

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДНІХ ПРИРОДНИХ ОКРЕМОСТЕЙ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ОСНОВІ ГРАФОСТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)

Розглянуто і проаналізовано методика визначення параметрів середніх природних окремоостей гірських порід, що дозволяє з урахуванням елементів орієнтування та інтенсивності розвитку тріщин одержати об'ємну картину про блокову будову конкретної ділянки масиву даного родовища.

Вступ. Структурні елементи масиву гірських порід мають вельми різноманітний прояв як за характером механізму утворення, так і за масштабом розповсюдження. Провідним елементом, що обумовлює структурну неоднорідність, є тріщини, що розбивають масив порід на певні окремості.

З аналізу структури відомо, що вони складаються з елементарних частин. Коли вивчається структура масиву гірських порід, розбитих системами тріщин в різних напрямках, то відповідними елементарними частинами є природні блоки порід.

Під структурним блоком або окремістю розуміється моноліт, відсічений в масиві гірських порід тріщинами.

Системи тріщин, що розбивають породу на структурні блоки, утворюють тріщинну або тектонічну решітку, яка неоднорідна на всіх напрямках. Вузли цих решіток утворюють структурні блоки, які мають різну форму, розміри та орієнтації в просторі. Основним показником для порівняння характеру тріщинуватості масивів є параметри природних окремоостей. Оскільки останні виникли в умовах природної деформації порід, то вони й є найоб'єктивнішими реальними частинами при аналізі геологічної структури, пов'язаної з тектонікою тріщини [1, 2, 12].

Постановка задачі. Для кількісної оцінки тріщинуватого масиву гірських порід блочність, безумовно, є одним з найважливіших показників, що обумовлює необхідність визначення її параметрів.

При безпосередньому спостереженні зазвичай фіксується один, рідше два розміри блоку, а третій залишається невідомим. Тому за даними безпосереднього заміру розмірів блоків неможливо одержати достатньо повну для практики характеристику блочності масиву.

Нижче наводиться методика визначення параметрів середніх природних окремоостей гірських порід, що дозволяє з урахуванням елементів орієнтування та інтенсивності розвитку тріщин отримати об'ємну картину про блокову будову конкретної ділянки масиву родовища.

Аналіз досліджень і публікації. На важливість дослідження характеру розподілу блоків, що складають масив гірських порід, вказували в своїх роботах багато учених: Борщ-Компанієць В.І. [3, 4], Беліков Б.П. [2], Букринський В.А. [5, 6], Колічко А.В. [9], Бакка М.Т. [8], Нейштадт Л.Й. [10]. А.Ж. Машанов вказує, що структурні блоки утворилися в процесі природної деформації гірських порід у повній відповідності до природних (тектонічних) умов, що мають місце в надрах, і займають провідне місце при аналізі геологічної структури [8].

Проте, виходячи з сучасних умов стрімкого зростання ринку природного каменю, постає необхідність детального дослідження існуючих методів оцінки покладів, їх вдосконалення та розробки нових підходів до вирішення даного питання.

Викладення основного матеріалу дослідження. Геометрія форм і розміщення природних окремоостей сильно змінюється в просторі надр. Тому визначення середніх значень окремих параметрів блоків не може дати достатньо повної характеристики масиву гірських порід, а графічні методи не дозволяють використовувати при рішенні задачі необхідний об'єм інформації щодо тріщинуватості [2, 9].

Обґрунтоване рішення багатьох гірничотехнічних задач потребує визначення й обліку розмірів, форм та орієнтації елементарних структурних блоків, на які розбивається масив гірських порід системами тріщин. Особливо важливе значення це питання має при розробці родовищ декоративного каменю, де від інтенсивності тріщинуватості і напрямку розробки відносно систем тріщин залежить вихід кондиційних блоків.

Виходячи з висновків абсолютної більшості досліджень, що займаються вивченням тріщинуватості скельних порід, можна прийняти такі положення:

1. Тріщини на певній ділянці масиву та з приблизно однаковим орієнтуванням утворюють системи.
2. В кожній системі тріщини приблизно паралельні одна одній і з достатньою для практики точністю можуть апроксимуватися системами площин.

