

Ludwik Zawisza*, Waclawa Piesik-Buś, Michał Maruta*****

**ROLA WYNIESIENIA WOLSZTYŃSKIEGO
W ROZMIESZCZENIU ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW
W UTWORACH CZERWONEGO SPĄGOWCA
MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ******

1. WSTĘP

Dla lepszego przybliżenia warunków migracji i akumulacji węglowodorów istotnym zagadnieniem jest określenie wielkości i kierunków przepływu wód głębszych w wyróżnionych kompleksach skał zbiornikowych.

Rozmieszczenie regionalne i lokalne złóż ropy i gazu, które ulega ciągłym zmianom w czasie, determinowane jest warunkami równowagi występującymi w poziomach zbiornikowych po każdej przebudowie strukturalnej basenu. Położenie akumulacji węglowodorów wyznaczają wobec tego warunki równowagi zachodzące pomiędzy statyczną fazą skały zbiornikowej a dynamiczną fazą płynów złożowych, istniejące we współczesnym układzie przestrzennym basenu naftowego, bez względu na to, gdzie znajdowały się węglowodory w poszczególnych etapach rozwoju tego basenu [3, 4, 5]. Doskonałym narzędziem dla oceny potencjału zasobowego oraz perspektyw poszukiwawczych basenów naftowych jest zatem analiza hydrodynamiczna. Analizę taką zastosowano dla analizy i oceny basenu permskiego monokliny przedsudeckiej.

**2. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ BASENU PERMSKIEGO
MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ**

Monoklina przedsudecka jest megastrukturą zbudowaną z kilku kompleksów strukturalnych: kaledońskiego, waryscyjskiego, laramijskiego oraz pokrywy polaramijskiej.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Instytut Nafty i Gazu, Kraków o/ Krosno

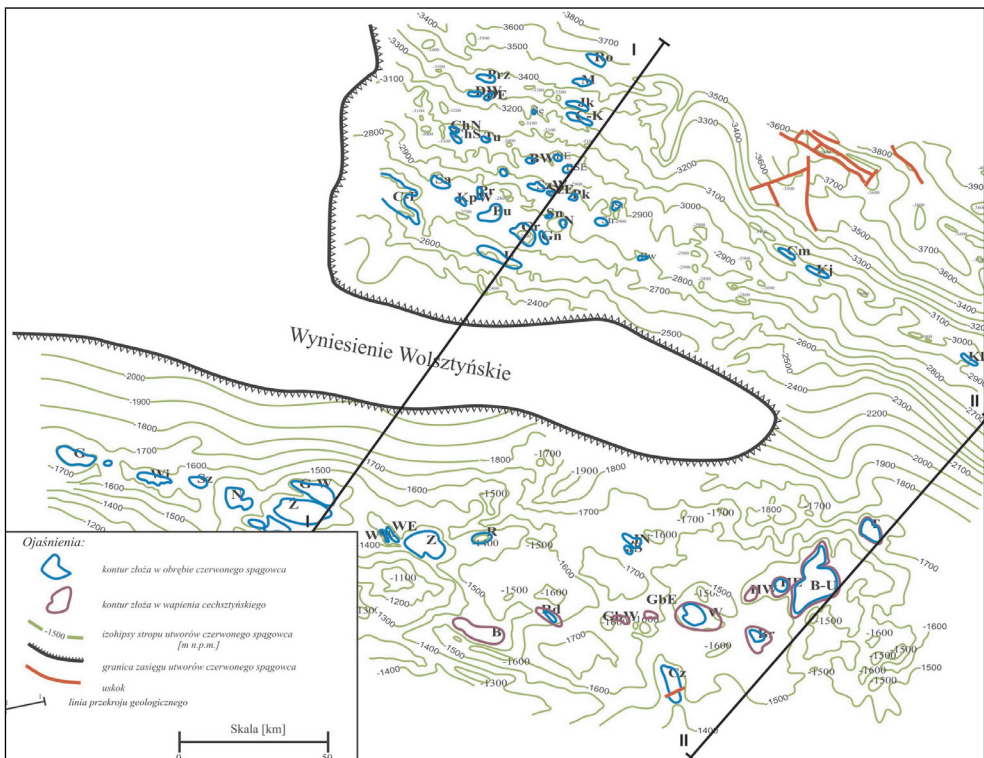
*** Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH, Kraków

