

Zbigniew CYMERMAN, Anna BECKER, Anna FELDMAN-OLSZEWSKA, Eugenia GAWOR-BIEDOWA, Urszula HARA, Marcin JANAS, Katarzyna JARMOŁOWICZ-SZULC, Paweł KOSAKOWSKI, Leszek KRZEMIŃSKI, Ewelina KRZYŻAK, Krzysztof LESZCZYŃSKI, Paweł LEWANDOWSKI, Jerzy NAWROCKI, Krzysztof NEJBERT, Jolanta PACZEŚNA, Teresa PODHALAŃSKA, Michał G. ROMAN, Olga ROSOWIECKA, Magdalena SIKORSKA-JAWOROWSKA, Joachim SZULC, Janina WISZNIEWSKA

NAJWAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ

Otwory wiertnicze Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2 są usytuowane w północno-wschodniej Polsce, w obrębie jednostki geologicznej zwanej wyniesieniem mazursko-suwałskim, stanowiącym fragment południowo-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej. Zostały one odwiercone w północno-zachodniej części mezoproterozoicznego masywu suwałskiego. Wiercenie Jezioro Okrągłe IG 1 wykonano w 1965 r., a wiercenie Jezioro Okrągłe IG 2 – dwadzieścia lat później.

W otworze Jezioro Okrągłe IG 1 strop skał krystalicznych osiągnięto na głęb. 1064,5 m, a w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 na głęb. 1085,0 m. W pierwszym z tych otworów przewiercono 335,7 m skał krystalicznych, a w drugim – 1215,0 m. Na podłożu krystalicznym w obu otworach wiertniczych stwierdzono utwory kambru, ordowiku, syluru, permu, triasu, jury, kredy, paleogenu i czwartorzędu.

Do dziś skały odwiercone w tych otworach są przedmiotem licznych badań specjalistycznych. Na archiwalnym materiale wiertniczym wykonano m.in. nowe badania petrograficzne, petrologiczne, geochemiczne, mineralogiczne, radiometryczne, strukturalne, petro- i paleomagnetyczne, paleontologiczne, biostratygraficzne i sedimentologiczne. Wykonano także rekonstrukcję historii pograżania utworów paleozoiku, mezozoiku i kenozoiku oraz rekonstrukcję ewolucji termicznej basenu i warunków pogrzebienia osadów. Wyniki wymienionych badań przedstawiono w niniejszym opracowaniu.

Granice jednostek chronostratygraficznych w nierdzonowanych odcinkach profili obu otworów, a także w interwałach rdzeniowanych słabo udokumentowanych biostratygraficznie, są przybliżone. Granice te zostały wyznaczone przez poszczególnych autorów z różnym stopniem dokładności na podstawie różnorodnych kryteriów, jak np. porównanie z datowanymi biostratygraficznie fragmentami profili z sąsiednich otworów wiertniczych, korelacji regionalnych oraz na podstawie wiedzy o rozwoju i ewolucji poszczególnych basenów sedimentacyjnych w czasie i przestrzeni.

W otworach wiertniczych Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2 dowiercono się do skał podłoża krystalicznego, a nawiercone skały magmowe należą do fundamentu

krystalicznego prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej. Występujące w tych otworach wiertniczych anortozyty, będące kumulatami plagioklazowymi, stanowią główny składnik zasadowej intruzji suwałskiej.

Mezoproterozoiczne skały krystaliczne w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 nawiercono na głęb. od 1064,5 do 1400,2 m. Profil tych kalymskich skał krystalicznych jest mało urozmaicony pod względem litologicznym. Dominują zdecydowanie anortozyty gruboziarniste i porfirowate z przejściami w anortozyty pegmatoidalne i labradoryty. Liczne są żyły granitowe o cechach silli. Lokalnie występują szliry i gniazda rudy ilmenitowo-magnetytowej. Wszystkie te skały są miejscami w różnym stopniu zmylonityzowane (od protomylonitów aż po ultramylonity). Miejscami także rozwinęły się tzw. strefy zniszczeniowe z kataklazytami i brekcjami tektonicznymi.

