

## **NGHIÊN CỨU DỊCH CHUYỂN ĐẤT ĐÁ VÀ BIẾN DẠNG BỀ MẶT TRONG ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT ĐẶC BIỆT BỂ THAN QUẢNG NINH**

VƯƠNG TRỌNG KHA, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*  
PHÙNG MẠNH ĐẮC, *Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam*  
PHẠM VĂN CHUNG, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

**Tóm tắt:** Cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu dịch chuyển và biến dạng đất đá do ảnh hưởng của điều kiện địa chất, chiều sâu khai thác và công nghệ khai thác, nhưng chưa có kết quả nghiên cứu chi tiết mối quan hệ giữa các yếu tố trên. Từ kết quả quan trắc thực địa, các điều kiện địa chất vỉa bể than Quảng Ninh, bài báo này giới thiệu một số phương pháp tính dịch chuyển và biến dạng đất đá cũng như mối quan hệ ảnh hưởng của các yếu tố địa chất, khai thác đến quá trình dịch chuyển

### **1. Mở đầu**

Bể than Quảng Ninh nằm về phía Tây- Bắc, trên bờ vịnh Hạ Long, có chiều dài từ đông sang tây 140km, rộng 15km. Bao gồm 3 vùng chứa than chính: vùng than phía Bắc là Bao Đài, vùng than Uông Bí, vùng than Hòn Gai - Cẩm Phả.

Địa hình, chủ yếu là đồi núi, lớp phủ đệ tứ trên trầm tích chứa than dày khoảng 5-10m, là đất phong hoá có lẫn cuội, sỏi. Điều kiện địa chất thuỷ văn rất phức tạp, mạng lưới sông ngòi chằng chịt theo các khe núi và thung lũng. Nước ngầm thường lưu thông trong các lớp đất đá cứng, nứt nẻ mạnh như cát kết, cuội sạn kết.

Cấu tạo địa tầng bao gồm các loại đá: thành phần là các lớp cuội kết, sạn kết hạt lớn, bột kết, sét kết, sét kết chứa than, than, có kiến trúc hạt từ thô đến mịn. Trầm tích chứa than có tính phân nhịp, phân lớp rõ rệt. Kích thước của hạt giảm dần từ trên xuống. Bể than Quảng Ninh có độ cứng trung bình  $f=3-10$ . Địa tầng bể than Quảng Ninh bị chia cắt mạnh bởi các loại phá huỷ kiến tạo như đứt gãy, uốn nếp và nứt nẻ với nhiều dạng, kích thước khác nhau. ảnh hưởng kiến tạo thường thay đổi theo chiều sâu và theo diện tích. Các đứt gãy làm thay đổi cấu trúc địa chất, chia cắt địa tầng thành các khối có cấu tạo khác nhau và đóng vai trò giãn nước, thoát khí gây nên biến dạng nguy hiểm [3].

Từ những đặc điểm địa chất trên, công tác xây dựng trạm quan trắc nghiên cứu quá trình dịch chuyển và biến dạng đất đá xác định mối

tương quan giữa chúng đang là vấn đề cần quan tâm trong khai thác mỏ.

### **2. Các phương pháp tính toán dịch chuyển và biến dạng đất đá trong điều kiện địa chất đặc biệt**

#### **2.1. Đối với vỉa có thể nằm dốc và dốc đứng**

Trên vùng sụp đổ, đất đá dịch chuyển dưới dạng tách lớp và hình thành hệ thống các lớp mỏng. Dạng dịch chuyển cơ bản của các lớp mỏng này là uốn cong khi thể nằm của các lớp đất đá dốc thoải hoặc uốn cong và trượt khi đất đá có thể nằm dốc và dốc đứng.

Trong quá trình khai thác, độ lún của đất đá không đều tạo thành bậc thuận và bậc ngược thì véc tơ dịch chuyển các mốc trên tuyến sẽ bị dịch chuyển ra khỏi phương pháp tuyến vỉa. Điều này làm giảm bớt ứng lực đất đá theo hướng vuông góc với mặt phẳng vỉa, đồng thời cũng làm tăng khả năng dịch chuyển đất đá theo mặt phân lớp.