Виходячи з цього, нами приймається математична модель тріщинуватості, де системи тріщин представлені системами площин, що характеризуються такими параметрами:

$$\alpha_i, \beta_i, d_i, d_{oi}, \tag{1}$$

де α_i – середній азимут падіння i -ої системи тріщин;

β_i – середній кут падіння i -ої системи тріщин;

d_i – математичне очікування (середня зважена) відстані між тріщинами в i -ій системі;

d_{oi} – математичне очікування відстані від початку системи координат до першої тріщини i -ої системи.

За параметрами $\alpha_i, \beta_i, d_i, d_{oi}$ в прийнятій системі координат складаються рівняння площини i -ої системи у відрізках:

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1. \tag{2}$$

Дане рівняння приводиться до нормального (нормованого) вигляду:

$$\cos \alpha_i x + \cos \beta_i y + \cos \gamma_i z = d_{oi} + j_i d_i. \tag{3}$$

Таким чином просторова графостатистична модель тріщинуватості приймається у вигляді систем площин, що описуються рівнянням вигляду (3). Причому параметри одержані на основі статистичної обробки результатів масових вимірів тріщинуватості.

Позначимо площини системи через P_{ij} ($i = 1, 2, 3 \dots n; j = \dots -1, 0, 1 \dots$).

Системи площин, перетинаючись між собою в даній ділянці масиву Ω , утворюють деяку множину цільних багатогранників (Q_m). Для зручності розташуємо дану ділянку масиву Ω в першій октант.

Поставимо задачу: розбити множину (Q_m), що міститься в Ω , на класи за кількістю вершин (граней) і виділити середній багатогранник кожного класу.

Слід зазначити, що якщо $n = 3$, то перетин трьох сімей площин утворює однакові паралелепіеди. Це дозволяє для вирішення задачі розглянути деякий паралелепіед B , який перетинається рештою площин. Причому розташування цих площин відносно паралелепіеда повинно бути деяким «середнім» положенням.

Для визначення цього середнього розташування певної сім'ї площин розглядається деяка кількість N паралелепіедів. В кожному випадку визначається відстань r_{ji} ($j = 1, 2, 3 \dots N; i = 4, 5, 6 \dots n$) від деякої фіксованої точки до першої площини даної сім'ї. Потім здійснюється усереднення:

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^N r_{ji}}{N}. \tag{4}$$

Оцінка величини N може бути одержана шляхом наступних міркувань. Позначимо через ε точність оцінки $r_{cp,i}$, що залежить від точності отримання початкових даних, точності апроксимацій тріщин площинами тощо.

Тоді необхідно, щоб:

$$\left| \frac{\sum_{j=1}^N r_j}{N} \right| + \left| \frac{\sum_{i=N+1}^{N+1} r_i}{N} \right| \leq \varepsilon, \tag{5}$$

тобто ми повинні зробити стільки реалізацій, щоб будь-яке r_{N+1} , одержане в $N + 1$ реалізації, вносило корективи в r_{cp} . Менше, ніж ε . Перетворюючи (5), одержимо:

$$-\frac{\sum_{j=1}^N r_j + N r_{n+1}}{N(N+1)} \leq \varepsilon. \tag{6}$$

Так як $r_j \geq 0$ ($j = 1, 2, 3 \dots N$), то ця різниця найбільш чутлива до r_{N+1} , якщо $\sum_{j=1}^N r_j = 0$, тоді:

$$\frac{r_{n+1}}{N+1} \leq \varepsilon \tag{7}$$

або

$$N \geq \frac{r_{n+1}}{\varepsilon} - 1. \tag{8}$$

Для оцінки найбільш надійнішого параметра N беремо найнесприятливіший випадок, коли:

$$r_{n+1} = r_{\max}. \quad (9)$$

Тоді

$$N \geq \frac{r_{\max}}{\varepsilon} - 1. \quad (10)$$

Для певних даних визначається відповідна точність ε та кількість реалізацій N між тріщинами.

Таким чином, за N реалізаціями визначаються $r_{cp,i}$ ($i = 4, 5 \dots n$).

Наступним кроком розв'язання задачі є визначення числа K_i ($i = 4, 5 \dots n$), яке показує скільки площин i -ої сім'ї перетинає середній паралелепіпед.