Mezoproterozoiczne skały krystaliczne w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 występują na głęb. od 1085,0 (wg danych geofizycznych) do 2300,0 m. Profil tych skał krystalicznych jest mało urozmaicony pod względem litologicznym, gdyż występują w nim głównie anortozyty, zawierające tylko w niektórych odcinkach profilu cienkie strefy i szliry magnetytowo-ilmenitowe oraz sille granitowe. Mimo że odgrywają one podrzędną rolę w profilu podłoża krystalicznego (łącznie 29,5 m rdzenia), to ich liczba jest znaczna – stwierdzono 94 żyły granitowe. Skały krystaliczne z tego otworu były intensywnie badane laboratoryjnie, m.in. wykonano 254 płytki cienkie do badań mikroskopowych w świetle przechodzącym, 50 analiz ilościowych składu mineralnego oraz 20 analiz chemicznych na zawartość pierwiastków głównych i strontu. Badania mikroskopowe wykazały, że w zespole anortozytów występuje wiele ich odmian, jak np. anortozyty: piroksenowe, amfibolowo-piroksenowe, myrmekitowe, a także wtórnie zmienione.

Na potrzeby badań geochemicznych z rdzeni z otworu Jezioro Okrągłe IG 2 pobrano 246 próbek ciągłych o łącznej długości ponad 112 m. W pobranych próbkach oznaczono zawartości siedmiu składników: żelaza całkowitego, tlenu tytanu, wanadu, chromu, miedzi, niklu i kobaltu. Otrzymany obraz na wykresach rozrzutu dla par składni-

ków wskazuje na wpływ przynajmniej trzech czynników na rozkład oznaczonych zawartości w profilu otworu Jezioro Okrągłe IG 2. Dane geochemiczne poddano analizie składowych głównych. Wyniki analizy wykazują, że za blisko 97% zmienności całkowitej obserwowanej w profilu otworu Jezioro Okrągłe IG 2 odpowiedzialne są dwa czynniki. Pierwszy z nich, tłumaczący 79,73% zmienności całkowitej, powiązано z fazą mineralizacji tlenkowej, drugi, objaśniający 17% zmienności całkowitej, powiązано z fazą mineralizacji siarczkowej. Dodatkowo za istotny uznano trzeci czynnik, wyjaśniający 2,3% zmienności całkowitej, który jest powiązany z lokalnie anomalnie niskimi zawartościami chromu. Czynniki te wynikają z procesu ługowania alkalicznego.

Oznaczenia K-Ar dla skał z otworu wiertniczego Jezioro Okrągłe IG 2 wykonywano w latach 70. i 90. XX w. Przeprowadzono je stosując metody wolumetryczną do pomiarów argonu i izochronową do ich interpretacji. Zawartość potasu oznaczano laboratoryjnie z materiału kwartowanego. Pierwotne wyniki, z użyciem wcześniej stosowanych stałych rozpadu, przeliczono z zastosowaniem nowszych zaleceń IUGS. Badano minerały ciemne ze skał anortozytowych ze zróżnicowanej głębokości. Skały zawierały skupienia biotyту, amfibolu i minerałów rudnych. Uzyskane wartości wieku K-Ar znajdują się w przedziale czasowym ok. 1415–1465 mln lat. Metodą izochronową uzyskano wartość 1384 ± 20 mln lat. Wiek ten można zinterpretować jako wiek pozorny i odpowiada on czasowi zamknięcia układu potas–argon dla biotyту w badanych skałach.

Do oznaczeń wieku magmowej mineralizacji kruszcowej w wierceniu Jezioro Okrągłe IG 2 zastosowano w 1998 r. metodę Re-Os. Jest to system izotopowy umożliwiający określenie czasu, pochodzenie i metalogeniczną historię rozwoju siarczków i tlenków metali dzięki bezpośredniemu datowaniu minerałów kruszczowych w skale. Izochronowy model wieku Re-Os (wg Ludwiga, 1994) dla próbek kruszczowych z otworu Jezioro Okrągłe IG 2 i Krzemianka wyniósł 1559 ± 39 mln ze stosunkiem początkowym $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 1,16 \pm 0,06$. Uzyskane dane izotopowe Os dla siarczków suwalskich w anortozytach i norytach wskazują na ich źródło skorupowe.

