

Mapa złożowa i obliczanie zasobów

Istotnym elementem działalności górniczej jest etap rozpoznawania złóż oraz ich podstawowych parametrów. Jest to etap poprzedzający ewentualną decyzję o podjęciu ich eksploatacji.

Niniejszy opis przedstawia przykłady wybranych sposobów sporządzenia mapy złożowej oraz obliczenia zasobów kopaliny dla złóż typu pokładowego. Opracowanie takiej mapy wymaga wcześniejszych robót rozpoznawczo-poszukiwawczych. W przedstawionych przykładach pokazano:

- mapę złożową w oparciu o elementy morfologiczne powierzchni terenu z uwidocznieniem otworów wiertniczych;
- uproszczoną budowę geologiczną złoża w oparciu o wyniki robót wiertniczych;
- przekrój geologiczny złoża z uwzględnieniem uskoku normalnego;
- obliczenie całkowitych zasobów kopaliny w złożu;
- sposób wykreślenia głębinowego wykresu zasobów oraz jego interpretację.

Z uwagi na charakter ćwiczenia realizowanego przez studentów rozpoczynających naukę trudnej sztuki górniczej, przytoczone przykłady mają charakter czysto akademicki. Dla przejrzystości oraz łatwiejszego zrozumienia omawianych zagadnień przyjęto szereg uproszczeń, które w żaden sposób nie wpływają na wartość merytoryczną przekazywanych w trakcie realizacji ćwiczenia informacji. W rzeczywistości problemy, z jakimi należy zmierzyć się w praktyce, są dużo bardziej skomplikowane. Niniejsze opracowanie, poza formą instrukcji, ma wprowadzić studenta w zagadnienia związane ze sposobem dokumentowania złóż typu pokładowego.

Niniejsze opracowanie powstało na bazie dwóch skryptów uczelnianych AGH wydanych kilkadziesiąt lat temu, a których dostępność w chwili obecnej jest mocno ograniczona z racji upływu czasu od ich wydania (łącznie ilość poniższych pozycji dostępnych w bibliotekach na terenie AGH wynosi 35 egzemplarzy). Są to pozycje:

- Dydecki M., Kicki M., Mazurkiewicz M., Postawa J.; 1979: Mapa złożowa i obliczenie zasobów, [w] Technika eksploatacji złóż i wiertnictwo, Zeszyt do ćwiczeń, zeszyt nr 1. Skrypt AGH nr 729.
- Takuski S., Maciejasz S., Gajoch K., Piechota S., Wziętek B.; 1980: Górnictwo. Materiały do ćwiczeń dla studentów pionu górniczego. Skrypt AGH nr 723.

W tym miejscu należy wyraźnie zaznaczyć, że mimo upływu kilkunastu lat od wydania wymienionych skryptów, treści w nich zawarte w zakresie omawianej tematyki są nadal aktualne. Przedstawione w nich zagadnienia od kilkunastu lat są realizowane przez wszystkich studentów Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii, kierunku Górnictwo i Geologia, w ramach przedmiotu Zarys górnictwa, stanowiąc podstawę do dalszego zgłębiania wiedzy górniczej. Omawiane w dalszej części ćwiczenie jest także realizowane na innych kierunkach, w ramach pokrewnych przedmiotów.

Wacław Andrusikiewicz

Sporządzenie mapy złożowej

Realizowane ćwiczenie składa się z części opisowej i rysunkowej. Do jego zaliczenia konieczne jest przedstawienie obu części ćwiczenia oraz wykazanie się wiedzą związaną z jego wykonaniem.

Sporządzenie mapy złożowej ma na celu określenie podstawowych parametrów złoża, do których należy zaliczyć:

- kąt nachylenia złoża (α);
- miąższość pionową złoża (m_p);
- kierunek (azymut) rozciągłości i upadu złoża;
- kąt płaszczyzny uskoku (β) w oparciu o znaną warstwicę uskoku;
- zrzut uskoku (z)
- kierunek (azymut) uskoku.

