

PROBLEMY ILOŚCIOWEJ OCENY PROGNOZ ROPO I GAZONOŚNOŚCI

UKD. 553.981(.982.043).044(100).1970/2000"

Zapotrzebowanie na surowce energetyczne nieustannie rośnie. Na początku XX wieku wynosiło ono 950 mln t, a obecnie dochodzi do 7 mld t umownego paliwa. Struktura tego zapotrzebowania ulega dużym zmianom. W pierwszych latach XX wieku ropa naftowa i gaz ziemny pokrywały tylko 4% zapotrzebowania na surowce energetyczne, w 1938 r. — 22%, a w 1970 r. — około 60%. Ropa naftowa i gaz ziemny stały się poza tym podstawowymi surowcami chemicznymi. Światowe wydobycie ropy naftowej zwiększyło się wskutek tego w ostatnim dziesięcioleciu ponad dwukrotnie, gazu prawie dwukrotnie. Aktualny coroczny wzrost wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego wynosi od 7 do 9%.

Bezpośrednim zabezpieczeniem tego wydobycia są rozpoznane, światowe wydobywalne zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego, które według aktualnych ocen wynoszą ponad 65 mld t ropy naftowej i ponad 45 tys. mld m³ gazu ziemnego.

Nie są więc zadowalające i w związku z tym stałym przedmiotem zainteresowania jest ocena prognoz rozwoju światowego wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego w generalnej perspektywie do 2000 r., a nawet po 2000 r. Dla zabezpieczenia przewidywanego kolosalnego wzrostu zapotrzebowania do 2000 r. i utrzymania wydobycia w dalszym okresie czasu na niezbędnym poziomie konieczne jest w latach 1970—2000 rozpoznanie kilkakrotnie większej ilości zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego aniżeli w ubiegłym ponad 100-letnim okresie.

Problemy metod oceny i ilości światowych zasobów prognostycznych ropy naftowej i gazu ziemnego są stale

dyskutowane (2, 7, 16, 17). Dowodem ich znaczenia jest referowanie i dyskutowanie tych zagadnień na kolejnych Światowych Kongresach Naftowych. W latach 1963 i 1967 głównym tematem referatów przeglądowych L.G. Weeksa (17) i D.C. Jona (7) była ilość światowych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego, przy czym zasoby perspektywiczne tych surowców mineralnych oceniano metodami porównawczej analizy geologicznej.

Zasoby te według aktualnych danych wynoszą co najmniej 850 mld t ropy naftowej i 800 tys. mld·m³ gazu ziemnego, nie licząc ogromnych zasobów węglowodorów zawartych w skałach bitumicznych, które oceniane są na tysiące mld t. W referacie przeglądowym „O naukowych zasadach obliczania prognostycznych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego”, jaki przedstawili A.A. Bakirow i G.P. Owanesow (2) na VIII Światowym Kongresie Naftowym w Moskwie, główną uwagę zwrócono na takie podstawowe zagadnienia, jak: 1 — ewolucja poglądów dotyczących oceny światowych zasobów węglowodorów, 2 — braki aktualnych metod oceny zasobów prognostycznych ropy naftowej i gazu ziemnego, 3 — zasadnicze geologiczne prawidłowości rozmieszczenia nagromadzeń węglowodorów w skorupie Ziemi jako podstawy prognozowania ich zasobów, 4 — konieczność przyjęcia zunifikowanych klasyfikacji i terminologii prognostycznych zasobów węglowodorów.

