

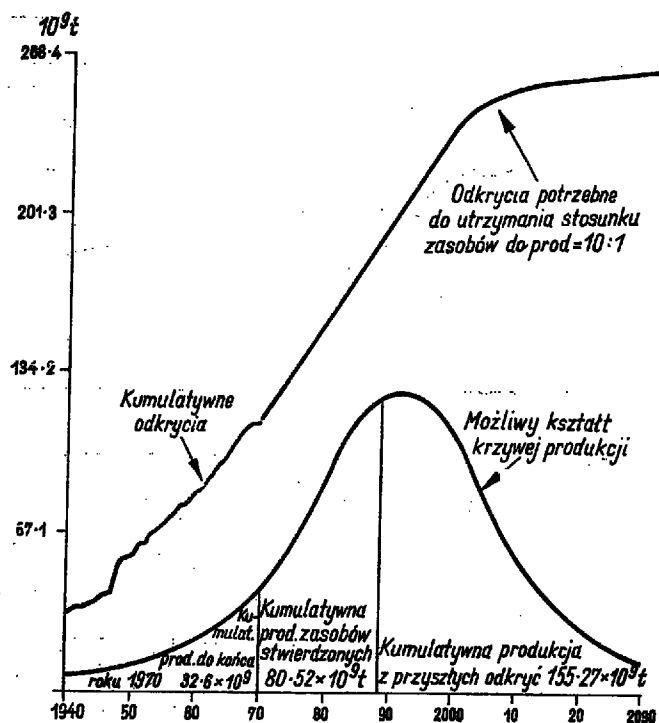
POSZUKIWANIE ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW NA MORZACH

UKD 553.981/.982.003.1:551.351.2(100)

Światowe zapotrzebowanie na ropę naftową i gaz ziemny i ich produkty będzie rosło geometrycznie tak długo, jak długo będzie zwiększał się przyrost ludności i potrzeba energii do napędu różnego rodzaju maszyn i instalacji oraz produktów chemicznych, plastykowych i nawozów sztucznych. Przewiduje się, że przy obecnym postępie zapotrzebowania świat zużyje do 2000 r. od 87 do 134 mld t ropy naftowej, a zużycie gazu może osiągnąć 3,5 bln m³ rocznie. Na jednym z niedawnych sympozjów w W. Brytanii zwró-

cono uwagę, że jeśli wzrost zapotrzebowania na ropę w wysokości 7% rocznie utrzyma się w przyszłości, to zapotrzebowanie to podwoi się w następnej dekadzie, wzrośnie ośmiokrotnie w ciągu następnej generacji i powiększy się więcej niż tysiącrotnie w ciągu stulecia.

Zasoby ropy naftowej, które stwierdzono w ciągu ostatnich 110 lat i które wynoszą ok. 110 mln t zostaną wyczerpane jeszcze przed 1990 r. Aby utrzymać minimalny stosunek produkcji do zasobów jak 1:10



Ryc. 1. Projektowany wzrost produkcji ropy i zasobów w świecie (wg H. R. Warmana, 1971).

Fig. 1. Planned increase in oil production and oil resources in the world (after H. R. Warman, 1971).

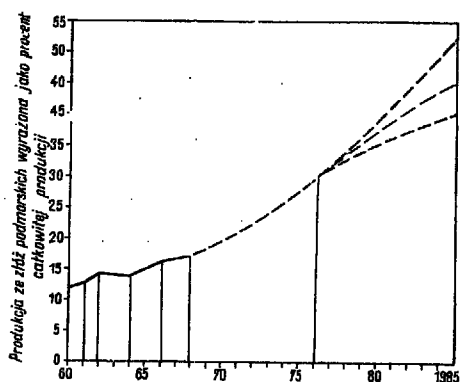
należy w ciągu następnych 30 lat znaleźć następne 110 mld t (ryc. 1).

