

Marek NIEĆ

Akademia Górniczo-Hutnicza

DOKŁADNOŚĆ I STRATEGIA ROZPOZNAWANIA ZŁÓŻ WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. Złoża węgla kamiennego rozpoznawane są z ograniczoną dokładnością. Zależy ona od zmienności parametrów złoża, stopnia skomplikowania tektoniki i gęstości sieci otworów rozpoznawczych. Przedstawiono metodykę oceny dokładności rozpoznania i sposób wyznaczania gęstości sieci otworów niezbędnej dla rozpoznania złoża z żadaną dokładnością. Zasadnicze znaczenie ma rozpoznanie tektoniki i do jej badania szeroko powinny być stosowane metody geofizyczne. Rozpoznanie złoża powinno przebiegać w myśl schematu:

Etap 1: badanie złoża otworami wiertniczymi w kat. C₂.

Etap 2: stadium 1: badania sejsmiczne w celu rozpoznania tektoniki złoża,
stadium 2: rozpoznanie złoża otworami wiertniczymi w kat. C₁.

Etap 3: stadium 3: wstępne zagęszczenie otworów w kat. B,
stadium 4: ostateczne zagęszczenie otworów w kat. B,
stadium 5: badania mikrograwimetryczne lub elektryczne w celu lokalizacji uskoków,
stadium 6: specjalne wiercenie uzupełniające poza siatkę rozpoznawczą.

Etap 4: rozpoznanie górnicze, wiercenia dołowe, sejsmika pokładowa. Rozpoznanie może być przerwane w dowolnym stadium po osiągnięciu żądanej dokładności zbadania złoża. Mogą też być opuszczone niektóre stadia (np. 3, 4), jeśli nie oczekuje się wyższej dokładności rozpoznania.

STOSOWANA DOTYCHCZAS METODYKA ROZPOZNAWANIA ZŁÓŻ WĘGLA W POLSCE I WCZEŚNIEJSZE PROPOZYCJE JEJ ZMIAN

Uważa się tradycyjnie, że złoża węgla kamiennego w porównaniu ze złożami innych surowców, zwłaszcza złóż rud, odznaczają się na ogół prostą budową i rozpoznanie ich nie nastrocza większych trudności. Z tego też powodu zgadnieniu metodyki ich rozpoznawania nie poświęcano dotychczas większej uwagi. Metodyka ta określona jest przepisami o Ustalaniu Zasobów Złóż Kopalin Stałych i wynika z wymaganej w myśl tych przepisów gęstości sieci rozpoznawczej (tab. 1). Wymagane w przypadku złóż II i III grupy wyrobiska górnicze dla zakwalifikowania zasobów już w kategorii B skłaniają do podejmowania projektowania górniczego na podstawie rozpozna-

Tabela 1

Zalecane zagęszczenie wyrobisk geologiczno-rozpoznawczych
wg Przepisów o ustalaniu zasobów obowiązujących od 1980 r.
(odległości otworów w metrach)

Grupa złóża	Kat. C ₂	Kat. C ₁	Kat. B	Kat. A
I	4000-3000	3000-1500	1500-1000	wyrobiska górń. w odległ. do 500 m
II	3000-1500	1500-1000	1000- 500 w tym co naj- mniej 1 wyr. górń.	wyrobiska górń. w odległ. do 300 m
III	1500-1000	1000- 500	wyrobiska gór- nicze 500-250 m	wyrobiska górń. w odległ. do 200 m

nia w kat. C₁. Spotyka się też poglądy, że rozpoznanie w kat. C₁ jest wystarczające. F. Kozubski [4] wykazał jednakże, że wymagane w tej kategorii odległości między otworami są zbyt duże, by można było na ich podstawie interpretować tektonikę złóż w sposób jednoznaczny.

W 1976 r. A. Musiał i J. Bednarz [8] zwrócili uwagę, że z punktu widzenia potrzeb projektowania górniczego zagęszczenie otworów rozpoznawczych winno być większe niż zalecane. Proponowane przez nich odległości między otworami są prawie dwukrotnie mniejsze niż w przepisach o ustalaniu zasobów (tab. 2).

Tabela 2

Zagęszczenie wyrobisk rozpoznawczych na złóżach węgla kamiennego
wg A. Musiała i J. Bednarza (1976) w metrach

Grupa złóża	Kat. C ₂	Kat. C ₁	Kat. B	Kat. A
I	1500-1000	1000-500	do 500	wyrobiska górni- cze z trzech stron
II	1000- 700	700-500	do 500 wyrobiska górń. z dwu stron	jw.

