

УДК 550.34-551.24

**Абдрахматов К.Е.¹, Камчыбеков М.П.^{1,2},
Камчыбеков Ы.П.¹, Мураталиев Н.М.², Рахмединов Э.¹**¹ *Институт сейсмологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан*² *КГТУ им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан*

ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО-НАРЫНСКОГО РАЗЛОМА В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ Г. НАРЫН И ШИРИНА ЗОНЫ ЕГО ВЛИЯНИЯ

Аннотация. В работе приведены результаты детальных геолого-геофизических исследований, проведённых в зоне Центрально-Нарынского разлома. В данном исследовании рассмотрены инженерно-геологические аспекты проблемы, а именно – возможная ширина зоны вдоль разлома, запрещённую для строительства. Этот параметр имеет решающее значение для размещения объектов строительства, так как именно возникновение разрывных поверхностных нарушений может привести к непосредственному разрушению зданий и сооружений.

Ключевые слова: тектонический разлом, поверхностные нарушения, зона влияния разлома, крылья разлома.

НАРЫН ШААРЫНЫН АЙМАГЫНДАГЫ БОРБОРДУК НАРЫН ФРАКТЫНЫН ЖАЙЫ ЖАНА ТААСИР АЛУУ ЗОНАСЫНЫН ТУУРАСЫ

Кыскача мазмуну. Бул макалада Борбордук Нарын жаракасынын зонасында жүргүзүлгөн деталдуу геологиялык жана геофизикалык изилдөөлөрдүн натыйжалары берилген. Бул изилдөөдө маселенин инженердик-геологиялык аспектилери, тактап айтканда, курулушка тыюу салынган жараканын узатасы менен зонанын болжолдуу кенендиги каралат. Бул параметр курулуш объектилерин жайгаштыруу үчүн абдан маанилүү болуп саналат, анткени ал жер бетинин үстүнкү катмарынын бузулушунун пайда болушу түздөн-түз имараттардын жана курулмалардын бузулушуна алып келиши мүмкүн.

Негизги сөздөр: тектоникалык жарака, жер үстүндөгү бузулуулар, жарылуу зонасы, жарака бөлүктөрү.

POSITION OF THE CENTRAL NARYN FAULT WITHIN THE TERRITORY OF THE NARYN CITY AND THE WIDTH OF ITS INFLUENCE ZONE

Abstract. The paper presents the results of detailed geological and geophysical studies carried out in Central Naryn Fault zone. In this study, the engineering-geological aspects of the problem are considered, namely, the possible width of zone along the fault, which is prohibited for construction. This parameter is crucial for the placement of construction objects. Since it is the occurrence of discontinuous surface disturbances that can lead to the direct destruction of buildings and structures.

Keywords: tectonic fault, surface disturbances, fault zone of influence, fault limbs.

В работе [1] рассмотрены активные разломы на территории Кыргызстана. В работе [3] проведено районирование разломов Северного Тянь-Шаня по характеру их напряжённого состояния. Для выполнения этих исследований был использован каталог механизмов очагов землетрясений по данным сейсмической сети KNET (НС РАН). В работе [4] приведён анализ результатов инструментальных наблюдений за геофизическими полями в зонах влияния тектонических разломов. Показано, что разломные зоны характеризуются существенно более высокими по сравнению с

серединными участками структурных блоков земной коры вариациями геофизических полей.

Как известно, для рационального расположения важных гидротехнических и гражданских зданий и сооружений необходимо учитывать зоны влияния активных разломов. Для выяснения этого параметра в пределах г. Нарын нами были проведены детальные геолого-геофизические исследования в зоне Центрально-Нарынского разлома.

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

Отметим, что в 1976 году в пределах территории г. Нарын было проведено сейсмическое микрорайонирование (рисунок 1) [5]. Зона Центрально-Нарынского разлома была нанесена по инженерно-геологическим данным, и зона его влияния оценивалась равной 100 – 125 метров. При этом ширина зоны влияния принималась одинаковой как в пределах поднятого, так и в пределах опущенных крыльев.

Исследования для определения расположения разлома на территории города Нарын проводилась на 9 участках (рисунок 2). Отметим, что согласно геологическим обнажениям, которые имеются непосредственно в пределах г. Нарын (рисунки 3-5), установлено, что красноцветные отложения палеоген-неогенового возраста надвинуты на галечники молодых аллювиальных отложений поздне-четвертичной террасы р. Нарын. Это свидетельствует об активности разлома. Угол падения разлома составляет здесь около 45° . Сместитель разлома наклонён на север.

