

УДК 622.271

С.В. Турсбеков

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы  
E-mail: naiman1913@mail.ru

### Геометрическая классификация трещин горных пород

Рассмотрены способы и результаты исследований прочностных свойств горных пород и трещиноватости горного массива. Для оценки устойчивости карьерных откосов приведены методы расчета откосов в изотропном и анизотропном прибортовых массивах.

**Ключевые слова:** классификация, трещиноватость, линия падения, откос, борт, уступ.

S.V. Tursbekov

#### Geometric classification of cracks of rocks

The methods and results of research strength properties of rocks and fractured rock mass. To assess the stability of quarry slopes are the methods of calculation of the slopes in the isotropic and the anisotropic massif.

**Key words:** classification, fracture, fall line, slope, board ledge.

С.В. Тұрысбеков

#### Таудың тұқымының жігінің геометриялық топтастыруы

Тау тұқымының және алабының кеуектілік баяндылығын ұрғашылқының әдістерінің зерттеме нәтижелері қарастырылған. Карьер еңістің тиянағының сарапшылығы үшін еңістің есебінің әдістері изотроптыда және анизотропта алаптары келтірілген.

**Түйін сөздер:** топтастыру, кеуектілік, сызықтың құлағаны, еңіс, борт, кертпеш.

В практике широко используется геометрическая классификация трещин горных пород В.В. Белоусова. Согласно этой классификации к продольным относятся трещины, если линия скрещивания плоскостей трещины и напластования отклоняется от линии простирания напластования не более чем на  $20^0$ ; к поперечным – когда линия скрещивания этих же плоскостей отклоняется от линии падения напластования не более чем на  $20^0$ . Все остальные трещины относятся к диагональным [1].

Такая классификация не может удовлетворить специалистов, занимающихся вопросами обеспечения устойчивости карьерных откосов. Нужна классификация, где за основу берётся откос уступа или борт карьера. Кроме того, классификация В.В. Белоусова не учитывает трещин межслоевых подвижек, образующихся в процес-

се складкообразования, то есть контактов пластов полезных ископаемых.

Поэтому предлагается следующая геометрическая классификация. Все выявленные трещины как поверхности ослабления независимо от их генезиса делятся на продольные, диагональные и поперечные. К продольным трещинам относятся такие, направление простирания (а не линия скрещивания) которых отличается от направления простирания плоскости откоса не более чем на  $20^0$ . К диагональным относятся трещины, простирание которых отличается от направления простирания откоса в пределах  $21^0-70^0$ . Все остальные трещины поперечные. Кроме того, трещины разделяются на согласно и несогласно падающие с откосом.

По углу падения трещины делятся на пологие, у которых угол падения не более  $30^0$ , наклонные – от  $30^0$  до  $60^0$  и крутые – от  $60^0$  до  $90^0$ .

Измерив азимут простирания откоса уступа какого-либо участка борта карьера непосредственно компасом или на плане горных работ и используя классификационную диаграмму, очень легко и быстро можно сориентировать любую трещину по её измеренному азимуту простирания относительно откоса. Сориентировав, таким образом, все выявленные на участке откоса трещины или их системы, мы предварительно можем сказать, какие из них являются наиболее опасными с точки зрения устойчивости откосов. Без сомнения, в первую очередь, к ним нужно отнести продольные согласно падающие с откосом трещины. Поперечные согласно падающие трещины могут не влиять на устойчивое состояние откоса. И тем более все несогласно падающие с откосом трещины могут не приниматься во внимание в расчётах устойчивости откосов.

Аналогичный предварительный анализ можно произвести и при сопоставлении угла наклона откоса на каком-либо участке уступа с углами падения выявленных на этом участке трещин, чтобы оценить наиболее опасные из них [2, 3].

**Изучение трещиноватости горного массива.** Оценку влияния трещиноватости горных пород на прочностные свойства горных массивов и устойчивость откосов уступов и бортов карьеров можно считать предметной лишь тогда, когда создаётся возможность прогнозирования и учёта пространственной ориентировки трещин, интенсивности трещиноватости и сдвиговой прочности по поверхностям трещин. Специалисты по устойчивости откосов на открытых разработках трещиноватость пород интересует в качестве ослабляющего фактора, подлежащего учёту при решении задач устойчивости и выборе оптимальных средств разрушения трещиноватых сред. Именно с этих позиций изложено в работе методическое, теоретическое и практическое изучение трещиноватости горных пород в вопросах устойчивости откосов. Изучение трещиноватости горных пород должно быть основано на хороших полевых наблюдениях с последующей камеральной обработкой материалов.

Вследствие большого разнообразия вмещающих горных пород (осадочные, изверженные, метаморфические) и заключенных в них различных залежей полезных ископаемых не представляется возможным рекомендовать единую методику наблюдений и обработки материалов

по трещиноватости для всех месторождений. Методика должна учитывать условия и конкретную геологическую обстановку исследуемого района или отдельного месторождения, а также вопросы, для решения которых используются данные трещиноватости пород.

