

POTENCJAŁ WĘGLOWODOROWY WĘGLI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

THE HYDROCARBON POTENTIAL OF COALS FROM THE UPPER SILESIA COAL BASIN

GRAŻYNA SEMYRKA¹

Abstrakt. Górnośląskie Zagłębie Węglowe tworzy nieckę o trójkątnym zarysie, wypełnioną węglonośnymi utworami karbonu górnego. Jest to zagłębie typu orogenicznego, uformowane w zapadlisku przedgórskim. W Zagłębiu występują dwa typy genetyczne węgla, odzwierciedlające pierwotny materiał roślinny oraz wpływ redukcyjnych lub utleniających warunków środowiska sedymentacji: węgle humusowe i węgle sapropelowe. Ilościowy stosunek mas cząsteczek nieparzystych do parzystych w łańcuchu molekularnym n-alkanów (wskaźnik CPI) oraz stosunek izoprenoidów pristanu do fitanu (Pr/Ph) są parametrami stosowanymi do różnicowania środowisk utleniających i beztlenowych. Na podstawie uzyskanych wskaźników analitycznych dokonano kompleksowej oceny jakości węgla w zakresie ich typu genetycznego, chemizmu środowiska sedymentacji oraz stopnia przeobrażenia termicznego. W ocenie stopnia dojrzałości badanych typów węgla najbardziej wiarygodne wydają się być pomiary refleksyjności wityritu R . Wartości refleksyjności R określone dla węgla sapropelowych wskazują, że znalazły się one w stadium katagenezy w stopniu przeobrażenia odpowiadającym fazie okna ropnego, natomiast węgle humusowe osiągnęły stopień dojrzałości odpowiadający zaawansowanym przemianom katagenetycznym. Analizę generowania węglowodorów oparto na założeniach modelu wolumetrycznego, podstawą którego są parametry geochemiczne uzyskane z pirolizy metodą Rock-Eval w zakresie zawartości węgla organicznego TOC (% wag.) i wskaźnika wodorowego HI (mg HC/g TOC) w odniesieniu do gęstości skały ρ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) dla dowolnych typów kerogenu.

Słowa kluczowe: węgle humusowe i sapropelowe, skała macierzysta, CPI, pristan, fitan, stopień dojrzałości termicznej, refleksyjność wityritu, typy kerogenu.

Abstract. The Upper Silesian Coal Basin represents a triangular trough filled with Upper Carboniferous coal-bearing strata. This is an orogenic basin developed in a foredeep. As regards origin, two coal types occur in the Upper Silesian Coal Basin: humic coals and sapropelic coals. The types reflect primary plant material and the influence of reducing or oxidating conditions in the depositional environment. The CPI indicator, representing the mass ratio of odd to even molecules in the molecular chain of the n-alkanes, and the pristane/phytane ratio are the parameters used to differentiate oxidizing and oxygen-free environments. A complex evaluation of the coal quality was carried out on the basis of the obtained analytical indicators: their genetic types, thermal transformation degree and depositional environment chemistry were determined. For evaluation of the maturation degree of these coals, vitrinite reflectance (R) measurements seem to be most reliable. R values determined for the sapropelic coals indicate that they reached the stage of catagenesis and their transformation degree corresponds with the oil window. On the other hand, the maturation degree of the humic coals corresponds with advanced catagenetic alteration. The hydrocarbon generation analysis has been based on the assumptions of a volumetric model, using geochemical data derived from the Rock-Eval pyrolysis, including organic carbon content TOC (wt.%) and hydrogen index HI (mg HC/g TOC) as related to the rock formation density ρ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) for any kerogen types.

Key words: humic and sapropelic coals, source rock, CPI, pristane, phytane, thermal maturation degree, vitrinite reflectance, kerogen types.

¹ Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; gsemyrka@uci.agh.edu.pl

WSTĘP

Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW) tworzy nieckę o trójkątnym zarysie, wypełnioną węglonośnymi utworami karbonu górnego. Jest to zagłębie typu orogenicznego, uformowane w zapadlisku przedgórskim morawsko-śląskiej strefy fałdowej warwicydów (Kotas, 1982; Gabzdyl, 1994). Budowa tektoniczna GZW ukształtowana została głównie w fazie asturyjskiej, przy znacznym wpływie blokowej tektoniki podłoża. Z uwagi na rodzaj oraz intensywność deformacji tektonicznych wyróżnia się trzy strefy: tektoniki fałdowej, tektoniki blokowej i tektoniki fałdowo-blokowej (Kotas, 1982, 1985; Kotas red., 1994).

W centralnej części Zagłębia dominuje tektonika blokowa. Strefy tektoniki fałdowej i fałdowo-blokowej rozwijają się odpowiednio wzdłuż zachodniego i północno-wschodniego obrzeżenia GZW (fig. 1). Formowanie się zapadliska oraz okres sedimentogenezy utworów produktywnych karbonu miały miejsce pomiędzy fazą sudecką (wizen/namur) a fazą asturyjską (westfal/stefan). Powstanie zasadniczych struktur fałdowych i ukształtowanie się Zagłębia nastąpiło pod koniec orogenezy warwicyjskiej.

Proces uwęglenia węgla karbonu produktywnego trwał krótko, ok. 15 mln lat, a wypiętrzenie karbońskich utworów węglonośnych w fazie asturyjskiej zakończyło ten proces (Clayton, Kotarba, 1995).

W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym występują dwa typy genetyczne węgla, odzwierciedlające pierwotny materiał roślinny i procesy jego rozkładu: węgle humusowe (humolity), masowo występujące w całym Zagłębiu, oraz węgle sapropelowe (sapropelity), podrzędnie występujące w formie nieregularnych warstw lub soczewek. Węgiel, tworzący wraz z ropą naftową i gazem ziemnym grupę kopalin energetycznych, stanowi specyficzną skałę osadową pochodzenia organicznego, która w swym składzie zawiera ponad 50% wag. materii organicznej. Jego specyfika polega na tym, że przy określonym stopniu uwęglenia, składzie petrograficznym oraz w sprzyjających warunkach geodynamicznych i termicznych w basenie sedimentacyjnym może, przede wszystkim, stanowić bardzo dobrą skałę macierzystą, jak również skałę zbiornikową. W wyniku ogromnej koncentracji wyjściowego materiału organicznego pokłady węgla generują w czasie procesu uwęglenia znaczne ilości gazów węglowodorowych, których pewna część, dzięki właściwościom sorpcyjnym węgla, zostaje zatrzymana w obrębie jego struktury molekularnej. W składzie gazów wygenerowanych z pokładów węgla dominuje metan, natomiast wyższe węglowodory, kondensaty, a nawet ropa naftowa są generowane w zdecydowanie mniejszych ilościach. Skład węglowodorów zależy w dużej mierze od stopnia uwęglenia oraz składu petrograficznego węgla.