Doświadczenia uzyskane w trakcie budowy nowych kopalń w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (ZMP, Czeczott) wskazują, że obraz budowy złóża przedstawiony na podstawie wyników rozpoznania różni się nieraz znacznie od stwierdzanego wyrobiskami górniczymi. Skłania to do refleksji nad dotychczasową metodyką rozpoznawania złóż węgla kamiennego. Również masowe wprowadzenie mechanizacji eksploatacji i intensyfikacja wydobycia zmuszają do bardziej szczegółowego rozpoznawania złóża, przede wszystkim zabu-

rzeń tektonicznych czy sedymentacyjnych, które są czynnikiem utrudniającym planowy rozwój eksploatacji.

Przedstawiony niżej pogląd na metodykę rozpoznawania złóż węgla kamiennego oparty jest na wynikach szczegółowych badań na ten temat przeprowadzonych na zlecenie GIG w 1983 r. w Zakładzie Geologii Górniczej przy Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH [1].

ZAGADNIENIE DOKŁADNOŚCI ROZPOZNAWANIA ZŁOŻ NA TLE ICH ZMIENNOŚCI

Zagadnieniem kluczowym dla ustaleń odnośnie do metodyki rozpoznawania złoża jest:

- 1) sprecyzowanie wymagań odnośnie do dokładności rozpoznawania złoża,
- 2) określenie zasad oceny tej dokładności i jej mierników.

Naturalna zmienność złoża powoduje, że przed podjęciem eksploatacji może ono być poznane tylko w sposób przybliżony, a zatem z ograniczoną dokładnością. Z drugiej strony, czy to przy projektowaniu kopalni, czy projektowaniu eksploatacji przyjmuje się obraz budowy złoża przedstawiony w dokumentacji geologicznej za "ustalony". Wymagania odnośnie do dokładności są formułowane w sposób kategoriyczny, a zarazem nieprecyzyjny. Mówi się na przykład o zasobach "ustalonych", budowie geologicznej "wyjaśnionej w sposób jednoznaczny".

Ocena dokładności rozpoznania nie jest zagadnieniem prostym i dotychczas nie jest też w pełni problemem zbadanym. Za rozwiązane można uznać dotychczas jedynie ocenę dokładności rozpoznania mierzalnych cech złoża, takich jak: miąższość, parametry jakościowe węgla, zasoby. Nie rozwiązane dotychczas jest zagadnienie oceny dokładności rozpoznania niemierzalnych cech złoża, takich jak: tektonika czy korelowalność pokładów.

W przypadku parametrów złoża dających się określić w sposób ilościowy dokładność ich rozpoznania można ocenić na podstawie posiadanej informacji o ich zmienności.

Jeśli zmienność parametrów ma charakter losowy, charakteryzuje się ją za pomocą współczynnika zmienności:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} 100\%$$

gdzie:

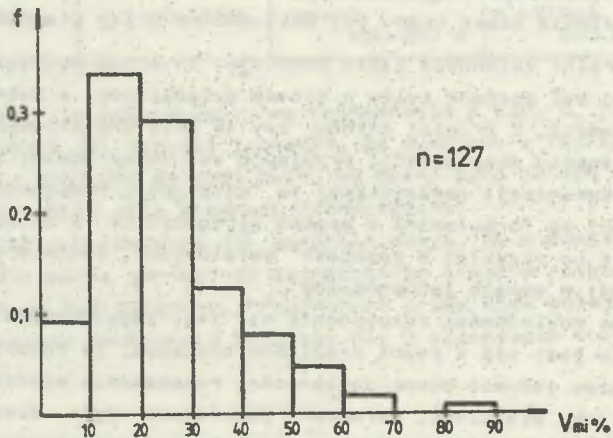
\bar{x} - średnia wartość parametru, a s - średnie odchylenie kwadratowe.

Jeśli występuje nielosowe zróżnicowanie parametru, dające się przedstawić za pomocą jakiejś funkcji matematycznej opisującej trend tego zróżnicowania, wówczas wyróżnić można losowy i nielosowy składnik zmienności.

Współczynnik zmienności losowej wynosi wówczas:

$$v_1 = v \sqrt{1 - \psi}$$

gdzie: ψ współczynnik determinacji funkcji opisującej zmienność nielosową. Na obszarze GZW zmienność miąższości pokładów węgla wynosi najczęściej 10-20% (rys. 1). W niektórych przypadkach dochodzi jednak do nawet 70%. Często obserwuje się występowanie nielosowego składnika zmienności dającego się opisać wielomianami stopnia 1 do 6. Współczynniki determinacji trendu są wówczas na ogół wysokie (tab. 3) i dochodzą do 60-80% ($\psi = 0,6-0,8$).



Rys. 1. Histogram współczynników zmienności miąższości pokładów węgla w GZW

Fig. 1. Histogram of the thickness variability coefficients of the Upper Silesian Coal Basin coal deposits

Zmienność parametrów jakościowych węgla jest jeszcze mało zbadana. Współczynniki zmienności zawartości popiołu wynoszą 30-75%, a zawartości siarki 16-70% [7].