A.A. Bakirow i G.P. Owanesow analizując ewolucję poglądów na ocenę światowych perspektywicznych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego podkreślili, że trwa ona już szereg dziesiątków lat licząc chociażby od pierw-

szych ocen przeprowadzonych przez D. White w 1922 r. i J.M. Gubkina w 1937 r. Szczególny wzrost zainteresowania metodami oceny i ilością zasobów perspektywicznych ropy naftowej i gazu ziemnego nastąpił po 1950 r. kiedy wielu geologów zaczęło publikować wyniki swoich badań dotyczących oceny zasobów perspektywicznych ropy naftowej i gazu ziemnego w całym świecie i w poszczególnych prowincjach ropogazonośnych (17). W niektórych państwach, jak np. w ZSRR, USA, Kanadzie itd., utworzono specjalne komitety dla oceny zasobów perspektywicznych ropy naftowej i gazu ziemnego, albo weszły one w programy prac badawczych instytutów naukowych. Problemy oceny tych zasobów stały się przedmiotem specjalnych referatów na różnych kongresach i sympozjach, a rozważane są także w Głównym Komitecie Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (6).

Metody oceny perspektywicznych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego wykazują jeszcze wiele braków (5, 18). Świadczą o nich dobitnie ogromne rozbieżności w ocenie światowych zasobów perspektywicznych tych surowców mineralnych, np. w ciągu ostatnich 20 lat ilość światowych zasobów perspektywicznych ropy naftowej oceniano od 84 do 980 mld t, a gazu ziemnego w ciągu ostatnich 10 lat od 140 do 800 tys. mld m³ (2). Analogiczny obraz zaznacza się w ocenie zasobów perspektywicznych ropy naftowej i gazu ziemnego poszczególnych krajów i prowincji ropogazonośnych.

Współczesne perspektywiczne zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego oblicza się różnymi metodami, przy czym najpowszechniejsze zastosowanie znalazły następujące metody:

- według średniej ilości zasobów węglowodorów na 1 km³ skał osadowych lub na 1 km² badanego obszaru;
- według ilości węglowodorów przypadających na jednostkę powierzchni (ha);
- według średniej ilości zasobów węglowodorów przypadających na 1 strukturę (metoda uśrednionych struktur);
- metoda objętościowo-statystyczna,
- metoda objętościowo-genetyczna,
- metoda bilansowa,
- metoda statystyczna z zastosowaniem różnych funkcji matematycznych itp.

Ilościowa ocena zasobów perspektywicznych prowadzona jest każdą z powyższych metod w oparciu o szereg uśrednionych parametrów (3, 8, 9, 18), których liczbowe znaczenie przyjmowane być musi w dużym stopniu subiektywnie. Na ogół nie uwzględniają one całokształtu najważniejszych czynników wpływających na formowanie się i rozmieszczenie nagromadzeń węglowodorów w skorupie Ziemi (2). Wskutek tego posługiwanie się każdą z wymienionych metod oddzielnie nie gwarantuje wiarygodności obliczeń perspektywicznych zasobów węglowodorów. Opracowanie zunifikowanych naukowych zasad i znaczne udoskonalenie metod oceny perspektywicznych zasobów węglowodorów, obiektywnie uwzględniających całokształt podstawowych prawidłowości występowania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, uznać można wobec tego za jedno z podstawowych zadań w dziedzinie geologii ropy naftowej i gazu ziemnego.

Prawidłowo wykonana ocena perspektywicznych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego powinna być niezawodną podstawą wyboru optymalnych kierunków poszukiwań oraz zabezpieczenia efektywności nakładów przeznaczonych na rozwój wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego. Z tego punktu widzenia tylko możliwie wiarygodne oceny perspektywicznych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego mogą mieć znaczenie praktyczne, a dostateczny stopień wiarygodności mogą w tym przypadku zapewnić tylko podstawy naukowe (1, 10, 18) i zastosowanie obiektywnych metod uwzględniających całokształt

głównych prawidłowości występowania nagromadzeń węglowodorów w skorupie Ziemi.