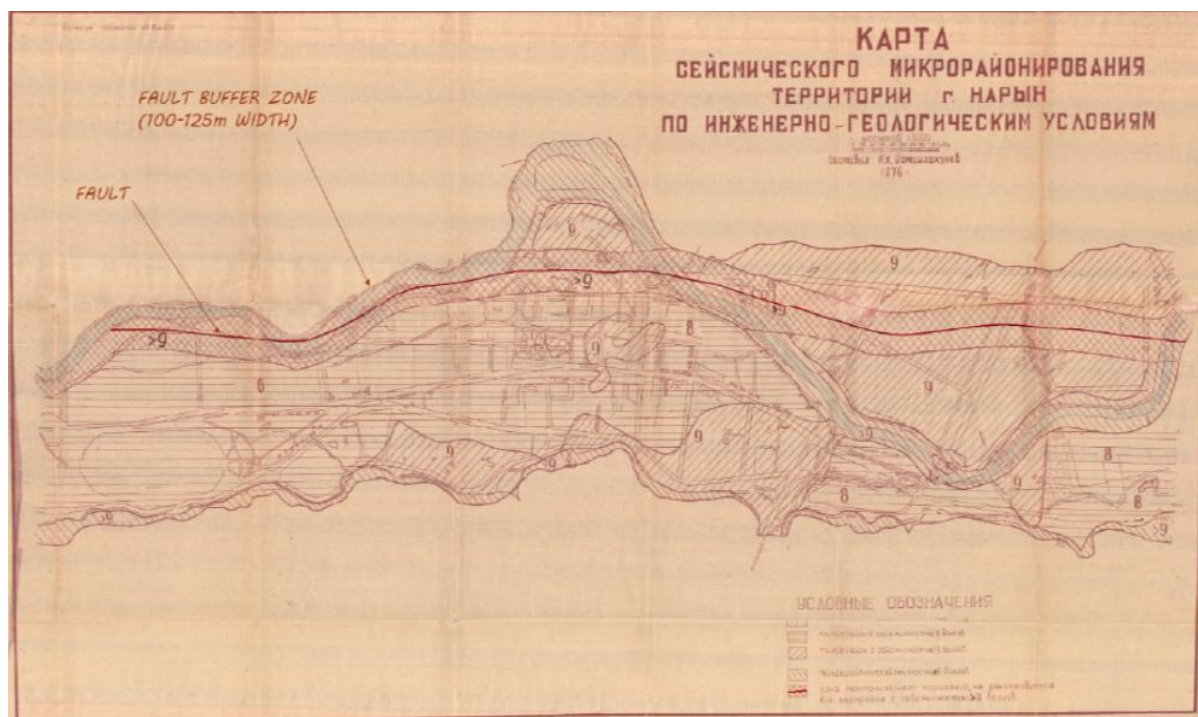


Рисунок 1. Карта сейсмического микрорайонирования территории г. Нарын по инженерно-геологическим условиям (1976).