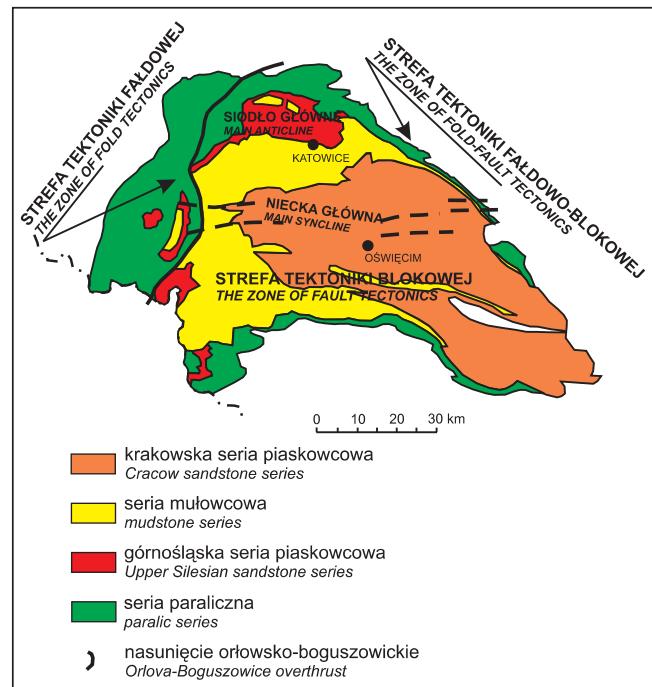


Fig. 1. Model tektoniczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Kotas, red., 1994)

Tectonic model of the Upper Silesian Coal Basin (Kotas, ed., 1994)

ŚRODOWISKO SEDYMENTACJI I TYPY GENETYCZNE WĘGLI GZW

Wskaźnik CPI (*carbon preference index*) i stosunek pristanu do fitanu (Pr/Ph) traktowane są jako parametry geochemiczne (biomarkery) służące głównie do określenia chemizmu środowiska sedimentacji, tj. dla różnicowania środowisk utleniających i beztlenowych (Powell, 1988b).

Niskie wartości wskaźnika CPI dla obu typów węgla, od 0,91 do 1,45 dla humolitów oraz od 0,93 do 1,59 dla sapropelitów, wskazują na mieszane, utleniająco-redukcyjne środowisko sedimentacji substancji organicznej GZW (tab. 1).

Takie warunki środowiska mogły doprowadzić do ustalenia się równowagi pomiędzy związkami nieparzystowęglowymi i parzystowęglowymi, bowiem biodegradacja w warunkach utleniających prowadzi w wyniku usuwania grup funkcyjnych z kwasów tłuszczowych i estrów do wzrostu udziału n-alkanów o nieparzystej liczbie atomów węgla, a w warunkach redukcyjnych – do redukcji alkoholi i kwasów, co powoduje wzrost ilości n-alkanów o parzystej liczbie atomów węgla (Tissot, Welte, 1984).

Tabela 1

**Wskaźniki generacyjne węgla humusowych i spropelowych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego
(Semyrka, 2006)**

Generation indicators of humic i sapropelic coals from the Upper Silesian Coal Basin
(Semyrka, 2006)

Nr próbki	Nazwa kopalni	Pokład	R [%]	T [°C]	C [% wag.]	V [% wag.]	H/C [at.]	HI	OI	CPI	Pr/Ph
Węgle humusowe / Humic coals											
15	Jan Kanty	301	0,46	423	76,5	39,3	0,85	103	13	1,26	2,11
37	Silesia	209	0,51	425	78,5	43,9	0,89	210	7	1,38	6,01
34	Silesia	212	0,57	426	80,4	37,7	0,81	168	5	1,34	6,86
28	Niwka Modrzejów	408	0,59	424	81,0	34,9	0,75	135	4	1,43	6,76
33	Silesia	304	0,62	424	79,5	40,1	0,89	155	5	1,33	5,65
29	Powstańców Śląskich	510	0,63	426	81,4	37,8	0,77	162	5	1,33	5,74
26	Niwka Modrzejów	510	0,64	425	81,6	35,2	0,76	158	4	1,36	10,16
18	Krupiński	327	0,67	428	82,9	41,7	0,81	179	2	1,45	9,66
39	Wesoła	349	0,71	426	79,8	38,9	0,79	240	1	1,37	9,88
20	Marcel	626	0,75	432	82,3	37,7	0,76	170	25	1,27	8,74
3	Bobrek	507	0,77	429	83,4	35,2	0,74	212	2	1,10	8,97
5	Brzeszcze	405	0,78	433	83,8	32,2	0,73	200	1	1,15	7,37
6	Brzeszcze	353	0,79	433	86,5	32,6	0,70	185	1	1,14	8,30
8	Brzeszcze	356	0,79	431	85,5	33,4	0,73	199	1	1,19	7,34
9	Brzeszcze	347	0,80	431	84,1	33,7	0,74	162	1	1,17	9,14
32	Pstrowski	620	0,82	435	80,4	37,9	0,83	252	2	1,13	7,64
10	Brzeszcze	405	0,85	434	86,4	29,8	0,70	140	1	1,05	5,86
2	Anna	718	0,86	444	84,5	33,4	0,73	211	24	1,03	2,99
14	Halemba	411	0,87	436	85,2	33,4	0,73	197	0	1,11	7,67
21	Moszczenica	418	0,93	457	86,3	25,4	0,67	196	0	0,95	1,97
23	Moszczenica	505	1,05	463	89,2	21,5	0,61	178	0	0,91	0,71
16	Jastrzębie	502	1,15	457	88,6	24,6	0,63	186	0	0,99	1,33
12	Gliwice	830	1,25	470	90,3	22,9	0,61	128	0	0,95	1,06
Węgle spropelowe / Sapropelic coals											
1	Powstańców Śląskich	507	0,48	446	81,1	65,1	1,29	668	3	0,93	1,15
2	Jowisz	620	0,56	433	76,5	43,4	0,87	320	5	1,25	2,81
3	Grodziec	816	0,58	435	75,4	50,5	1,07	291	5	1,38	4,67
4	Marcel	504	0,59	450	85,0	45,2	0,91	374	1	1,14	3,13
5	Żegoty IG-1	800	0,61	438	80,9	48,9	0,95	346	2	1,34	4,32
6	Siemianowice	620	0,63	435	80,8	40,2	0,84	250	3	1,43	4,64
7	Grodziec	816	0,68	430	79,6	40,6	0,84	188	4	1,59	5,67
8	Pstrowski	504	0,69	439	72,0		1,21	386	0	1,23	3,53
9	Halemba	507	0,77	449	88,5	28,0	0,64	194	0	1,03	2,28
10	Anna	712	0,84	445	75,2	46,4	1,00	244	1	1,06	3,01
11	Wawel	507	0,92	443	85,3	31,1	0,65	168	1	1,03	2,40
12	Pokój	507	0,94	442	86,0	31,4	0,71	195	1	1,04	2,21
13	Zabrze	507	0,95	449	85,6	29,5	0,71	182	0	1,02	3,29
14	1-Maja	620	1,10	452	79,4	33,7	0,72	133	3	1,00	2,60