Aby opracować mapę złożową konieczne jest wcześniejsze rozpoznanie złoża za pomocą dostępnych metod badawczych. W omawianym przykładzie wykorzystano wyniki poszukiwawczych robót wiertniczych, które zostały wykonane w obrębie terenu badawczego. W związku tym należy opracować mapę sytuacyjno-wysokościową z zaznaczeniem miejsc, w których wykonano otwory badawcze. Przykładową mapę przedstawiono na Rys. 1.

Efektom rozpoznawczych robót wiertniczych jest tzw. profil otworu wiertniczego, który dla potrzeb ćwiczenia w wersji uproszczonej pokazano na Rys. 2, natomiast rzeczywisty profil otworu wiertniczego jest bardziej skomplikowany i zawiera sporo istotnych danych.

Wyznaczenie podstawowych elementów zalegania złoża podstawowego można wykonać przy wykorzystaniu metod wykreślnych lub analityczno-wykreślnych. W niniejszej Instrukcji omówiono metody:

- Baumana;
- tangensów;
- cotangensów;
- warstwicową.

Należy mieć świadomość, że metody te wymagają wysokiej precyzji i dokładności rysowania, gdyż odczyt poszczególnych wartości następuje na podstawie wykonanego rysunku. Najmniejsza niedokładność rysowania spowoduje niedokładny odczyt z rysunku poszczególnych wartości. Dlatego też, dla potwierdzenia uzyskanych wyników, należy przeprowadzić ich kontrolę wykorzystując inną metodę.

Czynnością poprzedzającą określenie elementów zalegania pokładu jest właściwe opracowanie mapy powierzchni terenu, na którym wykonano 3 otwory poszukiwawcze (Rys. 1). Otwory oznaczono cyframi rzymskimi, gdzie numer I przypisano otworowi najpłytszemu, natomiast numer III otworowi najgłębszemu. Na podstawie mapy należy określić kotę (współrzedną wysokościową) otworu wiertniczego K_i (gdzie i oznacza numer kolejnego otworu). Koty należy wyznaczyć poprzez wykorzystanie metody interpolacji, wykorzystującej twierdzenie Talesa. W przedstawionym przykładzie koty te wynoszą odpowiednio:

$$K_I = 413,8 \text{ m n.p.m} \quad K_{II} = 387,7 \text{ m n.p.m} \quad K_{III} = 367,8 \text{ m n.p.m}$$

Kolejnym krokiem jest określenie na podstawie profilu głębokości każdego otworu Z_i , licząc od powierzchni do spągu nawierconego pokładu (Rys. 2). W tym celu dla każdego otworu należy zsumować miąższość poszczególnych warstw. Głębokość ta wynosi w poszczególnych otworach:

$$Z_I = 218,0 \text{ m} \quad Z_{II} = 261,3 \text{ m} \quad Z_{III} = 325,1 \text{ m}$$

Następnie należy określić kotę spągu pokładu w poszczególnych otworach W_i , wynikającą z różnicy pomiędzy kotą powierzchni otworu i jego głębokości:

$$W_i = K_i - Z_i$$

Stąd

$$W_I = 195,8 \text{ m n.p.m.} \quad W_{II} = 126,4 \text{ m n.p.m.} \quad W_{III} = 42,7 \text{ m n.p.m.}$$

Należy określić różnicę pomiędzy kotą spągu o największej wartości, a kotą spągu o najmniejszej wartości (h_1) i pośredniej wartości (h_2)

$$h_1 = W_I - W_{III} \quad ==> \quad h_1 = 153,1 \text{ m}$$

$$h_2 = W_I - W_{II} \quad ==> \quad h_2 = 69,4 \text{ m}$$

Metoda Baumana (Rys. 3)