Оскільки координати розташування цього середнього паралелепіпеда довільні, то для зручності розташуємо його так, щоб він містив всередині себе початок координат. Вершини цього паралелепіпеда визначаються розв'язанням системи лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} \cos \alpha_1 x + \cos \beta_1 y + \cos \gamma_1 z = j_1 d_i; \\ \cos \alpha_2 x + \cos \beta_2 y + \cos \gamma_2 z = j_2 d_i; \\ \cos \alpha_3 x + \cos \beta_3 y + \cos \gamma_3 z = j_3 d_i, \end{cases} \quad (11)$$

де d_i ($d_i = 1, 2, 3 \dots n$) – математичне очікування відстані між площинами i -ої системи.

Розв'язання даних систем дозволяє одержати координати восьми вершин зазначеного паралелепіпеда.

Для перевірки перетину деякою площиною з сім'ї $i = 4, 5 \dots n$ паралелепіпеда B , достатньо підставити в рівняння даної площини координати вершин паралелепіпеда. Якщо ця площина не перетинає паралелепіпед, то числа, що були отримані після підстановки, будуть одного знаку. Причому з розташування «середнього» паралелепіпеда видно, що параметри j ($i = 4, 5 \dots n$) змінюватимуться в обидва боки від нуля, приймаючи значення $0 + 1, \pm 2 \dots$

Виділяючи при цьому ті площини, які перетинають середній паралелепіпед, можна вказати, які саме площини кожної сім'ї перетинають паралелепіпед.

Тепер для вирішення поставленої задачі необхідно знайти розв'язок системи трьох лінійних рівнянь, складених різними комбінаціями; по-перше, рівнянь площин трьох перших систем (при $j = 0, -1; i = 1, 2, 3$), по-друге, рівнянь площин решти систем з виділеними параметрами j_i ($j_i = 4, 5, 6 \dots n$). Це забезпечить знаходження всіх точок перетину будь-яких трьох площин, що належать «середньому» паралелепіпеду, і дозволить виділити середні фігури.

Взагалі розв'язок даної задачі здійснюється за такою схемою:

1. Визначення початкових даних. Вводяться масиви:

- коєфіцієнт рівнянь кожної сім'ї;
- параметри даної ділянки родовища;
- математичне очікування відстані між тріщинами кожної сім'ї.

2. Вибір випадкової точки в просторі. Кожна координата цієї точки видається датчиком випадкових чисел, рівномірно розподілених на відрізок $(0,1)$, а потім множиться на відповідні максимальні розміри ділянки родовища.

3. Виділення найближчих до обраної точки площин перших трьох сімей, що проходять між початком координат і обраною точкою. Параметр j_i ($i = 1, 2, 3$) обчислюється за формулою:

$$j_i = \frac{\cos \alpha_1 x + \cos \beta_1 y + \cos \gamma_1 z - d_{oi}}{d_i}, \quad (12)$$

де x, y, z – координати випадкової точки.

Потім величина j_i округлюється в бік зменшення:

$$j_i = \lfloor j_i' \rfloor. \quad (13)$$

4. Розв'язок системи лінійних рівнянь.

Розв'язується система лінійних рівнянь зі знайденими параметрами j_i ($i = 1, 2, 3$). При цьому знаходяться координати тієї вершини d_j паралелепіпеда, що розташована до початку координат ближче, ніж всі інші точки.

5. Виділення найближчої до вершини a_j , площини $P_{l, i}$ ($i = 4, 5, 6 \dots n$), що, перетинаючи паралелепіпед, залишає по один бік від себе вершину a_j та початок координат, тобто визначається для кожної площини $P_{l, i}$ ($i = 4, 5, 6 \dots n$), параметр j_i (12) округлюється за абсолютною величиною в більший бік.

6. Виділення в кожному паралелепіпеді деякої точки B_j , яка співпадала би з початком системи координат, якби даний паралелепіпед охоплював початок системи координат. Ці точки знаходяться шляхом розв'язання системи трьох рівнянь площини i -ої ($i = 1, 2, 3$) сім'ї з параметрами j_i^b при $d_{oi} = 0$:

$$j_i^b = \begin{cases} j_i & j_i \leq 0; \\ j_{i+1} & j_i \geq 0, \end{cases} \quad (14)$$

де $i = 1, 2, 3 \dots$

7. Визначення відстані r_{ji} ($j = 1, 2, 3 \dots N; i = 4, 5, 6 \dots n$) від точки B_j до площини $P_{l,i}$ ($i = 4, 5, 6 \dots n$). Ця відстань знаходиться підстановкою в рівняння площини $P_{l,i}$ координат точки B_j .