HI – wskaźnik wodorowy (mg HC/g TOC)/ hydrogen index

OI – wskaźnik tlenowy (mg CO/g TOC)/ oxygen index

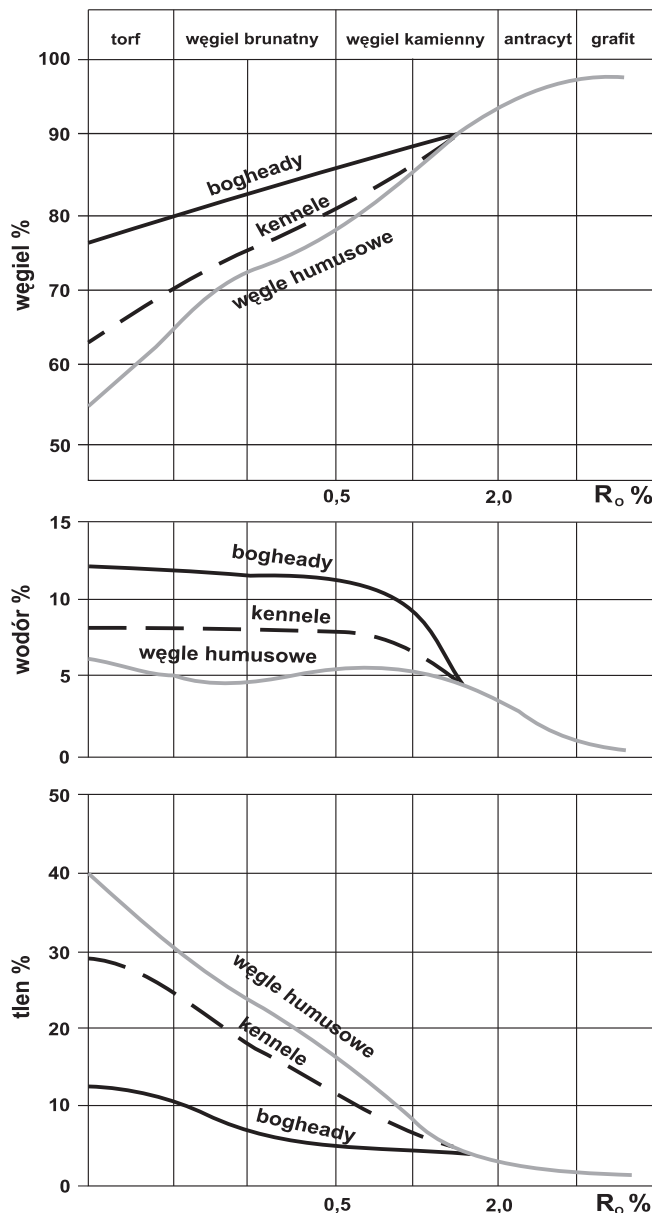


Fig. 2. Zmiany składu elementarnego w węglach humusowych i sapropelowych wraz ze wzrostem stopnia uwęglania. Zanik różnic występuje przy wartości wskaźnika refleksyjności wityrynytu rzędu 1,3–1,5% R (White, 1933, *vide* Robert, 1985)

Variation of the elemental composition of humic and sapropelic coals with coal rank. Convergence of properties towards 1.3–1.5% R (White, 1933, *vide* Robert, 1985)

Wielkości stosunków pristanu do fitanu Pr/Ph różnią się znacznie dla obu typów węgla. Dla węgla humusowych wahają się w zakresie od 0,71 do 10,16, a w przypadku węgla sapropelowych – w granicach od 1,15 do 5,67 (tab. 1).

Wysokie wartości stosunków Pr/Ph świadczą na ogół, że substancja organiczna uległa procesom utleniania, ponieważ utlenienie bocznego łańcucha fitolowego w chlorofilu prowadzi do tworzenia się pristanu, w przeciwieństwie do warunków redukcyjnych, gdzie produktem przeobrażeń diagenetycznych fitolu jest fitan (Diessel, 1992).

Dlatego też wartości stosunków Pr/Ph dla węgla humusowych, pochodzących głównie z roślin lądowych w warunkach pełnego dostępu tlenu w trakcie przeobrażeń diagenetycznych, przekraczające wartość 1,0, świadczą o utleniającym środowisku sedymentacji wyjściowej substancji organicznej. W przypadku węgla sapropelowych najprawdopodobniej wody pierwotnego zbiornika sedymentacyjnego, w którym została zakumulowana substancja organiczna pochodząca z wodnych organizmów fotosyntetyzujących, takich jak algi, charakteryzowały się dużą zawartością tlenu, co wpłynęło również na wysokie wartości wskaźnika Pr/Ph.

W zależności od charakteru pierwotnego materiału roślinnego, wpływu utleniających czy też redukcyjnych warunków środowiska sedymentacji, procesy rozkładu materii roślinnej przebiegały odmiennie, prowadząc w rezultacie do powstania odrębnych genetycznie grup węgla: humusowych, które powstały w procesie humifikacji, i sapropelowych, utworzonych w wyniku procesu bituminizacji (Stach i in., 1982; Gabzdyl, 1994). Zawartości węgla, wodoru i tlenu wskazują, że węgle sapropelowe (bogheady i kennele), które powstały ze szczątków organicznych zbudowanych przede wszystkim z lipidów, wosków i tłuszczów, charakteryzują się znacznie wyższymi zawartościami węgla i wodoru w składzie elementarnym w stosunku do węgla humusowych (fig. 2).

Podstawowymi składnikami węgla są macerały, które oznacza się w badaniach mikroskopowych na podstawie ich morfologii, wielkości, barwy, refleksyjności i fluorescencji. Udział procentowy poszczególnych grup macerałów: wityrynytu, liptynytu i inertynytu odzwierciedla różnicę, jaka zaznacza się w składzie petrograficznym pomiędzy węglami humusowymi a węglami sapropelowymi. W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym węgle humusowe w porównaniu z węglami sapropelowymi charakteryzują się wyższą zawartością wityrynytu, przekraczającą 50%. W węglach sapropelowych przeważają z kolei macerały grupy liptynytu, które występują w ilości średnio 40% (Semyrka i in., 1995; Semyrka, 1997) – fig. 3, 4.

Wysoki udział macerałów grupy liptynytu jest głównym kryterium pozwalającym traktować węgle jako potencjalne skały macierzyste, również dla węglowodorów ciekłych.

