

Научная статья

Original article

УДК 551.3.053

DOI 10.55186/25876740_2023_7_3_27

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦОКОЛЬНЫХ ТЕРРАС КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

STUDY OF THE BASEMENT TERRACES OF KABARDINO-BALKARIA



Шантукова Дианна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости», ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в.), тел. 8-903-497-81-29, shantukova52@mail.ru

Хасанов Мусса Магомедович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости», ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в.), khasanovmussa@mail.ru

Чапаев Тахир Магомедович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости», ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ (360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в.), 7227229@mail.ru

Dianna A. Shantukova, candidate of technical sciences, associate professor of the Department "Land Management and Real Estate Expertise", Kabardino-Balkarian GAU (360030, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Lenin Ave., 1b.), shantukova52@mail.ru

Musa M. Hasanov, candidate of technical sciences, associate professor of the Department "Land Management and Real Estate Expertise", Kabardino-Balkarian GAU (360030, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Lenin Ave., 1b.), khasanovmussa@mail.ru

Tahir M. Chapaev, candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department "Land Management and Real Estate Expertise", Kabardino-Balkarian GAU (360030, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Lenin Ave., 1b.), 7227229@mail.ru

Аннотация: в статье рассматриваются типы террас, причины их возникновения; для исследования цокольных террас на территории КБР выбран полигон в период вывала горных пород с правого борта цокольной террасы в районе Чегемских водопадов; в результате исследования выявлено, что в морфологии бортов прослеживается экзогенная и эндогенная трещиноватость, а аудиовизуальный мониторинг указывает на мощную зону разлома; на предварительном анализе трещиноватости предлагается расчетная схема прибортового массива с алгоритмом расчета устойчивости и рекомендованы четыре метода оценки устойчивости.

Abstract. the article discusses the types of terraces, the causes of their occurrence; for the study of basement terraces on the territory of the CBD, a landfill was selected during the fallout of rocks from the starboard side of the basement terrace in the area of the Chegem Waterfalls; as a result of the study, it was revealed that exogenous and endogenous fracturing is traced in the morphology of the sides, and audio-visual monitoring indicates a powerful fault zone; at a preliminary in the analysis of fracturing, a design scheme of the instrument array with an algorithm for calculating stability is proposed and four methods for assessing stability are recommended.

Ключевые слова: *терраса, аккумулятивные, цокольные, эрозионные, экзогенные и эндогенные процессы, трещины, прибортовой массив, трещиноватость.*

Keywords: *terrace, accumulative, basement, erosive, exogenous and endogenous processes, cracks, instrument array, fracturing.*

Анализируя террасированные профили, которые наблюдаются в каждой долине горных и равнинных рек, можно проследить геологическую историю их развития.

Основной причиной образования террас является эрозионный процесс, усиливающийся при следующих условиях:

- изменении климата, когда при повышенной влажности река становится полноводной и размывающие горную породу процессы, более активными;
- тектонических движениях, т. е. поднятии долины реки и изменении уклонов;
- изменение положения базиса эрозии.

Террасы могут быть разных видов: аккумулятивные, эрозионные, цокольные.

Цокольные террасы, находящиеся ниже меженного уровня воды в реке, принято называть скрытыми. Если цоколь террасы возвышается над водой, такие террасы называются открытыми и по высоте цоколя можно судить о возрасте.

Обычно цокольные террасы сложены древнеаллювиальными или коренными породами. Сверху цоколь покрыт мощным слоем аллювия.

На территории Кабардино-Балкарии цокольные террасы, сложенные коренными породами, встречаются в Чегемском, Черекском, Баксанском и других ущельях. Бортовые уступы террас имеют свою геометрию, зависящую от процессообразования и физико-механических свойств массивов горных пород, в которых они образованы. Углы падения бортов встречаются наклонными, пологими и крутыми, что объясняется факторами руслового стока и тектоническими особенностями в районе формирования цокольных террас.

В районе Чегемских водопадов терраса длиной 2,2 км, протянувшаяся от южного окончания села Хушто-Сырт, была выбрана в качестве полигона для

исследования цокольных террас. На этом интервале четко прослеживается геоморфология бортовых уступов: правая сторона имеет крутые углы падения, достигающие до 80° - 90° , левая сторона имеет так же крутые углы падения, порой переходящие в отрицательные уклоны. Надо заметить, что на бортах с отрицательными уклонами прослеживаются следы движения ледника.

Выбор полигона обусловлен обрушением скальных пород в правом борту цокольной террасы в районе Чегемских водопадов (рис. 1).