#### **2.2. Đối với vỉa than có góc dốc đất đá không ổn định**

Nếu góc dốc lớp đá không ổn định thì biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm do khai thác theo hướng dốc và đất đá phía trên trên mặt cắt vuông góc với phương vỉa được xác định cùng với sự thay đổi góc dốc của tập lớp (hình 1.b).

Khi xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm từ phía hướng dốc lên trên mặt cắt vuông góc với đường phương, thì xác định góc dốc vỉa than tại biên giới dưới của lò khai thác và theo giá trị này tìm giá trị góc  $\beta$ . Lại theo góc này kẻ

đường thẳng trên mặt cắt đến điểm tiếp xúc với đất phủ (mêzôzôi). Trong trường hợp tại điểm giao nhau của đường thẳng này với đất đá góc dốc của tập lớp không khác biệt lớn hơn  $10^\circ$  so với góc dốc vỉa than tại biên giới dưới lò khai thác, thì góc  $\beta$  có được được sử dụng để xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm; còn trong trường hợp ngược lại thì tiến hành như sau:

- Trên mặt cắt vuông góc với đường phương xác định góc dốc vỉa than  $\alpha$  tại biên giới dưới lò khai thác và theo đó tìm góc dịch chuyển  $\beta$ ;

- Theo góc dịch chuyển tìm được  $\beta$  kẻ đường thẳng từ biên giới dưới lò khai thác đến tập lớp đất đá mà góc dốc  $\alpha_1$  của nó tại điểm giao nhau có sự khác biệt so với góc dốc  $\alpha$  hơn  $10^\circ$ ;

- Theo góc dốc  $\alpha_1$  tại điểm I tìm giá trị mới  $\beta_1$  và theo góc này kẻ đường thẳng tới điểm giao nhau với lớp tiếp theo có góc dốc  $\alpha_{II}$  tại điểm II có sự khác biệt so với góc dốc  $\alpha_1$  hơn  $10^\circ$ ;

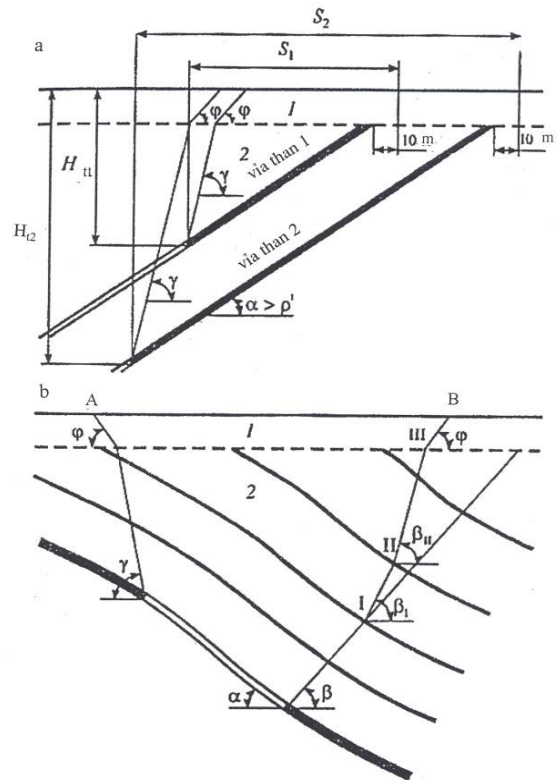
- Theo góc dốc  $\alpha_{II}$  tìm giá trị mới của góc dịch chuyển  $\beta_{II}$ , tương tự như vậy xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm trong các tập lớp khác cho tới tiếp xúc đất đá góc với đất đá trầm tích mêzôzôi hay đất phủ (điểm III, hình 1.b).

Góc dịch chuyển  $\delta$  và  $\gamma$ , cũng như góc dịch chuyển trong đất phủ và trầm tích đất đá mêzôzôi được xác định như trên cho các vỉa than có góc dốc không ổn định.