- [a]. Z otworu W_I wykreślić dwie półproste przechodzące przez otwór W_{II} i otwór W_{III} .
- [b]. Wykreślić prostą prostopadłą do półprostej W_I - W_{III} przechodzącą przez otwór W_{III} .
- [c]. Na wykreślonej prostopadłej wykreślić z otworu W_{III} odmierzyć w skali mapy wartość h_1 otrzymując punkt A oraz wartość h_2 otrzymując punkt B.
- [d]. Wykreślić odcinek łączący punkt A z otworem W_I .
- [e]. Z punktu B wykreślić prostą równoległą do półprostej W_I - W_{III} tak, by przecięła odcinek A- W_I . Punkt przecięcia oznaczyć jako C.
- [f]. Punkt C rzutować prostopadłe na półprostą W_I - W_{III} otrzymując punkt C'.
- [g]. Przez punkt C' oraz otwór W_{II} poprowadzić prostą. Wykreślona prosta jest kierunkiem rozciągłości pokładu.
- [h]. Z otworu W_I poprowadzić prostą prostopadłą do odcinka C'- W_{II} – jest to kierunek upadu pokładu. Punkt przecięcia kierunku rozciągłości z kierunkiem upadu oznaczyć jako D.
- [i]. Z punktu D na kierunku rozciągłości odmierzyć w skali mapy wartość h_2 otrzymując punkt E.
- [j]. Otwór W_I połączyć z punktem E.
- [k]. Otrzymany kąt D- W_I -E jest kątem upadu pokładu – odczytać wartość za pomocą kątomierza.

Metoda tangensów (Rys. 4)

- [a]. Z otworu W_I wykreślić dwie półproste przechodzące przez otwór W_{II} i otwór W_{III} .

- [b]. Odczytać z mapy odległość l_1 pomiędzy otworami W_I i W_{III} . Analogicznie odczytać l_2 pomiędzy otworami W_I i W_{II} .
- [c]. Obliczyć wg wzorów wartości:

$$\tan \alpha_1 = \frac{h_1}{l_1}; \quad \tan \alpha_2 = \frac{h_2}{l_2}$$

- [d]. Przyjąć miarę kąta, np. $0,1 = 2$ cm, obliczyć $\tan \alpha_1$ i $\tan \alpha_2$.
- [e]. Z otworu W_I odmierzyć na półprostej W_I - W_{III} wartość $\tan \alpha_1$, a uzyskany punkt oznaczyć jako A. Analogicznie z otworu W_I odmierzyć na półprostej W_I - W_{II} wartość $\tan \alpha_2$, a uzyskany punkt oznaczyć jako B.
- [f]. Z punktu A wykreślić prostą prostopadłą do odcinka W_I -A. Analogicznie wykreślić z punktu B prostą prostopadłą do odcinka W_I -B. Punkt przecięcia wykreślonych prostych prostopadłych oznaczyć jako punkt C.
- [g]. Z otworu W_I wykreślić półprostą przechodzącą przez punkt C. Jest to kierunek upadu pokładu.
- [h]. Zmierzyć linijką odcinek W_I -C, który jest miarą kąta upadu. Wyznaczyć wartość kąta upadu.
- [i]. Wykreślić prostą prostopadłą do odcinka W_I -C, przechodzącą przez punkt C. Jest to rozciągłość pokładu.

Metoda cotangensów (Rys. 5)

- [a]. Z otworu W_I wykreślić dwie półproste przechodzące przez otwór W_{II} i otwór W_{III} .
- [b]. Odczytać z mapy odległość l_1 pomiędzy otworami W_I i W_{III} . Analogicznie odczytać l_2 pomiędzy otworami W_I i W_{II} .
- [c]. Obliczyć wg wzorów wartości:

$$\text{ctg } \alpha_1 = \frac{l_1}{h}; \quad \text{ctg } \alpha_2 = \frac{l_2}{h_2}$$

