

ROPO- I GAZONOŚNOŚĆ PALEOZOIKU POLSKIEJCZĘŚCI SYNEKLIZY PERYBAŁTYCKIEJ

UKD 553.981/982.041:551.73:551.242.5.054(438+261.24—13)

W ostatnim dwudziestolecu, na obszarze polskiej części syneklizy prowadzono systematyczne, regionalne badania geologiczne, mające na celu poznanie budowy geologicznej tej części kraju i w ślad za nimi rozwinięto, zakrojone na szeroką skalę, poszukiwania złóż węglowodorów. Nie uzyskano jednak poważniejszych efektów złożowych. Spowodowało to w ostatnich latach przerwanie badań. Wydaje się jednak celowe zwrócić uwagę na pewne zagadnienia dotychczas nie wyjaśnione, wskutek niepełnego jeszcze rozpoznania geologicznego tej części kraju. Jest to o tyle ważne, że synekliza perybałtycka stanowi zachodni kraniec platformy wschodnioeuropejskiej i kontaktuje się na zachodzie z platformą paleozoiczną. W związku z tym zbadanie strefy między platformą prekambryjską a obszarem o skonsolidowanym podłożu kaledońskim ma ogromne znaczenie poznawczo-surowcowe (42). Ponadto synekliza perybałtycka jest częścią lądową prowincji bałtyckiej, obejmującej południowy akwen Morza Bałtyckiego, budzący ostatnio duże zainteresowanie pod kątem poszukiwań złóż ropy naftowej i gazu ziemnego (15, 24, 1). W związku z tym dokonano oceny prognoz ropo- i gazonośności utworów paleozoicznych i określono kierunki dalszych badań, uwzględniając wyniki ostatnich syntetycznych opracowań (34, 18). Zagadnienia te przedstawiono na tle zarysu głównych etapów rozwoju badań oraz warunków powstawania, migracji i akumulacji węglowodorów.

GŁÓWNE ETAPY ROZWOJU BADAŃ

W okresie powojennym, w latach 1954—1956, z inicjatywy Instytutu Geologicznego wykonano w północnej Polsce regionalne zdjęcia magnetyczne i gravimetryczne. Opracowanie wyników tych zdjęć (10, 31) ujawniło zróżnicowanie morfologii podłoża krystalicznego, w tym także zarysy wyniesienia mazursko-suwańskiego i obniżonego obszaru syneklizy perybałtyckiej. W 1956 r. W. Pożaryski przedstawił ogólny zarys budowy podłoża naszego kraju, wyróżniając między innymi „depresję perybałtycką” i „wyniesienie mazurskie” (28). Podział ten stał się podstawą dla geologicznych badań ogólnych, tzw. I etapu. W 1957 r. opracowano projektowe założenia geologiczne badań ogólnych podłoża Polski Północnej (43).

Podano tam charakterystykę tektoniczną tej części kraju, uwzględniającą wszystkie najważniejsze poga-

dy, od A. Jentzscha poczynając (1888), poprzez W. Teisseyre'a, A. Tornquista i innych, aż do S. Pawłowskiego (27) oraz A. Dąbrowskiego i K. Karaczuna (10) włącznie. Dla analizy interpretacji budowy geologicznej posłużono się 220 głębszymi i płytszymi ważniejszymi wynikami wierceń zarówno za obszaru Polski, jak i z terenów przyległych. Ponadto wykorzystano wszystkie dostępne publikowane opracowania z radzieckiej części syneklizy perybałtyckiej, gdzie badania były już znacznie zaawansowane (17). Na podstawie tych założeń projektowych, w latach 1958—1961 odwiercono otwory Pastek IG 1, Bartoszyce IG 1 i Góldap IG 1 oraz prowadzono prace sejsmiczne i sondowania refrakcyjne. Wyniki opracowywano na bieżąco (11, 31, 32, 41, 39), uwzględniono przy tym efekty badań prowadzonych na przyległych obszarach Litwy i Obwodu Kalingradzkiego (40). W 1962 r., pod kierunkiem W. Pożaryskiego, podsumowano wyniki tzw. I etapu badań podstawowych i wyznaczono kierunki dalszych prac.

W odniesieniu do obszaru syneklizy perybałtyckiej stwierdzono, że występują tu perspektywiczne pod kątem ropo- i gazonośności osady dolnego paleozoiku. Wyniki badań hydrochemicznych i geochemicznych potwierdziły perspektywiczność formacji dolnopaleozoicznych na tym obszarze, jednak wobec niewielkiego zakresu badań I etapu nie wykryto jeszcze wtedy w polskiej części syneklizy odpowiednich form strukturalnych i nie poznano dostatecznie wykształcenia fałdalnego utworów paleozoicznych. W związku z tym już w końcu 1962 r. opracowano projekt dalszych prac badawczych (22). W latach 1963—1967 odwiercono otwory Olsztyn IG 1 i 2 oraz Kętrzyn IG 1 i 2, usytuowane na przekrojach sejsmicznych.

Zadaniem tych otworów wiertniczych było zbadanie perspektywiczności osadów dolnopaleozoicznych w warunkach ich wyklinowywania ku wyniesieniu mazursko-suwańskiemu. W otworze Kętrzyn IG 1 z poziomu wapieni gruzłowych dolnego syluru otrzymano słaby przypływ ropy naftowej. W 1967 r., pod kierunkiem S. Tyskiego i S. Depowskiego, podsumowano badania i przedstawiono ocenę prognoz ropo- i gazonośności syneklizy perybałtyckiej, uwzględniając także wyniki poszukiwań na obszarze Obwodu Kalingradzkiego i na Litwie (16). Zwrócono przy tym uwagę, że bardziej perspektywiczna może być zachodnia część syneklizy, gdzie pełniej wykształcone

teryogeniczne osady kambru przykryte są miąższymi seriami uszczelniającymi ordowiku i syluru i gdzie bardziej korzystnie zarysowywały się przesłanki geochemiczne.

Potwierdzeniem tych wniosków było uzyskanie w kilka lat później przypływu ropy naftowej z piaskowców środkowego kambru na wyniesieniu Łeby, w okolicach Żarnowca (36). Poważnym impulsem rozwinięcia na szeroką skalę badań w polskiej części syneklizy było także odkrycie w 1968 r. złoża ropy naftowej w okolicach Krasnoborska około 80 km na E od Kaliningradu i wkrótce — dalszych kilkunastu złóż (36). Nastąpiła koncentracja prac sejsmicznych górnictwa naftowego, mających za zadanie wykrycie lokalnych struktur dla wierceń poszukiwawczych. Najlepsze rezultaty w badaniach sejsmicznych otrzymano we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej — na wschód od doliny Wisły. Dlatego też w tej części sytyowano wiercenia poszukiwawcze. Niestety nie uzyskano pozytywnych, przemysłowych efektów. Przyczyną niepowodzeń, oprócz mniejszej perspektywiczności brzeżnych stref wschodniej części syneklizy, była niedoskonałość geofizycznych metod badawczych. Niewielkie rozmiary i małe amplitudy lokalnych struktur, mających głównie blokowy charakter, wymagają bowiem niezwyklej precyzji w badaniach sejsmicznych. Ocena wyników tego etapu poszukiwań zawarto w 1972 r. w cyklu antykułów F. Stolarczyka i S. Tyskiego (35—37), a także E. T. Bałaszowa, G. A. Karamzina, L. Kniesznera, E. Poleszaka i innych (2—4).