Phương pháp xác định vùng dịch chuyển nguy hiểm như trên được cho phép thực hiện trong điều kiện góc dốc vỉa không thay đổi chiều dốc trong khu vực nghiên cứu.

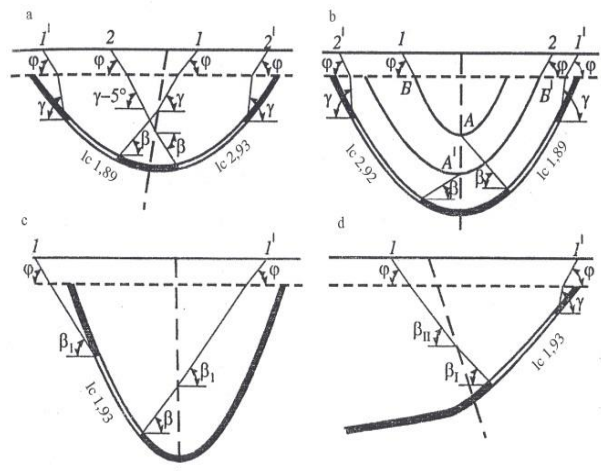
Biến dạng nguy hiểm trong vùng dịch trượt đất đá theo mặt tiếp xúc vỉa than (vùng  $S_1$  và  $S_2$ , hình 3, a) ngoài giới hạn vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định theo các góc  $\gamma$  và  $\varphi$  có thể xuất hiện khi góc dốc vỉa than lớn hơn góc ma sát theo mặt giảm yếu ( $\alpha > \rho'$ ). Việc xem xét đến dịch trượt theo mặt tiếp xúc vỉa than được thực hiện tại những khoáng sàng đã ghi nhận được chúng qua quan trắc dịch chuyển.

Giá trị góc dịch chuyển  $\gamma$  phụ thuộc số lượng các vỉa than khai thác và tương quan phân bố biên giới khai thác trong vỉa.



Hình 1. Sơ đồ xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi dịch chuyển và biến dạng đất đá theo mặt lớp và góc dốc vỉa không cố định

### 2.3. Đối với vỉa than có dạng uốn nếp



Hình 2. Sơ đồ xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi vỉa có dạng uốn nếp

Hình 2: a, b, c - khi góc dốc vỉa than khác nhau tại các cánh khác nhau; d - khi góc dốc vỉa than giống nhau tại các cánh khác nhau; a - với góc dốc dưới  $30^\circ$ ; b, c - với góc dốc từ  $30^\circ$  đến

$\alpha_{II}$ ; 1-1' - vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi khai thác lớp thứ nhất; 2-2' - vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi khai thác lớp thứ hai.

Khi khai thác vỉa than có dạng uốn nếp, biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định tương ứng với mục 3.2, nếu trong vùng ảnh hưởng không có mặt phẳng trục của uốn nếp. Trong trường hợp vùng ảnh hưởng có mặt phẳng trục uốn nếp, biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm trên mặt cắt thẳng đứng vuông góc với đường phương được xác định bằng cách sau:

- Khi góc dốc đất đá  $\alpha < 30^\circ$  từ hướng dốc lên (hình 2, a) dựng bởi đường thẳng từ biên giới trên lò khai thác một góc dịch chuyển  $\gamma$  - trong đất đá gốc, và  $\varphi$  - trong lớp đất phủ, vùng dịch trượt đất đá theo mặt tiếp xúc vỉa than xác định như trong mục 3.2.

- Từ hướng dốc xuống kẻ đường thẳng với góc  $\beta$  cho đến điểm giao nhau với mặt phẳng trục của uốn nếp, tiếp theo kẻ đường thẳng với góc  $\gamma$  (từ lò khai thác đầu tiên, lò chợ 1, hình 2.a) đến điểm tiếp xúc với đất phủ và với góc  $\varphi$  - trong lớp đất phủ. Giá trị góc  $\beta$  được xác định theo góc dốc của vỉa than biên giới dưới lò khai thác.