- [d]. Przyjąć miarę kąta, np. $2 = 1$ cm, obliczyć $\text{ctg } \alpha_1$ i $\text{ctg } \alpha_2$.
- [e]. Z otworu W_I odmierzyć na półprostej W_I - W_{III} wartość $\text{ctg } \alpha_1$, a uzyskany punkt oznaczyć jako A. Analogicznie z otworu W_I odmierzyć na półprostej W_I - W_{II} wartość $\text{ctg } \alpha_2$, a uzyskany punkt oznaczyć jako B.
- [f]. Przez punkty A i B przeprowadzić prostą – jest to kierunek rozciągłości pokładu.
- [g]. Z otworu W_I wykreślić półprostą prostopadłą do kierunku rozciągłości pokładu, a punkt ich przecięcia oznaczyć jako C. Wykreślona półprosta W_I -C jest kierunkiem upadu pokładu.
- [h]. Zmierzyć linijką odcinek W_I -C, który jest miarą kąta upadu. Wyznaczyć wartość kąta upadu.

Metoda warstwiczna (Rys. 6)

- [a]. Z otworu W_I wykreślić dwie półproste przechodzące przez otwór W_{II} i otwór W_{III} .
- [b]. Odczytać z mapy odległość l_1 pomiędzy otworami W_I i W_{III} . Analogicznie odczytać l_2 pomiędzy otworami W_I i W_{II} .
- [c]. Na wykreślonych półprostych z otworu W_I wyznaczyć metodą interpolacji liniowej punkty na tych samych wysokościach. Przez punkty o tych samych wysokościach przeprowadzić prostą –

- każda z nich jest poziomą pokładu o wyznaczonej wartości i równocześnie wskazuje kierunek rozciągłości pokładu.
- [d]. Z otworu W_1 wykreślić półprostą prostopadłą do wyznaczonych poziom. Jest to linia upadu pokładu.
 - [e]. Na dowolnej poziomicy w miejscu przecięcia z linią upadu wyznaczyć punkt A. Analogicznie na sąsiedniej poziomicy wyznaczyć punkt B.
 - [f]. Z punktu B na poziomicy odłożyć wartość równą odległości pionowej pomiędzy sąsiednimi poziomami. Tak uzyskany punkt oznaczyć jako C.
 - [g]. Otrzymany kąt B-A-C jest kątem upadu pokładu – odczytać wartość za pomocą kątomierza.

Wyznaczenie krawędzi uskoku

Przed przystąpieniem do wyznaczania krawędzi uskoku należy przygotować wstępną mapę spągu pokładu. Najprościej to zrobić wykorzystując do tego celu rysunek z metodą warstwicową. W pierwszej kolejności należy przygotować arkusz (format A3), na który należy skopiować granice Obszaru Górniczego oraz rozmieszczenie otworów wiertniczych. Następnie z metody warstwicowej przenieść wyznaczone warstvice spągu pokładu oraz uzupełnić pozostałe brakujące w obrębie Obszaru Górniczego. Należy pamiętać, że prawidłowo wkreślone warstvice powinny być wzajemnie równoległe i oddalone od siebie o tą samą odległość. Na tak przygotowanym arkuszu została wkreślona poziomicą uskoku b_0 z podaną wartością. By wyznaczyć krawędzie uskoku należy:

- [a]. Znaleźć punkt przecięcia poziomicy uskoku b_0 z tożsamą poziomą pokładu (czyli jeżeli poziomicą uskoku ma wartość $b_0 = +150$ m, należy znaleźć punkt przecięcia z poziomą spągu pokładu o wartości +150), a wyznaczony punkt oznaczyć jako 1.
- [b]. Należy wyznaczyć drugą poziomą uskoku b_1 , o wartości np. +50. W związku z tym z punktu 1 na poziomicy b_0 należy wyznaczyć punkt 2, który będzie oddalony od punktu 1 o wartość $(b_0 - b_1)$ – należy to odmierzyć w skali rysunku!
- [c]. Z punktu 1 należy wykreślić półprostą a prostopadłą do poziomicy b_0 .
- [d]. Z punktu 2 należy wykreślić półprostą b pod kątem $(90 - \beta)$, gdzie kąt β jest zadany kąt uskoku. Punkt przecięcia półprostych a i b oznaczyć jako 3.
- [e]. Przez punkt 3 przeprowadzić prostą równoległą do poziomicy b_0 , będzie to poszukiwana poziomicą uskoku o wartości b_1 .
- [f]. Znaleźć punkt przecięcia poziomicy uskoku b_1 z tożsamą poziomą pokładu (analogicznie jak w punkcie [a]), a wyznaczony punkt oznaczyć jako 4.
- [g]. Na poziomicy b_1 należy wyznaczyć punkt 5, który będzie oddalony od punktu 4 o wartość h (zadany rzut uskoku) – należy to odmierzyć w skali rysunku!
- [h]. Z punktu 4 należy wykreślić półprostą c prostopadłą do poziomicy b_1 .
- [i]. Z punktu 5 należy wykreślić półprostą d pod kątem $(90 - \beta)$, gdzie kąt β jest zadany kąt uskoku. Punkt przecięcia półprostych c i d oznaczyć jako 6.
- [j]. Przez punkty 1 i 4 wykreślić pierwszą krawędź uskoku (czerwona linia przerywana „z dzióbkiem”)
- [k]. Przez punkt 6 wykreślić drugą krawędź uskoku, równoległą do wcześniej wykreślonej.
- [l]. Z punktu 6 wykreślić półprostą (w kierunku części zauskokowej), równoległą do wcześniej wkreślonych poziom pokładu (na wzorcowym rysunku zaznaczona kolorem zielonym). Wykreślona poziomicą będzie miała wartość $(b_1 - h)$.

[m]. W części zauskokowej wyinterpolować i określić poziomice pokładu o wartości 50 m i ich krotkość (na wzorcowym rysunku zaznaczone kolorem błękitnym).

Mapa spągu pokładu

Należy przygotować mapę w oparciu o poprzedni rysunek. Należy na nim zaznaczyć granice Obszaru Górniczego, lokalizację otworów wiertniczych, wyznaczone krawędzie uskoku, poziomice spągu pokładu w części przeduskokowej i w części zauskokowej. Ponadto należy wyinterpolować najwyższy (A) i najniższy (B) punkt w części przeduskokowej oraz najwyższy (C) i najniższy (D) punkt w części zauskokowej. Wyznaczone punkty opisać na sporządzonej mapie spągu (same wartości).

Obliczanie zasobów

Przed przystąpieniem do obliczania zasobów należy na mapie spągu pokładu ponumerować kolejno pola (bloki) ograniczone poziomiami (na wzorcowej mapie spągu są to numery zawarte w kółeczku). Należy przygotować tabelę do obliczeń wg dołączonego wzoru. Obliczenia należy przeprowadzić z dokładnością jak w przykładowej tabeli.

Należy obliczyć pole powierzchni każdego bloku i wpisać je w kolumnie „Powierzchnia” odpowiednio w każdym wierszu dla wartości określonej w kolumnie „Poziomice od – do”. Ciężar objętościowy węgla przyjąć jako $\gamma = 1,30 \text{ [Mg/m}^3\text{]}$. Po prawej stronie komórki oznaczonej symbolem Σ należy zsumować wartości w danej kolumnie.

Załączona Tabela zasobów przedstawia wyniki dla niniejszego przykładu.

Wykres głębiny zasobów

Należy przygotować arkusz papieru milimetrowego formatu A3. W odległości 1 cm od lewej i dolnej krawędzi siatki milimetrowej wrysować osie układu współrzędnych i opisać: oś rzędnych jako głębokość H [m], natomiast oś odciętych jako ΣQ [mln Mg]. Osie wyskalować. Oś rzędnych w zakresie wartości (A) ÷ (D), zaś oś odciętych tak, by obejmowała wartość $\Sigma Q_{cz. przeduskok.} + \Sigma Q_{cz. zauskok.}$. Obie osie powinny być tak wyskalowane, by zajmowały mniej więcej całą długość osi.

Należy wrysować wykres dla części przeduskokowej, części zauskokowej i sumaryczny,

Załączony wykres głębiny zasobów został wykonany dla omawianego przykładu.