W wyniku szczegółowych badań tektonicznych rozpoznano w materiale wiertniczym z otworu Jezioro Okrągłe IG 1, podobnie jak w otworze Jezioro Okrągłe IG 2, różnorodne struktury tektoniczne: planarne (foliacja magmowa S_O i foliacja metamorficzna S_M oraz foliacja złożona S_{O+M} , uskoki i spękania), liniowe (lineacje ziarna mineralnego L_M i rysy ślizgowe L_R) oraz strefy ścinania podatnego i kruche-go. W omawianych otworach stwierdzono rozwój różnych skał mylonitycznych, powstałych w wyniku heterogenicznej deformacji niekoaksjalnej na różnych głębokościach. Procesy ścinania prostego objęły wszystkie zespoły skalne w obu omawianych otworach wiertniczych.

W zbadanych strukturalnie rdzeniach wiertniczych z otworów Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2 stwierdzono liczne struktury tektoniczne wskazujące na reżim kompresyjny (nasuwczy) w północno-zachodniej, marginalnej części masywu suwalskiego. Istnieją jednak wyjąt-

ki od tego ogólnego obrazu tektonicznego. W otworze Jezioro Okrągłe IG 2 stwierdzono nieliczne przypadki transpresyjnej lub transtensyjnej deformacji. Podczas głównej deformacji D_2 o wybitnie kompresyjnym charakterze doszło do zlokalizowanego rozwoju silnie heterogenicznych stref ścinania prostego. Tektonika nasunięciowa związana z główną, strukturotwórczą deformacją masywu suwalskiego i jego otoczenia jest dobrze udokumentowana i charakterystyczna dla obszaru złoza Udryń oraz dla południowo-zachodniej i północno-wschodniej części złoza Krzemianka. W szczególności strukturalnie zbadanym otworze Jezioro Okrągłe IG 2 mogą też występować domeny „narożnikowe”, o pośrednim charakterze kinematycznym pomiędzy domenami bocznymi a spagowymi.

Wykształcenie serii rudnej w rejonie Jeziora Okrągłego zdecydowanie odróżnia się od serii rudnych zlokalizowanymi w rejonach Krzemianki, Udryna i Jeleniewa. Na obszarze Jeziora Okrągłego brak jest okruszczonych skał o strukturze drobno- i średnioziarnistej o składzie norytu, ferrodiorytu i jotunitu.

Skład mineralny i wykształcenie teksturalne tlenków Fe-Ti i towarzyszących im siarczków Fe-Cu-Ni-Co obserwowane w badanych próbkach z wiercenia Jezioro Okrągłe IG 2 wskazują na ich krystalizację ze stopów tlenkowych, z niewielką ilością stopu siarczkowego, odmieszanego w wyniku procesów likwacji. Stopy te intrudowały w wykrywane anortozyty, tworząc miększe strefy rudne, oraz drobne impregnacje wnikające w przestrzenie interstycjalne plagioklazów. Wokół stref intensywnej mineralizacji Fe-Ti powszechne są przejawy procesów termicznego przeobrażania skał otaczających, zbudowanych głównie z plagioklazów.

Skład mineralny stref okruszczonych w rejonie Jeziora Okrągłego jest identyczny do stref bogatych w tlenki Fe-Ti, udokumentowanych wierceniami w rejonie złoza Krzemianka i Udryń oraz w rejonie Jeleniewa. Końcowe wykształcenie paragenez tlenkowych i kruszczowych jest wynikiem intensywnych procesów rozpadu roztworów stałych wysokotemperaturowych tlenków Fe-Ti i siarczków Fe-Cu-Ni-Co, utleniania ulvöspinelu i stałej rekrytalizacji nowo powstających faz mineralnych. Procesy te zmieniły skład chemiczny i mineralogię pierwotnych magmowych paragenez tlenkowych i siarczkowych. Pomagmowe procesy rekrytalizacji paragenez tlenkowych, indukowanych procesami dyfuzji, zachodziły do temperatury 400°C , natomiast procesy przemian składu mineralnego w obrębie paragenez siarczkowych zachodziły w temperaturze poniżej 160°C . Brak serii skał norytowych/jotunitowych w profilu otworu Jezioro Okrągłe IG 2 wskazuje, że źródłem stopów tlenkowych były prawdopodobnie małe intruzje skał zasadowych zlokalizowane w zachodnim lub południowo-zachodnim obrzeżeniu anortozytowego batolitu, np. w rejonie Krzemianki lub Jeleniewa.