**** Praca wykonana w ramach badań statutowych w roku 2010

Z punktu widzenia rozpoznania warunków akumulacji interesujące są kompleksy waryscyjski oraz laramijski. Kompleks waryscyjski, stanowiący podłoże dla utworów permu zbudowany jest w swej najwyższej części z fliszowych utworów dolnokarbońskich wykazujących wysoki stopień zaangażowania tektonicznego. W zasięgu monokliny, w rejonie jej południowej części, zaznacza się występowanie kilku elementów strukturalno-erozyjnych [8]:

- blok przedsudecki;
- zapadlisko zielonogórskie wypełnione osadami saksonu;
- wał wolsztyński o długości około 200 km i szerokości 30–50 km, w większości pozbawiony osadów saksonu;
- zapadlisko poznańskie wypełnione klastycznymi osadami saksonu.

Elementy te miały istotny wpływ na warunki tworzenia osadów permskich, szczególnie czerwonego spągowca, których sedimentacja rozpoczęła się w największych obniżeniach i przechodziła stopniowo na obszary położone wyżej. Osady czerwonego spągowca (saksonu) pokryte są serią utworów anhydrytowo-solnych cechsztynu, a następnie triasu i jury oraz kredy. Najmłodszą pokrywą na całym obszarze tworzą utwory trzecio i czwartorzędu reprezentujące kompleks polaramijski.



Rys. 1. Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej

Układ przestrzenny utworów czerwonego spągowca jest złożony. Wpłynęły na to takie czynniki jak: ukształtowanie podpermskiej powierzchni morfologicznej, facjalno-litologiczne warunki powstania osadów oraz ruchy górotwórcze głównie fazy saalskiej. W strefach okalających obszary alimentacyjne (wyniesienie wolsztyńskie) powstawały fluwialne utwory autunu. Utwory te wykazują duże zróżnicowanie miąższości związane z sedymentogenezą na zróżnicowanym morfologicznie obszarze podłoża (rys. 1 i 5).

Profil utworów czerwonego spągowca reprezentowany jest, idąc od stropu, przez szare piaskowce drobnoziarniste w różnym stopniu zwięzłe oraz niżej leżące czerwono-rdzawe piaskowce drobno i średnioziarniste, które partiami są rozsypliwe.

3. METODYKA ILOŚCIOWEJ OCENY WARUNKÓW MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

Dla potrzeb modelowania hydrodynamicznego basenów naftowych opracowano metodykę ilościowej oceny warunków migracji i akumulacji węglowodorów [4–10]. Metodyka ta polega na wykonaniu kilkunastu map, które obejmują:

1. Mapy strukturalne poziomów wodo-ropo-gazonośnych $z(x, y)$.
2. Mapy izopachytowe poziomów wodo-ropo-gazonośnych $m(x, y)$.
3. Mapy parametrów zbiornikowych, t.j. mapę współczynnika filtracji $K_{ws}(x, y)$ oraz mapę współczynnika przewodności hydraulicznej $T(x, y)$.
4. Mapy mineralizacji wód złożowych poziomów wodo-ropo-gazonośnych $M(x, y)$.
5. Mapy potencjometryczne wód złożowych w przeliczeniu na słup wody słodkiej $H_{ws}(x, y)$.
6. Mapy wartości bezwzględnych równych prędkości filtracji wód złożowych $\bar{v}(x, y)$.
8. Mapy wartości bezwzględnych równych przepływów jednostkowych wód złożowych $\bar{q}(x, y)$.
9. Mapy potencjalnych pułapek hydrodynamicznych dla ropy $H_r(x, y)$ i gazu ziemnego $H_g(x, y)$.