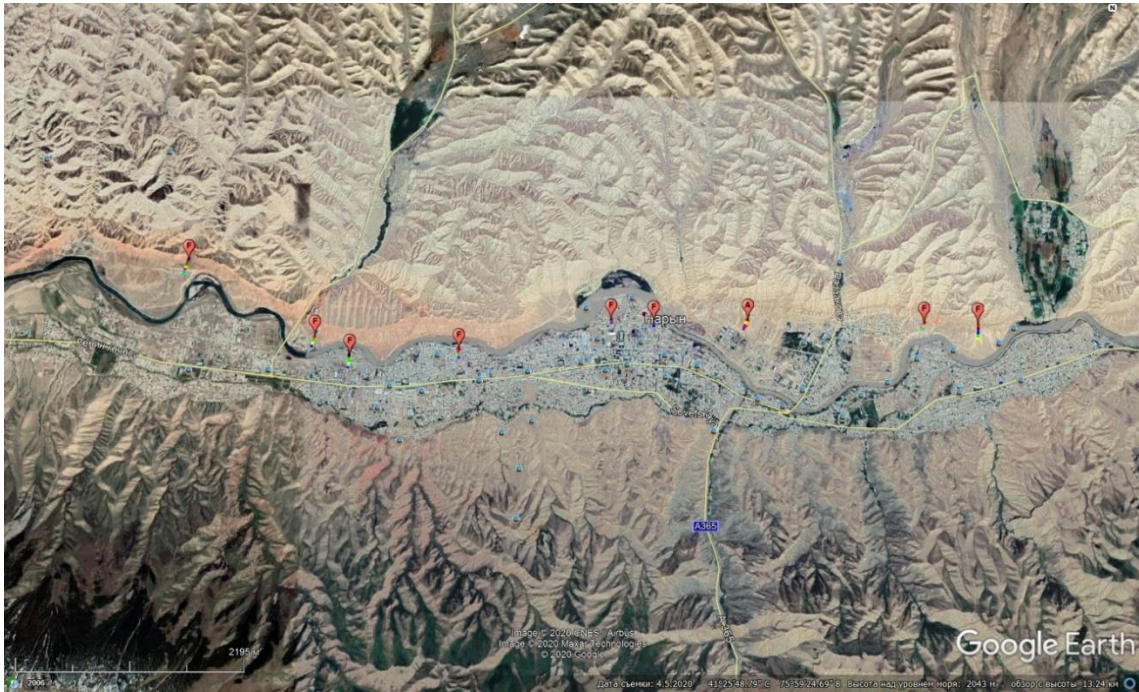


Рисунок 2. Схема расположения участков.



Рисунок 3. Положение Центрально-Нарынского разлома в районе старой автомобильной дороги Бишкек-Нарын.



Рисунок 4. Пример проведения геофизического профилирования на одном из участков. Стрелкой показано направление сканирования. Координаты линии $\varphi = 41^{\circ}25'56.44''$, $\lambda = 76^{\circ}2'16.75''$.

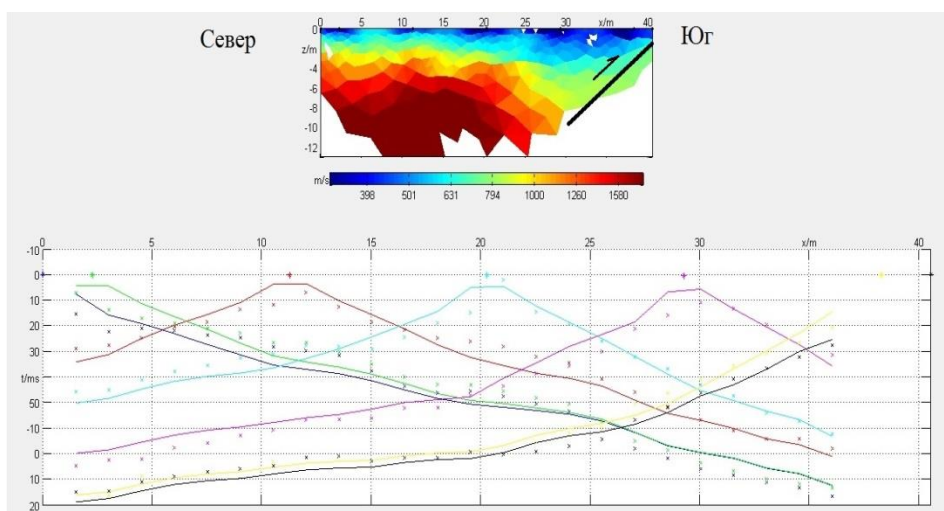


Рисунок 5. Скоростной разрез и годографы для участка, показанном на рисунке 4. Тип разлома - надвиг. Угол падения разлома в пределах 20° - 45° к северу. Чёрной линией обозначена линия разлома. Чёрной стрелкой обозначена висячее крыло разлома. Разноцветная шкала означает вероятные значения скорости V_s грунтов на глубинах до 13 м.

Для целей градостроительства важнейшим параметром, который необходимо учитывать, является возможность возникновения сеймотектонических деформаций в зоне определённой ширины, включающей оба крыла разлома. Этот параметр имеет решающее значение для размещения объектов строительства, так как именно возникновение разрывных поверхностных нарушений может привести к непосредственному разрушению зданий и сооружений. Возможное приращение

сейсмической интенсивности может нивелироваться разработкой и применением специальных конструктивных мер, применяемых при строительстве зданий и сооружений. В то же время, никакие меры не могут оградить разрушение зданий и сооружений, если они расположены непосредственно в зоне, где возникают поверхностные нарушения. Таким образом, главным в практическом применении результатов исследования разрывов, близко расположенным к объектам строительства, является исследование возможности возникновения сеймотектонических деформаций в обоих крыльях разлома и оценка ширины зоны, в пределах которой строительство необходимо ограничить. Отметим, что в данном исследовании мы будем рассматривать инженерно-геологические аспекты проблемы, а именно – возможную ширину зоны вдоль разлома, запрещённую для строительства (также называемую буферным расстоянием).