W profilu otworu Jezioro Okrągłe IG 2 udokumentowano obecność pięciu stref rudnych zbudowanych ze skał magnetytowo-ilmenitowych i anortozytów rudnych. Wyraźnie zachowane kontakty skał okruszczonych tlenkami Fe-Ti z płonnymi anortozytami dokumentują dobrze wy-

kształcone termiczne kontakty, widoczne w skali makroskopowej i mikroskopowej. Bogate rudy, reprezentowane przez skały ilmenitowo-magnetytowe, powstały w wyniku iniekcji i krystalizacji stopów tlenkowych, których źródłem były prawdopodobnie niewielkich rozmiarów intruzje stopów norytowych/jotunitowych, zlokalizowane w południowo-zachodniej części masywu suwalskiego lub poniżej obecnego poziomu erozyjnego ścięcia skał podłoża krystalicznego w rejonie masywu suwalskiego.

Skład mineralogiczny i wykształcenie teksturalne rud stwierdzone w rejonie Jeziora Okrągłego nie odbiega od wykształcenia mineralizacji Fe-Ti i Fe-Cu-Ni-Cu opisaney w złożach Krzemianka i Udryń. Badane paragenezy tlenkowe ewoluowały w warunkach nieznacznie wyższej lotności tlenu, na co wskazuje brak ulvöspinelu w badanych próbkach rud. Podobne stosunki Ni i Co do Fe i Ti stwierdzone w masywnych rudach (skałach ilmenitowo-magnetytowych) i anortozytach rudnych wskazują na wspólne źródło stopów tlenkowych dla tych skał. Stwierdzone niskie koncentracje V we wszystkich badanych próbkach rud Fe-Ti-V występujących w NW części masywu suwalskiego pozwalają zaliczyć je do rud pozabilansowych.

Pokrywą osadową w otworach Jezioro Okrągłe IG 1 na głęb. 1064,5 m i Jezioro Okrągłe IG 2 na głęb. 1085,0 m rozpoczynają utwory kambru dolnego, odpowiadające w przybliżeniu terenowowi i oddziałowi 2. Przeprowadzono badania petrologiczne kambru. W profilu kambru dolnego dominuje litofacja piaskowców drobnoziarnistych z ciągłym przejściem do litofacji pyłkowcowej. Obecne są cienkie wkładki iłowcowe. Piaskowce należą do arenitów kwarcowych, są bardzo porowate i kruche.

Zespół utworów górnego proterozoiku–dolnego paleozoiku północno-wschodniej Polski ogólnie reprezentuje sukcesję transgresji morskiej, przekraczającej stopniowo północno-zachodnią krawędź kontynentu Baltiki (skłon perybałtycki) i reprezentuje proksymalną część tego basenu. Konsekwencją takiego położenia jest m.in. redukcja miąższości osadów poszczególnych interwałów stratygraficznych w stosunku do ich odpowiedników w dystalnej części basenu. W kambrze dominowało na tym obszarze płytkomorskie środowisko o dosyć wysokiej energii, związanej z aktywnością sztormową. Region Jeziora Okrągłego ulegał epizodycznym wynurzeniom zapisanych horyzontami paleoglebowymi.

Ordowik w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 występuje na głęb. 851,5–945,0 m. W profilu wydzielono skały osadowe wg standardowych globalnych pięter ordowiku od hirnantu po daping, którym odpowiadają wg podziału brytyjskiego jednostki od aszgilu po arenig. Utwory ordowiku w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 występują na głęb. 860,0–968,0 m, natomiast w interwale głęb. 860,0–948,4 m interpretacja profilu litologiczno-stratygraficznego była oparta na próbkach okruchowych i pomiarach geofizycznych. W profilu tym wyróżniono skały standardowych globalnych pięter ordowiku od katu po tremadok, a wg podziału brytyjskiego odpowiadają im jednostki od aszgilu po tremadok.