- Biên giới vùng ảnh hưởng lò khai thác thứ hai (lò chợ 2) trên cánh đối diện (hình 4, a) được xác định bởi đường thẳng kẻ với góc  $\beta$  trong đất đá gốc đến điểm giao nhau với mặt phẳng trục uốn nếp và tiếp theo với góc  $\gamma - 5^\circ$  đến mặt tiếp xúc với đất phủ và với góc  $\varphi$  trong đất phủ; Giá trị góc  $\gamma$  xác định theo nhóm mỏ.

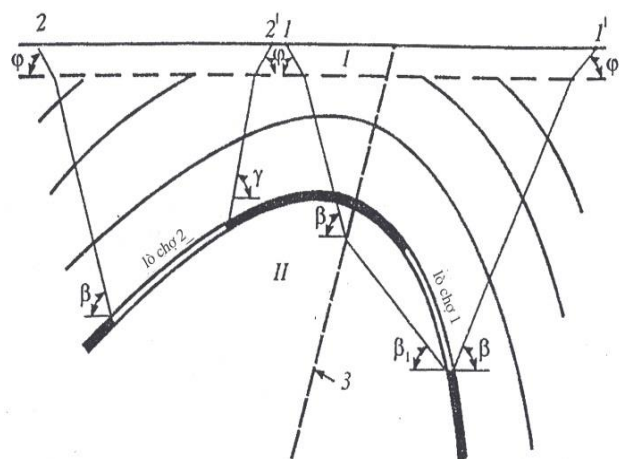
Khi góc dốc vỉa than trên các cánh uốn nếp  $30^\circ \leq \alpha \leq \alpha_g$  biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm từ hướng dốc lên được xác định bởi các góc  $\gamma$  trong đất đá gốc và  $\varphi$  trong lớp đất phủ; vùng dịch trượt đất đá theo mặt tiếp xúc vỉa than xác định tương ứng với mục 3.2. Biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm từ hướng dốc xuống được xác định bởi đường thẳng kẻ với góc  $\beta$  đến điểm giao nhau với mặt phẳng trục uốn nếp (điểm A lò chợ 1 và điểm A' lò chợ 2, hình 2.b) và tiếp theo đường thẳng mặt tiếp xúc đất đá (AB, A'B', hình 2.b) đến mặt tiếp xúc với lớp đất phủ, với góc  $\varphi$  - trong lớp đất phủ.

Khi góc dốc vỉa than tại các cánh  $\alpha > \alpha_g$  (hình 2.b) biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm từ hướng dốc lên được xác định bởi góc  $\beta_1$  trong đất đá gốc và  $\varphi$  trong lớp đất phủ.

Biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm từ hướng dốc xuống được xác định bởi đường thẳng kẻ với góc  $\beta$  đến điểm giao nhau với mặt phẳng trục uốn nếp và tiếp theo với góc  $\beta_1$  trong đất đá gốc và góc  $\varphi$  trong lớp đất phủ.

Khi góc dốc đất đá trên cánh uốn nếp hướng về một phía (hình 2.d) thì biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định theo các góc  $\beta_1$  đến điểm giao nhau với mặt phẳng trục uốn nếp,  $\beta_{II}$  đến điểm giao nhau với mặt tiếp xúc đá gốc và lớp đất phủ ( $\beta_1$  - là góc được xác định theo góc dốc đất đá khu khai thác,  $\beta_{II}$  - là góc xác định theo góc dốc đất đá ở cánh đối diện của uốn nếp).