В комплекс изучения трещинной тектоники месторождения, разрабатываемого открытым способом, входят:

- полевые работы, состоящие из разбивки поверхности откоса уступа на замерные станции; замеров элементов залегания трещин и линейных элементов структурных блоков, образуемых трещинами; описании характера поверхности трещин, их раскрытости, заполнения, водоносности, следов скольжения по ним;

- составление и обработка точечных и других диаграмм на основе данных полевых измерений для выявления систем трещин;

- построение участковых стереограмм систем трещин с помощью стереографических сеток для выявления угловых соотношений между системами трещин;

- обработка данных трещиноватости методом математической статистики для выявления пространственной ориентировки основных систем трещин;

- составление карты трещиноватости и построение структурных разрезов по уступам и бортам карьера для выявления систем трещин наиболее неблагоприятно ориентированных относительно карьерных откосов, трещины которых могут служить поверхностями скольжения.

**Методика замера трещин горного массива.** Методы измерения трещин горных пород сводятся в основном к непосредственным измерениям в обнажениях на поверхности, на откосах в карьерах, по стенкам шурфов и горных выработках, наблюдениям по кернам геологических скважин. На открытых разработках при достаточно большой площади обнажений горных пород наиболее эффективен метод непосредственных измерений (массовых или по профильным линиям) с помощью горного компаса или других приборов.

Для повышения производительности труда при массовых замерах элементов залегания трещин по откосам уступов на карьерах в условиях немагнитных масс обычный горный компас может быть усовершенствован за счёт изменения

его общей конструкции. В КарГТУ сконструированы и изготовлены такие приборы, позволяющие измерять угол падения трещины и азимут её простирания при одном их прикладывании к поверхности трещины в точке замера без отыскания её линий простирания и падения, что повышает точность измерений и сокращает время на производство замеров в 2-3 раза.

На железорудных месторождениях с сильными магнитными полями используются солнечные компасы и гироскопический компас конструкции ВИОГЕМ.

Размеры структурных блоков (расстояния между трещинами) измеряют обычной рулеткой.

При производстве замеров элементов залегания, поверхностей ослабления и размеров структурных блоков неизбежно возникает вопрос о необходимом и достаточном их количестве. Малое число замеров снижает надёжность и представительность результатов, а завышение ведёт к увеличению объёма полевых работ без существенного увеличения точности результатов.

Число необходимых замеров при съёмке связано со степенью изменчивости трещиноватости пород, наличием тектонических нарушений, количеством систем трещин, и в производственных условиях вопрос о количестве необходимых замеров на станции, как и о линейных размерах самой станции, где будет произведена съёмка, решается по обстановке и интуитивно [4-6].

**Обработка массовых замеров трещин горных пород.** При изучении трещиноватости накапливается большое количество измерений. Обработку и обобщение этих измерений производят с использованием круговых, прямоугольных диаграмм и стереограмм трещиноватости, на основании которых строят структурные разрезы и карты трещиноватости пород.

Круговые и прямоугольные диаграммы позволяют определить количество систем трещин как на замерной станции, так и по карьере в целом, преобладание тех или иных систем трещин, их элементы залегания. Стереографические сетки Вульфа, Каврайского и другие позволяют определять угловые соотношения между трещинами, выявлять положение трещин по отношению к откосу.

Обобщение сведений о трещиноватости горного массива по месторождению даётся в форме карты трещиноватости. Карта трещиноватости

карьерного поля представляет собой сводный план горных работ, на котором нанесены все замерные станции. В центре каждой станции векторами нанесены азимуты простирания систем трещин (переведённые в дирекционные углы). Величина вектора указывает на преобладание той или иной системы трещин. На конце каждого вектора стрелкой указывается направление падения трещин, а цифрой – средний угол их падения.

При решении ряда задач, в основном связанных с вопросами устойчивости откосов на карьерах, требуется изобразить структуру массива на разрезах в соответствии с установленной ориентировкой и частотой. Такого рода график называется структурным разрезом или решёткой трещиноватости. Его основная цель – оценить системы трещин с точки зрения влияния их на условия работы или поведения массива. Необходимо отметить, что на структурных разрезах показываются углы падения трещин в плоскости, перпендикулярной откосу ( $\lambda_1$ ), в связи с чем перевод к ним от истинных значений углов падения ( $\lambda$ ) осуществляется по формуле:

$$tg\lambda' = tg\lambda * \cos\beta, \quad (1)$$

где  $\beta$  – угол разворота трещины по отношению к откосу в плане (определяется как разность азимутов простирания трещины и откоса).

**Результаты изучения трещин горных пород.** Многолетний опыт изучения структурно-тектонических особенностей по карьерам Казахстана позволил нам выявить несколько типов обрушений прибортовых массивов скальных и полускальных пород, обусловленных сочетанием отдельных поверхностей ослабления и их взаимным расположением:

I. Обрушение породных блоков по наклонной или пологой поверхности ослабления, продольной относительно откоса согласного с ним залегания ( $\alpha > \lambda$ ).