Profil syluru w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 jest zredukowany stratygraficznie i miąższościowo (76,5 m); występują tu prawdopodobnie tylko dwa oddziały syluru – wenlok i landower. Ludlow i przydol, podobnie jak młodsze utwory paleozoiku, zostały zerodowane przed permem. W otworze Jezioro Okrągłe IG 2 utwory syluru nie były w ogóle rdzeniowane. Na głęb. 786,0–860,0 m interpretacja profilu litologiczno-stratygraficznego bazuje na próbkach okruchowych i pomiarach geofizycznych.

Na utworach syluru w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 na głęb. 725,0 m i w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 na głęb. 735,0 m zalegają utwory permu o miąższości ok. 50 m. W permie występują tylko utwory wykształcone w facji czerwonego spągowca. Obszar platformy wschodnioeuropejskiej, na której znajdują się omawiane otwory, w okresie wczesnego permu był lądem. Pod koniec wczesnego permu (pod koniec sedimentacji czerwonego spągowca) rozwinęły się tam niewielkie lokalne zbiorniki wypełnione osadami fluwialnymi, głównie rzek i strumieni roztokowych. Profile czerwonego spągowca z obszaru omawianych otworów wiertniczych zaliczono do najwyższego czerwonego spągowca, czyli megacyklotemu Noteci i wyróżniono jako formację Pasłęki.

Z profilu triasu obu otworów nie został pobrany żaden rdzeń. Jego wykształcenie zinterpretowano na podstawie pomiarów geofizyki wiertniczej, próbek okruchowych i korelacji z otworami z rejonu Krzemianki oraz otworami Suwałki IG 1 i Udryń IG 8. Reprezentują go jedynie skały pstrego piaskowca dolnego i środkowego, których dolnotriasowy wiek potwierdza zespół małżoraczków stwierdzony w otworze Udryń IG 8. Dolny pstry piaskowiec reprezentuje formacja bałtycka, która jest wykształcona jako kompleks ilasto-mułowcowy z cienkimi przewarstwieniami wapieni i piaskowców. Środkowy pstry piaskowiec budują formacje lidzbarska i malborska. Zasadniczą część formacji lidzbarskiej tworzy kilkunastometrowy kompleks wapieni oolitowych, miejscami marglistych lub piaszczystych, a formacji malborskiej – kompleks ilasty z nieregularnie rozmieszczonymi w profilu przewarstwieniami piaskowców. Osady pstrego piaskowca deponowane były w brzeżnej strefie płytkiego zbiornika oraz na równi aluwialnej. W wapieniach oolitowych formacji lidzbarskiej stwierdzono kilkunastometrowe strefy anomalnie podwyższonego naturalnego promieniowania gamma, związane ze wzbogaceniem w minerały uranonośne.

W otworze Jezioro Okrągłe IG 1 miąższość jury wynosi 134,0 m, a w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 – 128,3 m. Profil jury w obu otworach został przewiercony bezrdzeniowo, a podział stratygraficzny wykonano na podstawie analizy krzywych geofizycznych, próbek okruchowych oraz materiału rdzeniowego z pobliskich otworów wiertniczych. Najniższy odcinek jury, z głęb. 496,0–529,0 m w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 i z głęb. 499,0–539,8 m w otworze Jezioro Okrągłe IG 2, został wydzielony jako bardzo niepewny pod względem stratygraficznym. Bezpośrednio na iłowcach pstrego piaskowca dolnego w obu otworach występuje kompleks piaskowców o miąższości 25,0 i 26,3 m. W obu

otworach występuje formacja olsztyńska (kompleks piaskowcowy), a być może również najniższy fragment formacji ciechocińskiej (kompleks iłowcowo-mułowcowy). Profil jury środkowej jest mocno zredukowany i rozpoczynają go dopiero utwory batonu. W omawianych otworach zastosowano nowy podział stratygraficzny jury górnej. W otworze Jezioro Okrągłe IG 1 oksford wydzielono na głęb. 423,5–456,0 m, a w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 na głęb. 437,5–466,0 m. Pozostały, najwyższy, odcinek profilu jury górnej wydzielono jako kimeryd dolny.

