q_{IV}^4 примыкает к современной пойме, в то время как самая высокая Q_{II}^2 является водоразделом между долиной Кажырты и соседней долиной. Профили через уступ разлома, который пересекает широкую террасу Q_{III}^2 восточнее Кажырты, показывает вертикальное смещение, величина которого повышается от 8 м на восточном конце до 12 м около западного края террасы. Профиль на западном конце террасы позволяет получить данные для подсчета скорости смещения по указанному разлому. Так как плоскость разлома не обнажена в бортах долины, мы определили плоскость падения из измерений расположения уступа на склоне террасы Q_{III}^2 и смежной террасы Q_{IV}^2 . Используя средний тренд тектонического уступа на террасе Q_{III}^2 (66° СВ) и террасы Q_{IV}^2 (71° СВ) для построения простирания разлома получаем угол падения в 29 ± 5 к северу. Неопределенность в падении состоит из 5° разницы в простирании над и под врезом и неопределенности в расположении разлома внутри уступа на верхней и нижней террасовой поверхности (Абдрахматов К.Е. Бишкек 2007, Абдрахматов К.Е., Рахмединов Э.Э. Бишкек 2020).

Нуратооуский разлом. Следы молодых смещений уверенно прослеживаются на протяжении 27 км, возможно даже более, до 32 км - на крайний восточный участок мы не располагаем снимками достаточно высокого разрешения. Максимальная высота "обратного" уступа, достигающая примерно 10 м, наблюдается в западной – Нуратооусской части. При этом на всем протяжении разрыва поднято его южное, подгорное крыло. т.е. для разрыва характерна

сбросовая кинематика подвижек, при том, что регион в целом развивается в условиях поперечного сокращения и большинство разрывов здесь – взбросы и надвиги. Надвиговые смещения того же возраста (позднечетвертичные) характерны, в частности, для Центрально-Нарынского разлома, проходящего примерно в 10 км южнее и имеющего аналогичное – субширотное, простирание. Надвигом является и новейший разлом, отделяющий поднятие хребтов Нуратоо и Джетимтоо от Алабуга-Нарынской впадины, в зоне которого и находится дислокация Нуратооуского разрыва.

В главе III. «**Оценка сейсмической опасности территории Восточной части-Нарынской впадины**», дается анализ инструментальных наблюдений, за который имеются исторические сведения о землетрясениях (порядка 200 лет), не зафиксировано ни одного землетрясения с магнитудой более 5.5 и интенсивностью свыше 7 баллов. Единственно исключение – Суусамырское землетрясение 1992 г. с $M=7.3$ на западной периферии этой области (Богачкин и др., 1997, Ghoseetal., 1997). Все остальные очаги известных разрушительных землетрясений на Тянь-Шане сосредоточены вблизи его внешних границ к северу от озера Иссык-Куль, вдоль южного фаса (в КНР) и к западу от Таласо-Ферганского разлома (см. рис. 3.1). В то же время, территория Центрального Тянь-Шаня насыщена многочисленными молодыми разрывами и разнообразными вторичными дислокациями, уверенно интерпретируемыми, как палеосейсмодислокации сильных высокомагнитудных землетрясений (Абдрахматов К.Е., 1995; Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., 1989,1990, Корженков А.М., 2006).

Детальные траншейные исследования в целях оценки повторяемости сильных землетрясений, рассматривается участок проектируемых верхнее Нарынских каскадов ГЭС Центрально - Нарынского разлома. Уступ Центрально-Нарынского разлома был детально изучен на участке, расположенном чуть ниже слияния р. Малый Нарын с р. Большой Нарын. На этом участке было сделано несколько профилей через при разломный уступ, который был вскрыт траншей ем протяженностью 20 м, глубиной и шириной, примерно, по 3 м (см. рис. 3.1.1.1).

Амплитуда смещения по направлению подвижки составляет 2,4 м по нижнему разрыву и не менее 3,2 м по верхнему, при этом подвижка по верхнему разрыву, в отличие от нижнего, сопровождалась изгибными деформациями. Отметим, что изгибные деформации совершенно не затронули блок, образующий лежащее крыло верхнего разрыва, судя по горизонтальному положению подошвы лессовидных суглинков. 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 изгиба его висячего крыла, могла достигать 5-6 метров.



Рисунок 3.1.1.1 - Общий вид траншеи, пройденной через уступ Центрально-Нарынского разлома (составлен автором). Красными стрелками отмечены вскрытые плоскости разрывов и пунктирными линиями обозначены направления разрыва. Видна разметка с шагом 1 метр.

Участок «Университет Ага Хана» центрально Нарынского разлома. Местом исследования – разрез в уступе голоценовой террасы р. Нарын высотой 3 м. Здесь в обнажении видна зона разрыва, который был вскрыт траншеей № 2. Разрыв представляет собой взброс, по которому красноцветные конгломераты киргизской свиты, надвинуты на серые плотные глины Нарынской свиты. В зоне контакта видна раздробленная зона, состоящая из обломков обеих свит (см. рис. 3.1.2.11).



