

ROMAN OSIKA  
Instytut Geologiczny

## OGÓLNE ZASADY OCENY PERSPEKTYWICZNYCH OBSZARÓW I ZASOBÓW KOPALIN

UKD 553.3/.9.041(438):550.8+338.984+711.24

Prace prognostyczne prowadzone są w Polsce przez różne instytucje, przy czym syntezę tych badań prowadzi Komitet Prognoz Polska 2000 PAN. Prognozowanie obejmuje wszystkie kierunki życia gospodarczego, wśród nich ważną rolę odgrywa prognoza surowców mineralnych. W tym zakresie wyróż-

nia się dwa kierunki prognozowania, pierwszy dotyczy zabezpieczenia kraju w surowce mineralne, drugi zaś obejmuje ocenę możliwości powiększenia bazy zasobowej kopalin.

**Prognoza zabezpieczenia** Polski w surowce mineralne oraz określenie importu i eksportu opiera się

na znajomości bazy zasobowej kraju, jak również na wynikach innych prognoz, na których podstawie określono ogólny wzrost potencjału gospodarczego Polski i na znajomości trendów wzrostu poszczególnych surowców mineralnych w świecie.

**Ocena zasobów perspektywicznych** prowadzona jest dla lepszego planowania i ukierunkowania geologicznych prac poszukiwawczych. Wyniki prognozy geologicznej są nieodzowne dla planowania przestrzennego zagospodarowania kraju i ochrony złóż. W pewnym zakresie stanowią one ogólną orientację przy długofalowym prognozowaniu gospodarczym.

Prognozowanie geologiczne może mieć charakter jakościowy i ilościowy, przy czym podstawową metodą prognozowania jest analiza prognostyczna.

#### ANALIZA PROGNOSTYCZNA (POSZUKIWAWCZA)

Analiza prognostyczna polega na przeprowadzeniu rozważań odnośnie do możliwości powstawania złóż kopalin na obszarach nowych lub otaczających złoża. Teoretyczną podstawą analizy jest nauka o prawidłowościach formowania się i rozmieszczenia złóż. Analiza prognostyczna obejmuje analizę przesłanek geologicznych i oznak świadczących o możliwości powstawania złóż w poszczególnych strefach formacyjno-strukturalnych.

#### Przesłanki geologiczne

Znanych jest kilkanaście przesłanek geologicznych (ros. — факторы, franc. — métalotekty). Szerzej omówiono je w różnych pracach i podręcznikach (7, 5, 18, 10).

**Przesłanka stratygraficzna** informuje o okresach geologicznych i cyklach orogenicznych, w których najczęściej powstawały odpowiednio rodzaje kopalin. **Przesłanka paleogeograficzna i sedimentologiczna** ma doniosłe znaczenie przy analizie możliwości powstawania koncentracji mineralnych w basenach sedymentacyjnych (w warunkach stabilnych i przy udziale prądów morskich). **Przesłanka paleoklimatyczna** odgrywa dużą rolę przy analizie prognostycznej węgla i wietrzeniowych rud metali.

W oparciu o **przesłanki litofacjalne** można wykluczyć z rozważań serie monotonne i wytypować bardziej interesujące warstwy osadowe i osadowo-wulkaniczne związane ze stagnacją materiału, z którymi można wiązać większe prawdopodobieństwo powstawania koncentracji mineralnych. **Przesłanka biologiczna** informuje o środowisku geologicznym. Na podstawie znajomości fauny i paleoflory można określić możliwości i rodzaj koncentracji.

**Przesłanki geochemiczne** obrazują warunki geochemiczne środowiska w basenie sedymentacyjnym (pH, Eh). Dla złóż endogenicznych ważną rolę odgrywają **przesłanki magmowe i metamorficzne** informujące o możliwości powstania złóż związanych z intruzjami lub powstawania złóż zmetamorfizowanych. Wreszcie **przesłanki geotektoniczne i strukturalne** mają duże znaczenie przy analizie prognostycznej złóż węglowodorowych jak również wielu innych kopalin. Bardzo ważną rolę w ocenie perspektywiczności obszarów odgrywają przesłanki formacyjne.

Na podstawie analizy formacji geologicznych można wytypować formacje perspektywiczne na obszarach tektoniczno-geosynkinalnych, platformowych i zapadliskowych. Przesłanki formacyjne mają duże znaczenie przy prognozowaniu wszystkich rodzajów kopalin. Szerzej omówiono je w dalszej części pracy.

Przesłanki geologiczne mogą mieć charakter konstruktywny i destruktywny (np. niszczenie złóż wcześniej utworzonych). Wyróżnia się przesłanki globalne, regionalne lub lokalne. Np. przesłanki stratygraficzne globalne są reprezentowane przez jaspilowe rudy żelaza prekambry, regionalne zaś przez cechsztyński basen solonośny Europy i lokalne przez śląsko-krakowskie złoża triasowych rud cynkowo-olowiowych.

Wymienione przesłanki rozpatruje się kompleksowo dla poszczególnych jednostek geologicznych, formacji geologicznych stref strukturalnych lub też stref formacyjno-strukturalnych. W przypadku zgodności

przesłanek ze znanymi prawidłowościami formowania się i rozmieszczenia złóż znanych z nauki o złożach, formacje te uważa się za perspektywiczne, w przeciwnym zaś przypadku wyklucza się je z dalszych rozważań prognostycznych. Analiza obejmuje różne rodzaje koncentracji mineralnych, w związku z tym przesłanki negatywne dla poszukiwania jednych kopalin (np. rud metali) mogą się okazać pozytywne dla powstawania złóż soli, ropy i gazu.

#### Materiały geologiczne

Podstawowymi materiałami analizy prognostycznej są mapy geologiczne (tektoniczne, strukturalne, paleogeograficzne, geochemiczne, hydrochemiczne mapy złóż i mapy metalogeniczne), przekroje geologiczne i profile stratygraficzno-litologiczne wierzeń, jak również wyniki geofizyki wiertniczej. Przy analizie jakościowej wykorzystuje się mapy w małych skalach, 1:250 000 do 1:100 000, a przy analizie ilościowej w skali 1:100 000 do 1:25 000 i dokładniejsze. Polska posiada cały kompleks wymienionych map przydatnych do prognozowania jakościowego oraz dla wielu obszarów istnieją również mapy nadające się dla prognozowania ilościowego.