Mapa potencjometryczna wód złożowych $H_{ws}(x, y)$ przedstawia rozkład pola hydrodynamicznego. Zagadnienie rozkładu powierzchni potencjometrycznej wód w głębszych sprowadza się do rozwiązania uogólnionego równania Laplace'a, które dla środowiska heterogenicznego o zmiennej mineralizacji wód złożowych oraz dla przepływu stacjonarnego (ustalonego), dwuwymiarowego będzie miało postać [5, 6]:

$$\nabla K_{ws} \nabla H_{ws}(x, y) = 0 \quad (1)$$

Warunkami brzegowymi dla rozwiązania powyższego równania są wartości potencjału H_{ws} wyznaczone w otworach wiertniczych według wzoru:

$$H_{ws} = z + p/\gamma_{ws} \quad (2)$$

W równaniu (2) γ_{ws} oznacza ciężar właściwy wody słodkiej, N/m^3 ; p oznacza ciśnienie złożowe, Pa; natomiast z oznacza wysokość położenia punktu pomiaru ciśnienia złożowego w stosunku do poziomu morza (lub wysokość położenia stropu poziomu wodno-ropno-gazowego w stosunku do poziomu morza), m.

Mapy wartości bezwzględnych równych prędkości filtracji wód złożowych $\bar{v}(x, y)$ zdefiniowane są równaniem:

$$|\bar{v}(x, y)| = |K_{ws}(x, y)\nabla H_{ws}(x, y)| \quad (3)$$

Mapa wartości bezwzględnych równych prędkości filtracji pozwala na określenie kierunków i prędkości przepływu wód złożowych w dowolnym punkcie przestrzeni porowej.

Mapy wartości bezwzględnych równych przepływów jednostkowych wód złożowych $\bar{q}(x, y)$ mogą być skonstruowane w oparciu o równanie:

$$|\bar{q}(x, y)| = |T(x, y)\nabla H_{ws}(x, y)| \quad (4)$$

Mapa wartości bezwzględnych równych przepływów jednostkowych wód złożowych pozwala na określenie objętości wody złożowej, w przeliczeniu na wodę słodką, przepływającej w jednostce czasu przez jednostkowy przekrój o szerokości 1 m i wysokości równej całkowitej miąższości analizowanego profilu warstw, w dowolnym punkcie obszaru.

Metodyka konstrukcji map potencjalnych pułapek złożowych dla ropy $H_r(x, y)$ i gazu ziemnego $H_g(x, y)$ sprowadza się do wykonania kilku stosunkowo prostych operacji algebraicznych, jak dodawanie, odejmowanie, mnożenie wartości przedstawionych na poszczególnych mapach, zgodnie z równaniami (5) i (6) [5, 6, 10]:

$$H_r(x, y) = H_{ws}(x, y) - z(x, y) \frac{\gamma_w(x, y) - \gamma_r(x, y)}{\gamma_{ws}} \quad (5)$$

$$H_g(x, y) = H_{ws}(x, y) - z(x, y) \frac{\gamma_w(x, y) - \gamma_g(x, y)}{\gamma_{ws}} \quad (6)$$

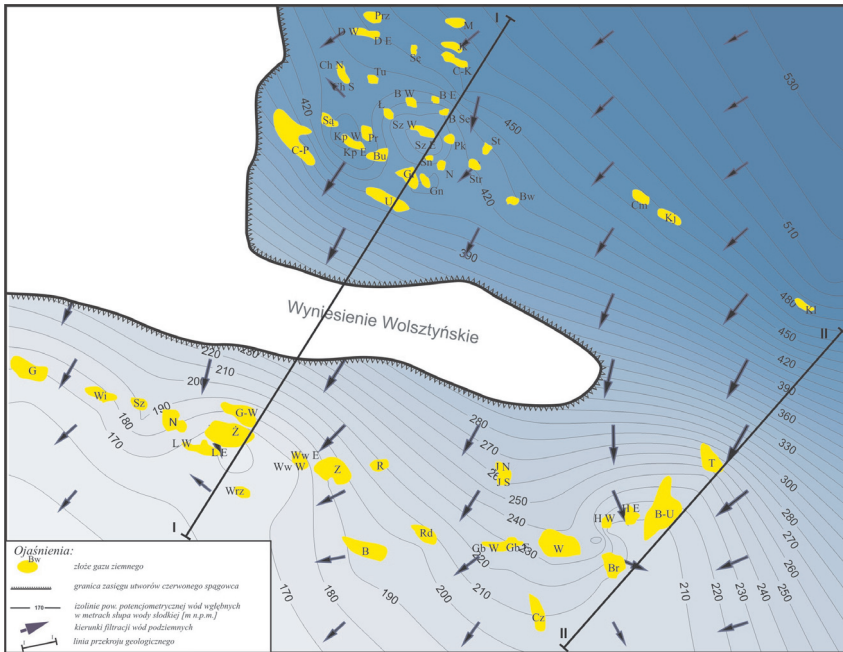
Wyrażenia H_{ws} , H_r i H_g oznaczają potencjały dla wody, ropy i gazu, wyrażone w metrach słupa wody słodkiej, określone dla tego samego punktu złoża.

4. INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAŃ HYDRODYNAMICZNYCH BASENU PERMSKIEGO MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ

Przedstawiona metodyka ilościowej oceny warunków migracji i akumulacji węglowodorów została zastosowana do analizy hydrodynamicznej basenu permskiego monokliny przedsudeckiej (rys. 1–6).

Mapa strukturalna stropu utworów czerwonego spągowca (saksonu) została przedstawiona na rysunku 1.

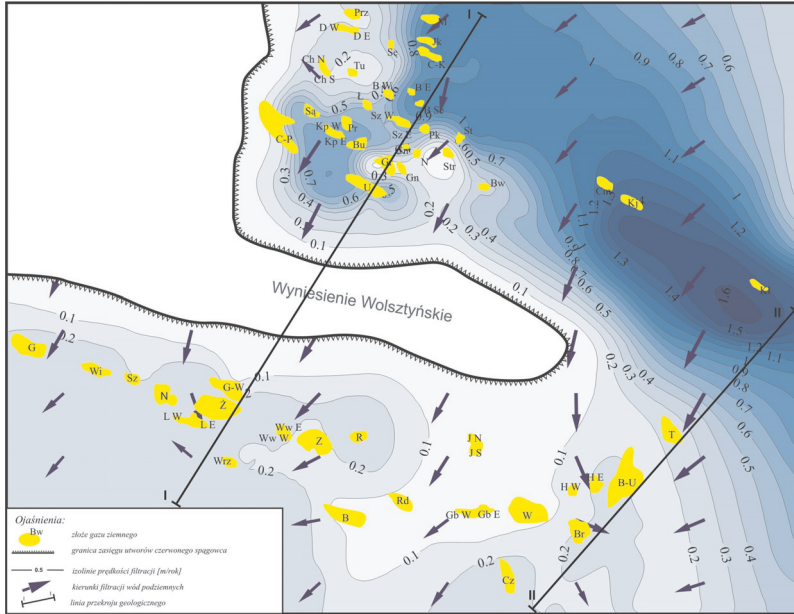
Mapa potencjometryczna wód złożowych w utworach czerwonego spągowca (rys. 2) przedstawia rozkład pola hydrodynamicznego, główne kierunki przepływu, a także położenie obszarów zasilania i drenażu oraz względnego zastoju. Wartości naporów hydraulicznych w utworach czerwonego spągowca są bardzo wysokie i wynoszą od 150 do 530 metrów słuwa wody słodkiej n.p.m. Wody podziemne płyną od centralnej części basenu dolno-permskiego w kierunku jego wychodni, tj. z północnego wschodu na południowy zachód, napotykaając na swej drodze na przeszkodę w postaci wyniesienia wolsztyńskiego. Wyniesienie olsztyńskie stanowi barierę hydrauliczną na drodze przepływu tych wód i ma istotny wpływ na rozmieszczenie złóż węglowodorów w utworach czerwonego spągowca.