II. Вывалы породных призм по крутопадающим поверхностям ослабления продольного залегания ( $\alpha \leq \lambda$ ).

III. Обрушение породных блоков по наклонной или пологой поверхности ослабления, диагональной относительно откоса согласного с ним залегания ( $\alpha > \lambda$ ).

IV. Вывалы с обрушением породных призм

по крутопадающей и пологой подсекающей поверхностям ослабления, продольных относительно откоса согласного с ним залегания ( $\lambda_1 < \alpha \leq \lambda_2$ ).

V. Обрушение породного клина по двум сопряженным диагональным поверхностям ослабления согласного с откосом залегания ( $\alpha < \psi^1$ ).

VI. Вывалы породных призм по двум диагональным крутопадающим поверхностям ослабления согласного с откосом залегания ( $\alpha \leq \psi^1$ ).

VII. Вывалы породных призм и пирамид, образованных двумя крутопадающими и третьей пологопадающей поверхностями ослабления согласного с откосом залегания ( $\alpha \leq \psi^1$ ) [2, 7].

#### Литература

- 1 Попов И.И., Низаметдинов Ф.К., Окатов Р.П., Долгоносов В.Н. Природные и техногенные основы обеспечения устойчивости откосов, уступов и бортов карьеров. – Алматы: Гылым, 1998. – 256 с.
- 2 Турсбеков С.В. Геомеханическое обеспечение устойчивости карьерных откосов. – Алматы, 2011. – 212 с.
- 3 Касымканова Х-К. М., Турсбеков С. В. Анализ факторов, влияющих на устойчивость карьерных откосов // Горный журнал Казахстана. – 2007. – № 5. – С. 9–11.
- 4 Нурпеисова М. Б., Касымканова Х-К. М., Турсбеков С. В. Исследование реологических свойств пород при оценке устойчивости бортов карьер // Вестник КазНТУ. – 2003. – № 4. – С. 32–35.
- 5 Нурпеисова М. Б., Касымканова Х-К. М., Турсбеков С. В. Учет геологических свойств пород при оценке устойчивости бортов карьеров // Вестник КазНТУ. – 2003. – № 3. – С. 30–33.
- 6 Попов И.И., Окатов Р.П., Низаметдинов Ф.К. Механика скальных массивов и устойчивость карьерных откосов. – Алма-Ата, 1986. – 256 с.
- 7 Нурпеисова М.Б., Касымканова Х-К. М., Бек А.Ш., Турсбеков С.В. Изменение прочностных свойств горных пород с глубиной залегания: Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках // Материалы XVII Международной научной школы им. Академика С.А. Христиановича. – Крым, Алушта, 17–23 сентября 2007 г. – Симферополь, 2007. – С. 232–234.

#### References

- 1 Popov I.I., Nizametdinov F.K., Okatov R.P., Dolgonosov V.N. Prirodnye i tehnogennye osnovy obespechenija ustojchivosti otkosov, ustupov i bortov kar'erov. – Almaty: Fylym, 1998. – 256 s.
- 2 Tursbekov S.V. Geomechanicheskoe obespechenie ustojchivosti kar'ernyh otkosov. – Almaty, 2011. – 212 s.
- 3 Kasymkanova H-K. M., Tursbekov S. V. Analiz faktorov, vlijajushhh na ustojchivost' kar'ernyh otkosov // Gornyj zhurnal Kazahstana. – 2007. – № 5. – S. 9–11.
- 4 Nurpeisova M. B., Kasymkanova H-K. M., Tursbekov S. V. Issledovanie reologicheskikh svojstv porod pri ocenke ustojchivosti bortov kar'er // Vestnik KazNTU. – 2003. – № 4. – S. 32–35.
- 5 Nurpeisova M. B., Kasymkanova H-K. M., Tursbekov S. V. Uchet geologicheskikh svojstv porod pri ocenke ustojchivosti bortov kar'erov // Vestnik KazNTU. – 2003. – № 3. – S. 30–33.
- 6 Popov I.I., Okatov R.P., Nizametdinov F.K. Mehanika skal'nyh massivov i ustojchivost' kar'ernyh otkosov. – Alma-Ata, 1986. – 256 s.
- 7 Nurpeisova M.B., Kasymkanova H-K. M., Bek A.Sh., Tursbekov S.V. Izmenenie prochnostnyh svojstv gornyh porod s glubinoj zaleganija: Deformirovanie i razrushenie materialov s defektami i dinamicheskie javlenija v gornyh porodah i vyrabotkah // Materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchnoj shkoly im. Akademika S.A. Hristianovicha. – Krym, Alushta, 17–23 sentjabrja 2007 g. – Simferopol', 2007. – S. 232–234.