#### Klasyfikacja obszarów geologiczno-złożowych

Wyróżnia się cztery główne obszary charakteryzujące się różnym stopniem skomplikowania.

1. Obszary o prostej budowie geologicznej, do której należą złoża stratyfikowane pokrywają platformową i na obszarach sfałdowanych, występujące w skałach osadowych i wulkaniczno-osadowych, wykazujące zgodność z warstwowaniem.

2. Obszary o niezbyt skomplikowanej budowie; zawierają złoża stratyfikowane i stratoidalne występujące wśród utworów osadowych, osadowo-wulkanicznych i wulkanicznych o nieskomplikowanych strukturach fałdowych, przecięte intruzjami, które w niewielkim stopniu zmieniły pierwotny skład utworów.

3. Obszary o skomplikowanej budowie są złożone z utworów osadowych, osadowo-wulkanicznych i wulkanicznych. Zostały one silnie sfałdowane, w wyniku czego powstały struktury fałdowe. W strefach rozłamowych występują liczne intruzje, które zmieniły skład petrograficzny utworów. Występują tu złoża zgodne (stratyfikowane i stratoidalne) i złoża nieregularne (soczewy i żyły magmowych rud) złoża rozproszone.

4. Obszary o bardzo skomplikowanej budowie charakteryzują się występowaniem wielofazowego wulkanizmu i magmatyzmu intruzywnego. Pierwotne skały osadowe i wulkaniczne oraz złoża uległy regionalnemu metamorfizmowi.

Wymienione obszary mogą być odsłonięte bądź też są pod pokrywą platformową utrudniająca prognozowanie. Najbardziej trudne pod tym względem są obszary o bardzo skomplikowanej budowie występujące pod grubą pokrywą platformową, jak np. obszar fundamentu krystalicznego NE Polski. Przy prognozowaniu złóż na obszarach odkrytych wykorzystywane są głównie mapy geologiczne i geochemiczne, natomiast na obszarach zakrytych decydującą rolę mają zdjęcia geofizyczne i mapy geologiczne przedstawiające wglębny obraz geologiczny oraz wiercenia wykonane dla różnych celów.

#### FORMACJE I STRELOWOŚĆ MINERALIZACJI

Na obszarach geosynkinalno-tektonicznych, platformowych i zapadliskowych wyróżnia się formacje geologiczne, mineralogeniczne i kruszcowe.

#### Formacje geologiczne

— **Formacja osadowa** przedstawia kompleks skał lub serii skalnych osadowych lub wulkaniczno-osadowych, związanych ze sobą genetycznie w profilu pionowym, jak i po rozciągłości (N. S. Szatkij, 1955).

— **Formacje magmowe** (wulkaniczne, magmowo-intruzyjne) wyróżnia się w obrębie epok, cykli i stadiów magmowych zarówno na obszarach geosyn-

klinalnych, jak i platformowych. Np. na obszarach geosynklinalnych występują formacje wulkaniczne spilitowo-keratofirowe i bazaltowo-andezytowe (stadium początkowe), a na platformach znana jest formacja toleito-bazaltowa i trachybazaltowa.

— **Formacje (facje) metamorficzne** tworzą skały, które przy jednakowym przeciętnym składzie chemicznym mają jednakowy skład mineralny (A. Bolewski i W. Parachoniak). Formacja lub formacje mogą wchodzić w skład budowy strefy strukturalnej (ciągu struktury), struktury lub jej części. W związku z tym wyróżnia się strefy formacyjne, strefy formacyjno-strukturalne i strefy strukturalne wieloformacyjne.

— **Strefa formacyjna** jest to pojęcie ogólne, pod którym rozumie się obiekt geologiczny zbudowany z utworów określonej formacji geologicznej (np. osadowej, magmowej).

— **Strefa formacyjno-strukturalna** przedstawia sprecyzowane pod względem tektonicznym struktury występujące na obszarze geosynklinálním, platformowym lub zapadliskowym zbudowane ze skał jednej formacji geologicznej.

— **Strefa strukturalna wieloformacyjna** przedstawia podobny obiekt złożony z kilku formacji geologicznych (osadowej, osadowo-wulkanicznej, magmowo-intruzyjnej, metamorficznej).

W analizie formacyjnej wyróżnia się rytmy i kompleksy formacyjne, które według geologów rzadziej stanowią nowe przesłanki kontrolujące występowanie złóż w osadowo-wulkanicznych obszarach.

**Rytmy formacyjne** są spowodowane ruchami tektonicznymi skorupy ziemskiej. Wyróżnia się rytmy elementarne w poszczególnych regionach tektonicznych, które łączą się w jeden rytm (puls) tektoniczny wielkich regionów. Każdy elementarny rytm powoduje zmianę formacji. Wyróżnia się rytmy homogeniczne (np. zmiany w utworach spilitowych), antydromiczne (zmiana formacji andezytowo-bazaltowej), regresywne i transgresywne. Poważniejsze złoża pokładowe (stratyfikowane stratoidalnie) powstają na przejściu rytmów od transgresywnych do regresywnych lub od homogenicznych do antydromicznych.

**Kompleksy formacyjne** wydziela się w ramach rytmów. Pod pojęciem kompleks formacyjny rozumie się czasowy (pionowy) i przestrzenny rząd formacji geologicznych rozwiniętych w danym bloku skorupy ziemskiej. W poszczególnych rodzajach (klasach) formacji geologicznych (osadowo-wulkanicznych, magmowo-intruzyjnych) wydziela się kompleksy formacyjne, np. granitowo-metasomatyczne o sprzyjających przesłankach geologicznych.

### Formacje mineralogiczne

Formacje te stanowią odmianę formacji geologicznych, charakteryzujących się obecnością różnych koncentracji mineralnych. Analogicznie do formacji geologicznych wyróżnia się mineralogiczne formacje osadowe, osadowo-wulkaniczne, magmowo-intruzyjne i metamorficzne.

— **Osadowa formacja mineralogiczna** oznacza formacje utworzone w różnych środowiskach geologicznych, powiązanych ze sobą podobnymi warunkami batymetrycznymi, klimatycznymi i tektonicznymi (np. formacja węglonośna, solonośna, rudonośna).