Zmienność można też charakteryzować za pomocą wariogramów opisujących zróżnicowanie wariancji parametrów w zależności od odległości między punktami, w których dokonano jego pomiaru [6, 7].

Dokładność oszacowania średniej wartości parametru w przypadku losowego jego zróżnicowania można ocenić na podstawie zależności [9]:

$$\varepsilon = \frac{t \cdot v}{\sqrt{n}}$$

a w przypadku występowania nielosowego składnika zmienności:

$$\xi = \frac{t \cdot v \cdot \sqrt{1 - \psi}}{\sqrt{n}}$$

gdzie:

- m - ilość obserwacji (otworów, próbek),
- t - parametr prawdopodobieństwa, zwykle przyjmuje się dla prawdopodobieństwa (poziomu ufności) 95%, $t = 2$.

Tabela 3

Współczynniki zmienności i współczynniki determinacji trendu dla miąższości niektórych pokładów węgla

Kopalnia	Pokład	Współczynnik zmienności miąższości v %	Współczynnik determinacji dla wielomianu opisującego trend			
			φ %	stopień wielomianu	ψ %	stopień wielomianu
Piast	205/4	26	56	3	68	4
"	206/1	38	51	2	79	5
"	207	9	22	1	54	5
Lenin	349 część W	13	60	3	70	6
"	349 część WE	18	50	3	66	6
"	349 cz. E	34	43	3	48	5
Staszic	364	15	-	-	35	6
"	401	22	20	3	40	6
"	404/5	19	34	3	55	6
"	405	18	38	3	58	6
LZW K4-K8	391	40	60	3	77	5
"	394	31	43	1	-	-
"	397	34	6	3	-	-

Wykorzystując informację o wzajemnym skorelowaniu parametrów, które ilustruje wariogram, dokładność oszacowania średnich wartości parametrów można oszacować, jeśli znana jest wariancja krigingu, określana na podstawie danych o rozmieszczeniu punktów rozpoznawczych względem ocenianego bloku, omówiona w pracy Muchy i Kokesza [6].

We wszystkich tych przypadkach oceniana dokładność rozpoznania zależy od stwierdzonej zmienności parametrów złoża oraz gęstości punktów rozpoznawczych.

Zmienność parametrów złoża jest naturalną jego cechą. Informacja o niej może być jednakże niepełna, zależy bowiem od ilości obserwacji. Zakładając że jest ona znana, na przykład chociażby przez analogię z poznanymi już złożami, możemy wybrać dwie drogi postępowania w rozpoznawaniu złoża:

- 1) zbadać je pewną ilością otworów i na jej podstawie ocenić dokładność rozpoznania parametrów złoża,
- 2) założyć dokładność, z jaką parametry złoża mają być rozpoznane i na tej podstawie określić ilość otworów badawczych, jaka ma być wykonana, by tę dokładność osiągnąć.

Zakwalifikowanie złoża do odpowiedniej kategorii rozpoznania wymaga ustalenia wymagań donoszące do dokładności rozpoznania jego parametrów. Istnieje na ten temat szereg propozycji. Niektóre spośród nich zestawiono w tab. 4 [11].

Tabela 4

Proponowane wymagania odnośnie do dokładności rozpoznania zasobów złóż i średnich parametrów jakości kopaliny

Kategoria	Dokładność względna (graniczny błąd względny oszacowania) %				
	Krajewski 1962	Oelsner (1952)	Benko 1964	Ramasa 1964	Fettweis 1976 Diehl, David 1982
A	10	5	12	7,5	10
B	15	20	15	15	20
C ₁	25	30	27	30	40
C ₂	40	50	48	60	60

Krajewski R. (1962) - Kwalifikowanie zasobów i określanie wielkości prób złożowych przy użyciu rachunku statystycznego. Zesz. Nauk. AGH, Górnictwo z. 6, Kraków.

Fettweis G.B. (1976) - Weltkohlen Vorräte. Eine vergleichende Analyse ihrer Erfassung und Bewertung. Glückauf, Essen.

Diehl P., David M. (1982) - Classification of ore reserves and resources based on geostatistical methods. CIM Bulletin, vol. 75, no 838, p. 127-136.

Strzodka K. i inni (1983) - Górnictwo odkrywkowe. T. 1, Wyd. "Śląsk", Katowice, s. 65.

Odległości między otworami rozpoznawczymi (d) można określić przyjmując, że wyliczona przytoczonym wyżej wzorem ilość otworów ma być rozmieszczona na obszarze (F) eksploatowanym w okresie czasu (a) wyrażonym w latach, po którym powinno nastąpić zbilansowanie zasobów (Q) objętych eksploatacją i uzyskanej produkcji (P):

$$d = \frac{\xi \sqrt{P a}}{t \sqrt{\eta \bar{m} \rho}}$$

gdzie: η - współczynnik wykorzystania złoża, \bar{m} - przewidywana średnia miąższość złoża, ρ - gęstość przestrzenna węgla, a pozostałe oznaczenia jak wyżej.