Słabsze rozpoznanie zachodniej, głębszej części syneklizy perybałtyckiej — na zachód od doliny Wisły wymagało dalszych badań. Odwiercono tu więc ponad 20 otworów i wykonano znaczny zakres prac sejsmicznych. Z punktu widzenia złożowego korzystne rezultaty uzyskano z otworów Żarnowiec IG 1 i 4a oraz Dębki 2. Ze stropowej serii piaskowców kambru środkowego otrzymano tonowe przypływy ropy naftowej na dobę. Podsumowania wyników badań w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej dokonano w zbiorowym opracowaniu wykonanym w 1976 r. pod redakcją B. Arenia (33). Ostatnimi monograficznymi opracowaniami, dotyczącymi geologii i ropogazoności otworów paleozoicznych w północno-wschodniej Polsce są: praca F. Stolarczyka (34) i opracowanie zbiorowe wykonane pod kierunkiem S. Depowskiego (18). Wszystkie wymienione prace nie wyczerpują oczywiście bardzo bogatej literatury geologicznej, odzwierciedlają jednak podstawowe etapy rozwoju badań na obszarze syneklizy perybałtyckiej leżącym w granicach Polski.

W radzieckiej części syneklizy perybałtyckiej, na obszarze Litwy i Obwodu Kaliningradzkiego, badania geologiczne — rozpoczęto znacznie wcześniej aniżeli w północnej Polsce — dały przemysłowe przypływy ropy naftowej z poziomów piaskowcowych kambru środkowego (17, 20, 28). Ogółem odkryto tam 19 złóż ropy naftowej (18), z których złożo Ładuszkino, położone najbliższej polskiej granicy, ma największe znaczenie dla oceny prognoz ropogazoności naszej części syneklizy.

WARUNKI POWSTAWANIA, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

W staropaleozoicznym kompleksie osadowym syneklizy perybałtyckiej za zbiornikowe prawie wyłącznie można uważać piaskowcowe utwory kambru. Na podstawie badań geochemicznych (6—9, 12, 14, 19), określono serie skał macierzystych, stopień przeobrażenia substancji organicznej, warunki migracji itp. Za skały macierzyste dla złóż węglowodorów uznano przede wszystkim ilowcowe osady syluru, a w części zachodniej syneklizy — także ordowiku i kambru. Za przyjęciem takiego poglądu, poza litologią, przemawia zawartość i stopień przeobrażenia substancji organicznej, podwyższona zawartość węgla organicznego (do 0,7%), jak również niski poziom potencjału oksydacyjno-redukcyjnego. W utworach kambru i ordowiku wschodniej części syneklizy perybałtyckiej istniały znacznie mniej korzystne warunki do nagromadzenia się i zachowania substancji organicznej niż w czę-

ści zachodniej. Potencjał oksydacyjno-redukcyjny jest tutaj wyższy, zmniejsza się ilość substancji organicznej i bitumicznej.

Najwyższy stopień przeobrażenia substancji organicznej stwierdzono w utworach dolnopaleozoicznych na wyniesieniu Łeby. Substancja bitumiczna przeszła tam już główne stadium generowania węglowodorów (8). Natomiast w sylurze brzeżnej strefy wschodniej części syneklizy perybałtyckiej wpływ czynników geologicznych nie był tak silny, aby doprowadzić skały do stadium przemian substancji organicznej w ropę naftową.

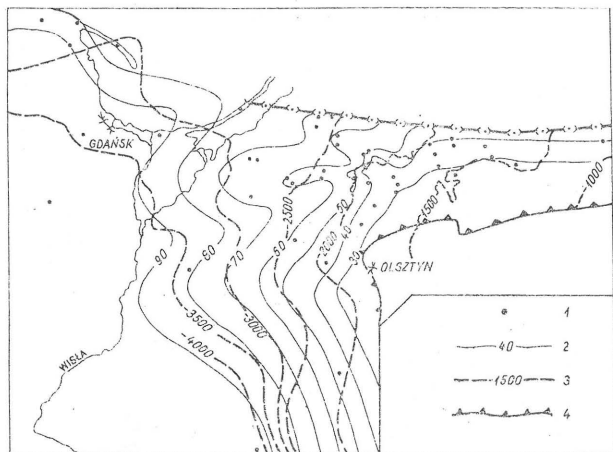
Procesy migracji węglowodorów i ich akumulacja w złoża uwarunkowane były tektonicznym rozwojem badanego obszaru. Główną rolę w procesie formowania się złóż ropy i gazu miała migracja lateralna (12, 16). Lokalne podniesienia, spełniające warunki zamknięcia złożowych, powstawały w syneklizie już w początkowym okresie tworzenia się pokrywy osadowej, co stanowi sprzyjający czynnik procesów akumulacji węglowodorów. Po kambrze dolnym uformowały się niektóre lokalne podniesienia, związane ze strefami nieciągłości tektonicznych o dominującym równoleżnikowym przebiegu. Brak korzystnych warunków generowania w tym czasie węglowodorów nie stwarzał możliwości powstawania złóż. Nieco korzystniejsze warunki generowania i akumulacji węglowodorów mogły ewentualnie zaistnieć po przykryciu piaskowców kambru nieprzepuszczalnymi utworami ordowiku. Ruchy fazy taksonskiej spowodowały dalsze nieznaczne podniesienie wcześniej zarysowanych struktur, co znalazło także odbicie w miąższościach i facjach dolnego syluru. Jednakże ogólne pochylenie platformy ku SW, podkreślone przez aktywne wówczas uskoki południkowe, przy nieznacznej amplitudzie lokalnych struktur stwarzało układ, w którym ewentualne zamknięcia złożowe były zapewne w większości „otwarte” w kierunku wychodni warstw.

Generalne pogrążanie się zachodniej syneklizy, począwszy od dolnego syluru, wywarło wzmoczoną migrację bituminów z części obniżonych (9, 33). Pod koniec sedimentacji syluru osady kambru w zachodniej części syneklizy znalazły się na głębokości przekraczającej 3000 m. Temperatury mierzone obecnie na tej głębokości wynoszą około 70°C (ryc. 1). Jeśli uwzględnić 10% wzrost gradientu stopnia geotermicznego dla utworów paleozoicznych, sugerowany przez M. Kotarbę (23), to otrzyma się optymalne warunki termodynamiczne dla tworzenia się węglowodorów.