Brak zunifikowanego schematu geologicznego podziału obszarów ropo- i gazonośnych powoduje duże trudności przy porównawczej analizie prawidłowości występowania nagromadzeń węglowodorów w różnych warunkach geologicznych. A.A. Bakirow i G.P. Owaniesow (2) proponują na przykład stosowanie podziału opartego o podstawy tektoniczne i przyjęcie następujących terminów: prowincje ropo- i gazonośne, subprowincje ropo- i gazonośne, rejony i strefy występowania nagromadzeń ropy naftowej i gazu ziemnego. Terminy te od dawna stosuje część geologów naftowych. Definicje tych terminów są następujące.

Prowincje ropo- i gazonośne — jednolite wielkie prowincje geologiczne obejmujące asocjacje subprowincji ropo- i gazonośnych charakteryzujących się podobną budową geologiczną i zbliżonym stratygraficznym położeniem utworów regionalnie ropo- i gazonośnych (np. prowincja paleozoicznych nagromadzeń ropy naftowej i gazu ziemnego w zapadlisku przedgórskim Apalachów itp.). Wyróżnia się prowincje ropo- i gazonośne obszarów platformowych, fałdowych i przejściowych.

Subprowincje ropo- i gazonośne — wydziela się jako elementy geostrukturalne. Są to wielkie elementy geostrukturalne prowincji ropo- i gazonośnych charakteryzujące się wspólnością budowy geologicznej i historii rozwoju geologicznego, włączając litofacjalne i paleogeograficzne warunki powstawania i nagromadzenia się ropy naftowej i gazu ziemnego (np. na platformach — zapadliska izometryczne, zapadliska o charakterze rowów tektonicznych, wyniesienia typu kopuły itp.; w obszarach przejściowych i fałdowych — zapadliska śródgórskie itp.).

Rejony i strefy występowania nagromadzeń ropy naftowej i gazu ziemnego — są to grupy złóż węglowodorów o podobnej budowie geologicznej, należące do tej samej asocjacji genetycznej ze sobą związanych lokalnych pułpek — zamknięć złożowych.

Zasadnicze prawidłowości występowania nagromadzeń węglowodorów w skorupie Ziemi (2, 11, 12) formułowane są aktualnie następująco:

1. Nagromadzenia węglowodorów w profilu litosfery występują nierównomiernie. W obrębie każdej prowincji ropo- i gazonośnej w profilu utworów osadowych wydziela się szereg kompleksów litologiczno-stratygraficznych, które charakteryzują się regionalną ropogazonośnością na rozległych obszarach obejmujących często całą prowincję ropogazonośną względnie kilka subprowincji ropogazonośnych i zawierają absolutnie większą część zasobów węglowodorów rozpatrywanej prowincji. Utwory regionalnie ropogazonośne mogą być reprezentowane tak przez terygeniczne, jak i węglanowe osady pochodzenia morskiego, lagunowego, a lokalnie i kontynentalnego. Ogólną łączną ich cechą diagnostyczną jest osadzanie się ich w środowisku subakwalnym, w warunkach anaerobowych, w basenach sedymentacyjnych ze stale obniżającym się dnem.
2. Regionalnie ropogazonośne osady zwykle bywają przykryte serią praktycznie nieprzepuszczalnych dla ropy naftowej i gazu ziemnego skał uszczelniających i występują w profilu na przemian z seriami osadów charakteryzujących się brakiem nagromadzeń węglowodorów. Świadczy to o periodyczności procesów powstawania ropy naftowej i gazu ziemnego oraz akumulacji ropy naftowej i gazu ziemnego w ścisłym związku genetycznym z cyklicznością litogenezy. Cykle regionalnego powstawania węglowodorów i akumulacji ropy naftowej i gazu ziemnego zmieniły się z okresami czasu wyróżniającymi się niekorzystnymi warunkami dla rozwoju procesów powstawania i akumulacji ropy naftowej i gazu ziemnego. Regionalnie ropo- i gazonośne utwory są więc w każdej prowincji ropo- i gazonośnej związane z tymi okresami czasu geologicznego,

które charakteryzują się nasileniem procesów regionalnego powstawania nagromadzeń ropy naftowej i gazu ziemnego. Wspomniane okresy czasu geologicznego nazywane są zazwyczaj epokami regionalnego rozwoju procesów powstawania i nagromadzania się ropy naftowej i gazu ziemnego.

