ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1999
Seria: GÓRNICTWO z. 243 Nr kol. 1436

STANISŁAW SZAFRAN[1], MARIAN WAGNER[2]
[1] *Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków*
[2] *Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków*

CHARAKTER PETROGRAFICZNY UWĘGLONEGO MATERIAŁU ORGANICZNEGO W MIOCEŃSKICH OSADACH WSCHODNIEJ CZĘŚCI ZAPADLISKA PRZEDKARPACKIEGO

Streszczenie. W profilach 65 otworów wiertniczych zlokalizowanych w należącej do Polski wschodniej części zapadliska przedkarpackiego w interwale stratygraficznym od górnego badenu do dolnego sarmatu stwierdzono występowanie warstewek, soczewek i nieregularnych nagromadzeń materii organicznej, której stopień uwęglenia sięga od węgla brunatnego miękkiego po węgiel kamienny. Badany węgiel charakteryzuje się refleksyjnością huminitu/witrynitu od 0.206% do 0.68% i zawartością pierwiastka węgla w granicach 64-81%.

PETROLOGIC STUDIES OF MIOCENE ORGANIC MATTER IN EASTERN PART OF THE CARPATHIAN FOREDEEP, SOUTHERN POLAND

Summary. In the profiles of 65 boreholes located in polish Eastern part of the Carpathian Foredeep in the stratigrapfic interval from Lower Badenian to Lower Sarmatian have been identified layers, lens and irregular accumulation of organic matter of rank lignite to bituminous coal. Coal under research shows random reflectance of huminite/vitrinite 0.206 to 0.68 % and carbon content 64 -81 %wt.

Zapadlisko przedkarpackie jest jednostką ściśle związaną z Karpatami, którym towarzyszy po zewnętrznej stronie ich łuku na całej długości. Jego rozwój, przestrzenna forma, typ wypełniających go osadów uwarunkowane są dynamiką nasuwających się płaszczowin karpackich i przebiegiem subsydencji na platformowym przedpolu Karpat.

Zapadlisko dzieli się na dwie części: zachodnią i wschodnią. Obydwie rozgranicza wyniesienie utworów paleozoiczno-mezozoicznych podłoża, nazywane „ryglem krakowskim" [13]. Część wschodnia zapadliska jest znacznie szersza i głębsza. Wypełniają ją osady dolnego miocenu po pliocen, w polskiej części od badenianu do sarmatianu dolnego [14]. Część utworów miocenu autochtonicznego leży pod nasunięciem karpackim, a udokumentowane ich występowanie pod Karpatami sięga 34 km od ich północnego brzegu. Ponadto w wąskiej strefie północnej krawędzi Karpat wyróżnia się obecność sfałdowanych osadów badenianu, nasuniętych razem z fliszem karpackim na miocen autochtoniczny.

W dolnomioceńskich utworach zapadliska przedkarpackiego dość często spotyka się skały zawierające skupienia autochtonicznego węgla. Najczęściej są to mułowce i drobnoziarniste piaskowce z napławionym detrytusem i drobnymi soczewkami węgla. Spotyka się jednak także warstewki węgla o grubości od kilku mm do kilku cm. Nagromadzenia tego materiału spotykane na znacznych głębokościach (do około 3 000 m), także w pobliżu sfałdowanych Karpat, stanowią unikalny materiał badawczy, który może być wykorzystany do studiów jego uwęglenia.

Materiał badawczy, obejmujący krótkie odcinki rdzeni wiertniczych z różnymi formami nagromadzenia węgla, zebrano w trakcie kilkuletnich prac poszukiwawczych i rozpoznawczych złóż węglowodorów we wschodniej części zapadliska.

Klasyfikacja morfologiczna skupień węgla i ich charakterystyka petrograficzna.

Obserwacje litologiczne w rdzeniach wiertniczych pozwoliły na wyróżnienie 5 odmian skalnych osadów węglistych: utworów węglowo-bitumicznych typu humokerytów lub kerytów [21], węgla, łupków węglowych oraz łupków węglistych. Ciekawą formą występowania węgla są także dajki węglowe.

Keryty i humokeryty

Występują w postaci regularnych warstewek o grubości 6-10 mm na wyraźnej powierzchni erozyjnego ścięcia piaskowców, pokrytej często cienką powłoką iłu. Obserwowano je także w postaci wydłużonych intraklastów o długości do 6 mm.

Barwa tych utworów jest czarna, a zabarwienie rysy jest brunatnoczarne. Wykazują one połysk półmatowy i są smugowane, tj. złożone są z naprzemianległych lamin oraz soczewek matowych i błyszczących z ilościową przewagą matowych.