Khi khai thác vỉa than có dạng uốn nếp lồi mà đỉnh nếp lồi rơi vào vùng ảnh hưởng khai thác (hình 3, lò chợ 2), thì biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định tương ứng với các góc  $\beta$  - trong đất đá gốc,  $\gamma$  - ở biên giới trên và  $\varphi$  - trong lớp đất phủ theo mục 3.3 (vùng 2-2', hình 5). Nếu khai thác vỉa than cánh uốn nếp có góc dốc đứng  $\alpha > \alpha_g$  (hình 3, lò chợ 1), thì biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm đất đá cánh treo được xác định theo góc  $\beta$  trong đất đá gốc và  $\varphi$  trong lớp đất phủ tương ứng với mục 3.3.



Hình 3. Sơ đồ xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi khai thác vỉa than cánh nếp lồi

1-1' - vùng ảnh hưởng nguy hiểm trên cánh dốc của uốn nếp; 2-2' - vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi khai thác vỉa than trên cánh thoải của uốn nếp; 3- mặt phẳng trực uốn nếp; I- lớp đất phủ; II - đất đá gốc.

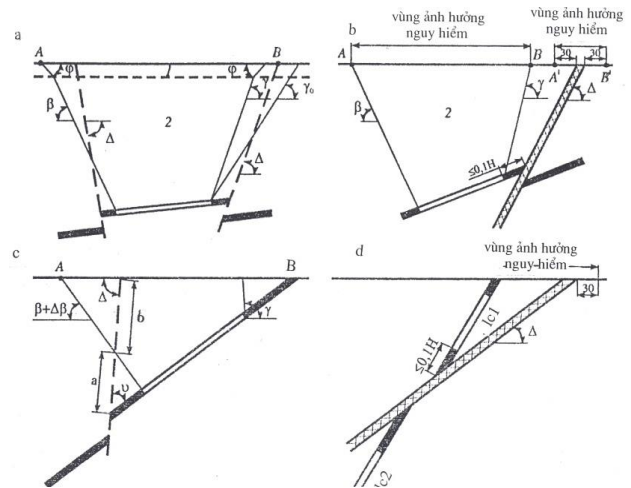
Đối với cánh nằm của uốn nếp, biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định bởi đường thẳng kẻ trong đất đá gốc từ biên giới dưới lò khai thác với góc  $\beta_1$  đến điểm giao nhau với với mặt phẳng trực uốn nếp, tiếp theo trong đất đá gốc với góc  $\beta$  (xác định theo giá trị trung bình góc dốc) đến điểm tiếp xúc với lớp đất phủ, và góc  $\varphi$  trong lớp đất phủ (hình 3, vùng 1-1').

#### 2.4. Khi khai thác dưới phá hủy kiến tạo

Vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định như sau:

Khi góc dốc vỉa than  $\alpha < 25^\circ$ , mặt trượt đứt gãy rơi vào vùng mặt cắt cơ bản của bồn dịch chuyển dưới góc  $80^\circ$  so với hướng dốc các đường thẳng xác định bởi các góc dịch chuyển trong đất đá gốc (hình 4. a), biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được tính là hình chiếu mặt tiếp xúc vùng đất đá vò nhau của mặt trượt dưới lớp đất phủ, nếu mặt phẳng mặt trượt xuất lộ trong khu vực giữa các điểm được xác định bởi góc dịch chuyển và góc biên giới (hình 4. a, điểm B); Còn trong trường hợp đứt gãy có xuất lộ trong vùng dịch chuyển nguy hiểm, thì biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được lấy là biên giới được xác định theo các góc dịch chuyển (hình 4. a, điểm A).

Khi đào lò khai thác đến gần đứt gãy ở phía dốc lên của lò khai thác tới khoảng cách 0,1 H và bé hơn (H - khoảng cách thẳng đứng từ điểm giao nhau mặt trượt đứt gãy với trụ vỉa than đến mặt đất, hình 4. b) thì tại điểm xuất lộ của mặt trượt đứt gãy A'B' có thể xuất hiện vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi góc dốc mặt trượt lớn hơn  $\Delta > 30^\circ$  với điều kiện dịch trượt đất đá theo mặt tiếp xúc mặt lớp. Trong trường hợp không có dịch trượt theo mặt lớp thì vùng ảnh hưởng nguy hiểm A'B' xuất hiện khi góc dốc mặt trượt đứt gãy  $\Delta > 50^\circ$ , từ phía dốc xuống biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm được xác định theo các góc dịch chuyển  $\beta$  trong đất đá gốc và  $\varphi$  trong lớp đất phủ.