Kreda w otworach Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2 ma miąższość odpowiednio 193,5 i 225,5 m. Reprezentowana jest przez kredę dolną (alb górny) oraz kredę górną, w obrębie której wydzielono piętra: cenoman, turon (i być może najniższy koniak) oraz mastrycht. Utwory albu górnego i cenomanu są reprezentowane przez litofacje silikoklastyczne. Warto podkreślić stosunkowo dużą miąższość albu górnego: 35,0 m – Jezioro Okrągłe IG 1 i 44,5 m – Jezioro Okrągłe IG 2. W turonie (oraz prawdopodobnie najniższym koniak) dominują skały węglanowe – wapień i kreda piszcząca. Powyżej bezpośrednio leży marglisty mastrycht. Charakterystycznym elementem profilu kredowych obu otworów jest luka stratygraficzna obejmująca wyższy koniak, santon i kampan. Podobne luki, obserwowane na znacznym obszarze północno-wschodniej Polski, stwierdzono w wielu innych otworach z tego regionu.

Słabo zachowane fragmenty mszywiół w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 rozpoznano na głęb. 201,5–277,0 m wśród facji marglistych mastrychtu, gdzie stwierdzono występowanie trzech taksonów należących do rzędu Cyclostomata, reprezentowane przez dwa podrzędy Tubuliporina i Cerioporina, a wśród fauny Cheilostomata (Neocheilostomata) rozpoznano przedstawicieli rodzin Lunulitidae i Calloporidae, reprezentowanych przez gatunki ?*Lunulites* sp. i *Onychocella columella*. Najbogatszą próbką pod względem bioróżnorodności jest próbka pochodząca z głęb. 280 m, gdzie rozpoznano cztery taksony w utworach wapieni piaszczystych z przewarstwieniami margli. Występowanie tej fauny jest związane z powierzchnią twardego dna, w stropie utworów ?koniaku dolnego–turonu.

W niższej części profilu w otworze Jezioro Okrągłe IG 1, na głęb. 300,0–330,0 m rozpoznano fragmentaryczną, źle zachowaną faunę w facjach wapiennych, od utworów kredy piszczącej do wapieni piaszczystych z przewarstwieniami margli, datowaną na wiek ?koniak dolny–turon. Fauna mszywiół z otworu Jezioro Okrągłe IG 1 wykazuje największe podobieństwo z fauną opisaną z terenów Skandynawii, Danii i Holandii. Obecność takich taksonów jak *Lunulites* w utworach mastrychtu w tym otworze może być wskaźnikiem dla występowania odpowiednich warunków środowiskowych, takich jak: ciepłe wody z temperaturą podłoża nie niższą niż 12°C, obecność piaszczystego podłoża oraz umiarkowany reżim hydrodynamiczny. Kolonie z rzędu Cyclostomata, w tym m.in. przedstawiciele z rodziny Heteroporidae, obecne w otworze na głębokości 220–280 m wskazują na normalny stopień zasolenia dolnokredowego zbiornika morskiego.

Powyżej kredy górnej w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 na głęb. 0–201,5 m, a w otworze Jezioro Okrągłe IG 2 na głęb. 0–186,0 m, występują utwory kenozoiku. Na utworach paleogenu w profilu otworu Jezioro Okrągłe IG 1 na głęb. 183,5 i w profilu otworu Jezioro Okrągłe IG 2 na głęb. 166,0 m leżą osady czwartorzędowe – piaski różnoziarniste, ropy zastoiskowe i glina zwałowa.

Rekonstrukcję historii pograżania utworów paleozoiku, mezozoiku i kenozoiku, wyróżnionych w profilu osadowym otworu wiertniczego Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2, oraz rekonstrukcję ewolucji termicznej basenu przeprowadzono za pomocą techniki jednowymiarowych modelemów z wykorzystaniem programu Basin Mod® 1-D firmy Platte River. W procedurze modelowania zrekonstruowano historię pograżania profilu osadowego w obu otworach oraz ewolucję strumienia ciepłego. Do kalibracji założeń w modelu pograżeniowo-termicznym wykorzystano wyniki pomiarów temperatury T_{max} z analizy pirolitycznej Rock-Eval. W rekonstrukcji historii termicznej uwzględniono współczesny reżim cieplny oraz zmiany średniej temperatury powierzchniowej w czasie geologicznym.