Podobne stanowisko zajmuje J. Majorowicz (25). Pisze on, że istotne z punktu widzenia kryteriów termodynamicznych złóż węglowodorów jest określenie stref, gdzie temperatura była wyższa od 60°C, a więc zasięgu takich warunków, gdzie przy sprzyjających czynnikach geologicznych mógł zachodzić proces katagenezy. J. Majorowicz (25) zwraca także uwagę, że według danych badaczy radzieckich W. P. Astafiewa, W. A. Muromcewa i A. A. Frejmamisa wszystkie przemysłowe złoża ropy na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego zlokalizowane są w strefach, gdzie temperatura stropu podłoża krystalicznego przekracza 70°C. W polskiej, wschodniej części syneklizy warunki termodynamiczne są mniej korzystne. Wspomniane parametry geotermiczne odnoszą się do czasów współczesnych. Wskaźnikiem dla wniosków paleogeotermicznych jest stopień metamorfizmu rozprozonej materii organicznej, charakteryzowanej przez refleksyjność wityritu.

Badania dotyczące powstawania złóż węglowodorów, prowadzone m.in. przez K. Landesa i N. Wassojowicza i in., wskazują że stopień metamorfizmu materii organicznej w powiązaniu z warunkami termodynamicznymi, panującymi w historii rozwoju geologicznego basenów osadowych, ma istotne znaczenie dla poznania historii generacji płynnych i lotnych węglowodorów. Jednocześnie istnienie wysokiego gradientu geotermicznego ma wpływ na mobilność węglowodorów, na ich migrację do skał zbiornikowych. Zagadnienia te ostatnio szerzej omówili S. Depowski i J. Majorowicz (14).

U schyłku syluru głębokie położenie osadów kambru, ordowiku i najniższego syluru w zachodniej części syneklizy sprzyjało uruchomieniu węglowodorów kambryjskich, ordowickich i zapewne dolnosylurskich



Ryc. 1. Rozkład przybliżonych wartości temperatur mierzonych w stropie kambru.

1 — otwory wiertnicze, w których wykonano pomiar temperatury w stropie kambru, 2 — izolinie przybliżonych wartości temperatur w stropie kambru w °C, 3 — izolinie stropu kambru w odniesieniu do poziomu morza, 4 — umowna granica syneklizy perybałtyckiej.

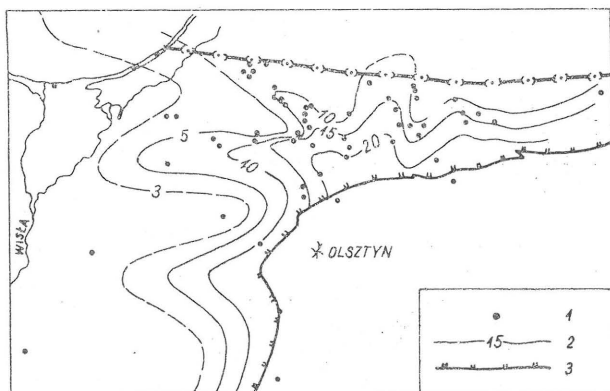
Fig. 1. Distribution of approximate values of temperatures recorded in top part of the Cambrian.

1 — boreholes, in which measurements of temperature were taken in top part of the Cambrian, 2 — isolines of approximate values of temperatures in top part of the Cambrian in °C, 3 — isolines of the top of the Cambrian in relation to mean sea level, 4 — conventional boundary of the Peribaltic Syncline.

oraz ich lateralne przemieszczanie w płytsze, peryferyjne strefy zbiornika sedimentacyjnego. Ruchy wznoszące pogórnosylurskie wywołane na platformie fałdowaniem obszaru geosynkinalnego na zachodzie (9) wzmogły raptownie procesy migracji węglowodorów. Powstałe już wcześniej południkowe dyslokacje, zrzucające zachodnie skrzydła strefy brzeżnej platformy, utworzyły układ przestrzenny skał, umożliwiając przemieszczanie się węglowodorów z osadów ordowiku i syluru do skał zbiornikowych — piaskowców kambru, a następnie dalszą migrację ku wschodowi.

W tym czasie nastąpiło intensywne podnoszenie się wyniesienia mazursko-suwańskiego. Uaktywnienie w związku z tym równoleżnikowego systemu dyslokacji i rozwój procesów erozyjnych we wschodniej części polskiego odcinka syneklizy perybałtyckiej było czynnikiem niekorzystnym dla zachowania ewentualnie wcześniej uformowanych złóż węglowodorów kambrskich. W sąsiedztwie wyniesienia mazursko-suwańskiego mogła odbywać się także ucieczka węglowodorów ku powierzchni erozyjnej syluru. W obszarze Obwodu Kaliningradzkiego względne obniżenie centralnej części syneklizy w okresie waryscyjskim sprzyjało dalszemu powstawaniu węglowodorów i ich przemieszczaniu ku południowym, podniesionym obszarom, leżącym w obecnych granicach Polski, gdzie pewne możliwości akumulacji węglowodorów mogły zaistnieć w ewentualnych zamknięciach złożowych w jej głębszej, północnej części. Natomiast dalej, ku wyniesieniu mazursko-suwańskiemu, liczne uskoki i spękania, a także znaczny stopień erozji skał uszczelniających nie sprzyjał akumulacji węglowodorów, zwłaszcza w pułapkach strukturalnych. Korzystniejsze warunki dla akumulacji węglowodorów istniały w zachodniej części syneklizy; tam ocalały znacznej miąższości serie uszczelniające syluru.

Po dolnym karbonie, prawdopodobnie w fazie sudeckiej (38) lub analogicznie do obszaru lubelskiego — w fazie asturyjskiej (12), nastąpiła kolejna zmiana modelu zbiornika perybałtyckiego, polegająca na maksymalnym podniesieniu skrajów platformy, zwłaszcza na przestrzeni od wyniesienia mazursko-suwańskiego po wyniesienie słupskie na północy. Regionalne nachylenie poziomów skał zbiornikowych kambru na zachodowi, przykrytych seriami uszczelniającymi, było w tym czasie najmniejsze i wynosiło około 2,5 m/km (obecnie ok. 8 m/km). W polskiej części syne-



Ryc. 2. Rozkład średnich wartości porowatości osadów kambru środkowego.

1 — otwory wiertnicze, 2 — izolinie porowatości oznaczonej laboratoryjnie, 3 — zasięg kambru środkowego.

Fig. 2. Distribution of mean porosity values for the Middle Cambrian.