Dla wyznaczenia odległości między otworami konieczne jest zatem zdefiniowanie minimalnej powierzchni bloków klasyfikowanych w poszczególnych kategoriach oraz wymaganej dokładności oszacowania zasobów. Dla złóż węgla kamiennego zaproponowano [7], by przyjmować: dokładności rozpoznania granicznej wielkości błędu oszacowania zasobów (na poziom ufności) z prawdopodobieństwem (0,95/95%) dla kategorii: A - 10%, B - 20%, C_1 - 30%, C_2 - 40% oraz rozpoznawanie z tą dokładnością bloków złoża (parcel) zapewniających wydobycie w okresie: dla kategorii A - jednego roku, dla kategorii B - pięciu lat, a dla kategorii C_1 - w ciągu całego przewidywanego okresu działalności kopalni. Przed podjęciem projektowania budowy kopalni w kategorii B powinna być rozpoznana część złoża zapewniająca jego eksploatację w okresie zwrotu nakładów inwestycyjnych.

Trudniejszym i dotychczas nie rozwiązany zagadnieniem jest ocena dokładności rozpoznawania budowy złoża: jego tektoniki, nieciągłości sedymentacyjnych, skorelowania pokładów.

W trakcie rozpoznawania złoża węgla wyjaśnione powinny być przede wszystkim w przypadku tektoniki jej styl, występowanie dużych uskokuw dzielących złoża na bloki wymagające osobnego udostępnienia, stopień zuskokowania, zmienność upadu pokładów. Informacje te przedstawiane są na mapach strukturalnych. Ich dokładność, a w niższych kategoriach rozpoznania także ich wiarygodność zależą od gęstości sieci rozpoznawczej.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami dokumentacja złoża w kategorii B i C_1 jest podstawą do opracowania projektu technicznego kopalni. Zatem rozpoznanie tektoniki w tej kategorii powinno być jednoznaczne. W przypadku jeśli dane rozpoznania zezwalają na interpretację tektoniki w kilku wariantach, prawdopodobieństwo wiarygodności mapy strukturalnej lub przekroju jest niższe i wynosi $P_g = 1/n_p$, gdzie n_p jest liczbą możliwych wariantów interpretacyjnych [3]. Warianty te mogą dotyczyć stylu tektoniki oraz układu poszczególnych zaburzeń tektonicznych. Można zatem wyróżnić dwójakiego rodzaju prawdopodobieństwo interpretacji:

- prawdopodobieństwo interpretacji ogólnej dotyczącej stylu tektoniki (P_o),
- prawdopodobieństwo interpretacji szczegółowej dotyczące układu zaburzeń tektonicznych (P_g).

Biorąc pod uwagę wymogi projektowania, można przyjąć dla kategorii B : $P_o = 1$ i $P_g = 1$, dla kat. C_1 : $P_o = 1$ i $P_g = 0,5$, dla kategorii C_2 : $P_o < 0,5$ i $P_g < 0,5$.

W polskich zagłębiach węglowych zasadniczym zagadnieniem jest rozpoznanie tektoniki uskokowej. Możliwości wykrycia uskokuw o zrzutach mniejszych od 10 m są ograniczone nawet przy siatce otworów wiertniczych o rozstawie 500 m. Według danych z praktyki w trakcie rozpoznania wykrywanych jest co najwyżej 50% uskokuw.

Zagadnienie niezbędnej odległości między otworami i ich liczby nieodownej dla udokumentowania tektoniki uskokowej badane były przez R. Kra-

jewskiego [5]. Wychodząc z założenie, że obecność uskoków można wykluczyć, gdy trzy kolejne otwory w przekroju stwierdzają ciągłość warstwy, można wyprowadzić wzór na odległość między otworami d w zależności od stopnia zuskokowania K_u [10]. W przypadku uskoków pionowych i kwadratowej sieci otworów:

$$d = \frac{20\ 000}{3 k_u}$$

dokładność lokalizacji uskoków wynosi $\varepsilon_u = d/2$.

Jeśli zastosujemy rombowa sieć otworów (kwadratową zagęszczoną koper-towo), wówczas [1]:

$$d = \frac{14\ 142}{k_u}$$

W przypadku uskoków nachylonych wartości d mają być mniejsze. Wartości współczynnika k_u zależą od wielkości zrzutów uskoków branych pod uwagę. Dla obszaru GZW można przyjąć na podstawie różnych badań dla uskoków o zrzutach ponad 100 m, $k_u = 2,0$ m/ha, dla uskoków o zrzutach ponad 50 m, $k_u = 5,4$ m/ha i dla uskoków o zrzutach ponad 10 m, $k_u = 14,5$ m/ha. Całkowity wskaźnik zuskokowania jest na ogół dwukrotnie większy niż dla uskoków o zrzucie ponad 10 m i można w przybliżeniu przyjąć, że wynosi $k_u = 30$ m/ha [1, 2].