Рисунок 3.1.2.11. Место отбора проб и результаты метода OSL (составлен автором).

Согласно рисунка 3.1.2.11. результаты исследований, проведенных на площадке строящегося Университета Ага Хана, показывают, что последняя подвижка здесь произошла в интервале между $2,46+0,48$ и $5,4+1,0$ тыс. лет назад. Это позволяет предположить, что «движения» и на этом участке, и восточнее - в районе Верхне-Нарынского каскада ГЭС, могли происходить одновременно.

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 (см. рис. 3.1.2.11) 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.

Таким образом, результаты исследований, проведенных на площадке строящегося Университета Ага Хана, показывают, что последняя подвижка здесь произошла в интервале между $2,46 \pm 0,48$ и $5,4 \pm 1,0$ тыс. лет назад. Это позволяет предположить, что «движения» и на этом участке, и восточнее – в районе Верхне-Нарынского каскада ГЭС, могли происходить одновременно.

Строение Нура-Тооуского разлома, расположенного севернее Верхне-Нарынского каскада ГЭС. В ходе полевого обследования дислокации Нура-Тоо через обратный уступ установлено, что высота уступа сильно меняется по простиранию.

Восточнее приразломный уступ смещает нижнюю часть тела молодого обвала объемом несколько тысяч кубометров, сложенного глыбами светлых гранитов размером до 1 м. Нижняя часть обвального тела находится на поднятом крыле уступа. Если бы обрушение произошло после последней подвижки, тело обвала должно было сперва заполнить ложбину, и только затем распространиться далее вниз по склону. То, что обвальное тело находится и на опущенном, и на поднятом крыльях разрыва с ярко выраженным "обратным" уступом, однозначно свидетельствует о том, что последняя подвижка произошла после образования обвала. При этом в пределах обвального тела высота уступа составляет примерно 4 м вне его достигает 9 м т.е. опять же примерно в 2 раза больше. Это свидетельствует о том, что смещения по разрыву на 4-5 метров на этом участке происходили, как минимум, дважды.

Судя по датировкам, последняя подвижка по, размерам сформировавшая дислокацию Нура-Тоо, произошла не ранее, чем в 3454 ± 986 лет тому назад (что соответствует диапазону между 2426 и 454 гг. до н.э.), а предшествующая – в интервале между этой датой и 18680 ± 5711 лет тому назад (после 22377 – 10955 гг. до н.э.). Можно предположить, что возраст обвала близок к возрасту последней подвижки (если допустить, что обрушение произошло непосредственно в момент землетрясения, а подвижка по разлому – буквально в течение нескольких секунд/минут после этого), однако для того, чтобы утверждать это уверенно, недостаточно данных.

Подвижки поэтому же разлому в районе Верхне-Нарынского каскада ГЭС имели место, скорее всего, в интервале от $4,3 \pm 0,2$ до $1,7 \pm 0,1$ тыс. лет (2486 г. до н.э. – 214 г. н.э.). При этом, судя по характеру деформаций в траншее за этот период времени произошло несколько подвижек по разлому на этом участке.

Оценка максимальной магнитуды возможных сильных землетрясений. Дополнительная информация, позволяющая судить о протяженности очаговых зон палеоземлетрясений, получена в ходе дешифрирования космических снимков

КФА-3000 с разрешением $\sim 3-5$ м. Установлено, что, наряду с яркими проявлениями молодой разрывной тектоники, в восточной части Нарынской впадины широко развиты оползни в неоген-четвертичных отложениях. Причем именно в той части впадины, вдоль северного ограничения, которой прослеживаются молодые разрывы дислокации Нура-Тоо (см. рис. 3.3.1). Для ее составления вся территория, в пределах которой установлено массовое развитие склоновых смещений, преимущественно в неоген-четвертичных отложениях, была разбита на квадраты 2×2 км, для которых рассчитывалась доля площади (в процентах), занятой оползнями. Анализ проводился с шагом в 1 км по широте и долготе. Полученное значение оползневой пораженности присваивалось точке в центре каждого квадрата и по ним в программе Global Mapper строились изолинии – 1, 5 и 10 % и далее с шагом 5 %. Подложка – 3" ЦМР SRTM (Цифровая модель рельефа, Радиолокационная топографическая миссия шаттла).

На рис. 3.3.1 показаны выделенные молодые разрывы в зоне Центрально-Нарынского разлома и разрывы дислокации Нура-Тоо с обозначением их кинематики и молодые разрывы, выделяемые предположительно. Показаны также створы плотин и трассы дериваций ГЭС Верхне-Нарынского каскада.