— **Magmowa formacja mineralogiczna.** W formacji tej wydziela się skały magmowe zawierające koncentracje mineralne utworzone w jednym stadium lub cyklu geotektonicznym, które są ze sobą związane paragenetycznie. Np. formacja spilitowo-keratofirowa, z którą związana jest mineralizacja siarczko-miedziowa i formacja perydotytowo-dunitowa (złoża chromu, niklu itp.).

— **Metamorficzna formacja mineralogiczna.** Przy facjalnej analizie skał metamorficznych wyróżnia się charakter pierwotnych utworów, np. interesująca jest facja ortoamfibolitowa utworzona ze skał głębinyowych, z którymi mogą być związane rudy pirytowo-miedziane oraz inne kopaliny.

### Formacje kruszczowe

Na mapie metalogicznej-prognostycznej oznacza się formacje kruszczowe, czyli asocjacje mineralne o podobnej paragenecie. Wyróżnia się endogeniczne i egzogeniczne formacje kruszczowe.

— **Endogeniczna formacja kruszczowa.** Do tej formacji kruszczowej należą złoża charakteryzujące się podobną morfologią ciał rudnych, podobnymi cechami genetycznymi, trwałymi asocjacjami mineralnymi, bliskimi paragenetycznie zespołami rud niezależnie od wieku formowania się złóż (np. rudy tytanomagnetytowe związane z orogenezą prekambryjską, waryscyjską lub alpejską).

— **Egzogeniczna formacja kruszczowa.** Do tej formacji należą złoża utworzone w podobnych warunkach paleogeograficznych i litofacjalnych, charakteryzujące się podobnymi paragenetami mineralnymi, chociaż występują w różnych epokach geologicznych (np. złoża minettowe w mezozoiku, kenozoiku).

### Strefowość mineralizacji

Ważną informację przy określaniu obszarów perspektywicznych odgrywa strefowość mineralizacji, zwłaszcza w przypadku rud metali. Ze względu na przyczyny powstawania mineralizacji wyróżnia się strefowość pierwotną i wtórną (metasomatyczną lub strukturalną). Ponadto ze względu na zasięg strefowości może mieć znaczenie regionalne i lokalne w obrębie złóż. Strefowość regionalna zaznacza się zwykle na obszarach geosynklinalnych, wskutek istnienia prawidłowości w rozmieszczeniu różnowiekowych skał magmowych i związanych z nimi złóż endogenicznych.

### Oznaki występowania złóż

W analizie prognostycznej wykorzystuje się różnego rodzaju oznaki świadczące o koncentracjach mineralnych, które mogą być bezpośrednim dowodem występowania złóż. Oznaki te są zwykle rejestrowane w toku zdjęć geologicznych, geochemicznych, metalogicznych (szlichowych, potoków rozsiania), prac geofizycznych i górniczo-wiertniczych. Wyróżnia się oznaki bezpośrednie i wyinterpretowane.

Do **bezpośrednich** należą oznaki naturalne i sztuczne. Do naturalnych zalicza się wychodnie złóż na powierzchni ziemi, obecność przejawów mineralizacji, wycieków bituminów itp., do sztucznych zaś należą wystąpienia koncentracji mineralnych w otworach wiertniczych i wyrobiskach górniczych.

Do **oznak wyinterpretowanych** należą anomalie: litochemiczne, szlichowe, hydrochemiczne, biogeochemiczne, gazowe, geofizyczne (radiometryczne, magnetyczne, grawimetryczne) oraz aureole i potoki rozproszenia, jak również zmiany wtórne wokół skał otaczających złoża. Oznaki występowania złóż są szerzej scharakteryzowane w pracach H. Gruszczyka (7), T. Gałkiewicza (5) i in.

### Obszary perspektywiczne

Zależnie od wielkości obszarów objętych analizą wyróżnia się regiony i prowincje mineralogiczne, a następnie w ich obrębie oznacza się perspektywiczne strefy formacyjno-strukturalne i struktury.

— **Region mineralogiczny** przedstawia zwykle obszar o podwyższonych koncentracjach mineralnych, odpowiadający wielkością jednostkom tektonicznym pierwszego rzędu.

— **Prowincja mineralogiczna** obejmuje wielki obszar o podwyższonych koncentracjach mineralnych, utworzony w geosynklinach lub w obrębie określonych cykli tektoniczno-magmowych. Pod pojęciem podwyższonej koncentracji mineralnej rozumie się złoża i oznaki złóż, jak: wystąpienia kopaliny, przejawy mineralizacji, anomalne strefy geochemiczne i geofizyczne.

W ramach regionów lub prowincji wydziela się perspektywiczne strefy i kompleksy formacyjne (strefy formacyjno-strukturalne) i mniejsze elementy perspektywiczne, jak: pole, węzeł rudny, złożo i ciało rudne.

**Perspektywiczna strefa formacyjno-strukturalna** obejmuje strefę strukturalną lub jej część zawierającą jedną formację mineralogiczną.

**Perspektywiczna strefa strukturalna wieloformacyjna** (struktury wieloformacyjne) różni się od poprzedniej tym, że występuje tu od dwóch do kilku formacji mineralogicznych (np. osadowo-wulkaniczna, magmowo-intruzyjna, metamorficzna). W strefie tej wydziela się rytmy i perspektywiczne kompleksy formacyjne. Uwzględniając stopień zbadania stref wyróżnia się strefy formacyjno-strukturalne o stwierdzonej i przypuszczalnej perspektywiczności.

— **Strefa formacyjno-strukturalna o stwierdzonej perspektywiczności** obejmuje struktury składające się z formacji mineralogicznych, w których istnieją złoża o przemysłowej wartości na innych strukturach, np. struktury formacji cechstyńskiej.

— **Strefa formacyjno-strukturalna o przypuszczalnej perspektywiczności** składa się z jednej lub kilku formacji mineralogicznych, uznanych za perspektywiczne na podstawie przesłanek i oznak złożowych, np. dolnopaleozoiczna strefa formacyjno-strukturalna NE obrzeżenia GZW z oznakami Cu, Zn, Pb.

#### PROGNOZOWANIE JAKOŚCIOWE

Prognozowanie jakościowe polega na wydzieleniu na mapach metalogicznych lub złożowych perspektywicznych obszarów bądź stref formacyjno-strukturalnych i określeniu rodzaju przypuszczalnych koncentracji mineralnych. Perspektywiczny obszar lub strefę formacyjno-strukturalną wydziela się na podstawie oznak złożowych i całości kształtu informacji geologicznych, uzyskanych w toku szczegółowych zdjęć geologicznych, geochemicznych, geofizycznych, kartografii wgłębnej oraz na podstawie porównania tych wyników z odpowiednimi przesłankami kontrolującymi koncentracje mineralne.