Hình 4. Sơ đồ xác định vùng ảnh hưởng nguy hiểm khi có phá hủy kiến tạo  
1 – lớp đất phủ; 2 - đất đá gốc; A1–B1 và A-B – vùng ảnh hưởng nguy hiểm

Như vậy, sau khi nghiên cứu ảnh hưởng biến dạng nguy hiểm của các vỉa than trong các trường hợp đặc biệt ta tiến hành xác định các góc dịch chuyển và các đại lượng dịch chuyển bằng công thức sau:

##### a. Tính độ lún cực đại

Độ lún cực đại bề mặt được xác định theo công thức [1]:  $\eta_{\max} = q_0 \cdot m_{HQ} \cdot \cos(\alpha) \cdot N_1 \cdot N_2$

$N_1, N_2$  là tỷ số  $\frac{D}{H_{CP}}$

D là chiều dài lò chợ theo dốc vỉa, hoặc theo đường phương,  $H_{CP}$  là chiều sâu trung bình của lò chợ.

##### Tính độ lún tại các điểm thuộc mặt cắt chính bồn dịch chuyển

Độ lún của các điểm bề mặt trong tiết diện chính được xác định theo công thức

$$\eta_x = \eta_{\max} s(z)$$

Trong đó: hàm  $s(z)$  là hàm đường cong lún chuẩn được xác định theo bảng 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 [1]

$z_{yx} = \frac{x}{l_3}$  là hoành độ các điểm thuộc bán

bồn dịch chuyển theo phương.

$z_{y1} = \frac{x}{l1}$  là hoành độ các điểm thuộc bán

bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc.

$z_{y2} = \frac{x}{12}$  là hoành độ các điểm thuộc bán bồn

dịch chuyển theo hướng ngược dốc.

-  $y_x, y_1, y_2$  là khoảng cách từ điểm lún cực đại (gốc toạ độ) để tính toán cho các điểm tương ứng trong bồn dịch chuyển theo phương, theo hướng xuôi dốc và theo hướng ngược dốc.

-  $L_1, L_2, L_3$  là chiều dài bán bồn dịch chuyển

*b. Tính độ nghiêng trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển*

- Trên bán bồn theo phương :

$$i_x = \frac{\eta_m}{L_3} F(z_x)$$

- Trên bán bồn theo hướng xuôi dốc:

$$i_{y1} = \frac{\eta_m}{L_1} F(z_{y1})$$

- Trên bán bồn theo hướng ngược dốc:

$$i_{y2} = \frac{\eta_m}{L_2} F(z_{y2})$$

Giá trị hàm  $F(z)$  được xác định theo bảng 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 [1]

*c. Tính độ cong trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển*

Như vậy, sự uốn cong các lớp trong mặt phẳng gây nên dịch chuyển trượt tương đối giữa các lớp dẫn đến dịch chuyển cắt tăng cường trong mặt phẳng ngang. Chuyển dịch cắt tăng cường được ghi nhận theo kết quả quan trắc tại trạm I(12) mỏ than Mông Dương. Biến dạng đứng và ngang tập trung sẽ rất nguy hiểm cho các đối tượng trên bề mặt bị khai thác và cần có biện pháp bảo vệ chúng. Khi độ sâu khai thác tăng, tổng các lực ở vùng áp lực tựa sẽ tiến dần đến giá trị cố định vì tại vị trí này hình thành bồn dịch chuyển. Khi đó các véc tơ (tốc độ) dịch chuyển từ hai phía bán bồn có xu hướng chuyển dịch tăng cường theo mặt tiếp xúc của đất đá có bề mặt yếu. Tốc độ lún được xác định theo công thức [2]:

$$V_m = T \frac{\eta_m C}{H} \quad (1)$$

trong đó:  $\eta_m$  là độ lún cực đại (m);

$H$  là độ sâu khai thác trung bình;

$C$  là tiến độ trung bình của lò chợ (m/ngày).