8. Чи досягла заданого об'єму вибірка? При недостатності заданого об'єму алгоритм повторюється з початку. При його досягненні – здійснюється усереднення.

9. Усереднення ($i = 4, 5, 6 \dots n$). Усереднення здійснюється за (4).

10. Визначення координат вершин паралелепіпеда B_i . При цьому розв'язується система (11) з круговою перестановкою.

11. Виділення площин тріщин i -ої ($i = 4, 5, 6 \dots$) системи, що перетинає паралелепіпед B_i , проводиться підстановкою в рівняння площин тріщин координат вершин паралелепіпеда.

12. Обчислення координат вершин середніх багатогранників. Складаються і розв'язуються системи лінійних рівнянь, які утворюються при початковій круговій перестановці кожної системи.

13. Одержані координати вершин паралелепіпеда виводяться в порядку перестановок, що утворюються.

За одержаними координатами вершин в прийнятій системі координат будуються багатогранники, що є моделями середніх елементарних структурних блоків родовищ.

При з'єднанні точок, що вийшли, для побудови фігур, що утворилися, слід керуватися такими принципами: дві будь-які точки з'єднуються між собою, якщо вони належать одній і тій же площині, тобто якщо при обчисленні цих точок використовувалася одна і та ж площина.

Висновки. Розроблено метод визначення параметрів природних окремоостей родовищ. Елементарні структурні блоки, будучи основним елементом структури масиву гірських порід, характеризують інтенсивність і напрям розвитку тріщинуватості.

Запропонована методика оцінки параметрів середніх природних блоків масиву з визначенням їх просторової орієнтації може бути використана при геометричному аналізі структури родовищ твердих корисних копалини і при розв'язанні різних питань їх розробки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Ажгирей Г.Б.* Структурная геология. – М.: Изд. МГУ, 1956. – 210 с.
2. *Беликов Б.П.* О методике изучения трещиной тектоники месторождений строительного и облицовочного камня. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 125 с.
3. *Борщ-Компаниец В.И.* Некоторые вопросы методики изучения трещиноватости горных пород // Научные труды МИРГЭМ. – 1962. – Сб. 40. – С. 24–27.
4. *Борщ-Компаниец В.И.* Механика горных пород массивов и горное давление. – М.: МГИ, 1968.
5. *Букринский В.А.* Практический курс геометрии недр. – М.: Недра, 1965.
6. *Букринский В.А., Михайлова А.В.* Изучение связи трещиноватости с тектоническими структурами горных пород. – М.: Московский институт радиоэл. и гор электромеханики, 1963.
7. *Жаканов Ш.Ж., Шрубко С.А.* Методика учета структурных элементов горных пород при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых // Сб. проблемы механики горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1966.
8. *Карасев Ю.Г., Бакка Н.Т.* Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. – С.-Пб.: Санкт-Петербургский горный ин-т, 1997. – 428 с.
9. *Колычко А.В.* Опыт оценки трещиноватого массива скальных пород // Тр. Гидропроекта. – 1966. – Вып. 14.
10. *Машанов А.Ж.* Механика массива горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1961.
11. *Нейштадт Л.И.* Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. – М.: Гос. энергоиздат, 1969.
12. *Рац М.В., Чернышев С.Н.* Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. – М.: Недра, 1970.

МАМРАЙ Василь Васильович – аспірант кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– геотехнології;

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- математичне моделювання.

Подано 04.04.2007

УДК 622.35

Визначення параметрів середніх природних окремоностей масиву гірських порід на основі графо-статистичного моделювання / В.В. Мамрай // Вісник ЖДТУ / Технічні науки – 2007. – №

Разработана методика определения параметров природных отдельностей месторождений.

Предлагаемая методика оценки параметров средних природных блоков массива, с определением их пространственной ориентации может быть использована при геометрическом анализе структуры месторождений твердых полезных ископаемых и при решении различных вопросов их разработки.

УДК 622.35

Determination middle natural separatenesses parameters of rock's massif on the basis of graphic - statistical design. / V.V. Mamray // Вісник ЖДТУ / Технічні науки – 2007. – №

The methodology of determination natural separatenesses parameters of deposits is developed.

Proposed methodology of evaluation middle natural blocks' parameters of rock's massif with the determination of their spatial orientation for geometrical analysis of hard mineral deposits' structure and for solving different question as for its recovery can be used.