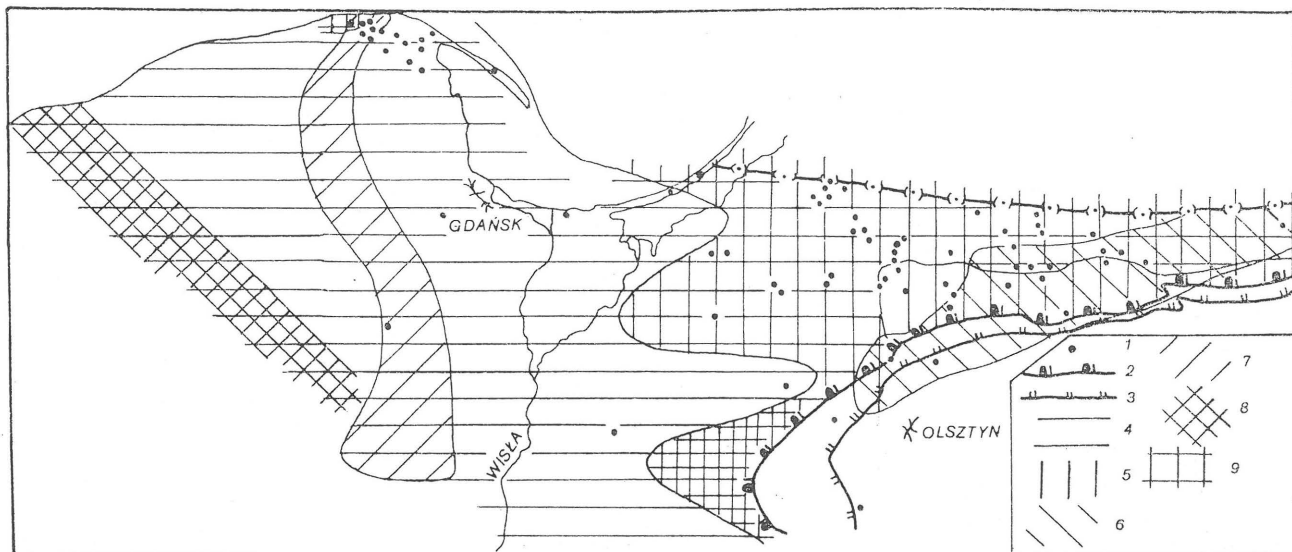
1 — boreholes, 2 — isolines of porosity values obtained in the laboratory, 3 — extent of the Middle Cambrian,

klizy perybałtyckiej lokalnie dodatnie elementy strukturalne o zwiększonych w ten sposób amplitudach, przykryte uszczelniającymi seriami syluru, akumulowały węglowodory, migrujące z bardziej obniżonych części zbiornika.

Korzystniejszy dla akumulacji węglowodorów okres ruchów waryscyjskich w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej trwał również i później (9). Natomiast konsekwentne podnoszenie się osadów staropaleozoicznych, w systemie wyraźnie wyodrębnionych w okresie przedpermskim bloków, w sąsiedztwie wyniesienia mazursko-suwańskiego nie sprzyjało w dalszym ciągu akumulacji większej ilości węglowodorów.

Pograżanie zachodniego skraju platformy w mezozoicznym okresie rozwoju sedimentacji mogło spowodować częściowe „otwarcie” niektórych zamknięć w tej strefie i przemieszczanie węglowodorów nieco na wschód w istniejące wyżej położone zamknięcia złożowe. Sprzyjającą okolicznością dla zachowania węglowodorów stało się przykrycie utworów niższego paleozoiku przez serie uszczelniające cechsztyńskie. Innym korzystnym czynnikiem dla akumulacji węglowodorów w okresie permomezozoicznym było utworzenie w tektonicznej strefie równoległej do północnego zbocza wyniesienia mazursko-suwańskiego, wzdłuż dolnopaleozoicznych wychodni podpermskich, wału zwiększonych miąższości wapienia cechsztyńskiego o cechach skały zbiornikowej (35). W jej obrębie mogły więc gromadzić się dolnopaleozoiczne węglowodory, pochodzące z północnej, głębszej części zbiornika. Lokalnie, w czasie ruchów obniżających w mezozoiku, istniały warunki dla pionowej migracji, dzięki uaktywnieniu się stref dyslokacyjnych. Dowodem tego zjawiska jest stwierdzenie genetycznej sylurskiej ropy w utworach wapienia cechsztyńskiego w otworze Ostrowo IG 1, a także śladowe ilości węglowodorów sylurskich w trzasku, w otworze Prabuty IG 1 (8).

Jednym z kryteriów oceny prognoz występowania gazu ziemnego i ropy naftowej jest także poznanie warunków hydrodynamicznych i hydrochemicznych. W odniesieniu do interesującego nas obszaru syneklizy, zagadnienia te ostatnio szeroko omawiał L. Bojarski (18). Obszarem alimentacyjnym jest wyniesienie mazursko-suwańskie. W brzeżnych strefach basenu ruch wód następuje ku centralnej jego części. Jednak w miarę wzrostu ciśnienia, przy zwiększonej mineralizacji wód, stwierdzono ascenzyjny ruch wód od centralnej do brzeżnej strefy basenu. Taki układ hydrodynamiczny może powodować migrację węglowodorów w kierunku wyklínowywania utworów starszego paleozoiku, wykorzystując strefy regionalnych naruszeń tektonicznych. Ogólnie rzecz ujmując, wody o wysokiej mineralizacji, powyżej 200 g/l występują na dużych głębokościach w kambrze zachodniej części syneklizy.

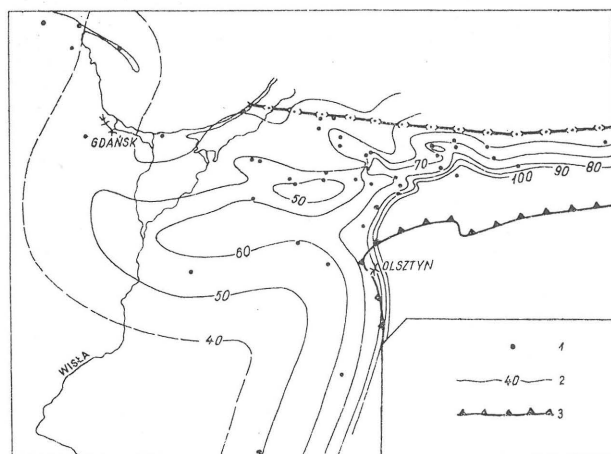


Ryc. 3. Mapa prognoz ropo- i gazonośności polskiej części syneklizy perybaltyckiej.