Soczewki błyszczące zbudowane są z kolinitu. Morfologia nagromadzenia tego macerału oraz próby trawienia wskazują, że jest to głównie telokolinit (kryptotelinit). Soczewki i laminy matowe zbudowane są natomiast z silnie spękanego i porowatego żelokolinitu. Rozwarte szczeliny w kolinicie oraz mikropory żelokolinitu wypełnione są migracyjnymi bituminami, które niekiedy stanowią powyżej 50% objętości tych warstewek. Wypełnione bituminami grubsze szczeliny pionowe, łączące się z cieńszymi o przebiegu poziomym, ujawniają drogi migracji węglowodorów, które miały przypuszczalnie charakter iniekcyjny.

Bituminy wykazują zróżnicowane cechy optyczne. Powszechna jest forma zestalona (sekrecyjna) oraz porowata (odgazowana), wypełniająca mikrokawerny i regularne spękania (niekiedy w układzie kulisowym), a także spękania pochodzenia kontrakcyjnego w kolinicie. W świetle odbitym składnik ten jest czarny (R^o około 0.05 - 0.08%) i silnie kontrastujący z kolinitem (R^o w zakresie od 0.42 do 0.43%). Jest słabo przeźroczysty oraz słabo anizotropowy. W świetle odbitym niebieskim fluorescencyjnym wykazuje średnią intensywność świecenia (około 0.1-0.2%) o zabarwieniu żółtym i pomarańczowym, niekiedy z brunatnym odcieniem. Ujawnia także szczegóły budowy - niejednorodność optyczną, polegającą na obecności w skrajnych częściach skupień otoczek o mniejszej intensywności fluorescencji w odcieniu seledynowym z obecnością niefluoryzujących wrostków (skupienia bituminów silnie zwietrzałych). Bituminy tej odmiany tworzą także laminy o iniekcyjnym charakterze wypełnień i grubości do 0.1 mm w bezpośrednim piaszczysto-ilastym spągu tych warstewek.

Jacob [7] opisując utwory o podobnej genezie proponuje ich nazewnictwo oparte na zapożyczonych nazwach utworów, których są one głównym składnikiem (tj. albertytów, gilsonitów itp.). Jednocześnie proponuje metodę ich identyfikacji, opierającą się na pomiarach średniej refleksyjności (R^o) oraz intensywności fluorescencji (J).

Średnia refleksyjność identyfikowanych bituminów nie przekracza 0.1%, a intensywność żółtej barwy fluorescencji oceniono do 0.2%. Według propozycji Jacoba [7] tę formę bituminów można nazywać **wurcylitem** (franc.: *wurzilite).*

Opisane utwory silnie przypominają pod względem wykształcenia i własności humokeryty lub keryty, które znane są głównie z żył wypełniających szczeliny i pustki skalne w skałach w otoczeniu złóż ropy naftowej.

Węgiel

Wyróżniono dwie formy występowania węgla: warstwy i rozległe soczewy węgla błyszczącego oraz warstwowe nagromadzenia detrytycznych okruchów węgla błyszczącego i matowego o charakterze intraklastów i egzotyków.

Warstwy lub rozległe soczewy węgla błyszczącego mają miąższość od 10 do 30 mm. Skupienia te ostro odcinają się od otaczających skał, silniej w spągu, słabiej w stropie, który ma przeważnie charakter łupku węglowego.

Barwa tego węgla jest czarna, zaś rysy brunatnoczarna. Ma on połysk błyszczący (smolistoszklisty), przełam muszlowaty i wykazuje słabo zaznaczoną laminację. Jednolite skupienia węgla wykazują spękania kontrakcyjne, które często impregnowane są kalcytem.

Węgiel błyszczący zbudowany jest z telinitu i kolinitu. Fragmenty złożone z telinitu są liczne, a przejście tego składnika w kolinit jest płynne. Miejscami telinit jest tak silnie impregnowany rezynitem, że jego skupienia mogą być uznane za fragmenty silniej uwęglonych bitumicznych ksylitów, opisanych ze złóż miękkiego węgla brunatnego jako fragmenty drewna przesycone patologicznymi żywicami [19].

Stwierdzono występowanie telokolinitu w dwóch odmianach: ciemniejszej (witrynit B) i jaśniejszej (witrynit A - m.in. Benedict [2], Robert [16]). Różnica w średniej refleksyjności obydwóch odmian wynosi maksymalnie 0,20%.

