

УДК 551.1.4.24 (240)

Рахмединов Э. Э., Байкулов С. К.,  
Тилек кызы Гулькайыр, Мухамбетов Р. С.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан

### СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ В РАЙОНЕ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ЗИФ И ХВОСТОХРАНИЛИЩА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОГОЛОК (УЩЕЛЬЕ САРЫ-БЕЛ) ЮЖНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ

**Аннотация.** В статье изложены результаты детальных полевых и геоморфологических исследований, выполненных в районе проектируемых объектов золотоизвлекательной фабрики и хвостохранилища в ущелье Сары-Бел месторождения «Тоголок». В ходе маршрутных наблюдений выявлена линейная тектоническая структура разломного типа, приуроченная к контакту палеозойских и неогеновых отложений. На основе анализа современного рельефа и состояния четвертичных отложений установлено отсутствие признаков современной и четвертичной тектонической активности разлома. Полученные данные позволяют отнести выявленную структуру к неактивным в новейшее время и сделать вывод об отсутствии сейсмогенной опасности для проектируемых объектов.

**Ключевые слова:** разлом, неотектоника, четвертичные отложения, геоморфология, сейсмогенная опасность.

### САРЫ-БЕЛ КАПЧЫГАЙЫНДАГЫ ТОГОЛОК КЕНИНИН АБФ ЖАНА КАЛДЫКТАР САКТООЧУ ЖАЙЛАРДЫ ДОЛБООРЛОДО АЙМАКТАГЫ ЖАРАКА ЗОНАСЫНА СТРУКТУРАЛЫК-ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫК БАА БЕРҮҮ. ТҮШТҮК ТЯНЬ-ШАНЬ

**Аннотация.** Макалада Сары-Бел капчыгайында жайгашкан «Тоголок» кенинде пландаштырылып жаткан алтын ылгоочу фабрика жана калдык сактоочу жайдын аймагында жүргүзүлгөн талаалык жана геоморфологиялык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары берилет. Маршруттук байкоолордун жүрүшүндө палеозойдук фундаменттик тектер менен неогендик чөкмө тектердин контакт зонасына туура келген, сызыктуу тектоникалык бузулуу тибиндеги түзүлүш аныкталган. Заманбап рельефтин морфологиясын жана төртүнчүлүк чөкмөлөрдүн абалын талдоонун негизинде бузулуунун азыркы жана төртүнчүлүк мезгилдеги тектоникалык активдүүлүгүнүн белгилери табылган жок. Алынган маалыматтар аныкталган түзүлүштү новейшее мезгилде активсиз деп баалоого жана пландаштырылган объекттер үчүн сейсмогендик коркунучтун жок экендиги тууралуу жыйынтык чыгарууга мүмкүндүк берет.

**Негизги сөздөр:** бузулуу, неотектоника, төртүнчүлүк чөкмөлөр, геоморфология, сейсмогендик коркунуч.

### STRUCTURAL AND GEOMORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE FAULT ZONE IN THE AREA OF THE PLANNED GOLD PROCESSING PLANT (GPP) AND TAILINGS STORAGE FACILITY OF THE TOGOLOK DEPOSIT (SARY-BEL GORGE), SOUTHERN TIEN SHAN

**Abstract.** The paper presents the results of detailed field and geomorphological investigations carried out in the area of the planned gold processing plant and tailings storage facility at the Togolok deposit, within the Sary-Bel gorge. Route observations revealed a linear fault-type tectonic structure confined to the contact between Paleozoic basement rocks and Neogene deposits. Based on the analysis of the present-day relief and the condition of Quaternary

sediments, no evidence of recent or Quaternary tectonic activity of the fault was identified. The obtained data allow the identified structure to be classified as inactive in the Late Cenozoic and indicate the absence of seismogenic hazard for the planned facilities.

**Keywords:** fault, neotectonics, Quaternary deposits, geomorphology, seismogenic hazard.

Проектирование горнопромышленных объектов в условиях горных и сейсмоактивных регионов требует обязательного учёта тектонического строения территории. Особое значение при этом имеет выявление и оценка активности разломных структур, которые могут являться источниками сейсмогенных деформаций [1, 2, 6]. В пределах Тянь-Шаня широко распространены разломы различного возраста и генезиса, однако далеко не все из них проявляют активность в четвертичное и современное время [3, 4, 14].