Porównując skład petrograficzny węgla GZW z wartościami stosunków atomowych H/C i wskaźnika wodorowego HI, obserwuje się, że węgle odznaczające się podwyższoną zawartością liptynytu L wykazują wyższe wartości tych wskaźników. Zależność ta jest szczególnie wyraźnie widoczna w przypadku węgla sapropelowych, dla których, przy zawartości macerałów liptynytu L w zakresie od 7,6–27,7 do 76% obj., wartości stosunków atomowych H/C wzrastają od 0,64 do 1,29% wag., a wskaźnika wodorowego HI od 133 do 668 mg HC/g TOC. Węgle humusowe charakteryzują się znacznie mniejszymi ilościami macerałów grupy liptynytu L, poniżej 30%, ale w przypadku podwyższonej ich zawartości w zakresie od 15 do 20% obj., obserwuje się również wzrost wskaźnika wodorowego HI od 162 do 240 mg HC/g TOC i stosunków atomowych H/C od 0,73 do 0,89% wag. (fig. 5).

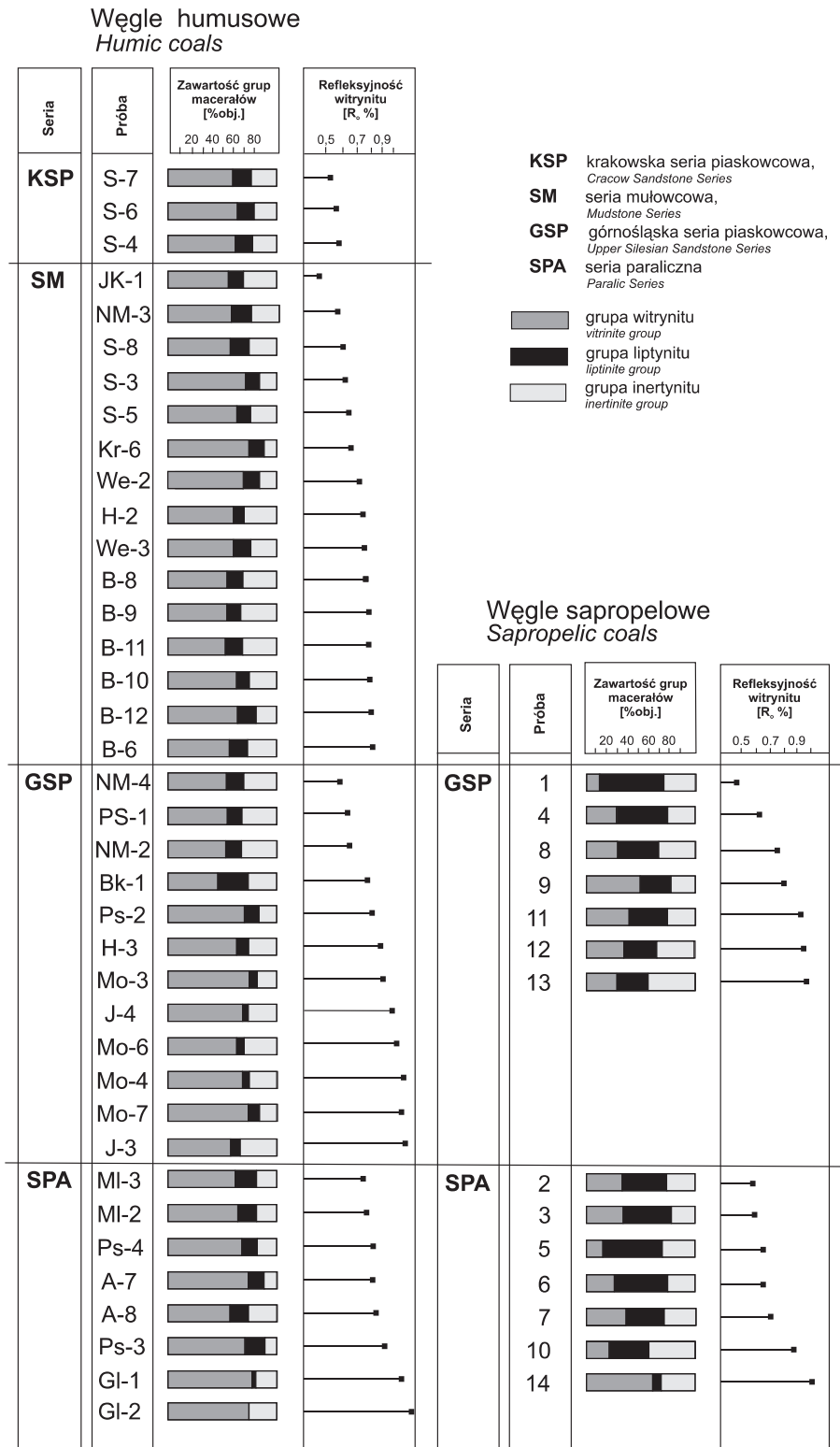
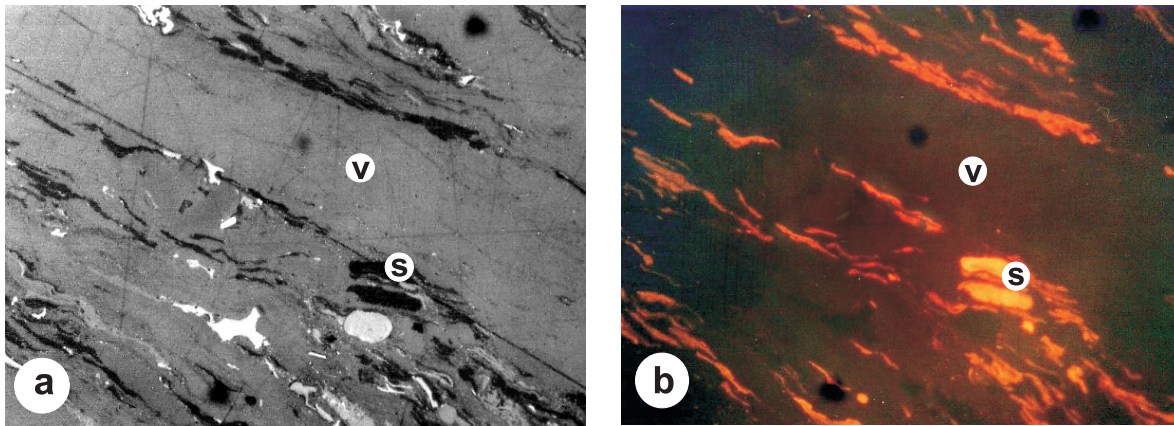