Ze względu na obecność znaczących luk stratygraficznych, obejmujących zarówno przedział stratygraficzny paleozoiku, jak i mezozoiku, testowano kilka wariantów miąższości pierwotnych dla usuniętych erozyjnie osadów. Założono przy tym późnokaledońskie ruchy wypiętrzające, kończące etap depozycji wczesnopaleozoicznej i erozję 500 m miąższości osadów syluru, ruchy waryscyjskie, w wyniku których usuniętych zostało 1100 m osadów dewonu i karbonu oraz ruchy alpejskie redukujące różne ogniw mezozoiku.

Profile otworów Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2 są mocno zredukowane. W analizie subsydencji i tempa depozycji wskazano, że okres starszego paleozoiku to okres przejścia sedymentacji w warunkach pasywnej krawędzi kontynentu (późny ediakar–wczesny kambry) do depozycji w warunkach basenu przedgórskiego, tworzącego się w wyniku fleksuralnego ugięcia krawędzi. Etap ten charakteryzował się systematycznym wzrostem tempa subsydencji tektonicznej, której maksimum miało miejsce w sylurze. Tempo depozycji w przedziale czasowym ordowiku było niskie, poniżej 10 m/mln lat, ale w sylurze wzrosło do ponad 30 m/mln lat. Bezpośrednio na utworach ordowiku górnego i syluru zalegają utwory permu i triasu dolnego, a na nich ?jura dolna i wyższa część jury środkowej (baton–kelowej) oraz niższa jury górnej (oksford). Profil mezozoiku zamykają utwory kredy (alb górny–mastrycht). Ich tempo depozycji było względnie niskie – 10–20 m/mln lat. Proces sedymentacji przerwała późnokredowo-wczesnopaleoceńska inwersja obszaru z erozją osadów kredy. Profile osadowe w obu otworach kończą utwory paleogenu i czwartorzędu.

Modele historii pograżania osadów i ewolucji termicznej wskazują, że dopiero depozycja utworów dewonu i karbonu, o szacowanej sumarycznej pierwotnej miąższości rzędu 1100 m, która pograżyła spąg profilu osadowego do głęb. 1400–1450 m, spowodowała, że temperatura przekroczyła 70°C, co wpłynęło w znaczący sposób na

wzrost dojrzałości materii organicznej kambru i jej wejście w przedział inicjalny dojrzałości w fazie „okna ropnego”. Erozja późnokarbońska zatrzymała przyrost głębokości pograżania i temperatur. Etap permsko-mezozoiczny charakteryzował się ogólnie niewielką, lecz ciągłą, depozycją i sukcesywnym przyrostem głębokości pograżania, co nie przyniosło jednak zmian w stopniu dojrzałości materii organicznej.

W osobnym rozdziale przedstawiono interpretację nowych wyników analiz Rock-Eval 6, wykonanych na fragmentach rdzeni wiertniczych ordowiku i syluru z obu otworów: Jezioro Okrągłe IG 1 oraz Jezioro Okrągłe IG 2. Przebadane wapienie i iłowce z otworu Jezioro Okrągłe IG 1 z interwałów głęb. 839,5–846,1 m (sylur) i 870,4–909,5 m (ordowik) oraz z otworu Jezioro Okrągłe IG 2 z interwału głęb. 839,5–851,5 m (sylur) nie wykazują w większości cech skał macierzystych, oprócz dwóch cienkich (rzędu centymetrów) wkładek iłowców o bardzo wysokim potencjale węglowodorowym, najprawdopodobniej reprezentujących warstwy pasłeczki dolne (*sensu* Tomczyk, 1974). Materia organiczna ordowiku i syluru występuje najpewniej pod postacią kerogenu typu II i nie jest dojrzała termicznie. Stwierdzone w profilach syluru (landoweru) cienkie wkładki macierzyste mogą być odpowiednikami wiekowymi skał macierzystych formacji Dobeles, występujących na terenie obwodu kaliningradzkiego, Litwy i Łotwy.