Prognozowanie jakościowe stanowi pierwszy etap prognozowania geologicznego. W etapie tym wydziela się strefy i formacje perspektywiczne oraz określa się rodzaj kopaliny. Prognoza może obejmować prowincje, jednostki geologiczne, strefy strukturalne lub jej elementy. Efektem prognozowania jest kompleksowa mapa mineralogiczno-prognostyczna lub metalogiczno-prognostyczna, bądź też różnego rodzaju mapy dla poszczególnych grup surowcowych (bituminów, węgla, soli, rud metali, surowców chemicznych i innych). Na mapach mineralogiczno-prognostycznych przedstawia się elementy strukturalne, a następnie w ich obrębie wydziela się formacje geologiczne (osadowe, magmowe i metamorficzne), perspektywiczne formacje mineralogiczne (węglonośne, solonośne, rudonośne i in.), jak również oznaki świadczące o ich perspektywiczności. Dla tego celu najczęściej wykonywane są mapy metalogiczne lub metalogiczno-prognostyczne.

Przy opracowywaniu tego typu map akcent może być położony na wiek złóż i ich położenie geotektoniczne bądź też na typy mineralne rud i asocjacje mineralne lub na typ morfologiczno-genetyczny złóż.

Do pierwszego typu należą mapy radzieckie. Na mapach tych wyróżnia się położenie geotektoniczne złóż oraz ich przynależność do poszczególnych obszarów fałdowych (archaiczne, środkowoproterozoiczne, proterozoiczno-kambryjskie i in.) względnie do poszczególnych stref formowania się pokrywy platformowej. Na tym tle są podawane inne informacje, jak: związek złóż z utworami magmowymi, charakter mineralizacji i in.

Przykładem map drugiego typu mogą być mapy amerykańskie. Na pierwszym miejscu uwypukla się tu rodzaje rud wyróżnione kolorami, w ramach których wydziela się typy mineralne i formę złóż, oznaczoną w postaci znaków.

Przykładem trzeciego typu może być mapa metalogiczna Europy 1:2 500 000. Na pierwszym miejscu akcentuje się tu formę złoża pokazaną zramkami (złoża pokładowe, żyłowe i nieregularne), wokół których podano symbole oznaczające rodzaj rudy, wiek i genezę (Metallogenic Map Bohemian Massif 1:500 000, 1973).

Efektem prognozowania jakościowego są mapy mineralogiczno-prognostyczne, z określonymi obsza-

rami (formacjami, strukturami) perspektywicznymi i rodzajami kopaliny. Rodzaj i skala mapy jest dostosowana do charakteru obszarów geologiczno-złożowych.

#### PROGNOZOWANIE IŁOŚCIOWE

Prognozowanie ilościowe polega na ocenie zasobów kopaliny występujących na wydzielonych obszarach perspektywicznych lub strefach formacyjno-strukturalnych wytypowanych w toku prognozowania jakościowego i określeniu orientacyjnego składu prognozowanych złóż. Ocena przeprowadza się odpowiednimi metodami dostosowanymi do rodzaju kopaliny, charakteru stref formacyjno-strukturalnych i ich stopnia zbadania oraz kryteriów bilansowości.

#### Klasyfikacja zasobów perspektywicznych

##### Kopaliny stałe

Oprócz zasobów stwierdzonych (udokumentowanych w kat. A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) dotychczas wyróżniano w Polsce nieudokumentowane zasoby kopaliny stałych jako perspektywiczne, orientacyjne lub szacunkowe. Ocena tych zasobów przeprowadzono na zasadzie różnych, nie sprecyzowanych kryteriów.

W celu ujednoczenia zasad klasyfikacji zasobów rud i niektórych kopaliny nierudnych dotychczas nie udokumentowanych lub nie odkrytych, na posiedzeniu ekspertów R/WPG w kwietniu 1976 r. w Leningradzie, przyjęto dwie grupy zasobów, tj. prognostyczne, oceniane na podstawie uproszczonych kryteriów stosowanych dla oceny zasobów w kat. C<sub>1</sub> i potencjalne E, do których zalicza się złoża lub strefy złóż, jakie mogą być interesujące w przyszłości. Są to złoża położone głębiej niż to przewidyują aktualne kryteria bilansowości.

Analizę prognostyczną przeprowadza się tu w podobny sposób jak przy prognozowaniu jakościowym, jednak bardziej szczegółowo. Uwzględnia się nie tylko przesłanki globalne i regionalne, ale również lokalne. Prognozowanie obejmuje obszary, strefy i struktury wytypowane w toku analizy jakościowej, w których stwierdzono oznaki świadczące o występowaniu złóż. Mapy prognoz do oceny ilościowej sporządza się w skalach 1:200 000, 1:50 000, 1:25 000 i 1:10 000. W związku z tym do analizy wykorzystuje się bardziej szczegółowe materiały geologiczne, geofizyczne i geochemiczne.

Końcową ocenę zasobów dokonuje się na podstawie określenia powierzchni obszaru perspektywicznego i przybliżonej wydajności kopaliny z km<sup>2</sup> powierzchni lub z 1 km<sup>3</sup> strefy perspektywicznej. Uwzględniając aktualne kryteria bilansowości, zasoby perspektywiczne dzieli się na prognostyczne (D) i potencjalne (E). Stosunki te ilustruje tabela.

Zasoby udokumentowane	Zasoby bilansowe kat. A+B kat. C <sub>1</sub> kat. C <sub>2</sub>	Zasoby pozabilansowe A+B C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
Zasoby perspektywiczne	Kategorie zasobów prognostycznych (D) kat. D <sub>1</sub> kat. D <sub>2</sub> kat. D <sub>3</sub>	Zasoby potencjalne (E) Eg Ew

W zależności od stopnia zbadania perspektywicznych stref formacyjno-strukturalnych zasoby prognostyczne dzieli się na trzy kat. D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>.