Рисунок 1. Административная карта Иссык-Кульской области. Чёрным квадратом обозначен район исследования.

Геолого – тектоническая характеристика района исследований приурочена к горно-складчатым структурам Тянь-Шаня и обусловлена сложным геологическим строением [5, 10]. Палеозойский фундамент региона интенсивно дислоцирован и расчленён системой разломов различной ориентировки и возраста, многие из которых утратили активность в новейшее время [3, 15]. Четвертичные отложения представлены аллювиальными, пролювиальными и склоновыми образованиями.

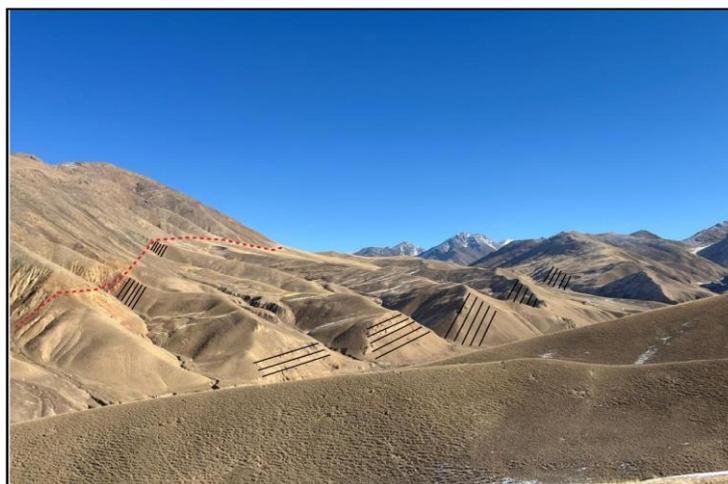


Рисунок 2. Проявление разломной структуры в зоне контакта.

На фотографии отмечены структурные характеристики тектоники, красным пунктирным линиям обозначен тектонический разлом, чёрные линии указывают элементы залегания неогеновых отложений, разлом находится на контакте палеозойских и неогеновых отложений.

В ходе рекогносцировочного полевого маршрута использовались методы структурно-геологических наблюдений, геоморфологического анализа и визуальной оценки состояния четвертичных отложений. Критериями активности разломов служили наличие разрывных деформаций, тектонических уступов и нарушений современного рельефа. Анализ современного рельефа показал отсутствие признаков четвертичной активизации разлома. Не выявлены тектонические уступы, смещения водотоков и линейные формы рельефа, характерные для активных разломных зон.

Геоморфологическая обстановка района определяется сочетанием тектонических и экзогенных факторов, характерных для горных областей Тянь-Шаня. Современный рельеф сформирован преимущественно эрозионно-денудационными процессами, при этом тектонический контроль в пределах исследуемого участка выражен слабо [2, 4, 7]. Анализ форм рельефа показал отсутствие линейных морфоструктур, тектонических уступов и асимметрии долин, характерных для активных разломных зон Тянь-Шаня. Руслу временных и постоянных водотоков не испытывают смещений или перегибов, связанных с разрывными деформациями.

Район исследований расположен в пределах южного Тянь-Шаня и характеризуется сложным многоэтапным геологическим развитием. В строении территории принимают участие палеозойские складчато-метаморфические комплексы, представленные метаморфизованными осадочными и магматическими породами, которые формируют кристаллический фундамент района. Эти образования интенсивно дислоцированы и расчленены системой разломов различной ориентировки и возраста.

Палеозойский фундамент перекрыт неогеновыми осадочными толщами, сформированными в условиях внутриконтинентальных прогибов и межгорных впадин. Неогеновые отложения представлены преимущественно континентальными песчано-глинистыми и галечниковыми образованиями, часто слабо сцементированными. Именно в пределах этих толщ наиболее отчётливо фиксируются древние разрывные нарушения.