3. Każdy regionalnie ropo- i gazonośny kompleks nie wszędzie zawiera nagromadzenia ropy naftowej i gazu ziemnego. Strefy występowania nagromadzeń węglowodorów są w nich związane tylko z obszarami, gdzie są skały z dobrymi własnościami kolektorskimi, gdzie badany regionalnie ropo- i gazonośny kompleks przykrywa seria skał praktycznie nieprzepuszczalnych dla ropy naftowej i gazu ziemnego — zabezpieczających uchronienie nagromadzeń węglowodorów od procesu zniszczenia, gdzie są czynniki geostrukturalne i litologiczne niezbędne dla akumulacji węglowodorów. W obrębie jednej i tej samej prowincji strefy występowania nagromadzeń ropy naftowej i gazu ziemnego w osadach różnorodnych kompleksów litologiczno-stratygraficznych w jednych przypadkach zbiegają się, a w innych bywają terytorialnie przemieszane.

Prognozowanie zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w poszczególnych prowincjach, subprowincjach i strefach ropo- i gazonośnych oparte jest na jakościowej i ilościowej ocenie perspektyw ropogazonośności. Analiza postępu, jaki w tych dziedzinach został dokonany w ostatnim okresie czasu wykazuje, że geologia ropy naftowej i gazu ziemnego ma duże osiągnięcia w dziedzinie jakościowej oceny perspektyw ropo- i gazonośności. Dokonywana jest ona aktualnie z uwzględnieniem raczej wszystkich zasadniczych wyników mogących mieć wpływ na procesy powstawania i zachowania się nagromadzeń węglowodorów w skorupie ziemskiej.

Przy przeprowadzaniu jakościowej oceny prognoz ropo- i gazonośności uwzględnia się obecnie przede wszystkim następujące dane (1, 5, 12):

- litologiczno-facjalne wykształcenie osadów i ich stratygraficzna przynależność;
- obecność i własności skał zbiornikowych i serii skał uszczelniających;
- charakterystyka bezpośrednich objawów ropy naftowej i gazu ziemnego oraz ich przestrzenne rozmieszczenie i forma występowania, a także dane o złożach węglowodorów (o ile są już odkryte) oraz geologicznych warunkach ich występowania;
- charakterystyka głównych elementów strukturalnych oraz danych o lokalnych strukturach, z którymi mogą być związane złoża ropy naftowej i gazu ziemnego;
- hydrogeologiczna charakterystyka ocenianych regionów;
- geochemiczna charakterystyka osadów, rop naftowych, gazów ziemnych, bituminów rozproszonych i wód podziemnych.

Zasadnicze znaczenie mają badania skonsolidowanego podłoża w ocenianych prowincjach i subprowincjach ropo- i gazonośnych oraz badanie historii geologicznego rozwoju głównych elementów geostrukturalnych. Oczywiście czynnik subiektywności nie został z jakościowej oceny prognoz ropo- i gazonośności całkowicie wyeliminowany, ale od dziesiątków lat dzięki ogromnemu postępowi w geologii ropy naftowej i gazu ziemnego ma on wybitnie podrzędne znaczenie.

W przeciwieństwie do obliczeń tzw. rozpoznanych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego, a więc zasobów obliczonych w kategoriach A, B i C₁ (4) z dokładnością ogólnie odpowiadającą aktualnym potrzebom górnictwa naftowego i gazowego (8, 9), aktualnie stosowane metody oceny zasobów prognostycznych, czyli ilościowej oceny prognoz ropo- i gazonośności, wykazują szereg istotnych

niedostatków. Także ocena zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w kategorii C₂ nie może być przeprowadzana z dostateczną wiarygodnością (19), a część badaczy radzieckich nazywa je nawet umownie zasobami perspektywicznymi.