**Zasoby prognostyczne D<sub>1</sub>**, ocenia się dla perspektywicznych obszarów lub stref formacyjno-strukturalnych rozpoznanych geofizycznie lub zdjęciami geologicznymi oraz częściowo wierceniami poszukiwawczymi, jednak w niewystarczającym stopniu do ustalenia zasobów w kat. C<sub>2</sub>. Przykładowo można tu wymienić obszary węglonośne położone wokół złóż udokumentowanych, gdzie istnieją odosobnione wiercenia; solonośną strefę formacyjno-strukturalną poznaną geofizycznie i pojedynczymi otworami; obsza-

ry występowania kopalin skalnych, częściowo rozpoznanych w toku szczegółowych zdjęć geologicznych i rekonesansowych badań surowcowych itp.

**Zasoby prognostyczne  $D_2$**  ocenia się dla perspektywicznych stref formacyjno-strukturalnych występujących w innych jednostkach lub elementach tektonicznych niż podobne strefy formacyjno-strukturalne, w których stwierdzono złoża o przemysłowej wartości. Oceniane strefy formacyjno-strukturalne są dobrze zbadane geologicznie i geofizycznie zarówno na obszarach odsłoniętych, jak i zakrytych. Dla obszarów odsłoniętych istnieją szczegółowe zdjęcia geologiczne, litogeochemiczne lub szlichowe, na obszarach zaś zakrytych wykonano odpowiednią ilość prac geofizycznych i wierceń badawczych pozwalających na opracowanie wglębnych map geologicznych.

Na podstawie tych materiałów można określić oznaki świadczące o występowaniu złóż. Dla przykładu można wymienić węglonośną strefę formacyjno-strukturalną karbonu produktywnego pod nasiunaniem karpackim, cechsztyńską strefę solonośną na monoklinie przedsudeckiej, strefę miedzionośną cechsztynu na peryklizie Żar, strefy barytonośne związane z aktywizacją tektoniczno-magmową, występujące w innych elementach tektonicznych Sudetów niż rejon Boguszowa lub Stanisławowa.

**Zasoby prognostyczne  $D_3$**  ocenia się dla stref formacyjno-strukturalnych, w których nie są znane złoża o przemysłowej wartości, natomiast w innych krajach w podobnych obiektach występują złoża o ekonomicznym znaczeniu. Oceniane strefy formacyjno-strukturalne są słabiej zbadane niż w przypadku poprzednim. Dla obszarów odsłoniętych istnieją przeglądowe zdjęcia geologiczne i litochemiczne oraz półszczegółowe zdjęcia geofizyczne (magmatyczne, grawimetryczne, elektrooporowe, radiometryczne), a na obszarach zakrytych wykonano półszczegółowe zdjęcia magnetyczne, grawimetryczne, sejsmiczne, radiometryczne oraz odosobnione wiercenia badawcze. Spośród perspektywicznych stref formacyjno-strukturalnych w Polsce można przykładowo wymienić staropaleozoiczne formacje osadowo-wulkaniczne w NE obrzeżeniu GZW, spilitowo-keratofirową strefę Gór Kaczawskich. W podobnych strefach formacyjno-strukturalnych znane są złoża kruszców na obszarze Kazachstanu, Altaju w ZSRR oraz w Appalalach kanadyjskich na obszarze Brunszwiku i Gaspe. W formacji epikontynentalnej dolnego triasu można się spodziewać na monoklinie przedsudeckiej i syneklizie perybałtyckiej występowania pierwiastków promieniotwórczych. Tego rodzaju złoża, o znaczeniu przemysłowym znane są z zachodniej Francji.

**Zasoby potencjalne (E)** w świetle kryteriów bilansowości nie są aktualnie wykorzystane przez gospodarke narodową, ze względów ekonomicznych, natomiast w przyszłości w miarę postępu techniki i zmian koniunkturalnych mogą one stanowić bazę zasobową dla przemysłu. Metoda określenia ilości zasobów jest analogiczna jak dla kat.  $D_1$  i  $D_2$ . O ile to możliwe podaje się, na podstawie którego parametru zaliczono zasoby perspektywiczne do grupy E, tj. ze względu na głębokość ( $E_g$ ) czy też wydajność ( $E_w$ ). Np. przy ocenie zasobów perspektywicznych przeprowadzonych na 1.1.1976 r. do zasobów potencjalnych ze względu na dużą głębokość ( $E_g$ ) zaliczono strefy złóż węgla kamiennych występujące na głębokości od 1000—2000 m, cechsztyńskie złoża rud miedzi od 1500—2000 m, sole kamienne i potasowe od 1000—2000 m, złoża siarki rodziwej od 300—750 m. Ze względu na wydajność do zasobów potencjalnych ( $E_w$ ) zaliczono osadowe rudy żelaza, albskie i eoceńskie fosforyty itp. złoża występujące na głębokości do 300 m. Zasoby nie spełniające warunków  $E_g$  i  $E_w$  oraz zasoby złóż małych nie wprowadza się do bilansu zasobów perspektywicznych.

#### Zasoby płynne i gazowe

Dla ropy naftowej i gazu ziemnego i dla wód mineralnych wyróżnia się zasoby prognostyczne kat.  $D_1$  i  $D_2$ .

##### a) Ropa naftowa i gaz ziemny

Zasoby prognostyczne  $D_1$  ocenia się dla perspektywicznych formacji z udowodnioną ropo- i gazowością. Budowa geologiczna formacji i struktur jest poznana w etapie szczegółowych badań regionalnych geologicznych i geochemicznych. Na podstawie analizy prognostycznej struktury te oceniono pozytywnie.

Zasoby prognostyczne  $D_2$  ocenia się w podobny sposób jak dla grupy  $D_1$ , z tym jednak, że formacje (strefy strukturalne) są słabiej zbadane w porównaniu z kat. zasobów  $D_1$ . Do kat.  $D_2$  zalicza się prognostyczne zasoby formacji geologicznych lub stref strukturalnych teoretycznie perspektywicznych, ale nie zbadanych głębokimi otworami, lecz na podstawie analizy prognostycznej zostały ocenione pozytywnie.