$T$  là hệ số tỷ lệ (phụ thuộc vào tính chất cơ lý đá của vùng, đối với Quảng Ninh  $T = 2$  lấy theo vùng chưa được nghiên cứu)

$V_m, \eta_m$  chịu ảnh hưởng lớn của góc dốc via  $\alpha$ .

Đối với tập via dốc thoải khi khấu than, tại một điểm trên mặt đất đồng thời chịu ảnh hưởng của công tác khai thác không quá ba via. Như vậy ranh giới các lò chợ gây ra vùng biến dạng cho phép được xác định theo công thức [1]:

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \geq \varepsilon_{gh} \quad (2)$$

$$\text{hoặc là } \frac{m_1}{H_p} + \frac{m_2}{H_p + \Delta h_1} + \frac{m_3}{H_p + \Delta h_2} \geq \frac{D_p}{K_{\varepsilon,i}} \quad (3)$$

trong đó:  $m_1, m_2, m_3$  là chiều dày khấu than của ba via có ảnh hưởng lớn nhất trong tập via;

$\Delta h_1, \Delta h_2$ : là khoảng cách từ via 1 đến via 2 và từ via 1 đến via 3;

$D_p$  là chỉ số biến dạng giới hạn của công trình;

$K_{\varepsilon,i}$  là hệ số phụ thuộc vào biến dạng giới hạn.

#### 4. Kết luận

Điều kiện địa hình, địa chất đặc biệt là các đứt gãy kiến tạo ở vùng than Quảng Ninh có ảnh hưởng phức tạp đến tính chất, đặc điểm dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác hầm lò. Mức độ biến dạng cũng như quy luật dịch chuyển trong các điều kiện địa chất khá phức tạp và khác biệt.

- Tính chất, đặc điểm và biến dạng do ảnh hưởng khai thác ở vùng đứt gãy có sự khác biệt so với trường hợp chung. Tùy thuộc vào vị trí cắt ranh giới lò chợ và vị trí vết lộ của đứt gãy mà kích thước vùng dịch chuyển tăng lên hay giảm đi.

- Tại vết lộ đứt gãy xảy ra biến dạng tập trung biểu hiện dưới dạng các vết nứt, tầng bậc hoặc các phếu sụt lở.

- Vị trí vùng khai thác và hướng khai thác có ảnh hưởng quyết định tới tính chất và đặc điểm biến dạng đất đá ở vùng lộ đứt gãy. Nếu tiến hành khai thác đồng thời ở hai cánh, bắt đầu từ đứt gãy sẽ có dịch chuyển và biến dạng nhỏ nhất ở vùng lộ đứt gãy.

(xem tiếp trang 36)

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ công nghiệp than Liên Xô (cũ), 1981. Quy phạm bảo vệ các công trình do ảnh hưởng của khai thác mỏ hầm lò, NXB Nedra, Matxcơ-va

[2]. Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha, 2000. Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội

[3]. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, 2005. Báo cáo kết quả quan trắc trên bề mặt địa hình via I (12) mỏ than Mông Dương, Mạo Khê, Nam Mẫu, Hà Nội

## SUMMARY

### **On the characteristics of rock displacement and surface deformation for complex geological condition of QuangNinh coalfield**

**Vuong Trong Kha**, *University of Mining and Geology*

**Phung Manh Dac**, *Vietnam national Coal – Mineral industries holding corporation limited*

**Pham Van Chung**, *University of Mining and Geology*

So far there have been many research works on the effects from geological conditions, mining depth and technologies on the process of rock deformation and displacement but not yet any detail research results on the correlation between the rock deformation and displacement and the above mentioned conditions. From the monitored results of geological structures and factors at Quang Ninh coal basin, the author has referred to some forms of rock displacement as well as the effects of mining technologies and activities on the rock displacement.