Generalną geologiczną podstawą oceny perspektywicznych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego pozostaje zasada analogii. W związku z tym dla powiększenia ich wiarygodności pierwszorzędne znaczenie ma zbadanie wszystkich głównych parametrów genetycznych związków występowania nagromadzeń węglowodorów w dobrze zbadanych prowincjach ropogazonośnych. Niezbędne jest więc znaczne zwiększenie zakresu prac badawczych dla zbadania prawidłowości formowania się i występowania centrów i megacentrów koncentracji zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w różnych warunkach geologicznych. Wskazane jest uwzględnianie w tych badaniach techniki elektroniczno-obliczeniowej.

Duże znaczenie przypisuje się metodzie objętościowo-genetycznej opartej na pracach naukowo-badawczych, a głównie na badaniach geochemicznych bituminów i węgla umożliwiających ocenę zasobów prognostycznych na podstawie genetycznej (13, 15). Określa się i analizuje substancję organiczną zawartą w utworach osadowych, współczynniki przejścia rozproszonej w skałach substancji organicznej w węglowodory ciekłe i lotne, mechanizm i skalę migracji węglowodorów, warunki ich akumulacji itp. Różne warianty tej metody (15) uważane są za bardzo perspektywiczne do stosowania w mało zbadanych basenach osadowych, a mogą dawać także dobre wyniki odnośnie tych regionów, gdzie odkryto już złoża ropy naftowej i gazu ziemnego.

Ogólnie stwierdzić można, że istnieją tendencje do równoległego stosowania różnych metod ilościowej oceny prognoz ropo i gazonośności.

Stopień pewności ilościowej oceny prognoz zależy od jakości i ilości posiadanych materiałów podstawowych. Dla prowincji, subprowincji i regionów z już odkrytymi złożami ropy naftowej i gazu ziemnego oceny takie mają oczywiście nieporównywalnie większy stopień pewności aniżeli dla obszarów teoretycznie perspektywicznych, w których obrębie złóż węglowodorów jeszcze nie odkryto. W tym ostatnim przypadku wskazana jest szczególnie duża ostrożność w przyjmowaniu parametrów do obliczeń.

LITERATURA

1. A w r o w W. J. i drugie — Kratkaja charakteristika prognoznych zapasow niefti i gaza, ich klassifikacija i metodika podsczeta. *Gieol. Niefti i Gaza*, 1972, nr 5.
2. B a k i r o w A. A., O w a n i e s o w G. P. — O naučných principach podsczeta prognoznych zapasow niefti i gaza. VIII Mirowoj Nieftianoj Kongress. Moskwa, 1971.
3. B u j a ł o w N. I. i drugie — Metodika ocenki prognoznych zapasow niefti i gaza. *Gostoptiechizdat*. Moskwa, 1962.
4. D e p o w s k i S., W d o w i a r z S., Ż y t k a J. — Klasyfikacja zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego oraz otworów wiertniczych wykonywanych dla potrzeb przemysłu naftowego. *Prz. geol.*, 1965, nr 1.
5. D e p o w s k i S., Ż y t k a J. — Metody ilościowej oceny zasobów perspektywicznych gazu ziemnego i ropy naftowej. *Ibidem*, 1968, nr 5.
6. G a s / Working Paper No. 197. Gas Commision ECE. Geneve, 1966.
7. J o n D. C. — The significance of world petroleum reserves. *Proceedings, VII th World Petroleum Congress*. Mexico, 1967.
8. L o v e j o y W. F., H o n a n P. T. — Methods of estimating reserves of crude oil, natural gas, and

natural gas liquids. The John Hopkins Press. Baltimore, 1965.