Рис 1. – Скальный вывал борта цокольной террасы

Обрушение скальной породы объемом около 4 тыс. м³ привело к перекрытию автомобильной дороги, соединяющей села – Чегем и Булунгу, а также нарушению газоснабжения населенных пунктов. Кроме того, обрушившиеся скальные породы перекрыли русло реки, что привело к подтоплению ряда инфраструктурных туристических объектов.

На ликвидацию последствий со значительными экономическими затратами потребовалось около 15 дней. Созданная для ускорения ликвидации ЧП правительственная комиссия провела большую работу по оперативному устранению последствий [1]. Был намечен перечень проведения необходимых

работ. Однако, как показал опыт эксплуатации дороги, геологические и геомеханические исследования не проводились.

Исследуемый участок цокольной террасы приурочен к тектоническим разломам более позднего временного периода, чем вся терраса. В морфологии бортов прослеживается экзогенная и эндогенная трещиноватость.

К экзогенной трещиноватости относятся трещины, развивающиеся при физическом, химическом и биологическом выветривании. Они приводят к образованию обвалов, оползней, осыпей и камнепадов и обусловлены сезонными явлениями.

К эндогенной трещиноватости относятся трещины отрыва и скалывания. Трещиноватость определяет устойчивость бортового массива и позволяет осуществлять прогноз устойчивости во времени и пространстве.

Из этого следует краткая генетическая классификация трещиноватости горных пород:

1. Первичные трещины, образованные в осадочных породах и возникающие преимущественно при диагенезе;
2. Вторичные трещины, возникшие в результате более поздних воздействий тектонических сил на уже сформировавшихся массивах горных пород, разбитых первичной трещиноватостью;
3. Трещины выветривания.

Аудиовизуальный мониторинг указанного выше участка ущелья убедительно показывает о наличии этих трещин – это мощная зона разлома.

В инженерно-геологической литературе и литературе по геометрии и геометризации недр подробно рассматриваются вопросы генетической классификации трещиноватости горных пород и съёмки трещиноватости массива горных пород [2, 3, 4].

При предварительном визуальном исследовании трещиноватости бортового массива можно сделать вывод о наличии системы трещин, в которой самыми коварными являются трещины, служащие поверхностями скольжения.

Требуется детальное исследование трещиноватости для цели определения геометрических параметров системы трещин (простираения, падения, частоты появления трещин на некоторую линейную или площадную единицу).

Следует отметить, что подобные обрушения (вывалы) горных пород происходят не только в Чегемском ущелье, но и в других. Есть мнение, что вывалы такого типа можно прогнозировать.

В отечественной литературе на основании изучения структурно-тектонических особенностей по карьерам можно выявить некоторые типы обрушений прибортовых массивов скальных и полускальных пород, представленных в сочетании отдельных поверхностей ослабления и их взаимных расположений [5, 6, 7, 8].

Основываясь на предварительном анализе трещиноватости, может быть предложена схема прибортового массива с двумя системами крутопадающих поверхностей ослабления, которые не подрезаются уступами. На рис. 2 представлена расчетная схема, а ниже приводится алгоритм расчета устойчивости, который может использоваться как один из методов оценки устойчивости бортов в анизотропном массиве.

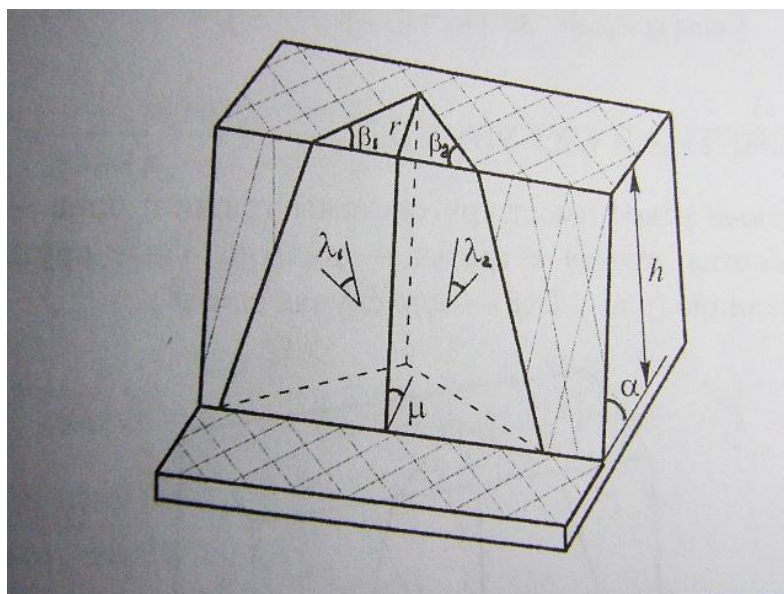


Рис. 2. – Расчетная схема прибортового массива с двумя системами диагональных крутопадающих поверхностей ослабления