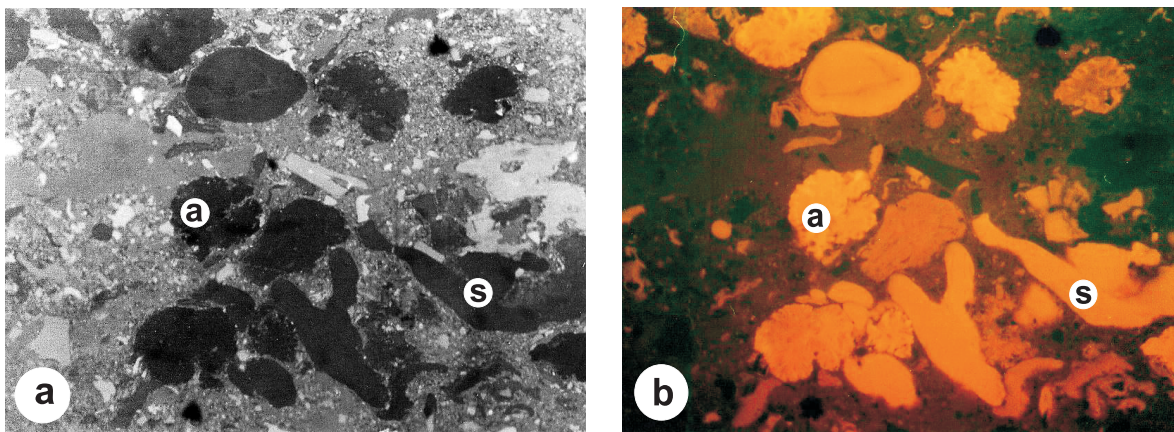
Fig. 3. Rozkład zawartości grup macerałów w węglach humusowych i sapropelowych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego ze wzrostem wskaźnika refleksyjności wityrnytu R

Variation of the maceral groups content of humic and sapropelic coals of the Upper Silesian Coal Basin with increasing vitrinite reflectance R

Węgiel humusowy, pokład 610, kop. Pstrowski



Węgiel sapropelowy (kennelo-boghead), strop pokładu 504, kop. Marcel



v – wityrynit
vitrinite a – alginit
alginite s – sporynit
sporinite

Fig. 4. Obrazy mikroskopowe węgli humusowych i sapropelowych w świetle odbitym białym (a) i fluorescencyjnym (b), obiektyw immersyjny, 125×

Photomicrographs of humic and sapropelic coals in white (a) and fluorescent incident light (b), oil immersion objective, 125×

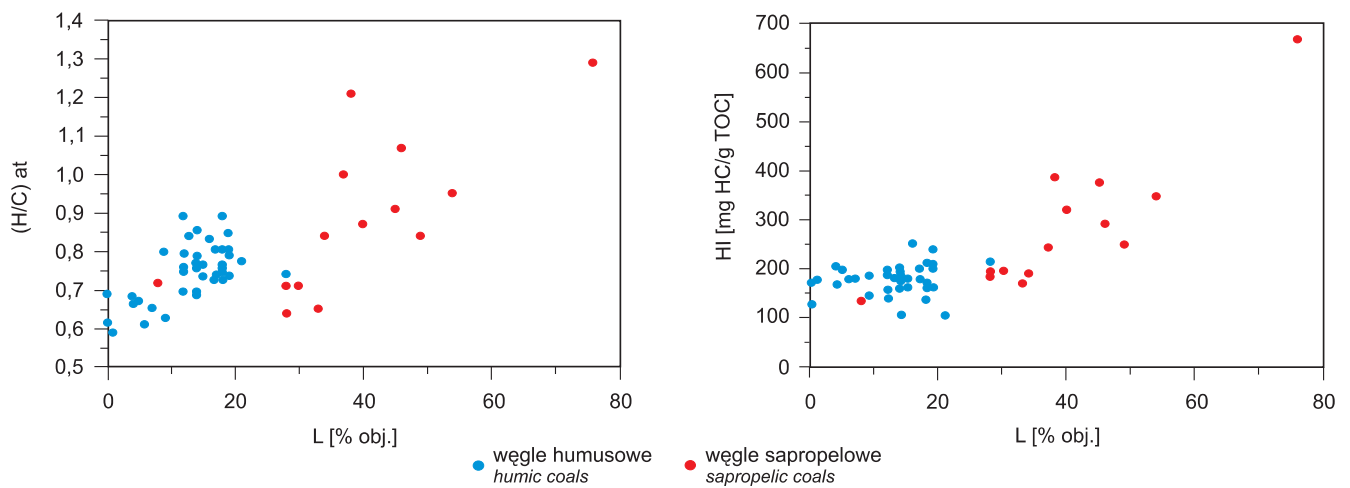


Fig. 5. Zależność wartości stosunków atomowych H/C i wskaźnika wodorowego HI od ilości macerałów grupy liptynit L

Relationship between atomic ratio H/C or hydrogen index HI and quantity of the liptinite maceral group L

STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI TERMICZNEJ WĘGLI GZW

Stopień przeobrażenia termicznego substancji organicznej (stopień uwęglenia) jest procesem chemicznych i fizycznych zmian zachodzących w materii organicznej. Proces ten charakteryzuje się systematycznym wzrostem zawartości pierwiastka węgla C, ubytkiem części lotnych V oraz spadkiem zawartości wodoru H, a tym samym obniżeniem stosunków atomowych H/C w osadzie organicznym.

Wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości termicznej zwiększa się zdolność odbicia światła R od macerału wityrnytu. Miarą stopnia dojrzałości jest również temperatura T , przy której w trakcie pirolizy wydziela się maksymalna ilość węglowodorów. Wzrasta ona wraz ze stopniem przeobrażenia termicznego substancji organicznej, co wiąże się z większą energią potrzebną do zerwania wiązań chemicznych silniej przeobrażonych związków (Espitalié i in., 1985).

Analizowany węgiel kamienny GZW charakteryzuje się zróżnicowanym stopniem dojrzałości, na co wskazują wartości wskaźnika refleksyjności R , temperatury maksymalnej T oraz zawartości części lotnych V (Semyrka, 2001).

W ocenie stopnia dojrzałości badanych węgli najbardziej wiarygodne wydają się być pomiary zdolności odbicia światła wityrnytu R , których wielkości dla obu typów genetycznych mieszczą się w zakresie R od 0,46 do 1,25% (tab. 1).

Uzyskane wielkości wskaźnika refleksyjności R dobrze korelują się z takimi wskaźnikami stopnia uwęglenia jak stosunki atomowe H/C, zawartość części lotnych V i temperatura T (fig. 6). Przy wzroście wartości refleksyjności R dla obydwu typów węgla od 0,46 do 1,25% maleją stosunki atomowe H/C od 0,89 do 0,59 dla węgla humusowych i od 1,29 do 0,64 dla węgla sapropelowych. W tym samym zakresie stopnia uwęglenia obserwuje się utratę części lotnych V od 43,9 do 21,5% wag. dla węgla humusowych i od 65,1 do 28,0% wag. dla węgla sapropelowych. Wartości temperatury T rosną od 423 do 470°C dla węgla humusowych, a od 430 do 452°C dla węgla sapropelowych.