Zaburzenia ciągle fałdowe są znacznie łatwiejsze do wykrycia niż uskoki, o ile odległości między otworami są mniejsze od długości falowej fałdów (odległości między przegubami antyklin lub synklin). Dla ich pełnej charakterystyki odległości między otworami powinny być mniejsze od promienia fałdów.

W Zagłębiu Górnośląskim długości falowe fałdów pierwszego rzędu wynoszą 800 do 1200 m, a drugiego rzędu (w rejonie Gliwic) 150 do 300 m. Promienie fałdów są odpowiednio mniejsze.

OPTIMALIZACJA ROZPOZNANIA ZŁÓŻ WĘGLA KAMIENNEGO

Niewielka na ogół zmienność miąższości pokładów węgla umożliwia ich rozpoznanie stosunkowo rzadką siecią otworów wiertniczych, zwłaszcza jeśli weźmiemy pod uwagę częste występowanie nielosowych składników zmienności.

W przypadku pokładu o minimalnej miąższości 1 m i zmienności 20% rozpoznanie jego zasobów z dokładnością 20%, co odpowiada kategorii B, na obszarze eksploatowanym w ciągu 5 lat przy wydobyciu 1 mln ton rocznie i wykorzystaniu złoża 80% wymagałoby odwiercenia otworów w siatce co ok. 1000 m; przy dokładności wymaganej 30% (kat. C₁) odległości między otwo-

rami powinny wynosić ok. 1500 m, a przy dokładności wymaganej 40% ok. 2100 m.

Dla pokładów o większej miąższości odległości te powinny być mniejsze proporcjonalnie do $1/\sqrt{n}$, a zatem niższe od wymaganych przepisami o ustalaniu zasobów.

Sieć taka gwarantująca rozpoznanie zasobów może być niewystarczająca dla rozpoznania tektoniki. Dla wykrycia tylko uskoków o zrzutach ponad 10 m otwory musiałyby być wiercone w siatce kwadratowej o boku mniejszym niż 500 m.

W odniesieniu do rozpoznania tektoniki można przyjąć następujące zasady:

- 1) w kat. C_1 i C_2 powinien być rozpoznany styl tektoniki,
- 2) w kat. C_2 powinny być wykryte przynajmniej uskoki o zrzucie ponad 100 m, w kat. C_1 o zrzucie ponad 50 m, a w kat. B o zrzucie ponad 10 m,
- 3) rozpoznanie eksploatacyjne w kategorii A powinno dostarczyć informacji o tektonice i wykształceniu pokładów w granicach poszczególnych bloków, w szczególności o uskokach pokładowych o małym zrzucie (poniżej 10 m) oraz o lokalnych zmianach budowy pokładu, zaburzeniach sedymentacyjnych, wymyciach. Uskoki pokładowe są rozmieszczone bardzo nieregularnie i wskaźnik zuskokowania w tym przypadku nie ilustruje w pełni nieciągłej tektoniki pokładu. Dla jej charakterystyki można przyjąć dodatkowo jako drugi parametr powierzchnię złoża bez uskoków, określoną na przykład przez udział procentowy bloków hektarowych nie pociętych uskokami.

Przyjmując za punkt wyjścia tektonikę, można podzielić złoża węgla kamiennego na grupy w sposób przedstawiony w tab. 5. Rozpoznawanie złóż o tak zdefiniowanej tektonice przy przyjęciu podanych wyżej zasad może być osiągnięte za pomocą otworów wiertniczych rozmieszczonych w sieci o wymiarach podanych w tab. 6, przy czym zagęszczenie otworów powinno następować w myśl schematu pokazanego na rys. 2.

Podane w tabeli 6 wymagania odnośnie do rozpoznania złóż węgla kamiennego należałoby traktować jako schemat, w stosunku do którego w zależności od napotkanej sytuacji geologicznej mogą istnieć odstępstwa. Proponowane odległości i układ sieci rozpoznawczej dają możliwość manewrów w odniesieniu do sposobu zagęszczenia otworów, zwłaszcza jeśli stwierdzi się konieczność zaszeregowania złoża lub jego fragmentu do wyższej grupy zmienności.