##### b) Wody mineralne

Strefy perspektywiczne określa się na podstawie map wód mineralnych. Na mapach tych wyróżnia się formacje wód chlorkowych, wodorowęglanowych i siarczanowych, a następnie w ramach formacji określa się typy wód mineralnych i słabozmineralizowanych. Tak np. w formacji siarczanowej wyróżnia się typ wód siarczanowych, siarczkowych, radoczących i in. Na mapie wydziela się obszary położone w obrębie wód udokumentowanych i wykorzystywanych gospodarczo, dla których ocenia się zasoby prognostyczne kat.  $D_1$ . Pozostałe zaś obszary perspektywiczne zalicza się do grupy zasobów prognostycznych  $D_2$ . Zasoby określa się zgodnie z kryteriami bilansowości, przy czym głównym elementem jest wydajność wód i ich przydatność. Wody nie spełniające tych wymogów są pomijane przy ustalaniu zasobów. Zasoby są zwykle określane wielkością wydajności wód.

#### METODY OCENY ZASOBÓW PERSPEKTYWICZNYCH KOPALIN STAŁYCH

Wybór metod ilościowej oceny zasobów perspektywicznych kopalin uzależniony jest od: stopnia zbadania ocenianej strefy formacyjnej, strefy formacyjno-strukturalnej (sfs) lub struktury formacyjnej i jej charakteru litofacjalnego, typów morfologiczno-genetycznych złóż bądź typów ciał strukturalno-morfologicznych jakości podstawowych materiałów geologicznych, głębokości występowania; stopnia zakrycia obszaru i oznak złożowych oraz ich cech.

Na obszarach dobrze rozpoznanych geologicznie stosuje się różne metody analizy stref formacyjno-strukturalnych lub struktury formacyjnych oraz wykorzystuje się wyniki geochemicznych zdjęć geologicznych i geofizycznych.

Idea wszystkich metod stosowanych dla ustalenia zasobów  $D_1$  i  $D_2$ , sprowadza się do określenia objętości perspektywicznej sfs w  $\text{km}^3$  i wydajności kopaliny w tonach z 1  $\text{km}^3$ , co wyraża się prostym wzorem:

$$Q = V \cdot W$$

gdzie

$Q$  — zasoby perspektywiczne w t;  $V$  — objętość perspektywicznej sfs w  $\text{km}^3$ ;  $W$  — średnia wydajność kopaliny t/ $\text{km}^3$ .

Zamiast wydajności z 1  $\text{km}^3$  można liczyć wydajność z 1  $\text{km}^2$ . W przypadku gdy sfs wykazuje zmienność w budowie i mineralizacji, stosuje się odpowiednio współczynniki korygujące wielkość zasobów:

$$Q = V (f_1) \cdot Z (f_2) \cdot g$$

gdzie

$Q$  — zasoby perspektywiczne w tonach,  
 $V$  — objętość perspektywiczną sfs w  $\text{m}^3$ ,  
 $Z$  — procentowa zawartość kopaliny,  
 $f_1$  — współczynnik korygujący objętość sfs ( $< 1$ ),  
 $f_2$  — współczynnik korygujący % zawartość kopaliny ( $< 1$ ),  
 $g$  — gęstość pozorna sfs w  $\text{Mg/m}^3$ .

Określenie objętości perspektywicznej sfs lub strefy formacyjnej nie następuje trudności przy usta-

laniu zasobów kat.  $D_1$  i  $D_2$ , natomiast cała sztuka prognozowania polega na ocenie właściwej wielkości współczynników korygujących parametry  $V$  i  $Z$ , w celu uzyskania największej wiarygodności ocenianych zasobów perspektywicznych. Wielkości te uzyskuje się przez porównanie wyników analizy prognostycznej ocenianej sfs z przesłankami i oznakami analogicznej sfs, w której znane są złoża o wartości przemysłowej (metody analogii). W każdym przypadku powinna być skontrolowana wiarygodność oznak złożowych, w celu upewnienia się czy oznaki są bezpośrednio związane ze złożami występującymi, np. głębiej, czy też są to oznaki uboczne (fałszywe) pochodzące od innych procesów geologicznych. Bardziej skomplikowane są metody oceny zasobów kat.  $D_3$ , ze względu na brak oznak złożowych. Ogólnie biorąc opierają się one o te same zasady, z tym jednak, że analizę sfs prowadzi się bardziej szczegółowo (metody analizy formacyjnej). Uwzględniając wyżej podane ogólne zasady, ocenę zasobów perspektywicznych dla poszczególnych kategorii przeprowadza się odpowiednio dobranymi metodami. Metody powinny dostarczyć jasnych informacji odnośnie do perspektywiczności stref strukturalnych lub pozwolić na ich wykluczenie z dalszych badań.

**Zasoby prognostyczne  $D_1$**  ocenia się na podstawie geometryzacji złoża w oparciu o parametry znane z przylegających stref udokumentowanych lub uzyskane z odosobnionych wierceń, wykonanych na obszarze objętym prognozą. Przy określaniu ilości zasobów prognostycznych  $D_1$  wykorzystuje się oznaki i przesłanki i inne prawidłowości rozmieszczenia złóż. W zależności od stopnia zmienności złoża wprowadza się współczynniki ( $< 1$ ) korygujące wielkość powierzchni, miąższości lub wydajności kopaliny z  $1 \text{ km}^2$  lub  $1 \text{ km}^3$  obszaru. W przypadku złóż pokładowych stosuje się metodę ekstrapolacji bądź interpolacji dla poszczególnych pokładów przebiegających w głąb złoża i po rozciągłości. Efektem prognozowania zasobów  $D_1$  powinna być uproszczona dokumentacja złożowa z lokalizacją ciał kopalin.

**Zasoby prognostyczne  $D_2$**  najczęściej określa się metodą analogii ze złożami, stwierdzonymi w podobnych strefach formacyjno-strukturalnych, a następnie przez geometryzację prognozowanych obszarów perspektywicznych. Kubaturę określa się na podstawie znajomości budowy geologicznej oraz ustalonych przesłanek i oznak, zdefiniowanych poprzez analizy prognostyczne. Wydajność kopaliny z  $1 \text{ km}^3$  oblicza się na podstawie porównania z obszarami przebadanymi. W tym celu oblicza się ogólną kubaturę przebadaną oraz wielkość stwierdzonych zasobów, a następnie ustala się ilość ton kopaliny przypadającej na  $1 \text{ km}^3$  strefy formacyjno-strukturalnej. W przypadku stwierdzenia większej zmienności mineralizacji, wynikającej z oznak i przesłanek, wprowadza się odpowiednie współczynniki pomniejszające wydajność kopaliny. Efektem prognozowania powinno być opracowanie uzasadniające wielkość perspektywicznych zasobów przewidzianych do dalszych badań.