Определение соотношений между будущими смещениями и шириной зоны вдоль разлома, запретной для строительства (буферное расстояние), зависит от типа разлома. Например, в Новой Зеландии, где активные разломы включают сбросы, взбросы и сдвиги, буферное расстояние от активного разлома по умолчанию составляет 20 м [2]. Здания можно располагать ближе этого расстояния, если только детальными исследованиями участка будет доказано, что вторичные деформации распространяются на расстояние менее 20 м от линии разлома.

Мак-Калпин [2] собрал данные документации 40 траншей, пройденных через активные сбросы, и провёл статистическое обобщение следующих деформационных структур, выявленных в траншеях: положение главного разрыва, под приразломным уступом, угол падения плоскости главного разрыва, число вторичных разрывов в лежачем крыле, ширина зоны развития вторичных разрывов в лежачем крыле, число вторичных разрывов в висячем крыле, ширина зоны развития вторичных разрывов в висячем крыле, отношение смещения по антитетическому разрыву (если таковой имеется) к смещению по главному разрыву и ширина зоны запрокидывания (образование обратных складок волочения) в висячем крыле. На основании средних значений этих параметров он рекомендовал минимальную ширину буферной зоны в 40 футов (12.2 м) от главного разрыва на поднятом блоке и 50 футов (15.2 м) на опущенном блоке.

Минимальные буферные расстояния определяются как для висячего, так и лежачего блоков. Ширина буферной зоны на опущенном блоке рассчитывается в соответствии со следующей формулой:

$$S = U (2D + F/\text{tg}\theta),$$

где S – расстояние от линии разрыва, в пределах которого строительство зданий, предназначенных для нахождения в них людей, запрещено; U – коэффициент ответственности, основанный на предполагаемом расчётном числе людей, находящихся в здании; D – ожидаемая единовременная подвижка по разрыву (предположительно равна вертикальному смещению, измеренному для каждого прошлого события); F – глубина заложения фундамента здания; θ – угол падения плоскости разрыва (градусы). Все значения даны в футах. Переменные, использованные в уравнении, графически представлены на рисунке 6.

Для расчётов ширины буферной зоны на поднятом блоке угол падения плоскости разрыва и глубина заложения фундамента не имеют значения. Поэтому ширина отступа от линии разрыва рассчитывается по формуле:

$$S = U * 2D.$$

Расстояние от линии разрыва измеряется для части здания, находящейся ближе всего к нему, вне зависимости от того, относится это к фундаменту или к надземной части. Минимальные буферные расстояния определяются как для висячего, так и для лежачего крыльев.

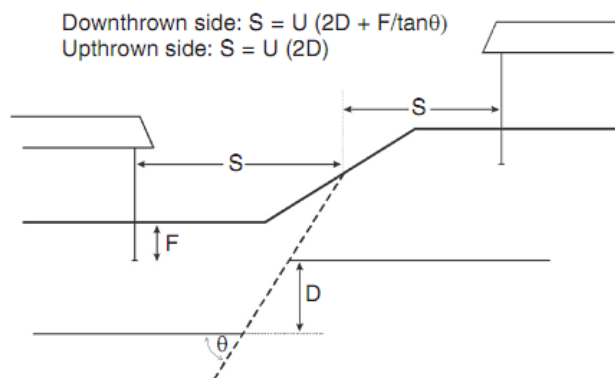


Рисунок 6. Поднятый блок (лежащее крыло разлома).

Буферное расстояние для жилых зданий и офисов ($U = 2$) с фундаментом глубиной 2.5 м ($F=2.5$) будет, таким образом, зависеть от палеосейсмологических параметров, таких как угол падения плоскости разрыва вблизи поверхности, принимаемый равным 70° ($\theta = 70^\circ$; $\text{tg } \theta = 2.75$), и среднего смещения около 2.0 м (хотя там, где развиты грабены, среднее смещение по главному разрыву может быть почти в два раза больше). Согласно уравнениям, эти исходные значения дадут расстояния отступа от главного разрыва, равные 9.8 м на опущенном блоке и 8 м – на поднятом блоке. Отметим, что эти расстояния составляют только 65% от расстояний, рекомендуемых в [2], и менее чем половину 20-метрового расстояния, используемого в Новой Зеландии по умолчанию. Меньшие величины отступа от линии разрыва стали возможны потому, что они «подстроены» под специфическую форму и кинематику поверхностных разрывов и, к тому же, в определённой степени снижены за счёт использования более низкого коэффициента критичности. Если мы повторим расчёты для сооружений более высокой ответственности ($U = 3$), то получим увеличение отступа на 50% до 14.7 м (на висячем крыле) и до 12 м (на лежащем крыле), что ближе к значениям, рекомендуемым Мак-Калпиним [2].