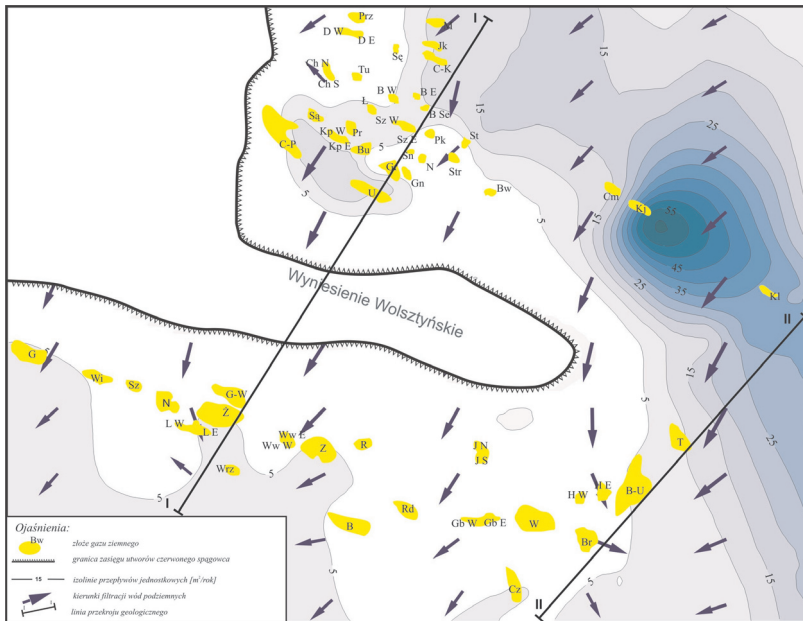
Rys. 2. Mapa potencjometryczna wód głębinnych w utworach czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej

Z mapy równych prędkości filtracji dla wody złożowej (rys. 3) wynika, że prędkości filtracji wód podziemnych są stosunkowo wysokie i wynoszą od kilku do 190 cm/rok. Liczne akumulacje złożowe występują w strefach o obniżonej prędkości filtracji, poniżej 100 cm/rok. Zmniejszenie prędkości filtracji następuje w rejonie wyniesienia olsztyńskiego (po obydwu jego stronach), które stanowi niejako zapórę dla przepływających wód głębinnych.

Z mapy przepływów jednostkowych wód głębinnych w utworach czerwonego spągowca (rys. 4) wynika, że wielkości przepływów jednostkowych wahają się w przedziale od 1,0 do 60,0 m²/rok. Złóża węglowodorów występują w strefach o obniżonych wartościach przepływów tj. poniżej 12 m²/rok.