Według przyjętej powszechnie skali dojrzałości kerogenu, wartości wskaźnika refleksyjności R od 0,5–0,7 do 1,3% określają przedział generowania węglowodorów ciekłych, tzw. okna ropnego, wartości R od 1,3 do 2,0% wyznaczają fazę generowania gazu gazolinowego i kondensatu, zaś wartości R powyżej 2,0% świadczą o wejściu w stadium generowania metanu wysokotemperaturowego (Tissot, Welte, 1984; Barker, 1989; Wilczek, Merta, 1992; Burzewski, Kotarba, 1994; Semyrka, 1994).

Wartości refleksyjności R określone dla węgla sapropelowych w zakresie od 0,48 do 1,1% oraz wartości temperatury maksymalnej T od 430 do 452°C wskazują, że węgle te znalazły się w stadium katagenezy, w stopniu przeobrażenia odpowiadającym fazie okna ropnego.

Wartości wskaźnika R ustalone dla węgla humusowych wahają się w szerokich granicach od 0,46 do 1,25%. Jednak w większości przypadków zmierzone wartości R przekra-

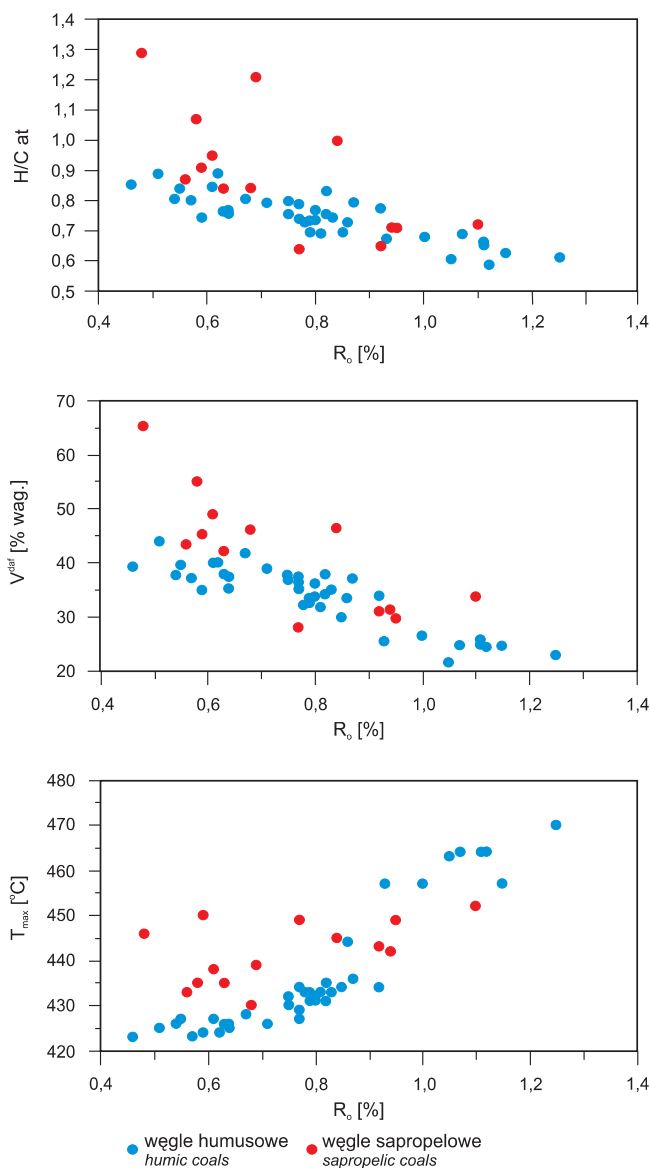


Fig. 6. Stopień uwęglenia (dojrzałości termicznej) węgla humusowych i sapropelowych

R – refleksyjność wityrnytu; V – zawartość części lotnych (daf – stan suchy, bezpopiołowy); T – temperatura maksymalna z pirolizy Rock-Eval; H/C – stosunek atomowy wodoru do węgla

The degree of coalification (thermal maturity) of humic and sapropelic coals

R – vitrinite reflectance; V – volatile matter (dry, ash-free); T – maximum temperature from the Rock-Eval analyses; H/C – atomic ratio hydrogen/carbon

czą 0,8%, co świadczy, że węgle te osiągnęły stopień dojrzałości odpowiadający zaawansowanym przemianom katagetycznym (Semyrka, 2001).

POTENCJAŁ WĘGLOWODOROWY WĘGLI GZW

Analizę generowania węglowodorów oparto na założeniach modelu wolometrycznego, podstawą którego są parametry geochemiczne uzyskane z pirolizy metodą Rock-Eval w zakresie zawartości węgla organicznego TOC (% wag.) i wskaźnika wodorowego HI (mg HC/g TOC) w odniesieniu do gęstości skały ρ (g · cm) dla dowolnych typów kerogenu (Schmoker, 1994).

Założenia geologiczne modelu oparto na zobiektywizowanych wielkościach pierwotnej miąższości facji paralicznej i limnicznej wraz z ich seriami litostratygraficznymi. Ocena potencjału węglowodorowego pokładów węgla występujących w poszczególnych seriach litostratygraficznych karbonu górnego GZW wymagała przeanalizowania zależności pomiędzy ilością generowanych węglowodorów z masowo występującej substancji humusowej a podrzędnie występującymi wkładkami sapropełowymi.

Na podstawie badań empirycznych uważa się, że efektywna skała macierzysta zdolna do generowania węglowodorów ciekłych powinna zawierać powyżej 15% macerałów grupy liptynitu i charakteryzować się wartościami stosunków atomowych H/C w zakresie od 0,8 do 0,9. Równocześnie taka skała macierzysta powinna cechować się wartością wskaźnika wodorowego HI powyżej 200 mg węglowodorów z grama węgla organicznego, odpowiadającą krytycznemu nasyceniu skały ciekłymi węglowodorami, warunkującymi ich ekspulsję (Powell, 1978, 1988a; Jones, 1987; Hunt, 1991; Powell, Boreham, 1991).

Na tej podstawie wykazano, że większość pokładów węgla humusowych górnokarbońskiej formacji węglonośnej spełnia warunki genetyczne dla skał macierzystych generujących węglowodory gazowe, natomiast skałami macierzystymi o potencjale ropotwórczym są węgle sapropełowe i tylko te węgle humusowe, w których udział macerałów grupy liptynitu przekracza 20% (tab. 1, fig. 5).

Wyniki uzyskane z analizy petrograficznej i geochemicznej pozwoliły na przyporządkowanie węgla humusowych III typowi kerogenu w klasie genetycznej III/IIB, a węgla sapropełowych – II typowi kerogenu w klasie genetycznej IIB/IIA (fig. 7). Wykazano również, że zawartość macerałów grupy liptynitu w węglach decyduje o wzroście wskaźnika wodorowego HI, w prostej proporcji do ilości macerałów tej grupy (fig. 5).