W tej sytuacji wysiłki w celu rozwiązania problemu zaspokojenia rosnącego zapotrzebowania na paliwa płynne i gazowe muszą być wielorakie, wielotorowe, powinny objąć geograficznie i środowiskowo poszerzone poszukiwania przy zastosowaniu ulepszonej technologii poszukiwań oraz najnowocześniejsze metody eksploatacji i konserwacji złóż, jak też częściowe zastąpienie paliw płynnych i gazowych innymi formami energii. Jest pożądane również ewentualne wyeliminowanie ropy naftowej jako jednego z głównych źródeł energii, nie tylko dlatego, że odkrywanie jej złóż stało się coraz trudniejsze i droższe, ale także i z tej przyczyny, że spalanie jej w silnikach i instalacjach jest ekonomicznie i ekologicznie mało uzasadnione oraz szkodliwe. Ropa naftowa jest bardziej przydatnym materiałem wyjściowym do produkcji bardziej wartościowych materiałów petrochemicznych z nawozami sztucznymi i produktami żywnościowymi włącznie.

Spośród wymienionych zadań i możliwości rozwiązań najważniejszym jest znalezienie i przyrost nowych zasobów i jak najsprawniejsza eksploatacja złóż starych oraz nowych.

OBSZARY KONTYNENTALNE

Przez prawie 100 lat cały wysiłek poszukiwawczy i produkcja węglowodorów ograniczały się do obszarów lądowych i obecnie właściwie jest niewiele rejonów na kontynentach, gdzie by ta specyficzna działalność człowieka nie miała miejsca w mniej lub bardziej zaawansowanej formie. Zdajemy sobie jednak sprawę, że dotychczas odkryte wielkie zasoby węglowodorów na Bliskim Wschodzie, w Afryce, Ameryce, ZSRR (zwłaszcza na Syberii) nie wyczerpały możliwości dalszych wielkich i mniejszych odkryć. Pozostały też na lądzie pewne znaczne rejon, np. w Azji, Ameryce Płd., Arktyce oraz Antarktyce, gdzie do tej pory działalność poszukiwawcza była minimalna. W pogoni za nowymi odkryciami węglowodorów trzeba będzie przekroczyć różne granice geograficzne, klimatyczne, polityczne, socjologiczne.



Ryc. 2. Procentowy wzrost produkcji ropy ze złóż morskich (wg „Ocean Industry”, 1970).

Fig. 2. Increase in oil production from marine oil fields, in per cents (after „Ocean Industry”, 1970).

OBSZARY MORSKIE

Na początku lat czterdziestych przyspieszająca się działalność poszukiwawcza przekroczyła granice lądowe i zeszła początkowo ostrożnie w zalewy i bagna Luizjany, w śródlądowe jezioro Maracaibo i inne przybrzeżne wody Ameryki Pn., by później, coraz śmielej i coraz dalej i głębiej wejść na wody oceanów oblewających wszystkie kontynenty świata.

To zejście na nowy, obcy świat morski podyktowane było okolicznością, iż pewne struktury i całe baseny sedimentacyjne występujące na lądzie mają swoje przedłużenie pod wodami okalających mórz. Później odkryto, że występowanie wszelkich niecek osadowych wzdłuż brzegów kontynentów jest prawie nagminne. Około 30% węglowodórnośnych basenów świata daje produkcję częściowo lub wyłącznie spod morza.

Do basenów mających swe przedłużenie pod morzem należą: Cook Inlet (Alaska), Suez, Los Angeles, Ventrya/Santa Barbara (Kalifornia), Baku, Maracaibo, La Brea/Parinas, dolina Padu, wschodnie Borneo, północne Borneo, Trynidad, Gabon, delta Nigru i Missisipi, basen arabsko-irański, Tampico i Zatoka Meksykańska.

Do basenów z produkcją wyłącznie lub prawie wyłącznie spod morza należą: angielski basen Morza Północnego, angielsko-norweski basen trzeciorzędowy, północna część Morza Czerwonego, Kabinda/Kongo, australijskie baseny północno-zachodnie i Gipsland, Morze Japońskie, Taranaki (Nowa Zelandia), tunezyjski, delty Nilu i basen Walencji oraz Barcelony.

Obecnie około 16% światowej produkcji ropy i gazu pochodzi ze złóż podziemnych; za 15 lat procent ten może wzrosnąć do 35, a nawet do 50 lub więcej przed końcem stulecia (ryc. 2).