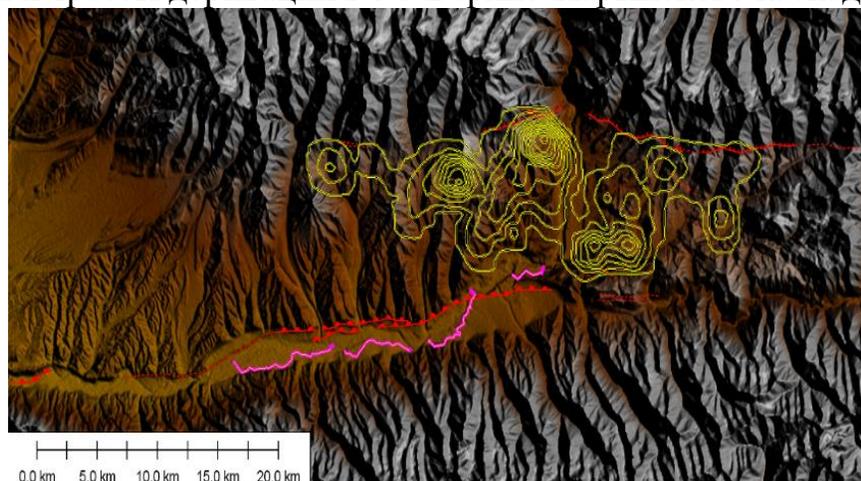


Рисунок 3.3.1 - Оползневая пораженность территории к северу от Центрально-Нарынского разлома (составлен автором).

Согласно рисунку 3.3.1 к северу от Центрально-Нарынского разлома оползневая пораженность территории нанесены изолинии 1, 5 и 10 % и далее с шагом 5 %. Подложка – 3" ЦМР SRTM. Показаны достоверно выделяемые структуры между Центрально-Нарыньским и Нура-Тооускими разломами, их дислокация с обозначением кинематики молодых деформаций, а также предполагаемые границы оползней.

На рисунке 3.3.1 видно, что район, охваченный оползнями, в целом образует полуэллипс, длинная ось которого, протяженностью 38 км, приурочена к разрывному нарушению Нура-Тооуского разлома. Ее восточное ограничение совпадает с восточной границей области развития кайнозойского осадочного чехла межгорной впадины. Однако западное (юго-западное) окончание этой

области не имеет столь отчетливого "геологического" ограничения, хотя наиболее нарушенная оползнями территория совпадает с областью развития отложений олигоцен-неогенового возраста. Приуроченность к разлому Нура-Тоо не случайна и обусловлена единой причиной образования и разрывов, и оползней – сильным доисторическим землетрясением 22377 – 10955 гг. до н.э

На наш взгляд, явная приуроченность территории «эллипса» к разрывам дислокации Нура-Тоо 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 Нура-Тоо, они с большой вероятностью представляют собой несамостоятельную сейсмогенерирующую структуру, а являются вторичными по отношению к основному – Центрально-Нарынскому разлому. Мы рассматриваем область массового развития и молодых разрывов в зонах обоих рассматриваемых разломов и оползней, как очаговую область землетрясений, периодически повторяющихся на этом участке. Ее протяженность составляет примерно 45 км. Эту величину мы и учитываем при оценке сейсмического потенциала и Центрально-Нарынского разлома, который ограничивает впадину с севера ("разлом Нура-Тоо") и превосходит протяженность выделяемых молодых дислокаций в каждой перечисленной зоне.

Данные по определению ширины зоны влияния Центрально-Нарынского разлома. Для надвигов, которые развиты в пределах изученной нами территории, нами 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 рис. 3.5.1.2.

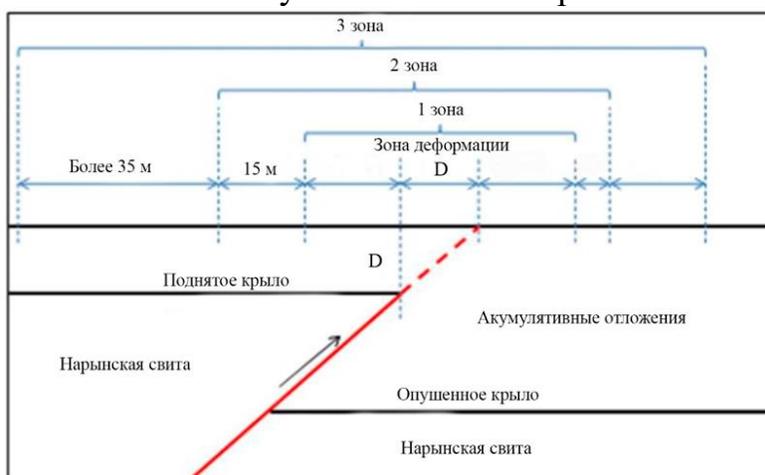


Рисунок 3.5.1.2 - Зона влияния Центрально-Нарынского разлома в пределах территории Университета Ага-Хана по данным компании ARUP (Лондон, Англия - Фонды Института сейсмологии НАН КР).

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 в области.

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 или больше на стороне висячего крыла и 15 м на опущенной стороне разлома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты проведенных исследований сводятся к следующим выводам:

1) 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.

2) 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.

3) 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. Центрально-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 Нура-Тоо 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 Нура-Тооуский 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.