W modelu wolometrycznym najistotniejszymi parametrami są wartości pierwotnego i końcowego wskaźnika wodorowego HI (Schmoker, 1994). Pierwotny wskaźnik wodorowy HI odnosi się do wielkości potencjału genetycznego danego typu kerogenu na poziomie początku transformacji substancji organicznej. Końcowy wskaźnik wodorowy HI odpowiada resztkowemu potencjałowi genetycznemu kerogenu, który zależy od osiągniętego stadium katageny osadu.

W rozwiązaniu metody wolometrycznej ilość wygenerowanych węglowodorów wynosi:

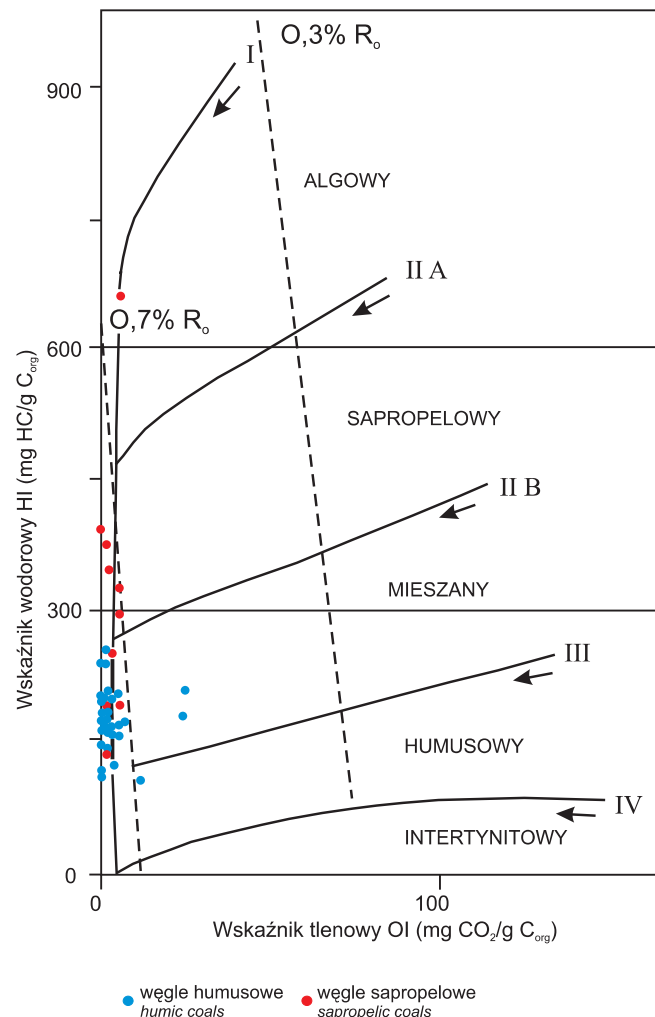


Fig. 7. Klasyfikacja typów genetycznych węgla oparta na wskaźniku wodorowym HI i wskaźniku tlenowym OI (Mukhopadhyay, 1989; Mukhopadhyay i in., 1991)

Classification of the genetic coal types by using hydrogen HI and oxygen OI indices (Mukhopadhyay, 1989; Mukhopadhyay *et al.*, 1991)

$$HCG = M \cdot R \cdot 10$$

gdzie:

$$M = TOC/100 \cdot \rho \cdot V$$

$$R = HI - HI$$

- HCG – masa wygenerowanych węglowodorów (kg HC),
- M – masa węgla organicznego (g TOC/cm),
- TOC – całkowita zawartość węgla organicznego (% wag.),
- TOC/100 – zamiana udziału procentowego na ułamek,
- ρ – gęstość skały macierzystej (g/cm),
- V – objętość skały macierzystej (cm),
- R – masa wygenerowanych węglowodorów na masę węgla organicznego (mg HC/g TOC),
- Hi – pierwotny wskaźnik wodorowy (mg HC/g TOC),

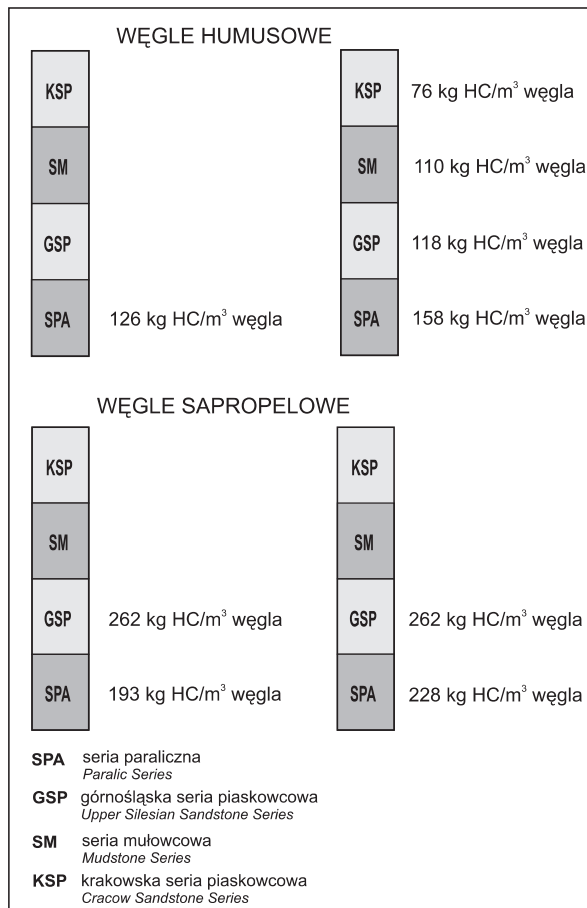


Fig. 8. Potencjał węglowodorowy węgla Górnosląskiego Zagłębia Węglowego obliczony metodą wolumetryczną

The hydrocarbon potential of coals from the Upper Silesian Coal Basin computed by the volumetric method

Hi – końcowy wskaźnik wodorowy (mg HC/g TOC).

Końcowy wskaźnik wodorowy HI uzyskano w sposób analityczny z badań próbek węgla metodą Rock-Eval, natomiast pierwotny wskaźnik wodorowy HI oszacowano z zależności wskaźnika wodorowego HI od wskaźnika tlenowego OI w układzie van Krevelena (1961), dla poszczególnych typów kerogenu w początkowym stadium katagenezy (tab.1, fig. 7).

Na podstawie przyjętego modelu generacyjnego obliczono potencjał generacyjny jednostkowej objętości węgla humusowych i sapropelowych (Semyrka, 2004).

Potencjał węglowodorowy węgla humusowych facji paralicznej liczony metodą wolumetryczną wynosi w obszarze tektoniki fałdowej maksymalnie 126 kg węglowodorów z m węgla, a w obrębie strefy blokowej 158 kg węglowodorów z m węgla. Dla facji limnicznej w strefie blokowej wartość tego potencjału wynosi maksymalnie 118 kg węglowodorów z m węgla.