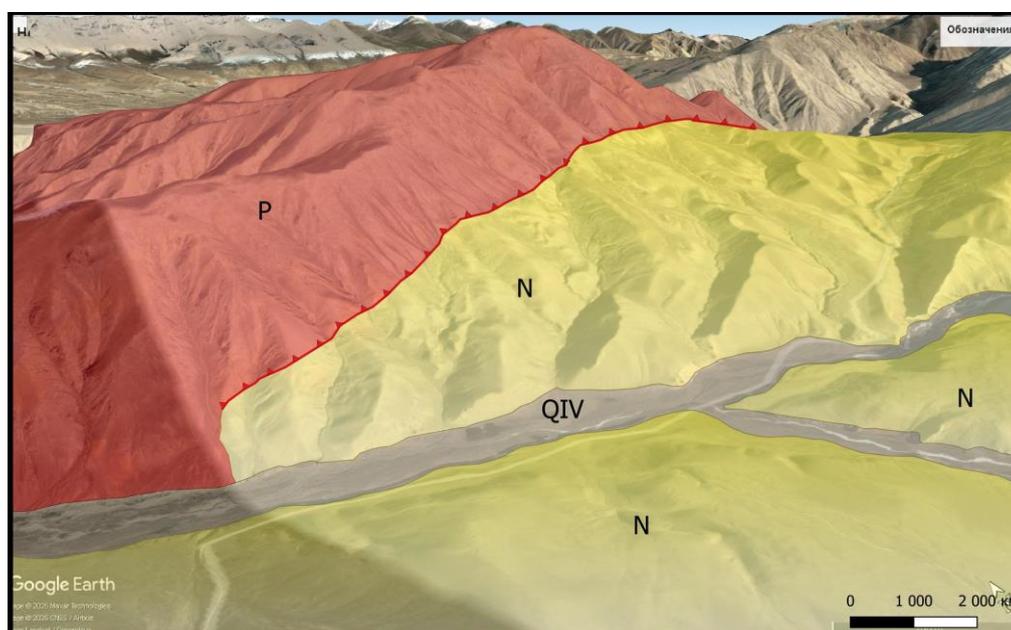


Рисунок 3. Геоморфологическая карта исследуемого района. (P) – палеозойские породы (скалистые породы); (N) – Неогеновые породы (слоистые, крупнозернистые, рыхлые)

породы). (QIV) – Аллювиальные – четвертичные отложения. Красная линия – тектонический разлом (бергштрихи направления падения разлома).

Примерно в 700 м к северу от проектируемых объектов выявлена линейная разломная структура, выраженная в зоне контакта палеозойских и неогеновых пород. Разлом фиксируется по литологическим и структурным признакам, однако его проявления ограничены неогеновыми толщами.

Четвертичные отложения перекрывают неогеновые породы сплошным чехлом и не нарушены разломными смещениями. Их морфология свидетельствует о формировании в условиях относительного тектонического покоя. Четвертичные отложения имеют широкое распространение и представлены аллювиальными, пролювиальными, делювиальными и склоновыми образованиями [4, 10]. Их пространственное положение и морфология свидетельствуют о ведущей роли экзогенных процессов в формировании современного рельефа.



Рисунок 4. Положение разломной структуры относительно проектируемых объектов ЗИФ и хвостохранилища. Красной линией показано предполагаемое положение разлома. Участок, выделенный окружностью, представлен на фотографии в левом верхнем углу. В пределах данной зоны располагаются площадки проектируемых объектов золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ) и хвостохранилища. На фотографии в правом нижнем углу показаны элементы структурно-тектонического строения района (см. также рисунок 2).

В пределах исследуемого участка указанные критерии не выявлены. Четвертичные отложения перекрывают разломную зону без признаков смещения, а формы рельефа не демонстрируют признаков тектонической активизации. Это позволяет уверенно отнести выявленную структуру к разряду неактивных в новейшее время [6, 8, 14].

В практике сеймотектонических исследований активность разломов оценивается на основе комплекса геологических и геоморфологических критериев, ключевыми из которых являются деформации четвертичных отложений и выраженность разлома в современном рельефе [6, 8, 14].