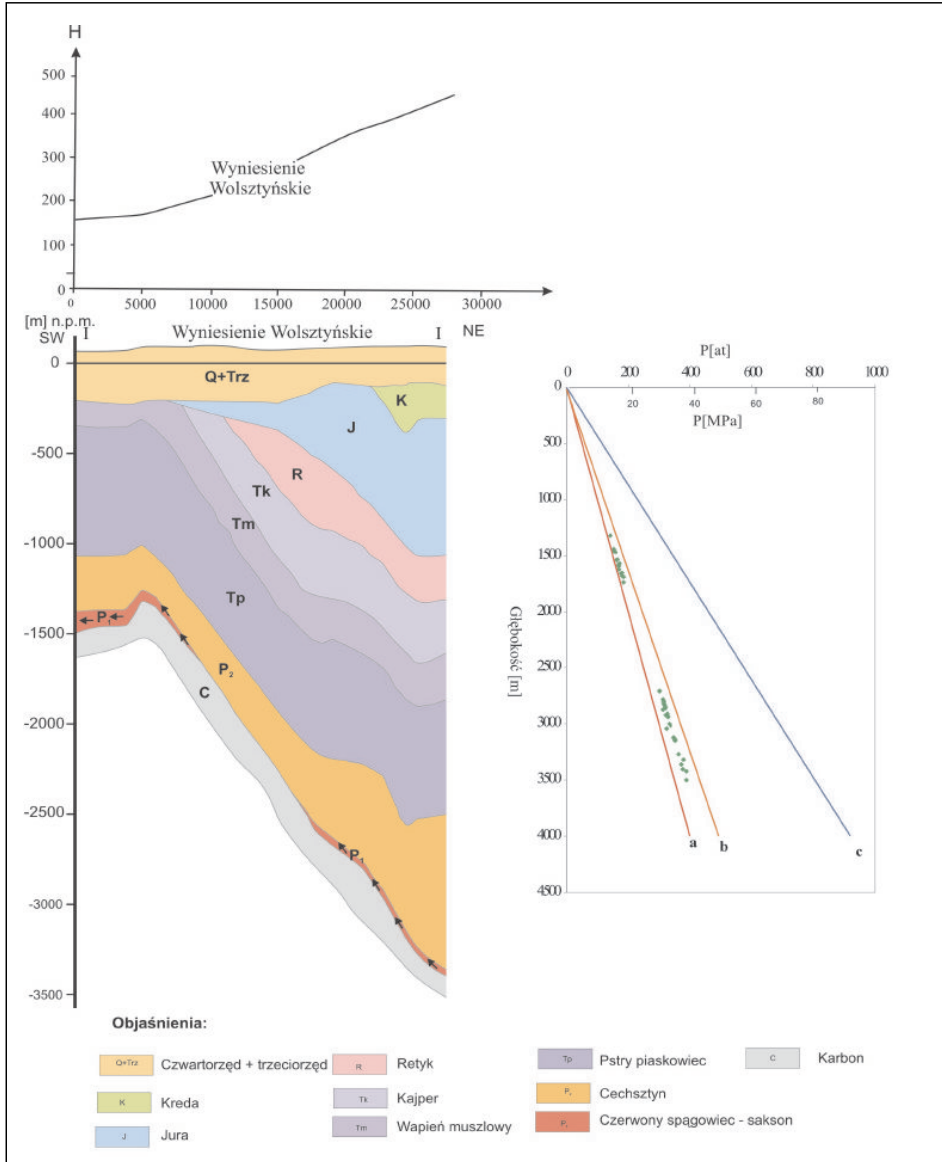


Rys. 3. Mapa wartości bezwzględnych równych prędkości filtracji wód głębszych w utworach czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej



Rys. 4. Mapa przepływów jednostkowych wód głębszych w utworach czerwonego spągowca monokliny przedsudeckiej

Na tle przekroju hydrogeologicznego I-I' (rys. 5) przedstawiono rozkład naporów hydraulicznych oraz kierunki przepływu wód głębszych w utworach czerwonego spągowca. Z danych przedstawionych na rysunku 5 wynika, że ciśnienia złożowe są równe ciśnieniom hydrostatycznym lub są wyższe od hydrostatycznych oraz że przepływy wód głębszych są odśrodkowe.



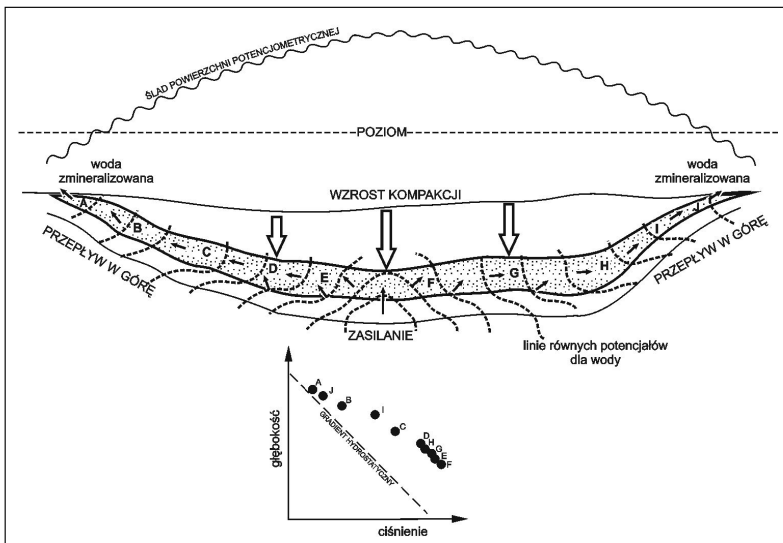
Rys. 5. Przekrój hydrogeologiczny I-I' przez monoklinę przedśudecką