9. Martinez A. R. — Estimation of petroleum resources. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 1966, No. 9
10. Mayer-Gürr A. — Ein Wort zur Klärung und ein Vorschlag zur Koordinierung. Erdöl u. Kohle, 1969, H. 3.
11. Nieruczew S. G., Dwali M. F., Krotowa W. A. i drugie — Poiskowyje kriterii prognoza nieftiegazonosnosti. Trudy WNIGRI. wyp. 269. Niedra, Leningrad, 1969.
12. Polster Ł. A., Napolskij M. S. — Principy oceny pierspektiw nieftiegazonosnosti krupnych terytorij. Niedra, Leningrad, 1964.
13. Rodłonowa K. F. — K woprosu ob ocenke prognoznych zapasow niefti objemno-gienieticzskim miedodom. Gieoł. Niefti i Gaza, 1964, nr 12.
14. Stamberger F. — Zur Berechnung prognosti-

scher Erdöl und Erdgasvorräte. Z. angewandte Geol., 1962, H. 6.

15. Trofimuk A. A. i drugie — Nowyje warianty objemno-gienieticzeskogo miedoda ocenki prognoznych zapasow niefti i gaza. Gieoł. Niefti i Gaza, 1972, nr 5.
16. Weeks L. G. — Concerning estimates of potential petroleum reserves. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 1950, No. 10.
17. Weeks L. G. — Worldwide review of petroleum exploration. Proceedings VI th World Petroleum Congress. Francfort/Main, 1963.
18. Zdanow M. A., Gordinskij Je. W. — Podszet prognoznych zapasow niefti i gaza. Niedra, Moskwa, 1968.
19. Żytko J. — Rozwój pojęć związanych z klasyfikacją (podziałem) zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w ZSRR i niektórych innych krajach oraz jego znaczenie gospodarcze. Geofiz. i Geol. naft., 1968, nr 3—5.

SUMMARY

At present, oil and earth gas deposits make about 60 per cent of the World requirements for fuels. They are also the basic raw materials of chemical industry. Their exploitation is constantly increasing, e.g., 7 to 9 per cent per year. Evaluation of the perspective development in oil and gas exploitation in different countries and in the World up to the year 2000 and even after that time is the subject of constant interest. It is predicted that in the years 1970—2000 it will be necessary to find a few times greater resources of these mineral resources than in the previous over one hundred years' period. In connection with this the methods of quantitative and qualitative evaluation of World oil and gas, as well as bituminous rocks prognostic resources are the subject of constant considerations and studies. The present methods of prognostic quantitative evaluations are inadequate. The methods of comparative geological analysis, based on complex studies of geological structure and of geological setting of oil and gas fields are of primary importance so far; additionally, various modifications of volume-statistical, volume-genetic, and balance methods, as well as statistical methods utilizing various mathematical functions are applied. Research works into optimalization of comparative geological analysis and of volume-genetic methods are considered to be of primary importance.

РЕЗЮМЕ

Нефть и природный газ удовлетворяют ныне 60% мирового потребления энергетического сырья и являются важнейшим химическим сырьем. В связи с этим постоянно возрастает их добыча, достигающая в последнее время 7—9% в год. Составляются прогнозные оценки развития добычи нефти и газа по отдельным странам и в мировом масштабе до 2000 года и даже после этого периода. Предусматривается, что за период 1970—2000 г.г. возникнет необходимость выявления запасов в несколько раз превышающих запасы этих видов полезных ископаемых, выявленные за весь предшествовавший свыше 100-летний период. В связи с этим, насущным предметом рассуждений являются методы оценки количества прогнозных запасов нефти и природного газа, а также битуминозных пород. Разработанные до сих пор методы количественной оценки прогнозных запасов страдают рядом недостатков. Главную роль играют в настоящее время методы сравнительного геологического анализа, основанные на всестороннем изучении геологического строения и условий распространения нефти и газа. В качестве вспомогательных методов используются разные модификации объемно-статистического и объемно-генетического методов, балансовый метод и статистические методы с использованием разных математических функций. Важное значение придают исследованиям по усовершенствованию методов сравнительного геологического анализа и объемно-генетического метода.