Przedstawiony sposób rozpoznawania złoża jest schematem idealnym. Nawet jeśli udałoby się zrealizować rozpoznanie złoża zgodnie z nim, nie gwarantuje to dokładnego wyznaczenia przebiegu zaburzeń tektonicznych. W tym celu konieczne są badania pomocnicze:

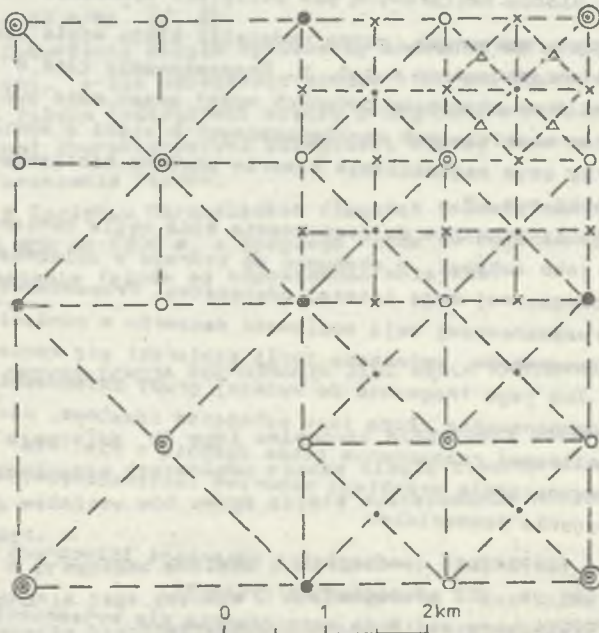
- 1) rozpoznanie geofizyczne tektoniki, nieciągłości własności fizycznych górotworu metodami sejsmicznymi i mikrograwimetrycznymi,
- 2) wykonanie dodatkowych otworów poza siecią rozpoznawczą dla wyjaśnienia szczegółów budowy złoża, na przykład położenia uskoków wyznaczonych geofizycznie, morfologii stropu karbonu, korelacji pokładów itp.

Tabela 5

Grupy złóż węglowych, w zależności od ich tektoniki

Kryteria kwalifikacyjne		Grupa I	Grupa II	Grupa III
Tektonika regionalna	Wskaźnik blokowości złoża km^2	ponad 1,8	ponad 1,8	poniżej 1,8
	Wskaźnik zuskokowania m/ha dla uskoków $h > 10 \text{ m}$	poniżej 15	poniżej 15	ponad 15
	Promień fałdów I rzędu	nie występują	ponad 500 m	-
	Promień fałdów II rzędu	nie występują	nie występują	poniżej 500 m
Tektonika pokładowa	Wskaźnik zuskokowania m/ha dla uskoków $h < 10 \text{ m}$	poniżej 25	25-50	ponad 50
	% bloków hektarowych bez uskoków	ponad 70	70-50	poniżej 50
Zmienność miąższości pokładów i koralowalność			pokłady o bardzo zmiennej miąższości, rozszczepiające się i wyklinowujące, trudne do skorelowania	

x) w przypadku rozpoznawania złoża w kat. A dotyczyć może poszczególnych pokładów.



Objaśnienia:

otwory w siatce:

- ⊙ 5600 m
- 2800 m
- ⊖ 1980 m
- 1400 m
- ~ 1000 m
- x 700 m
- △ ~ 500 m

Rys. 2. Proponowany schemat rozpoznawania złoża węgla kamiennego otworami wiertniczymi

Fig. 2. The suggested scheme for the exploration of hard coal deposits with bore holes

Tabela 6

Gęstość sieci rozpoznawczej i badania pomocnicze dla udokumentowania złóż węgla kamiennego w poszczególnych kategoriach rozpoznania

Kategoria rozpoznania	C ₂			C ₁			B			A		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Grupa złóża												
Odległości między otworami (m) (maksymalne)	5600	2800	100	2800	1400	500	1000	500	wyr. górn.			wyrobiska górnicze
Kształt sieci rozpoznawczej K - kwadratowe, R - rombowa	R	K	R	K	R	K	R	K	R	R		dostosowana do planu udostępnienia i przygotowania złóża
Badania geofizyczne												sejsmika pokładowa
Otwory uzupełniające dla udokładnienia rozpoznania stref uskokowych, położenia stropu, karbinu zagrożenia etcx)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sejsmika pokładowa

x) Głębokość otworów zależna od celu badawczego (np. dla rozpoznania morfologii stropu karbonu tylko do głębokości nieco większej niż więźszość nadkładu), w przypadku uch uwzględnionych wskazane stosowanie otworów kierunkowych.

Badania takie powinny być stosowane nie jako uzupełniające, lecz powinny być integralną składową procesu rozpoznania i stosowane w samodzielnych jego fazach. Prowadzi to do następującej strategii rozpoznawania złóż węgla kamiennego.

Badania złoża w kategorii C_2 kończące etap poszukiwań zwykle podporządkowane są koncepcji geologicznej, w myśl której prowadzi się prace poszukiwawcze. W związku z tym proponowane wymagania odnośnie do gęstości i kształtu sieci otworów należy traktować jako orientacyjne. Dalsze prace rozpoznawcze w kat. C_1 poprzedzone powinny być badaniami sejsmicznymi umożliwiającymi podanie zasadniczych rysów strukturalnych górotworu, stwierdzenie nieciągłości właściwości fizycznych w jego obrębie oraz korelację ważniejszych pokładów. Badania sejsmiczne powinny również dostarczyć danych do oceny grupy zmienności złoża, a zatem od ich wyników powinien być uzależniony wybór dalszej strategii postępowania.