**Zasoby prognostyczne  $D_3$**  ocenia się dla stref formacyjno-strukturalnych o nieznanych oznakach świadczących o występowaniu złóż, natomiast wskazują na to przesłanki geologiczne. Zasoby określa się na podstawie zdjęć geologicznych, geofizycznych i litochemicznych oraz korelacji ocenianych stref formacyjno-strukturalnych z podobnymi obiektami w świecie. W tym celu przeprowadza się szczegółową analizę formacyjną.

Ocenę zasobów prognostycznych  $D_3$  dla rud prowadzi się już w wielu krajach, np. zasoby  $D_3$  w Związku Radzieckim ocenia się na podstawie zdjęć geologicznych i geochemicznych. W krajach zachodnich, zwłaszcza w USA i Kanadzie ocenę zasobów hipotetycznych (hypotetical) i spekulatywnych (speculative) odpowiadających grupie  $D_3$  i częściowo grupie  $D_2$  przeprowadza się na podstawie zdjęć geochemicznych. W USA wyniki badań geochemicznych są przekazywane do komputera, który wykreśla mapy geochemiczne. Tło geochemiczne ustala się dla każdego przypadku na zasadzie statystycznej i geochemicznej analizy środowiska. Następnie anomalie geochemiczne konfrontuje się z podobnymi obszarami, w których

znane są złoża. Na zasadzie podobieństwa ustala się powierzchnię, głębokość i skład mineralny prognozowanych zasobów.

W ZSRR jest wiele innych metod oceny zasobów prognostycznych  $D_2$  i  $D_3$ , jedne z nich polegają na korelacji tektonicznej i mineralogicznej. W tym celu prowadzi się szczegółowe badania formacji geologicznych (osadowych, wulkaniczno-osadowych, wulkaniczno-intruzyjnych, intruzyjnych i metamorficznych) na obszarach geosynkлинально-tektonicznych, platformowych i zapadliskowych. Np. w oparciu o mapy tektoniczno-mineralogiczne, wielkość prognostycznych zasobów W. I. Dragonow (WSEGEI) przedstawia następująco:

$$Q = NV^m r^p Z_{pl} Z_{ot}$$

gdzie

$Q$  = ilość prognozowanych zasobów,

$N$  = współczynnik ( $< 1$ ) przyjęty w zależności od stopnia zbadania tektonicznego obiektu,

$Vr$  = wielkość tektonicznego obiektu lub obiektów ( $r$ ) podane w  $\text{km}^3$ ,

$m$  = średnia rudonośność w  $\text{t}/\text{km}^3$ ,

$Z_{pl}, Z_{ot}$  = współczynniki odzwierciedlające położenie rozpatrywanego obiektu strukturalno-formacyjnego w strefie strukturalno-planetaryjnej ( $pl$ ) i w strefie otaczających kompleksów formacyjnych ( $Z_{ot}$ ).

G. A. Page-Creasy (1975) proponuje prowadzić ocenę ogólnych zasobów na podstawie składu mineralnego i ich połączeń, a N.G. Iwanow i inni przeprowadzili próbę oceny zasobów prognostycznych na podstawie obliczenia energii powstawania koncentracji mineralnych (złóż).

Idea innych metod polega na matematycznej ocenie metali w rudonośnych strefach określonych na podstawie zmian w otoczeniu złóż lub na podstawie regionalnej metasomatycznej strefowości rud. A. P. Sokołow podaje sposób oceny zasobów prognostycznych w oparciu o regionalne zdjęcia litochemiczne. W ZSRR wypracowano wiele wstępnych metod oceny zasobów prognostycznych dla obszarów złoto-nośnych, miedzi-nośnych, dla rud metali rzadkich, rud żelaza, apatytów, wolframu, fluorytu, rtęci, cyny i innych metali. Ocena dotyczy konkretnych obszarów tektoniczno-strukturalnych, formacji geologicznych lub stref formacyjno-strukturalnych. Metody te będą omówione kolejno w następnych artykułach. Efektem prognozowania kat.  $D_3$  powinno być opracowanie, uzasadniające celowość rozpoczęcia wstępnych prac poszukiwawczych.

#### ZNACZENIE ZASOBÓW W PLANOWANIU PRAC POSZUKIWAWCZO-POZNAWCZYCH I W PRZESTRZENNYM ZAGOSPODAROWANIU KRAJU ORAZ ICH STOPIEN WIARYGODNOŚCI

Stopień wiarygodności zasobów perspektywicznych jest wyższy dla kopalin stałych w porównaniu do kopalin płynnych i gazowych, przy czym zasoby prognostyczne  $D_1$  wszystkich kopalin mają niższy stopień wiarygodności w porównaniu z kat.  $C_2$ .

**Zasoby prognostyczne  $D_1$**  upoważniają do planowania prac geologiczno-poszukiwawczych, w wyniku których można się liczyć z przyrostem zasobów w kat.  $C_2$  w przypadku kopalin stałych i w kat.  $C$  w złożach płynnych i gazowych. Oprócz tego zasoby  $D_1$  kopalin stałych i wód mineralnych mogą być wykorzystywane w długofalowych planach gospodarczych.

**Zasoby prognostyczne grupy  $D_2$**  upoważniają tylko do prowadzenia dalszych prac poszukiwawczych. Efektem tych prac może być przeklasyfikowanie pewnej części zasobów do kat.  $D_1$ , a częściowo również do kat.  $C_2$ . Trzeba się również liczyć z tym, że w przypadku kopalin stałych zasoby te mogą być w całości zaliczone do zasobów potencjalnych, ze względu na dużą głębokość lub małą wydajność, a w przypadku ropy i gazu struktury, dla których określono zasoby mogą zawierać tylko przejawy bituminów lub solanki.

**Zasoby prognostyczne D<sub>3</sub>**, dotyczą tylko kopalin stałych, a zwłaszcza rud metali o skomplikowanej budowie i mineralizacji. Wielkość zasobów D<sub>3</sub> podaje się alternatywnie bądź też określa się główne parametry, jak: powierzchnie strefy prognostycznej, grubość oraz charakter mineralizacji (asocjacja mineralna). W ten sposób scharakteryzowane zasoby lub główne parametry upoważniają do rozpoczęcia poszukiwania złóż i przygotowania odpowiednich projektów prac.