Wartości potencjału węglowodorowego węgla sapropelowych w obrębie wydzielonych stref tektonicznych są zbliżone i wynoszą maksymalnie 228 kg węglowodorów z m węgla dla facji paralicznej i 262 kg węglowodorów z m węgla dla facji limnicznej (fig. 8).

Wykonane badania analityczne pozwalają stwierdzić, że węgle sapropelowe w porównaniu z węglami humusowymi charakteryzują się znacznie korzystniejszymi parametrami określającymi ich potencjał węglowodorowy. Jednak ich znikomy udział wśród utworów węglowych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego powoduje, że nie mogły one odegrać znaczącej roli w tworzeniu zasobów węglowodorowych Zagłębia. W szczególności zaś nie mogły doprowadzić do powstania nagromadzeń ropy naftowej w paragenezie z gazem, który powszechnie towarzyszy produktywnym seriom węglonośnym.

LITERATURA

- BARKER C.E., 1989 – Temperature and time in the thermal maturation of sedimentary organic matter. *W: Thermal history of sedimentary basins – methods and case histories: 75–98.* New York, Springer-Verlag.
- BURZEWSKI W., KOTARBA M., 1994 – Modelowanie procesów generowania i ekspulsji węglowodorów od TTI do MATO-IL-GENEX. *Mat. Symp. Badania geochemiczne i petrofizyczne w poszukiwaniach ropy naftowej i gazu ziemnego: 15–26.* Balice k/Krakowa, IGNiG Kraków.
- CLAYTON J.L., KOTARBA M., 1995 – Depositional environments of Polish coals and carbonaceous shales: a biological marker and stable isotope approach. *W: Raport: origin and habitat of coal gases in Polish basins: isotopics and geological approach: 48–61.* Kraków.
- DIESSEL C.F.K., 1992 – Coal-bearing depositional systems. Springer-Verlag.
- ESPITALIÉ J., DEROO G., MARGUIS F., 1985 – Rock-Eval pyrolysis and its applications. *Report Francais Institut du Petrol, 40: 755–784.*
- GABZDYŁ W., 1994 – Geologia złóż węgla. *Złóża świata.* Wyd. Polska Agencja Ekologiczna, Warszawa.
- HUNT J., 1991 – Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter. *Org. Geochem., 17, 6: 673–680.*
- JONES R.W., 1987 – Organic facies. *W: Advances in petroleum geochemistry (red. J. Brooks, D. Welte): 1–90.* Academic Press, New York.
- KOTAS A., 1982 – Zarys budowy geologicznej GZW. *Przew. 54. Zjazdu Pol. Tow. Geol.: 45–72.* Inst. Geol. Warszawa..
- KOTAS A., 1985 – Uwagi o ewolucji strukturalnej Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. *W: Tektonika Górnosląskiego Zagłębia Węglowego: 17–46.* UŚI. Sosnowiec.
- KOTAS A. (red.), 1994 – Coal-bed methane potential of the Upper Silesian Basin, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol., 142.*
- KREVELEN D.W., van, 1961 – Coal, typology-physics-chemistry-constitution. Elsevier, Amsterdam.
- MUKHOPADHYAY P.K., 1989 – Organic petrography and organic geochemistry of Texas Tertiary coals in relation to depositional environment and hydrocarbon generation. *Report of Investiga-*

- tions No.188. Texas Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin Press.
- MUKHOPADHYAY P.K., HATCHER P.G., CALDER J.H., 1991 – Hydrocarbon generation from deltaic and intermontane fluviodeltaic coal and coaly shale from the Tertiary of Texas and Carboniferous of Nova Scotia. *Org. Geochem.*, **17**, 6: 765–783.
- POWELL T.G., 1978 – An assessment of the hydrocarbon source rock potential of the Canadian Arctic Islands. Geological Survey of Canada, Paper: 78–12.
- POWELL T.G., 1988a – Developments in concepts of hydrogen generation from terrestrial organic matter: petroleum resources of China and related subjects. Texas, Circum Pacific Council of Energy and Mineral Resources Earth Science Series, v. 10.
- POWELL T.G., 1988b – Pristane/phytane ratio as environmental indicator. *Nature*, **333**.
- POWELL T.G., BOREHAM C.J., 1991 – Petroleum generation and source rock assessment in terrigenous sequences: an update. *APEA J.*, **31**.
- ROBERT P., 1985 – Organic metamorphism and geothermal history. D. Reidel Publ. Comp. AA Dordrecht, Holland.
- SCHMOKER J.W., 1994 – Volumetric calculation of hydrocarbons generated. *W: The petroleum system from source to trap* (red. L.B. Magoon, W.G. Dow). *Memoir*, **60**.
- SEMYRKA G., 1994 – Badanie refleksyjności wityrnytu jako wskaźnik dojrzałości substancji organicznej. Mat. Symp. Badania geochemiczne i petrofizyczne w poszukiwaniach ropy naftowej i gazu ziemnego: 172–179. Balice k/Krakowa, IGNiG Kraków.
- SEMYRKA G., 1997 – Próba oceny potencjału naftowego węgla sapropelowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na podstawie badań mikroskopowych i pirolitycznych. *W: Rozwój polskiej myśli w poszukiwaniach naftowych*: 216–224. AGH. Kraków.
- SEMYRKA G., 2001 – Ocena stopnia dojrzałości węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pol. J. Mineral Res.*, **3**: 55–60.
- SEMYRKA G., 2004 – Analiza warunków generowania węglodorów w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Pol. J. Mineral Res.*, **8**: 193–201.
- SEMYRKA G., 2006 – Wskaźniki geochemiczne w ocenie skały macierzystej na przykładzie węgla kamiennych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Tech. Poszuk. Geol.*, **238**: 23–29.
- SEMYRKA G., KOWALSKI A., KOSAKOWSKI P., WIĘCŁAW D., 1995 – Charakterystyka petrograficzna, chemiczna i geochemiczna węgla kamiennych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *W: Opracowanie modeli oraz bilansu generowania i akumulacji gazów w serii węglonośnej w GZW* (red. R. Ney, M. Kotarba): 75–98. Wyd. Centrum PPGSMiE, PAN, Kraków.
- STACH E., MACKOWSKY M. T., TEICHMÜLLER M., TAYLOR G.H., CHANDRA D., TEICHMÜLLER R., 1982 – Textbook of coal petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- TISSOT B.P., WELTE D.H., 1984 – Petroleum formation and occurrence. Springer, Berlin.
- WILCZEK T., MERTA H., 1992 – Wstępne wyniki badań pirolitycznych metodą Rock-Eval. *Nafta-Gaz*, **48**, 5–6: 109–116.