W zależności od ich wyników powinno być projektowane rozwiercanie złoża w kategorii C_1 w taki sposób, by przy wymaganej w tej kategorii sieci rozpoznawczej można było uzyskać maksimum informacji o budowie złoża.

Rozpoznanie złoża w kategorii B, a w złożach grupy III już w kategorii C_1 powinno być wykonywane co najmniej w dwu fazach polegających na stopniowym zagęszczeniu otworów, np. w sposób przedstawiony w tabl. 7.

Tabela 7

Fazy zagęszczania otworów przy rozpoznaniu złóż węgla w kat. B (grupa I i II) oraz C_1 (grupa III)

Faza rozpoznania	Odległości między otworami i rodzaj sieci		
	grupa I (kat. B)	grupa II (kat. B)	grupa III (kat. C_1)
a	1400 kwadratowa	ok. 1000 rombowa	700 kwadratowa
b	1000 rombowa	ok. 700 kwadratowa	ok. 500 rombowa
c		ok. 500 rombowa	

Rozpoznanie w kilku fazach umożliwia wcześniejsze zakończenie rozpoznania, jeśli stwierdzi się, że jest ono wystarczające dla jednoznacznego przedstawienia budowy złoża. W kategorii tej powinny być też wykonane specjalne otwory uzupełniające dla wyjaśnienia ważnych szczegółów budowy geologicznej nie dających się jednoznacznie zinterpretować na podstawie sieci otworów. Ponadto powinny być wykonywane badania mikrograwimetryczne w celu lokalizacji stref uskokowych między otworami.

Tok postępowania przy rozpoznawaniu złoża powinien być zatem następujący:

Etap 1 - badania złoża otworami wiertniczymi w kat. C₂.

Etap 2 - faza 1: badania sejsmiczne,

faza 2: rozpoznanie złoża otworami wiertniczymi w kat. C₁.

Etap 3 - faza 3: wstępne zagęszczenie otworów wiertniczych (kat. B),

faza 4: ostateczne zagęszczenie otworów wiertniczych (kat. B) oraz badanie mikrograwimetryczne,

faza 5: specjalne wiercenia uzupełniające poza siatką rozpoznawczą.

Etap 4 - rozpoznanie górnicze, wiercenia dołowe, sejsmika pokładowa.

Rozpoznanie może być przerwane w dowolnym stadium po osiągnięciu żądanej dokładności rozpoznania złoża. Mogą też być opuszczone niektóre stadia (np. 3, 4), jeśli nie oczekuje się uzyskania wyższej dokładności rozpoznania w wyniku ich realizacji.

W szczególności w zależności od uzyskanych wyników badań geofizycznych celowe może być wcześniejsze wykonanie pewnej ilości otworów nie w węzłach sieci w celu weryfikacji interpretacji geofizycznej. Wreszcie zagęszczenie otworów może być przeprowadzone tylko na fragmentach obszaru złoża zwłaszcza, jeśli stwierdzi się, że należałoby zaszerzować go do wyższej grupy zmienności.

Strategia rozpoznania powinna być zatem elastyczna, dostosowana do osiągnięcia zasadniczego celu, jakim jest oczekiwana dokładność rozpoznania złoża.

WNIOSKI

1) Przeprowadzone badania wskazują na konieczność znacznie szczegółowszego rozpoznawania złóż węgla kamiennego przed podjęciem prac górniczych niż dotychczas praktykowane. Zwracano na to już uwagę, a przeprowadzone badania uzasadniają dodatkowo słuszność tych wcześniejszych propozycji.

2) Istnieje pilna potrzeba sprecyzowania wymagań odnośnie do dokładności rozpoznania tak w przypadku szacowanych zasobów, jak i średnich wartości parametrów jakościowych pokładów oraz odnośnie do interpretacji tektoniki oraz sprecyzowanie wymagań odnośnie do wielkości bloków, w obrębie których złoża ma być rozpoznawane z żądaną dokładnością.

3) W dokumentacjach geologicznych powinna być przeprowadzona ocena dokładności rozpoznania i na jej podstawie klasyfikowane zasoby do odpowiednich kategorii. Umożliwiają to zwłaszcza metody geostatystyczne [6].

4) Szersze niż dotychczas zastosowanie powinny znaleźć metody geofizyczne. Powinny być one stosowane nie jako uzupełniające, ale w samodzielnych fazach rozpoznania poprzedzające rozpoznanie wiertnicze.