**Zasoby potencjalne (E)** zostały określone z podobną wiarygodnością jak zasoby prognostyczne kopalin stałych, z tym jednak, że nie odpowiadają one aktualnym kryteriom bilansowości, ze względu na głębokość lub wydajność (miąższość). Zasoby potencjalne upoważniają do prowadzenia wstępnych prac poszukiwawczych z myślą wykorzystania ich w przyszłości, natomiast nie powinno się prowadzić na razie rozpoznawania tych zasobów złóż.

#### WNIOSKI

1. W opracowaniu podano ogólne zasady oceny zasobów perspektywicznych, natomiast szczegółowe wytyczne dla prognozowania poszczególnych kopalin mineralnych i ich typów morfologicznych będą opracowywane sukcesywnie, w miarę postępu badań w tym zakresie.

2. Metodyka prognozowania powinna być permanentnie pogłębianą i precyzowaną dla poszczególnych rodzajów koncentracji i typów morfologiczno-genetycznych złóż.

3. Oprócz systematycznej oceny zasobów perspektywicznych w znanych formacjach (strukturach) geologicznych, głównym zadaniem IG powinny być badania i ocena zasobów prognostycznych stref formacyjno-strukturalnych słabo zbadanych, w których można się spodziewać odkrycia nowych złóż kopalin.

4. Ze względu na różne metody prognozowania opierające się na badaniach metalogenicznych, geochemicznych, petrologicznych, tektonicznych, geofizycznych, matematycznych, prognozowanie zasobów D<sub>3</sub> powinno być prowadzone przez zespoły specjalistów.

#### LITERATURA

1. Bolewski A. — Geologia gospodarcza i jej zagadnienia. Ossolineum, Wrocław 1978.
2. Depowski S. — Perspektywiczne zasoby ropy i gazu oraz ich znaczenie dla oceny prognoz ropo- i gazonośności basenów sedimentacyjnych. Prz. Geol. 1963, nr 10.

#### SUMMARY

Geological prognosis is conducted to evaluate undiscovered deposit areas or resources, and to improve and aim prospecting. Prognostic methods are based on the analysis of geological structure of the studied formation zone, geological premises and deposit indications. Differentiation is made between qualitative and quantitative prognosing. The former is conducted when deposit indications are scanty and the knowledge of geological structure of the area poor. The results of qualitative prognosing are given in the form of a prognostic map which shows perspective areas. Quantitative prognosing involves estimation of prognostic (Polish mining categories D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> and D<sub>3</sub>) or potential (category E) resources. The established prognostic and potential resources do not form the basis for economic planning but may be used for planning land use in the scale of the country, deposit protection, and especially deposit prospecting.

3. Depowski S., Wdowiarski S., Żytka J. — Klasyfikacja zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego oraz otworów wiertniczych wykonywanych dla potrzeb przemysłu naftowego. Prz. Geol. 1965, nr 1.
4. Depowski S., Żytka J. — Metody ilościowej oceny zasobów perspektywicznych gazu ziemnego i ropy naftowej. Prz. Geol. 1968, nr 5.
5. Gałkiewicz T. — Poszukiwanie i rozpoznawanie złóż kopalin stałych. Wyd. Geol. Warszawa 1976.
6. Gorzewskij D. I., Kozerenko W. N. — Swjaz endogiennogo rudoobrazowania z magmatizmom i mietamorfizmom. Niedra, Moskwa 1965.
7. Gruszczyk H. — Metodyka poszukiwań złóż. Wyd. Geol. Warszawa 1975.
8. Gzula J. — Bibliografia metodologii prognozowania. PAN, Warszawa 1974.
9. Momdži G. S., Pastuszenko I. I. — Prognozujaja ocenka zapasow żeleznych rud. Sow. Geol. 1963, nr 12.
10. Nicolini P. — Gitologia de concentrations minerales stratiformes. Paris, Gauthier-Villars 1970.
11. Praca zbior. pod red. W. I. Smirnowa — Geochemičeskie metody poiskow rudnych miestorożdienij. Moskwa 1974.
12. Praca zbior. pod red. W. A. Dolickiego — Korrelacija raznofacjalnych tołszcz pri poiskach niefti i gaza. Niedra, Moskwa 1969.
13. Praca zbior. — Mietallogieničeskie i prognoznije karty. AN Kazachskoj SSR. Alma-Ata 1959.
14. Praca zbior. — Prognozirowanije miestorożdienij poleznych iskopajemych pri regionalnych geologicznych issledowanijach. Leningrad, WSIEGEL, 1973.
15. Protokol sowieszczanija specjalistow SEW po tiemie 1.8. Razrabotka Rekomendacii w oblastii kriteriew i mietodiki prognoza miestorożdienij rudnych i nierudnych poleznych iskopajemych. Leningrad, 1976, SEW 1977.
16. Routhier P. — Les gisements metalliferes. Paris, Masson et C<sup>ie</sup> 1963.
17. Smakowski T. — Klasyfikacja złóż. Prz. Geol. 1978 nr 2.
18. Szatałow E. T. i in. — Obzor geologicznych poniatij i terminow w primienienii k mietallogienii. Izd. AN SSSR 1963.
19. Szechtman P. A. — Principy i mietodika stawlenija dietalnych geologoprognoznych kart rudnych polej poslemagmaticznych miestorożdienij. Sow. Geol. 1962 nr 2.
20. Uchwała nr 66 Rady Ministrów z dnia 4 IV 1975 r. w sprawie ustalania zasobów. Mon. Pol. nr 12, 1975.

#### РЕЗЮМЕ

Геологическое прогнозирование проводится для оценки районов или запасов неоткрытых месторождений для лучшего планирования поисковых работ. Прогностические методы основаны на: анализе геологического строения исследованной формации или структурной зоны, геологических предпосылок и пластовых признаках. Отличается качественное и количественное прогнозирование. Количественное прогнозирование применяется в случае небольшого количества пластовых признаков и слабой разведки геологического строения района. В результате качественного прогнозирования составляется карта прогнозов с выделенными перспективными районами. Количественное прогнозирование заключается в оценке величины прогностических (категории D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>) или потенциальных запасов (E). Определенные прогностические или потенциальные запасы не могут быть основой для экономического планирования, но их можно использовать для планирования пространственного освоения страны, охраны месторождений, а особенно для планирования поисков месторождений.