PODMORSKIE PROWINCJE FIZJOGRAFICZNE

(ryc. 3)

Poszukiwanie złóż węglowodorów, a w szczególności ich produkcja ograniczały się przeważnie do strefy przybrzeżnej będącej przedłużeniem masy kontynentalnej pod stosunkowo płytkimi wodami mórz i oceanów. Strefa ta z angielską zwaną „Continental shelf” (szelf kontynentalny) o przeciętnej szerokości 75 km i średnim upadzie 0°07' zmodyfikowanym w licznych miejscach wzniesieniami i wgłębieniami, o amplitudzie 20 m i więcej, jej zewnętrzny (odmorski) kraniec zaznacza się zmianą upadu powierzchni z przeciętnej 0°07' do 5° należącego już do przyległej jednostki fizjograficzno-geologicznej zwanej skarpą kontynentalną („Continental slope”), o głębokości nadległych wód wynoszącej od 130 m do 200 m. Międzynarodowa konwencja morska z 1958 r. ustaliła granice tej strefy do 200 m głębokości nadległych wód

lub poza tę linię — do granic eksploatacji zasobów naturalnych. Ogólna powierzchnia tej strefy wynosi 22 mln km², z czego tylko 3,3% stwierdzono jako produktywną; ogromna reszta to obszary nieproduktywne i potencjalnie produktywnie — te ostatnie, to pole obecnych i przyszłych poszukiwań i możliwych odkryć.

Szelf kontynentalny wraz z przyległą skarpą kontynentalną tworzy podmorską prowincję fizjograficzną zwaną „Continental terrace” (taras kontynentalny), której powierzchnia wynosi 55 mln km². Obejmuje ona także dna wielkich mórz częściowo lub zupełnie otoczonych lądem, jak np. Morza Północne, Bałtyckie, Irlandzkie, Adriatyckie, Barentsa, itd. Należą tu też morskie dna pod cieśninami, przesmykami i kanałami oddzielającymi większość wysp i archipelagów od sąsiednich lądów — np. Cieśnina Bassa, Kanał Santa Barbara, Kanał La Manche itp.

Skarpa kontynentalna opada przeciętnie pod kątem 5° od końca szelfu do głębokości od 1500 do 4000 m (przeciętnie 2500 m); jej szerokość waha się od 20 do 40 km, a powierzchnia pocięta jest wielkimi kanionami.

Następna jednostka fizjograficzna zwana „Continental rise” (wzniesienie kontynentalne) o ogólnej powierzchni ponad 10 mln km² sięga do głębokości do 5000 m i jest ostatnim elementem składowym, tzw. „Continental margin”, tj. podmorskiej strefy kontynentalnej.

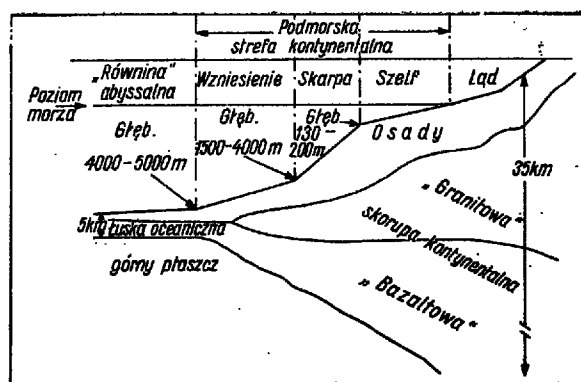
Wszystkie trzy prowincje fizjograficzne — szelf, skarpa i wzniesienie — są morfologicznym wyrazem wielkiego klina klastycznego zdeponowanego na podłożu skorupy kontynentalnej („Continental crust”) w środowisku wodnym z materiału mającego źródło na lądzie. Ten ogólny model, analogiczny w swej geometrii do klina deltaicznego, uległ zmodyfikowaniu wskutek tektoniki podłoża, wulkanizmu, ruchów soli i tworzenia się raf. Szczególnie w rejonach wielkich łuków wysp („island arcs”) częste wydarzenia orogeniczne rozbijają ten prosty klin detrytalny na skomplikowany system krótkotrwałych basenów, wyżów i grzbietów.