5) Konieczne są systematyczne ilościowe badania tektoniki dotychczas prowadzone fragmentarycznie i przy zastosowaniu różnej metodyki. Na podstawie takich badań możliwe będzie przeprowadzenie szczegółowej klasyfikacji złóż i lepsze sprecyzowanie zasad ich rozpoznawania oraz oceny jego dokładności.

LITERATURA

- [1] Blajda R., Górecka M., Górecki J., Kokesz Z., Mucha J., Nieć M.: Zasady strategii rozpoznawania złóż węgla kamiennego. Maszynopis IHIGI AGH Kraków - GIG Katowice 1983.
- [2] Górecki J.: Ocena stopnia zaangażowania tektonicznego złóż węgla kamiennego. Sympozjum "Przyszłościowy postęp naukowo-techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego".
- [3] Kowalski W.C.: Propozycja określania prawdopodobieństwa przekrojów (modeli) geologicznych. Zastosowania metod matematycznych i informatyki w geologii. Mat. XI. Sympozjum, Kraków 1983.
- [4] Kozubski F.: Zagadnienie dokładności rozpoznania tektoniki złóż za pomocą wierceń w świetle potrzeb projektowania górniczego. Przegl. Geol. 1962, nr 12, ss. 629-632.
- [5] Krajewski R.: Parametr zuskokowania złoża i jego wpływ na gęstość sieci rozpoznawczej. Technika Poszukiwań r. V, 1966, z. 19, s. 1-4.
- [6] Mucha J., Kokesz Z.: Zastosowanie geostatystyki i krigingu w ustalaniu zasobów węgla kamiennego i prognozowaniu parametrów złoża. Sympozjum: "Przyszłościowy postęp naukowo-techniczny w geologii górniczej węgla kamiennego".
- [7] Mucha J., Nieć M., Kokesz Z., Górecki J., Blajda R.: Geostatystyczna analiza zmienności pokładów węgla kamiennego. Maszynopis Arch. GIG, Katowice 1984.
- [8] Musiał A., Bednarz J.: Ustalenie optymalnych siatek rozpoznawczych dla złóż węgla kamiennego. [w:] Optymalizacja siatek wiertniczych przy dokumentowaniu złóż surowców stałych. Warszawa 1976, s. 37-44.
- [9] Nieć M.: Zagadnienie dokładności rozpoznawania złóż. Przegl. Geol. 1979, nr 12, s. 668-671.
- [10] Nieć M.: Geologia kopalniana. Wyd. Geol., Warszawa 1982.
- [11] Nieć M.: Uwagi o dokumentowaniu złóż. Gospodarka Sur. Mineralnymi. T. I, z. 1, 1985, s. 101-110.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wiesław Gabzdyl

ДОСТОВЕРНОСТЬ И СТРАТЕГИЯ РАЗВЕДКИ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Резюме

В статье описаны методы оценки точности результатов разведки и определения нужной густоты разведочной сети. Предложена схема реализации разведки:

- I этап - разведка в категории C_2 (с 40% точностью оценки запасов угля)
- II этап, 1 стадия - сейсмические исследования,
2 стадия - разведка буровыми скважинами к категории C_1 (с 30% точностью запасов угля)
- III этап, 3 стадия - предварительное сгущение разведочной сети скважин к категории В.
4 стадия - окончательное сгущение разведочной сети скважин к категории В (с 20% точностью оценки запасов угля)
5 стадия - микрогравиметрические или электрические исследования для определения положения зон
6 стадия - добавочное бурение скважин вне разведочной сети для исследования деталей геологического строения месторождения (тектоники, корреляции пластов и т.п.)
- IV этап - эксплуатационная разведка (с минимум 10% точностью оценки запасов угля).

Разведку можно окончить на любой стадии после достижения нужной точности результатов.

ACCURACY AND STRATEGY OF HARD COAL DEPOSITS EXPLORATION

Summary

Coal deposits are explored with limited accuracy which depends on variability of deposit parameters (e.g. thickness, ash content etc.), complexity of tectonic structure and on density of boreholes grid.

Accuracy evaluation methods are presented as well as grid density designing. Exploration of coal deposit should be realised according to the scheme:

- I stage: detail prospecting and exploration with boreholes in C_2 category (whole deposit with 40% accuracy for estimated reserves of coal)
- II stage: step 1: seismic structural investigations
step 2: exploration with boreholes in C_1 category (whole deposit with 30% accuracy for estimated reserves)
- III stage: step 3: preliminary thickening of borehole grid to В category

step 4: final thickening of borehole grid for B category (only part of deposit to be mined up to the capital costs return, or in 5 year periods with 20% of accuracy for estimated coal reserves)

step 5: microgravimetric or electric survey for fault detection between the boreholes

step 6: drilling of additional boreholes (if necessary) not in grid, to study details of tectonic structure correlation of seams etc.

IV stage: mining exploration, underground drilling, underground geophysics.