1 — otwory wiertnicze, 2 — zasięg osadów ordowiku, 3 — zasięg osadów kambru, 4 — obszar o korzystnych warunkach istnienia lokalnych struktur w osadach staropaleozoicznych, 5 — obszar o korzystnych warunkach zbiornikowych perspektywicznych osadów kambru środkowego, 6 — obszar optymalnych warunków litofacjalnych występowania węglowodorów w poziomie wapienia cechsztyńskiego i 7 — dolomitu głównego cechsztynu, 8 — strefa możliwego występowania perspektywicznych utworów rafopodobnych w ordowiku, 9 — obszary optymalnych warunków występowania węglowodorów w osadach kambru środkowego.

Fig. 3. Map of oil- and gas-bearing potential in Polish part of the Peribaltic Syneclize.

1 — boreholes, 2 — extent of the Ordovician, 3 — extent of the Cambrian, 4 — area of advantageous conditions for the occurrence of local structures in Lower Paleozoic rocks, 5 — area of advantageous reservoir conditions for perspective Middle Cambrian rocks, 6 — areas of optimum lithofacies conditions for the occurrence of hydrocarbons in Zechstein Limestone Horizon, 7 — the same, in Zechstein Main Dolomite Horizon, 8 — inferred zone of occurrence of reef-like deposits in the Ordovician, 9 — areas of optimum conditions for the occurrence of hydrocarbons in Middle Cambrian rocks.



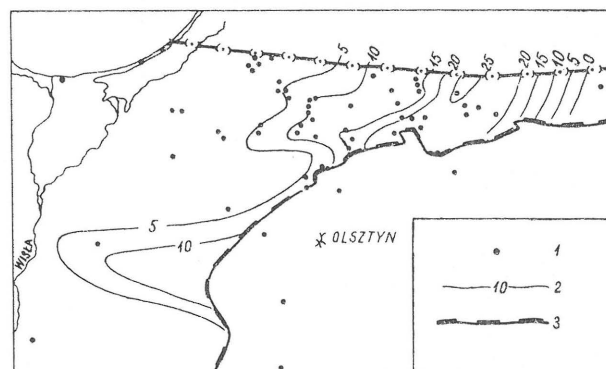
Ryc. 4. Rozkład przybliżonych wartości stopnia geotermicznego.

1 — otwory wiertnicze, dla których obliczono (lub pomierzono) przybliżoną wartość stopnia geotermicznego, 2 — izolinie przybliżonych wartości stopnia geotermicznego, 3 — umowna granica syneklizy perybaltyckiej.

Fig. 4. Distribution of approximate values of geothermal gradient.

1 — boreholes, for which approximate value of geothermal gradient was calculated (or measured), 2 — isolines of approximate values of geothermal gradient, 3 — conventional boundary of the Peribaltic Syneclize.

Wody o mineralizacji 100–150 g/l wypełniają utwory kambru we wschodnich rejonach syneklizy. Skład chemiczny wód kambru według W. A. Sulina w modyfikacji L. Bojarskiego (5) wykazuje, że są to wody chlorkowo-wapniowe. Wody typu Cl-Ca V, charakteryzujące strefę o bardzo korzystnych warunkach dla zachowania złóż węglowodorów, występują w zachodniej części basenu perybaltyckiego. Wody te wykazują wysoki stopień metamorfizmu, co jest możliwe tylko w utworach odizolowanych w długotrwałym okresie geologicznym od strefy wymiany wód. Wody te zawierają podwyższone ilości pierwiastków biofil-



Ryc. 5. Mapa miąższości wapieni gruzłowych dolnego syluru.

1 — otwory wiertnicze, 2 — izopachyty wapieni gruzłowych w m, 3 — zasięg osadów syluru (= wapieni gruzłowych).

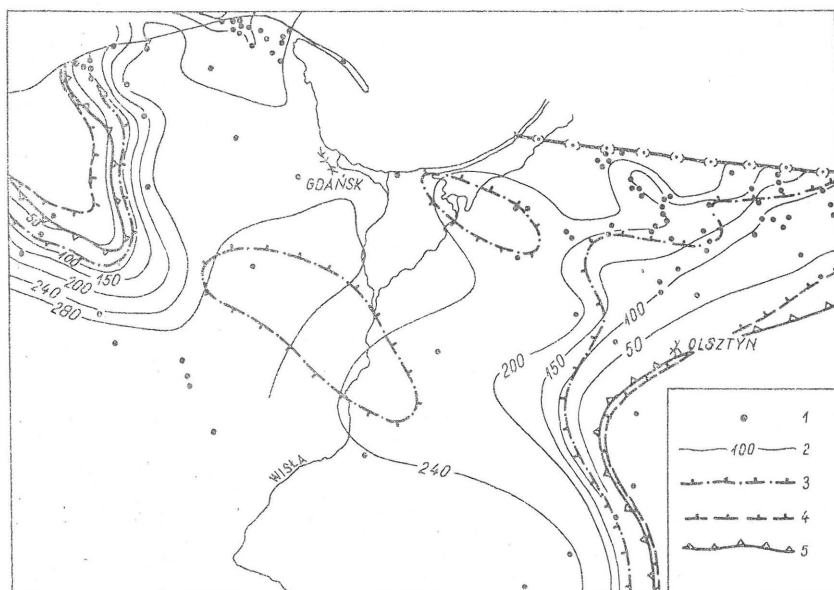
Fig. 5. Map of thickness of Lower Silurian knobby limestones.

1 — boreholes, 2 — isopachs of knobby limestones, in m, 3 — extent of Silurian rocks (= knobby limestones).

nych bromu i jodu oraz wysokie zawartości helu, niekiedy przekraczające 0,5% obj., co jest ważną cechą reliktowości wód.

Ku wschodowi charakterystyka wód zmienia się. Występują tu wody typu Cl-Ca IV, a dalej — Ca-Cl III, a więc o stosunkowo niższym stopniu metamorfizmu. W składzie gazów rozpuszczonych w wodach kambru, badanych głównie w zachodniej części syneklizy, na wyniesieniu Łeby, zaznacza się duży udział metanu (5–78%), przy dość znacznej zawartości etanu i wyższych węglowodorów (0,16–15,67%; 18). Tam też odkryto niewielkie złoża ropy naftowej.

Z rozważań tych jednoznacznie wynika, że w zachodniej części syneklizy perybaltyckiej — na zachód od doliny Wisły, perspektywy odkrycia złóż węglowodorów powinny być większe niż we wschodniej. Sprawę jednak komplikuje podstawowe kryterium litologiczne. W kierunku zachodnim i północ-



Ryc. 6. Mapa miąższości cyklotemu Z_1 w cechszynie (ryc. 1, 2, 4–6 autorstwa F. Stolarczyka).

1 — otwory wiertnicze, 2 — izopachyty osadów cyklotemu Z_1 w m, 3 — zasięg soli najstarszej, 4 — zasięg anhydrytów Z_1 , 5 — zasięg osadów wapienia cechsztyńskiego.