С позиции сеймотектоники выявленный разлом не может рассматриваться как потенциальный источник современных землетрясений [6, 9, 14]. Его активность, вероятно, была приурочена к более ранним этапам неотектонического развития региона [2, 15].



Рисунок 5. Четвертичные пролювиальные отложения, перекрывающие разломную зону без признаков современных деформаций. На данном фото эллипсом отмечены четвертичные пролювиальные отложения, на которых отсутствуют современные деформации, красная линия - тектонический разлом, выраженный в рельефе.

Отсутствие признаков четвертичной активизации и деформаций четвертичных отложений свидетельствует о неактивном в новейшее время характере выявленного разлома, что, согласно общепринятым сеймотектоническим критериям, позволяет исключить его из перечня сейсмогенно опасных структур при проектировании и эксплуатации объектов ЗИФ и хвостохранилища [1, 6, 9, 11].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что выявленная разломная структура в районе проектируемых объектов ЗИФ и хвостохранилища месторождения «Тоголок» относится к числу неактивных в новейшее время. Отсутствие деформаций четвертичных отложений и признаков тектонической активности в современном рельефе позволяет исключить данный разлом из перечня сейсмогенно опасных структур. Полученные результаты обосновывают сеймотектоническую безопасность размещения проектируемых объектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Abdрахmatov K.E., Aldazhanov S.A., Hager B.H. et al. Active tectonics of the Tien Shan region, Kyrgyzstan // *Journal of Geophysical Research*. 1996. Vol. 101, No. B4. P. 817–838.
2. Trifonov V.G., Makarov V.I., Skobelev S.F. Active tectonics of Central Asia // *Geotectonics*. 2002. Vol. 36, No. 4. P. 227–248.
3. Cobbold P.R., Sadybakasov E., Thomas J.C. Cenozoic transpression and basin development, Kyrgyz Tien Shan // *Geological Society, London, Special Publications*. 1994. Vol. 70. P. 181–202.

4. Burbank D.W., Abdrakhmatov K.Y. Relative roles of climate and tectonics in mountain belt formation: The Tien Shan // *Earth and Planetary Science Letters*. 2001. Vol. 191. P. 177–189.
5. Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision // *Science*. 1975. Vol. 189. P. 419–426.
6. Trifonov V.G., Kozhurin A.I. Active faulting and seismic hazard assessment // *Russian Geology and Geophysics*. 2010. Vol. 51, No. 6. P. 611–624.
7. Rybin A.K., Bataleva E.A., Nepeina K.S. Deep structure and dynamics of active faults in the Northern Tien Shan // *Physics of the Solid Earth*. 2013. Vol. 49, No. 3. P. 394–405.
8. Rebetsky Yu.L., Sycheva N.A., Kuzmin Yu.O. Stress state of the Earth's crust and active faults of the Northern Tien Shan // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2016. Vol. 52, No. 6. P. 867–882.
9. Abdrakhmatov K.E., Havenith H.B., Delvaux D. Paleoseismology and seismic hazard of the Tien Shan // *Journal of Seismology*. 2015. Vol. 19. P. 1–22.
10. Allen M.B., Windley B.F., Zhang C. Paleozoic and Cenozoic tectonics of Central Asia // *Journal of the Geological Society*. 1993. Vol. 150. P. 327–342.
11. Стрелников А.А. Палеосейсмологические исследования в Нарынской области Кыргызстана // *Геофизические процессы и биосфера*. 2024. Т. 23, № 3. С. 45–60.
12. Джумабаева А.Б., Тилек кызы Г. Сейсмотектоника и палеосейсмичность Нарынской области (Восточный Тянь-Шань) // *Вестник Института сейсмологии НАН КР*. 2025. № 1 (25). С. 18–33.
13. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Непейна К.С. Современная геодинамическая активность земной коры Северного Тянь-Шаня // *Вестник КРСУ*. 2022. Т. 22, № 4. С. 112–121.
14. Трифонов В.Г. Новейшая тектоника и активные разломы Центральной Азии // *Геотектоника*. 2021. № 3. С. 3–21.
15. Садибакасов Э.С. Неотектоника и современная геодинамика Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 1990. 220 с.

Рецензент: к.г.-м.н. Ормуков Ч. А.