Указанные выше расчёты применимы для сбросов. Для надвигов, которые развиты в пределах изученной нами территории, были 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 (рисунок 7).

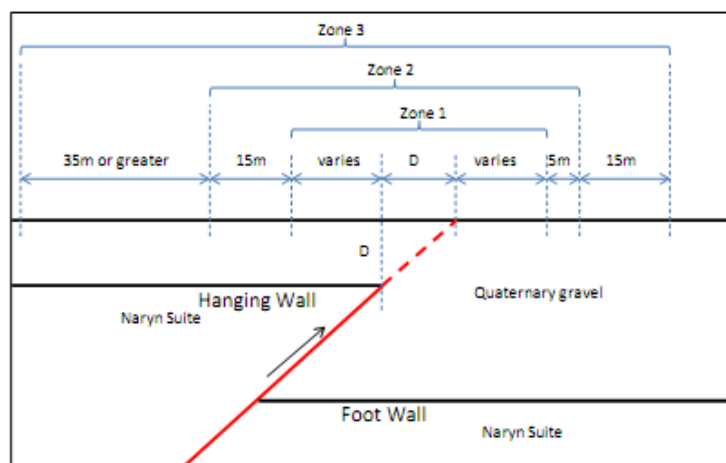


Рисунок 7. Зона влияния Центрально-Нарынского разлома в пределах территории Университета Ага-Хана по данным компании ARUP (Лондон, Англия).

- **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. Если предположить, что среднее вертикальное смещение при единичном событии составляет 2 метра (что, видимо, является характерным для активных разломов Северного Тянь-Шаня), то при угле падения разлома в 45° смещение по падению составляет около 2.8 м. В зависимости от степени уверенности в выделении положения разлома на местности, ширина зоны появления потенциального разрыва может колебаться. Там, где имеется высокая степень уверенности, зона потенциального разрыва может быть узкой и хорошо определённой (от 0 до 10 м). Где степень уверенности меньше, зона потенциального разрыва будет более широкой (до 20 м).
- **Зона 2** определяет область потенциальной интенсивной деформации, которую следует избегать при выборе наиболее подходящих мест для строительства. Такие деформации обычно выражены локальными антиклиналями в поднятом крыле разлома, ширина которых колеблется в достаточно широких пределах, а в опущенном крыле разлома деформации обычно не превышают 5-10 м. При этом нужно разделять активные структуры, прилегающие непосредственно к зоне разлома, и структуры более широкого масштаба, в целом лежащие в пределах поднятого крыла разлома, но отражающие более обширные деформации. Понятно, что в зону 2 входят структуры, которые развиваются в пределах области «перекрытия».
- **Зона 3** определяет область меньшей деформации, которая протягивается ещё до 50 м или больше на стороне висячего крыла и 15 м на опущенной стороне разлома.

Таким образом, оценка ширины зоны влияния Центрально-Нарынского разлома в пределах г. Нарын, оценённая в рамках международной практики, не превышает 50-100 метров в сторону поднятого крыла и на 15-30 м в сторону опущенного крыла от линии магистрального разрыва. Отмечено, что в данном случае рассмотрена только очень узкая зона, которая связана непосредственно с основным разрывом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уелдон Р., Дельво Д., Клеркс Ж. Активные разломы Тянь-Шаня // Наука и новые технологии, 2001а, № 2, - с. 22—28.
2. Палеосейсмология: в 2 т. / [Г. А. Карвер и др.]; под ред. Дж. П. Мак-Калпина; пер. с англ. 2-го изд. И. А. Басова [и др.]; науч. ред. рус. изд. А. Л. Стром. – М.: Научный мир, 2011. - 25 см. Т. 1. - 2011. - XVI, - 541 с.
3. Ребецкий Ю.Л., Кузиков С.И. Тектонофизическое районирование активных разломов Северного Тянь-Шаня // Геология и геофизика, 2016, т. 57, No 6, - С. 1225—1250.
4. Спивак А. А. Проявление разломных зон в геофизических полях // Geodynamics & Tectonophysics, 2014, Volume 5, Issue 2, pages 507–525.
5. Отчёт по сейсмическому микрорайонированию территории г. Нарын. / Фонды Института сейсмологии НАН КР.

Рецензент: к.т.н. Егембердиева К.А.