Fig. 6. Map of thickness of the cyclothem Z_1 of the Zechstein (Figs. 1, 2, 4–6 after F. Stolarczyk).

1 — boreholes, 2 — isopachs of rocks of the cyclothem Z_1 , in m, 3 — extent of the oldest rock, 4 — extent of anhydrites Z_1 , 5 — extent of Zechstein limestones rocks.

no-zachodnim obserwuje się ogólne pogarszanie własności zbiornikowych piaskowców kambru, jak również znaczne zróżnicowanie skał w profilu pionowym i zanik spekań ku dołowi. W stropie kambru pojawiają się wkładki piaskowców silnie scementowanych i zwartych o znacznie obniżonych wartościach porowatości i przepuszczalności. Zmiany te należy tłumaczyć wtórną, postsedymenacyjną cementacją (36). W. K. Rydzewska (30), badając piaskowce kambryjskie z wyniesienia Łeby, stwierdza ponadto że zmiany w ich przestrzeniach porowych zachodziły kilkakrotnie. Wyniki badań własności fizycznych piaskowców kambryjskich w obniżeniu gdańskim świadczą o regionalnym pogorszeniu własności zbiornikowych kambryjskich, co potwierdza ogólną prawidłowość tego typu zmian w basenach sedymenacyjnych (13).

Porowatości na ogół nie przekraczają tu 3%, a przepuszczalności — pojedynczych mdcy. Obniża to perspektywy odkrycia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na tym obszarze. Lokalnie jednak na obszarze wyniesienia Łeby zaobserwowano poprawę własności zbiornikowych tych osadów. Porowatości osiągają niekiedy kilkanaście procent, gdy w okolicach Żarnowca — Dębek na ogół wahają się w granicach 6–7%, a w obniżeniu gdańskim na ogół nie przekraczają 3%. Obserwuje się także bardzo wyraźne lokalne zmiany własności zbiornikowych, związane z podniesieniami i obniżeniami, mającymi formę wałów, o założeniach tektonicznych. W strefach obniżonych własności zbiornikowe piaskowców kambryjskich są gorsze niż w przylegających podniesieniach (ryc. 2). Dokładne określenie warunków zbiornikowych w kambrze syneklizy perybałtyckiej wymaga więc dalszych badań.

OCENA PROGNOZ ROPO- I GAZONOŚNOŚCI UTWORÓW PALEOZOICZNYCH

Na podstawie kompleksowych analiz materiałów geologicznych i geofizycznych, wykonanych ostatnio w aspekcie oceny prognoz ropo- i gazonośności utworów paleozoicznych polskiej części syneklizy perybałtyckiej (34, 18), można stwierdzić że perspektywy odkrycia nowych złóż węglowodorów rokuje przede wszystkim kambryjski kompleks terygeniczny, a ponadto w pewnym ograniczonym zakresie także kompleksy węglanowe — ordowicki, sylurski i cechsztyński (ryc. 3).

Roponośność utworów kambryjskich środkowego potwierdzono odkryciem licznych złóż ropy naftowej, głównie na obszarze Obwodu Kaliningradzkiego. Większość złóż jest związana ze strukturami blokowymi o kształcie brachyantyklin i budowie skomplikowanej uskoki. Są to złoża typu warstwowego. W złożach tych często uskoki stanowią ekrany, które powodowały powstawanie pułapek — zamknięć złożowych

tektonicznie ekranowanych. W trakcie prowadzenia badań okazało się, że czynniki litologiczne odgrywają tu znaczną rolę. Stwierdzono mianowicie obecność zamknięć złożowych typu litologicznego, związanych z wyklinowaniem poziomów piaskowców oraz — typu stratygraficznego w strefach regionalnej erozji poziomów kambryjskich środkowego, ekranowanych następnie ilasto-węglanowymi utworami ordowiku.

Zamknięcia złożowe typu litologicznego i stratygraficznego względnie złożonego, jak to wykazują dotychczasowe badania, związane są głównie z lokalnymi paleopodniesieniami. Za perspektywiczne znać tu można: tzw. wał Zaręb, strefę Dębowa — Żelaznej Góry wzdłuż naszej północnej granicy państwowej aż po Braniewo, w nawiązaniu do stosunkowo najbliższego złoża ropy naftowej Ładuszki w Obwodzie Kaliningradzkim. W prognozach ropo- i gazonośności najkorzystniej przedstawiają się jednak osady kambryjskie w przedłużeniu tzw. wału olsztyńskiego, pomiędzy Dobrym Miastem — Prabutami — Iławą i Ostródą. Na obecność tego wału wskazuje zwiększona wartość stopnia geotermicznego, świadcząca o płytszym występowaniu podłoża prekambryjskiego (ryc. 4); obecność wapieni gruzlowych w dolnym sylurze (ryc. 5), a więc utworów bardziej płytkowodnych od ilasto-graptolitowych, występujących zarówno na N, jak i na S od tej strefy; zmniejszone miąższości i bardziej płytkowodne facje cechsztynu, zwłaszcza cyklotemu Z_1 (ryc. 6).

Obszar ten mieści się w strefie przewidywanych korzystnych cech zbiornikowych osadów kambryjskich (ryc. 2), przykrytych znacznie większą miąższością nieprzepuszczalnymi utworami ordowiku i syluru. Dość wysoko ocenia się także perspektywy ropo- i gazonośności nadmorskiego obszaru wyniesienia Łeby, na zachód od Żarnowca, gdzie w kilku przypadkach stwierdzono polepszenie przepuszczalności piaskowców środkowego kambryjskiego, dochodzące do kilkunastu procent i podnoszenie warstw ku NW północnego skrzydła syneklizy perybałtyckiej.

W wymienionych obszarach stwierdzono obiecujące bezpośrednie przejawy węglowodorów, przy czym na większych głębokościach silniejsze są objawy gazu, a w płytszych strefach zbiornika — ropy naftowej. Warto tu także zwrócić uwagę, że w radzieckiej części syneklizy złoża ropy naftowej, położone w głębszej części syneklizy cechują się większymi wykładnikami gazowymi, natomiast złoża płytsze są wyraźnie odgazowane.

Dokładniejszych badań wymagają także ewentualne kolektory w ordowiku i sylurze. Tu dominujące znaczenie przypada czynnikom paleogeograficznym i litofacjalnym. Istnieje możliwość występowania rafopodobnych utworów ordowiku w strefie przejściowej między facją epikontynentalną i geosynkinalną wzdłuż linii Teisseyre'a — Tornquista na zachodnim

skraju syneklizy perybałtyckiej. Drugim ważnym zagadnieniem jest przypuszczalne występowanie stref z biohermami, które mogły się rozwijać w obrębie lokalnych paleowyniesień wschodniej części syneklizy. W utworach syluru lokalne znaczenie mają skały węglanowe landoweru, rozwinięte jako wapienie gruzłowe w strefie Kętrzyna. W nich mogą występować nagromadzenia ropy naftowej, zwłaszcza w zamknięciach złożowych litologiczno-tektonicznych, gdzie czynnik tektoniczny wyraża się szczelinowatością, spowodowaną dysjunktywną tektoniką.