ROZWOJ PRAC POSZUKIWAWCZYCH NA MORZU

Poszukiwanie węglowodorów na morzu nie ogranicza się tylko do strefy szelfu; w ostatnich latach badaniami objęte zostały obszary wód głębszych z głębokimi oceanicznymi włączanie, a uzyskane informacje coraz bardziej potwierdzają początkowe przypuszczenia i tezy o ogromnym rozprzestrzenieniu i wielkiej miąższości osadów całej podmorskiej strefy kontynentalnej i głębi oceanicznej. Weźmy np. strefę wzniesienia kontynentalnego zbudowanego z osadów przyniesionych z lądu przez prądy dennie, ruchy grawitacyjne i masowe spływanie wzdłuż podmorskich kanionów. W wielu miejscach osady te osiągają miąższość 3000 m, a sumarycznie przedstawiają największą na świecie masę sedymentacyjną, której potencjał węglowodnorodności jest może większy niż szelfu i skarpy łącznie. Realizacja tego potencjału zależy od postępu technologii eksploatacji złóż i transportu pod wodami o wielkiej głębokości.

Aktualnie poszukiwawcze prace geofizyczne (głównie sejsmiczne) i wiertnicze prowadzone są w rejonach morskich przylegających do około 75 krajów.

Morska sejsmika, szczególnie sejsmika refleksyjna uległa ogromnemu udoskonaleniu. Energii z eksplozji materiałów wybuchowych zastąpiono innymi mniej dla życia morskiego szkodliwymi i tańszymi urządzeniami produkującymi pożądane fale akustyczne z jednoczesnym umożliwieniem ciągłości profilowania sejsmicznego („Continuous recording”). Zastosowanie cyfrowej rejestracji uzyskanych danych sejsmicznych pozwoliło na ich analizę za pomocą komputerów, co nie tylko przyspieszyło cały proces, lecz pozwoliło na większy wybór systemów interpretacyjnych. Opierając się na zasadach holografii optycznej włożono ostatnio wiele wysiłku badawczego w stworzenie i rozwój holografii akustycznej, czyli fal elastycz-



Ryc. 3. Fig. 3.

nych ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania tej metody w sejsmice morskiej. Spośród różnych systemów nawigacji morskiej dwa z nich (radar) i nawigacja za pomocą satelitów okazały się prawie niezawodne i wolne od geograficznych i atmosferycznych wpływów oraz ograniczeń. Oba systemy usprawniły i przyspieszyły badania geofizyczne dokonywane ze statków.

Ogólnie biorąc sejsmika morska jest około trzy razy tańsza od lądowej; pozwala ona na sprawne planowanie i wykonanie prac na wielkich obszarach wodnych, wolnych od przeszkód i ograniczeń tak często utrudniających postęp na lądzie.

Jeszcze kilka lat temu obliczano, że wykonanie poszukiwawczego programu na obszarach szelfowych świata wymagać będzie ponad 68 000 sejsmo-grup miesięcy, co przy przeciętnej wówczas rocznej wydajności zabrałoby 70–80 lat, zakładając, że wydajność sejsmicznych prac morskich jest coraz to większa okres ten można by poważnie skrócić, gdyby nie to, że jednocześnie poszukiwania rozszerzają się poza szelf na pozostałe prowincje podmorskiej strefy kontynentalnej.

W porównaniu z sejsmika operacje wiertnicze na morzu są trudniejsze i wielokrotnie droższe, są one również trudniejsze, bardziej ryzykowne i na ogół droższe niż wiercenia na lądzie. Głębokość wody, wielkość fal, różnica wysokości między przypiływem i odpływem, prądy węgłbne, rodzaj dna, warunki atmosferyczne, a siła wiatrów w szczególności, odległość od brzegów i bazy zaopatrzeniowej i naprawczej — oto ważniejsze czynniki i okoliczności, które decydują o sprawności i kosztach wierceń na morzu. Według jednej ze światowych firm naftowych koszty wiercenia na polu ropnym o 14 otworach i dziennej produkcji 17 000 t wyniosłyby około 11,5 mln dol. (na morzu o umiarkowanej głębokości) w porównaniu z 4 mln dol. na lądzie. Koszty rozbudowy złoża wyniosłyby około 13,5 mln dol. na morzu w porównaniu z 4,7 mln dol. na lądzie.

Z grubsza można rozróżnić cztery typy morskich rygów wiertniczych, a to:

- 1) stałe platformy na palach, molach, sztucznych wyspach itp.,
- 2) pokłady statków,
- 3) platformy częściowo zanurzalne,
- 4) platformy na wysuwalnych kolumnach stojących na dnie morza w czasie wiercenia i podnoszonych do transportu.

Rygi dwu ostatnich typów są albo holowane, albo samonapędowe. Rygi na pokładach statków posiadają zdolność wiercenia na wodach głębokich, poniżej 200 m.