Рассмотрим случай, когда бортовой массив имеет две системы диагональных трещин крутого залегания ($\alpha \leq \psi$) [3].

$$n_y = tg\mu \cdot tg\rho + \frac{k \cdot \sin\psi'}{(3b - 2\sqrt{ab} + \frac{a}{2}) \cos\rho'},$$

где

$$a = \frac{\sin\psi' \cdot \sin(\psi' - \mu)}{\sin\mu \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2)} \left(\frac{k_1 \sin\beta_2}{\sin\lambda_1} + \frac{k_2 \sin\beta_1}{\sin\lambda_2} \right);$$

$$b = \frac{\gamma \cdot h \sin(\psi - \rho)}{6 \cos\rho'}.$$

В Московском государственном горном университете имеются программы расчета устойчивости бортов, для пользования которых необходимы исходные данные с геологического разреза вкрест простираения бортового уступа.

Детальный анализ схемы геомеханической модели прибортового массива и аудиовизуальный мониторинг цокольной террасы чегемского ущелья на участке от с. Хуштосырт до водопадов позволили рекомендовать четыре метода оценки устойчивости:

1. Вывалы с обрушением породных призм по крутопадающей и пологой подсекающей поверхностям ослабления, а также продольным поверхностям относительно откоса согласно с его залеганием

$$\lambda_1 < \alpha < \lambda_2,$$

где λ_1, λ_2 – углы падения трещины как поверхности ослабления; α – угол наклона откоса уступа;

2. Обрушение породного клина по двум сопряженным поверхностям ослабления согласно с откосом залегания $\alpha < \psi'$,

где ψ' – угол наклона линии пересечения двух напряженных трещин;

3. Вывалы породных призм и пирамид по двум диагональным крутопадающим поверхностям ослабления согласно с откосом залегания

$$\alpha < \psi';$$

4. Вывалы породных призм и пирамид, образованных по двум системам трещин: одна - диагонально крутая, вторая – продольная (вытекает из метода 3 при замене одной из диагональных трещин поверхностью сдвига с углом наклона 90° и углом разворота относительно откоса ($90^\circ - \beta/2$), но если $\beta_1 = 0$ переходит в метод 1 [9, 10].

Для каждого метода разработаны расчетные схемы и подробные алгоритмы для расчетов на ЭВМ.

Делая вывод, можно заключить, что для подобных цоколей необходим детальный инженерно-геологический генетический анализ трещиноватости.

Устойчивость бортовых массивов [11] представляет большой геоэкологический интерес, так как пространство в районе бортовых уступов используется для развития инфраструктуры в целом по ущелью (эксплуатация автомобильной дороги, прокладка газопровода, строительство различных инфраструктурных сооружений в зоне Чегемских водопадов). В связи с этим возникает острая необходимость прогноза устойчивости бортовых уступов для улучшения геоэкологии.

Литература

1. Организационно-управленческие аспекты восстановления территорий, пострадавших в результате стихийных бедствий / И.В. Новоселова [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2022. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7650.
2. Букринский В.А. Геометрия недр: учебник. М.: МГТУ, 2012. 550 с.
3. Зерцалов М.Г. Механика грунтов (введение в механику скальных грунтов). М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 364 с.
4. Закономерности деформирования и разрушения сильно сжатых горных пород и массивов: монография / Л.С. Ксендзенко [и др.]. Владивосток: Инженерная школа ДВФУ, 2014. 192 с.

5. Исследование процесса деформирования прибортового массива Качарского карьера на основе внедрения инновационных технологий / Е.Н. Хмырова [и др.] // Горные науки и технологии. 2016. №4. С. 10-23. DOI: 10.17073/2500-0632-2016-4-10-20.

6. Лосев А.С. Зависимость зоны разрушения массива вокруг горной выработки от предела прочности породы // Горные науки и технологии. 2017. № 2. С. 43-50. DOI: 10.17073/2500-0632-2017-2-43-47

7. Одинцев В.Н. Отрывное разрушение массива скальных горных пород. М.: ИПКОН РАН, 1996. 166 с.