W kompleksie osadów permskich za ewentualnie perspektywiczny można uznać poziom wapienia cech-szyńskiego w strefie zwiększonej jego miąższości, w pobliżu wyniesienia mazursko-suwańskiego (35) oraz dolomitu głównego w obszarze wschodniego zbocza wyniesienia Słupska (34).

Przedstawiona ocena prognoz ropo- i gazonośności polskiej części syneklizy perybałtyckiej jest ostrożna i umiarkowana. Niemniej jest ona bardziej optymistyczna od podanej na przykład w pracy J. Motyl-Rakowskiej (26). W tezach tej pracy (str. 38) przyjęto, że „...droga migracji węglowodorów była krótka (z lokalnych obniż do lokalnych podniesień). Gdyby węglowodory rozproszone od kilku do kilkunastu kilometrów od pułapek zostały w nich skoncentrowane, wówczas powstałoby złożo”. Przyjęcie procesów migracji węglowodorów na naszym obszarze wschodniej części syneklizy perybałtyckiej za zjawiska lokalne, a nie regionalne zaniża w dużym stopniu ocenę prognoz ropo- i gazonośności. Natomiast największe znaczenie dla powstania węglowodorów, podobnie jak w rejonie kałiningradzkim mają tu procesy dalekiej lateralnej migracji węglowodorów z głębokiej części syneklizy (8, 21).

We wschodniej części syneklizy słabo zbadano perspektywiczny obszar przedłużenia ku wschodowi tzw. wału olsztyńskiego (ryc. 2, 4, 5). Konieczne są tu badania geofizyczne, szczególnie odpowiednio dopracowane metodycznie prace sejsmiczne oraz wiercenia.

Północne, przygraniczne i nadmorskie obszary syneklizy (ryc. 3) wymagają detalizujących badań sejsmicznych i uzupełniających wierceń. Prace te miałyby podstawowe znaczenie dla programowania wierceń poszukiwawczych na morzu. Ewentualne efekty złożowe w obrębie akwenu południowego Bałtyku będą bowiem determinowane tym samym stylem budowy geologicznej i warunkami akumulacji węglowodorów co panujące na przyległych obszarach lądowych.

Pojedynczymi głębokimi otworami wiertniczymi należy zbadać głębsze strefy platformy prekambryjskiej, przy kontakcie z platformą paleozoiczną, wzdłuż linii Teisseyre'a — Tornquista. Tu pierwszoplanowym problemem, wymagającym wyjaśnienia, jest zbadanie kompleksów kambro-sylurskich pod kątem ich perspektywiczności, zagadnienia generowania węglowodorów itp. (42). Mogą tu między innymi występować utwory rafopodobne w ordowiku (ryc. 3).

Inne wysunięte problemy, jak przypuszczalne występowanie stref z biohermami w ordowiku, ropo- i gazonośności węglanowych utworów cech-szytnu zasługują także na uwagę, aczkolwiek ich znaczenie jest bardziej lokalne.

LITERATURA

1. Atlas geologiczno-strukturalny południowej części Morza Bałtyckiego. Pr. zbiorowa pod red. A. Witkowskiego. Wyd. Inst. Geol. 1979.
2. Bałaszow E. T., Karamzin G. A., Polepszak E. — Budowa geologiczna SE części syneklizy perybałtyckiej na podstawie kompleksu badań geofizycznych. Prz. Geol. 1971 nr 11.
3. Bałaszow E. T., Knieszner L., Polepszak E. — Rozwój tektoniczny starszego paleozoiku w syneklizie perybałtyckiej. Ibidem 1972 nr 8—9.
4. Bałaszow E. T., Knieszner L., Polepszak E. — Warunki rozwoju lokalnych struktur w starszym paleozoiku na obszarze syneklizy perybałtyckiej. Ibidem 1972 nr 11.
5. Bojarski L. — Zastosowanie klasyfikacji hydrochemicznej przy poszukiwaniach naftowych. Prz. Geol. 1969 nr 3.
6. Calikowski J., Głogoczowski J. — Badania geochemiczne bituminów w Polsce. Nafta 1976 nr 7.
7. Calikowski J., Gondek B. — Uwagi o składzie jakościowym bituminów w utworach paleozoicznych i mezozoicznych w północno-wschodniej Polsce. Kwart. Geol. 1965 nr 3.
8. Calikowski J., Gondek B. — Charakterystyka geochemiczna bituminów z utworów paleozoicznych. Badania geochemiczne bituminów paleozoiku i mezozoiku syneklizy perybałtyckiej. Problem węglowy 01.1. Wyd. Inst. Geol. 1974.
9. Calikowski J., Marek S., Znosko J. — Rozważania o ewolucji i migracji bituminów na Niżu Polskim. Kwart. Geol. 1971 nr 2.
10. Dąbrowski A., Karaczun K. — Mapa magnetyczna Polski 1:1 000 000. Ibidem 1956.
11. Depowski S. — Badania hydrogeologiczne wykonane w otworze Pasiąg IG 1 a perspektywy ropo- i gazonośności syneklizy perybałtyckiej. Inst. Geol. 1963.
12. Depowski S. — Geologiczne warunki występowania węglowodorów na Niżu Polskim. Pr. Inst. Geol. 1968.
13. Depowski S. — Poszukiwania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na dużych głębokościach. Geof. Geol. Nafta 1970 nr 3—4.
14. Depowski S., Majorowicz J. — Warunki geotermiczne i ich wpływ na rozmieszczenie nagromadzeń węglowodorów w zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej. Prz. Geol. 1979 nr 4.
15. Depowski S., Sięciarz E. — Ropo-gazonośność południowego Bałtyku. Ibidem 1978 nr 1.
16. Depowski S., Tyski S. — Budowa geologiczna syneklizy perybałtyckiej i warunki występowania bituminów. Ibidem 1968 nr 7.
17. Dikensztejn G. H., Moksjakowa A. M., Szebujewa J. N. — Podstawowe dane o budowie geologicznej i ropogazonośności obszaru nadbałtyckiego i Białorusi. WNIGNI Moskwa (maszynopis w tłum. A. Arenia). Inst. Geol. 1957.
18. Geologiczne warunki występowania niestrukturalnych pułapek — zamknięć złożowych gazu ziemnego i ropy naftowej w utworach starszego paleozoiku platformy prekambryjskiej oraz ocena odkrycia w nich nagromadzeń węglowodorów. Pr. zbior. pod kier. S. Depowskiego. Inst. Geol. 1978.
19. Gondek B., Pomykała Z. — Charakterystyka niektórych grup węglowodorów nasyconych występujących w ropach naftowych syneklizy perybałtyckiej. Prz. Geol. 1972 nr 8—9.
20. Grigialis A. A. i in. — Geologičeskoe strojenie i nieftienosnost Pribałtiki. Izd. Niedra Moskwa 1970.
21. Jaroszenko W. N. i in. — Nowyje dannyje po geologii i nieftienosnosti Pribałtiki. Trudy WNIGRI. 1975 wyp. 368.
22. Jaworowski K., Tyski S. — Projekt robót geologicznych dla trzech wierceń strukturalnych: Kętrzyn IG 1, Kętrzyn IG 2 i Olsztyn IG 1. Inst. Geol. 1962.
23. Kotarba M. — Rola procesów termodynamicznych w formowaniu i zachowaniu złóż ropy i gazu. Nafta 1973 nr 2.
24. Kozikowski H. — Geochemiczno-geologiczna charakterystyka polskich prowincji ropo- i gazonośnych. Pr. Inst. Gór. Naft. Gaz. 1977 nr 3.
25. Majorowicz J. — Możliwości wykorzystania głębokiego rozpoznania warunków geotermodynamicznych w badaniach występowania węglowodorów. Prz. Geol. 1978 nr 1.
26. Motyl-Rakowska J. — Rola uskoku w migracji i akumulacji bituminów w utworach paleozoicznych polskiej, wschodniej części syneklizy perybałtyckiej. Wyd. Geonaftha 1976.
27. Pawłowski S. — Anomalie magnetyczne w Polsce. Biul. Inst. Geol. 1947 nr 44.
28. Pożaryski W. — Podział strukturalno-geologiczny Polski jako podstawa badań. Prz. Geol. 1956 nr 6.