W opracowaniu przedstawiono wyniki pomiarów laboratoryjnych gęstości objętościowej, wykonanej na próbkach pobranych z rdzeni badanych otworów. Uśrednione wyniki pomiarów zestawiono tabelarycznie z profilem stratygraficznym, a w przypadku podłoża krystalicznego (mezoproterozoiku) także z litologią.

W obu otworach wiertniczych wykonano podobny zakres badań geofizyki otworowej, obejmujący profilowania naturalnego promieniowania gamma (PG), profilowania neutronowe (PNG), profilowanie gamma-gamma (PGG), sondowania oporności sondami gradientowymi (SO), profilowania potencjałów samoistnych (PS), a także profilowanie średnicy (PŚr) oraz pomiar krzywizny otworu (PK). Z uwagi na różny czas wykonywania pomiarów i związany z nią postęp techniczny, profilowania w Jeziorze Okrągłym IG 2 są bardziej rozdzielcze, wykonano tam również bogatszy zestaw pomiarowy (np. profilowanie magnetyczne, krzywizny metodą żyroskopową itp.). Geofizyczna dokumentacja wynikowa otworu Jezioro Okrągłe IG 1 nie zachowała się. Dostępne są jedynie scyfrowane wybrane po-

miary geofizyki wiertniczej. W otworze Jezioro Okrągłe IG 2 pomiary geofizyki wiertniczej wykonano w dwóch odcinkach pomiarowych (pokrywa osadowa i skały podłoża prekambryjskiego). W otworze tym celem badań geofizyki wiertniczej w przypadku pokrywy skał osadowych było wyznaczenie litologii i stratygrafii, a w skałach krystalicznych – wydzielenie stref rudnych i okruszczonych oraz określenie wektora pola magnetycznego. W obu otworach, z uwagi na brak rdzenia dla przeważającej części profilu pokrywy osadowej, główne źródło informacji na temat jego litologii pochodzi z interpretacji pomiarów geofizyki wiertniczej skorelowanej z informacjami z sąsiednich otworów. W otworach krystalicznych profilowanie gamma-gamma, profilowanie magnetyczne i profilowanie potencjałów elektrodowych pozwala wyróżnić poszczególne warstwy o podwyższonej zawartości minerałów rudnych. Wyraźne dodatnie anomalie na krzywej profilowania gamma spowodowane są wystąpieniami intensywnie spękanego granitu. Omawiane otwory wiertnicze znajdują się w strefie o najniższej w Polsce gęstości strumienia ciepłego oraz ustabilizowanej temperaturze na głęb. 2000 m p.p.t., wynoszącej ok. 40°C.

Badania petro- i paleomagnetyczne w otworze Jezioro Okrągłe IG 1 wykonano dla węglanowych utworów dolnosylurskich i ordowickich. MS oscyluje w ramach relatywnie niskich wartości praktycznie w obrębie całej sekwencji ordowickiej. Znaczny wzrost MS można zaobserwować jedynie w stropowej, sylurskiej części profilu. W dolnej części profilu (poniżej dolnego karadoku) można zauważyć korelację pomiędzy krzywą eustatyczną a krzywą MS. Dominacja hematytu, widoczna także na krzywych parametrów S i ARM/SIRM, zaznacza się w próbkach skał starszych od górnego landeilu. Tylko dolna część profilu, starsza od karadoku, przejawia obecność pierwotnego sygnału magnetycznego, który może być wykorzystany w badaniach magnetostratygraficznych. Większość próbek ordowickiej części profilu z otworu Jezioro Okrągłe IG 1 zawiera mierzalną pozostałość magnetyczną. Analizy termiczne wykazały, że w próbkach reprezentujących aszgil i karadok dominującym nośnikiem pozostałości magnetycznej jest magnetyt.

Nie wykonano żadnych badań fizykochemicznych wód nawierconych otworami Jezioro Okrągłe IG 1 i Jezioro Okrągłe IG 2. W otworze Jezioro Okrągłe IG 1 do badań udostępniono sześć poziomów wodonośnych. Z poziomu dolnotriasowego na głęb. 710,0 m oraz z poziomu kambru dolnego na głęb. 960,0 m uzyskano przyływ solanki.