8. Обобщение современных сведений о корреляционных зависимостях предела прочности на сжатие с иными прочностными показателями горных пород / А.Б. Жабин [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 6. С. 5-19. DOI: 10.25018/0236_1493-_2022_6_0_5

9. Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов. М.: МГТУ: Горная книга, 2008. 682 с.

10. Ксендзенко Л.С., Лосев А.С. Оптимизация вычисления параметра периодичности модели зонального разрушения массива горных пород // Горные науки и технологии. 2016. № 2. С. 43-49. DOI: 10.17073/2500-0632-2016-2-43-49.

11. Жолоб Д.В., Жолоб Е.В. Повышение устойчивости земляного полотна автомобильных дорог // Инженерный вестник Дона. 2022. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7610.

References

1. Novoselova I.V., Al'fatla T.N.M., Saakyan L.O., Petrov K.S., Ageeva A.A., Filyukova A.D. (2022). Organizatsionno-upravlencheskie aspekty vosstanovleniya territorii, postradavshikh v rezul'tate stikhiinykh bedstvii [Organizational and managerial aspects of restoration of territories affected by natural disasters]. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), no 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7650.

2. Bukrinskii V.A. (2012). Geometriya nedr: uchebnik dlya vuzov [Subsurface geometry]. M.: MGTU. 550 p.
3. Zertsalov M.G. (2006). Mekhanika gruntov (vvedenie v mekhaniku skal'nykh gruntov) [Soil Mechanics (introduction to the mechanics of rocky soils)]. M.: Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov. 364 p.
4. Ksendzenko L.S., Makarov V.V., Opanasyuk N.A., Golosov A.M. (2014). Zakonomernosti deformirovaniya i razrusheniya sil'no szhatykh gornykh porod i massivov: monografiya [Patterns of deformation and destruction of highly compressed rocks and massifs]. Vladivostok: Inzhenernaya shkola DVFU, 192 p.
5. Khmyrova E.N., Besimbaeva O.G., Oleinikova E.A., Tokkuzhin E.A. (2016). Issledovanie protsessa deformirovaniya pribortovogo massiva Kacharskogo kar'era na osnove vnedreniya innovatsionnykh tekhnologii [Investigation of the deformation process of the Kacharsky quarry instrument array based on the introduction of innovative technologies]. Gornye nauki i tekhnologii, no 4. pp. 10-23. DOI: 10.17073/2500-0632-2016-4-10-20.
6. Losev A.S. (2017). Zavisimost' zony razrusheniya massiva vokrug gornoj vyrabotki ot predela prochnosti porody [Dependence of the destruction zone of the massif around the mine workings on the rock strength limit]. Gornye nauki i tekhnologii, no 2. pp. 43-50. DOI: 10.17073/2500-0632-2017-2-43-47
7. Odintsev V.N. (1996). Otryvnoe razrushenie massiva skal'nykh gornykh porod [Detached destruction of an array of rocky rocks]. M.: IPKON RAN. 166 p.
8. Zhabin A.B., Polyakov A.V., Averin E.A., Linnik YU.N., Linnik V.YU. (2022). Obobshchenie sovremennykh svedenii o korrelyatsionnykh zavisimostyakh predela prochnosti na szhatie s inymi prochnostnymi pokazatelyami gornykh porod [Generalization of modern information about the correlation dependencies of the compressive strength with other strength indicators of rocks]. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal), no 6. pp. 5-19. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_6_0_5

9. Popov V.N., Shpakov P.S., Yunakov YU.L. (2008). Upravlenie ustoichivost'yu kar'ernykh otkosov [Managing the stability of quarry slopes]. M.: MGTU: Gornaya kniga. 682 p.

10. Ksendzenko L.S., Losev A.S. (2016). Optimizatsiya vychisleniya parametra periodichnosti modeli zonal'nogo razrusheniya massiva gornykh porod [Optimization of the calculation of the periodicity parameter of the model of zonal destruction of a rock mass]. Gornye nauki i tekhnologii, no 2. pp. 43-49. DOI: 10.17073/2500-0632-2016-2-43-49.

11. Zholob D.V., Zholob E.V. (2022). Povyshenie ustoichivosti zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog [Improving the stability of the roadbed of highways]. Inženernyj vestnik Dona (Rus), no 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7610.

© Шантукова Д.А., Хасанов М.М., Чапаев Т.М., 2023. *International agricultural journal*, 2023, № 3, 896-906.

Для цитирования: Шантукова Д.А., Хасанов М.М., Чапаев Т.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦОКОЛЬНЫХ ТЕРРАС КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ // *International agricultural journal*. 2023. № 3, 896-906.