Jakkolwiek możliwe jest wiercenie otworów poprzez bardzo głębokie wody jak to wykazał statek badawczy „Glomar Challenger”, to jednak graniczną głębokością wody dla wierceń poszukiwawczych, w których możliwe jest ponowne wejście w otwór i wykonanie prób złożowych jest 200 m. Ostatnio w ka-

nale Santa Barbara (Kalifornia) odwiercono poszukiwawcze otwory na wodach o głębokości 300 i 400 m i planuje się tam wiercenie na jeszcze głębszych wodach.

Inną kwestią jest głębokość wody, która pozwala na operacje związane z produkcją otworów, tu granicą jak dotychczas jest 100–120 m. Aby pokonać tę granicę od lat pracuje się nad różnymi systemami przygotowania, produkcji i transportu na dnie morza, systemy te mogą być kontrolowane z powierzchni lub z dna morskiego.

Wiercenie otworów produkcyjnych odbywa się zwykle z platform stałych o pojemności od kilku do 56 otworów kierunkowych każda (np. pole ropne Kingfish w „Bass Strait” w Australii produkuje z 48 otworów na dwu platformach, a w planie jest trzecia 27-otworowa platforma).

Szczególne zainteresowanie od kilku lat wzbudza projekt głębokomorskich wierceń badawczych wykonywanych od 1968 r. przez uprzednio wspomniany statek wiertniczy „Glomar Challenger” na wszystkich morzach świata. Jest on własnością firmy Global Marine Inc. z Los Angeles, która również prowadzi wiercenia i rdzeniowania jako wykonawca na podstawie umowy z Scripps Institution of Oceanography Uni-

wersytetu Kalifornijskiego. Ta ostatnia instytucja kieruje tym głębokomorskim projektem wiertniczym na podstawie umowy z National Science Foundation.

„Glomar Challenger” waży ponad 11 000 ton, długość około 122 m, a wieża wiertnicza o pojemności około 454 ton wznosi się na wysokość 59 m ponad linią wody. Dla utrzymania swej pozycji nad odwiertem statek jest „sterowany” systemem dynamicznym. Dwa lata temu po raz pierwszy udało się wejść z powrotem do odwiertu stosując radar w celu umiejscowienia odpowiedniego leja umieszczonego w rurach na dnie morza, do którego (znów radarem) kieruje się dolną część przewodu wiertniczego. Umożliwiło to zmianę wiertła i koronek rdzeniowych, powiększając w ten sposób głębokość penetracji w górotwór pod dnem morza.

Do końca r. 1971 ze statku odwiercono 340 otworów na 225 lokacjach, w wodach do głębokości 6194 m; maksymalna penetracja w podłożu oceaniczne wynosiła 1184 m. Ogółem w ciągu 3,5 roku penetracja osiągnęła 90 005 m, uzyskując 15 850 m rdzeni na sumaryczną długość rdzeniowania z 27 085 m. Długość przebytej trasy wyniosła 168 802 km. Straty czasu spowodowane awariami wyniosły mniej niż 1%.

SUMMARY

The article discusses world demand for oil and gas; in connection with the decreasing land resources of these materials, searching on shelves has been started. With constantly increasing consumption of these raw materials only exploitation of oil and gas fields from the sea bottom, at an ever increasing depth, may balance the deficiency of these fuel materials on the continents. Thus, the examination of any marine sedimentary basins and selection of the productive ones will be the main task of future oil and gas prospecting. The greater part of the paper deals with the progress in oil and gas prospecting on the sea; the present technical possibilities of hydrocarbon exploration and exploitation are stressed.

РЕЗЮМЕ

Во время полевых инженерно-геологических работ, связанных со строительством Лазенковской артерии в Варшаве, было взято около 1000 образцов связанных грунтов, которые исследовались лабораторными методами. Полученные данные послужили основой для проведения корреляции между литологическим составом и физико-механическими параметрами грунтов. В итоге этого были получены интересные функциональные зависимости, в значительной степени соответствующие данным, которые были получены В. Фортунатов, Т. Каньским, Э. Мыслинской и Д. Шишло. Кажется вполне обоснованным дальнейшее продолжение анализов, предпринятых автором, что в значительной степени сократит трудоемкие и дорогостоящие лабораторные исследования, необходимые для целей строительства.