29. Problemy nieftiegazonosnosti niżniego paleozoja Bałtyjskiego Bassiejna. Pr. zbior. pod red. A. A. Grigajisa. Trudy Lit. NIGRI 1976 wyp. 32.
30. Rydzewska W. K. — Niektóre wyniki badań diagenety i katagenety osadów kambru syneklizy perybałtyckiej. Prz. Geol. 1975 nr 7.
31. Skorupa J. — Morfologia podłoża magnetycznie czynnego i podłoża krystalicznego w północno-wschodniej Polsce. Biul. Inst. Geol. 1959 nr 160.
32. Skorupa J. — Wstępne wyniki refrakcyjnych sondowań sejsmicznych wykonanych w 1959 r. na obszarze Elk — Pasiek — Braniewo — Goidap. Inst. Geol. 1959.
33. Starszy paleozoik zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. Pr. zbior. pod red. B. Arenia. Biul. Inst. Geol. 1966 nr 270.
34. Stolarczyk F. — Geologiczno-strukturalne warunki występowania węglowodorów w osadach paleozoicznych północno-wschodniej Polski. Uniw. im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Pr. doktorska (maszynopis) 1977.
35. Stolarczyk F., Tyski S. — Geologiczne warunki występowania węglowodorów w poziomie wapienia cechstyńskiego Werry we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej. Prz. Geol. 1972 nr 6.
36. Stolarczyk F., Tyski S. — Geologiczne warunki występowania węglowodorów w osadach kambru we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej. Ibidem 1972 nr 8—9.
37. Stolarczyk F., Tyski S. — Warunki geologiczne występowania węglowodorów w osadach ordowiku i syluru syneklizy perybałtyckiej na tle jej rozwoju. Ibidem 1972 nr 10.
38. Suwejdys P. — Rola ruchów kaledońskich i hercyńskich w rozwoju tektonicznym obszaru nadbałtyckiego. Kwart. Geol. 1968 nr 4.
39. Tyski S. — Nowe dane z wierceń Bartoszyce i Goidap. Prz. Geol. 1962 nr 4—5.
40. Tyski S. — Niektóre problemy geologiczne w północno-wschodniej Polsce w nawiązaniu do obszarów przyległych. Ibidem 1960 nr 4.
41. Tyski S. — Wyniki wiercenia oporowego Pasiek IG 1. Ibidem 1959 nr 6.
42. Tyski S. — Rola podstawowych badań regionalnych w zaspokajaniu potrzeb gospodarki narodowej. Ibidem 1972 nr 3.
43. Tyski S., Znosko J. — Projektowe założenia geologiczne badań ogólnych podłoża Niżu Polski. Cz. II Polska Północna. Wyd. Inst. Geol. 1957.

РЕЗЮМЕ

В статье обращено внимание на вопросы невыясненные до сих пор из за неполной геологической разведки этой части нашей страны. Они имеют большое значение, так как перибалтийский синеклиз представляет собой западный край восточноевропейской платформы, а с запада соприкасается с палеозойской платформой. В связи с тем разведка зоны лежащей между докембрийской платформой и площадью с консолидированным каледонским основанием имеет большое значение для поисков минерального сырья. Кроме того перибалтийский синеклиз составляет собой континентальную часть балтийской провинции, охватывающей южную акваторию Балтийского моря. Программирование этих работ имеет основное значение для программирования исследований на море, так как возможные эффекты поисков будут детерминированы таким же характером глубинного геологического строения и условиями аккумуляции, какие выступают на окрестных континентальных областях.

На основании комплексных анализов геологических и геофизических материалов из Польской части перибалтийского синеклиза, авторы приходят к выводу, что самым перспективным в области нахождения месторождений углеводородов является кембрийский теригенический комплекс, а также — в некоторой степени — карбонатные комплексы ордовика, силура и девонского. Там возможно нахождение ловушек следующих типов: структурного, литологического, стратиграфического и комбинированного.

SUMMARY

Attention is drawn to some problems still unsolved because of insufficient knowledge of geology of the Peribaltic Syncline. These problems are highly important as this part of the country represents western margin of the East-European Platform, contacting the Paleozoic Platform at the west. Such setting makes the studies of the contact zone of the Precambrian Platform and areas of Caledonian consolidation of the basement highly important for the knowledge of both geological structure and mineral resources of the country. The Peribaltic Syncline represents at the same time an emerged part of the Baltic province, comprising southern parts of the Baltic Sea and, therefore, the designed works would be of utmost importance for designing works in the Baltic as eventual occurrences of deposits in shelf areas should be determined by the same style of internal geological structure and conditions of hydrocarbon accumulation as that prevailing in adjoining land areas.

The complex analysis of geological and geophysical data obtained for Polish part of the Peribaltic Syncline made it possible to state that Cambrian terrigenous complex and, to a certain degree, Ordovician, Silurian and Zechstein carbonate complexes are most perspective for search for hydrocarbon accumulations. Here, deposit traps of the structural, lithological, stratigraphic and mixed types may be expected.