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Sumując wyniki rozważań hydrodynamicznych przeprowadzonych dla basenu perm-skiego monokliny przedsudeckiej, można stwierdzić, że:

- ciśnienia złożowe są równe ciśnieniom hydrostatycznym lub są wyższe od hydrostatycznych (rys. 5);
- kierunki przepływu wód głębszych są odśrodkowe (rys. 2–5);
- prędkości przepływu wód głębszych są stosunkowo wysokie i wynoszą od 0,05 do 1,90 m/rok (rys. 3);
- wielkości przepływów jednostkowych wód głębszych w utworach czerwonego spągowca są również wysokie i wynoszą od 1,0 do 60,0 m²/rok (rys. 4);
- licznym akumulacjom złożowym towarzyszą wody o lokalnie obniżonych wartościach prędkości przepływu wód głębszych (rys. 3) i lokalnie obniżonych wartościach przepływów jednostkowych tych wód (rys. 4).

Na tle przedstawionej hydrodynamicznej klasyfikacji basenów naftowych [1, 2, 5–10] można stwierdzić, że dolnopermski basen monokliny przedsudeckiej jest basenem odśrodkowym (młodym) (rys. 6) i należy do basenów o wysokiej perspektywie dla występowania węglowodorów. Potencjalne pułapki złożowe w utworach czerwonego spągowca związane są ze strefami o podwyższonej mineralizacji wód głębszych oraz obniżonej prędkości filtracji i obniżonej wymianie tych wód. Zasadniczy wpływ na rozmieszczenie złóż węglowodorów ma wyniesienie wolsztyńskie. Złoża węglowodorów występują w strefach stagnacji wód złożowych, tj. przed wyniesieniem wolsztyńskim – w niecce poznańskiej i za wyniesieniem wolsztyńskim – w niecce zielonogórskiej.



Rys. 6. Basen młody [2]

LITERATURA

- [1] Coustau H. i in.: *Classification hydrodynamique des bassins sedimentaires utilisations combinee avec d'autres methodes pour rationaliser l'exploration dans des bassins non-productifs*. IX World Petroleum Congress, Tokio 1975
- [2] Dahlberg E.C.: *Applied hydrodynamics in petroleum exploration*. Second Edition. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest 1995
- [3] Hubbert M.K.: *Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions*. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., vol. 37, no. 8, 1953, 1954–2026
- [4] Jucha S., Weinar R., Zawisza L.: *Polish method of digital mapping of potential hydrodynamic traps for oil and gas deposits exploration*. Sci. de la Terre, Sér. Inf., Nancy, vol. 27, 1988
- [5] Zawisza L.: *Hydrodynamic condition of hydrocarbon accumulation exemplified by the Carboniferous formation in the Lublin Synclinorium, Poland*. Society of Petroleum Engineers Formation Evaluation, vol. 1, no. 3, 1986, 286–294
- [6] Zawisza L.: *Hydrodynamic conditions of hydrocarbon accumulation exemplified by the Carboniferous Formation in the Lublin Synclinorium, Poland*. AAPG Treatise of Petroleum Geology Reprint Series No. 6, Traps and Seals I, USA, 10, 1988
- [7] Zawisza L.: *Hydrodynamic condition of hydrocarbon accumulation exemplified by the Pomorsko and Czerwieńsk oil fields in the Polish Lowland*. SPE Paper 90586, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, USA, 26–29 September 2004
- [8] Zawisza L.: *Hydrodynamiczne modelowanie basenów naftowych dla oceny ich perspektyw złożowych*. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk – Kraków, Studia, Rozprawy, Monografie 140, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2007
- [9] Zawisza L.: *Methodics of mapping hydrodynamic petroleum traps in sedimentary basins with groundwater of variable density*. Archiwum Górnictwa, t. 31, z. 1, Kraków 1986
- [10] Zawisza L.: *Warunki hydrodynamiczne dla akumulacji węglowodorów w karbonie i dewonie synklinorium lubelskiego*. Wrocław Warszawa Kraków Gdańsk Łódź, Prace Geologiczne Komisji Nauk Geologicznych PAN, nr 134, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1988