Witrynit wykazuje niekiedy dość intensywne spękania kontrakcyjne i tektoniczne, tworzące jeden system i dzielący go na mniej lub bardziej regularne okruchy o bardzo zróżnicowanej wielkości. Szczeliny są rozwarte (do 0.05 mm) i wypełnione w wielu próbkach opisanym wyżej wurcylitem, częściej jednak iłem lub węglanami.

Na niektórych powierzchniach ciemniejszego telokolinitu widoczne są owalne fluoryzujące żółto lub seledynowo skupienia węglowodorów, rozprzestrzeniające się od drobnych szczelin. Niekiedy przyjmują one postać paciorkowatą. Są to niewątpliwie wysięki ropy naftowej z wtórnych szczelin, klasyfikowane w literaturze jako krople węglowodorów pochodzenia ropnego *(franc.: goutte de hydrocarbures* - Alpern [1], Robert [16], Garcia-Gonzales [3]).

Wśród intraklastów w piaszczystych łupkach węglistych stwierdzono obecność węgla sapropelowego i humosapropelowego. Detrytyczne okruchy tego węgla (o średnicy do 10 mm) wyróżniają się półbłyszczącym lub matowym połyskiem, niekiedy subtelną laminacją. Głównym składnikiem petrograficznym ziaren węgla sapropelowego jest alginit (lamalginit) tkwiący w zbituminizowanym cieście skalnym, natomiast okruchów węgla humosapropelowego - sporynit (do około 30 % obj.) z nielicznym alginitem (do 5 % obj.), tkwiące w żelokolinitowym spoiwie typu podstawowego o bardzo słabej fluorescencji. Wygląd alginitu pozwala na identyfikację z glonami z gatunku *Tasmanites* (m. in.Alpern

[1], Robert [16]), natomiast oznaczenia botaników sugerują, że są to fosylne formy zielenic *Cladophorates* z przeważającym gatunkiem *Ulva* (Woyda - inf. ustna).

Oprócz opisanych wyżej intraklastów węgla sapropelowego stwierdzono obecność drobnych (o długości do 30 mm) okruchów ksylitów rozszczepialnych (miękki węgiel brunatny) w mułkowo-ilastych warstwach krakowieckich oraz w wapiennym stropie złoża siarki w Machowie.

Licznym składnikiem mineralnym węgla jest piryt, którego zawartość dochodzi do 25% obj. Minerał ten tworzy wiele form morfologicznych, z których najliczniejszą są drobne ziarna i laminy (o średnicy około 0.05 mm) w kolinicie jako pozostałość impregnacji komórek i kanałów przewodzących w drewnie. Obserwowano także większe kolonijne skupienia pirytu framboidalnego.

Łupki węglowe

Wyróżnione piaszczyste i rzadziej ilaste łupki węglowe zbudowane są z naprzemianległych warstewek węgla o miąższości mniejszej od minimalnej grubości litotypu (tutaj 5 mm) oraz piaskowca (iłowca), niekiedy węglistego (tj. z rozproszonym detrytusem lub pyłem węglowym), o porównywalnej z węglem grubości.

Węgiel w obrębie tej odmiany łupków wykazuje barwę czarną, połysk błyszczący, przełam muszlowy i barwę rysy od brunatnoczrnej do czarnej, co wskazuje na jego zmienny stopień uwęglenia w przedziale od brunatnego węgla twardego do niskouwęglonego węgla kamiennego.

Warstewki i soczewki węgla zbudowane są z telinitu i kolinitu. Telinit wykazuje zróżnicowany stopień zachowania struktury komórkowej; na ogół światła komórek są silnie zaciśnięte; bardziej porowate wypełnione są iłem, rezynitem lub fluorynitem.

W szczelinach kontrakcyjnych witrynitu oraz w jego poziomych rozwarstwieniach obecny jest często wurcylit. Niekiedy ten bitumiczny materiał tworzy także poziome laminy w spągowych częściach węgla. Do innych charakterystycznych zjawisk obserwowanych w badanym węglu należą „paciorkowatego" kształtu wysięki ciekłych węglowodorów wzdłuż ledwie zarysowanych szczelin. Obydwie obserwacje dotyczą częstych przypadków, ale nie powszechnych.

Badane skupienia węgla przeważnie są przepełnione pirytem. Najczęściej silną impregnację siarczkami żelaza obserwowano w brzeżnych ich częściach, także choć w mniejszym nasileniu - w światłach komórek witrynitu.

Do rzadkich składników węgla w łupkach piaszczystych należą konkrecje węglanowe syderytowe lub ankerytowe oraz klastyczne dajki ilaste w warstewkach węgla.

Konkrecje węglanowe o średnicy do 0.2 mm i promienistym lub koncentrycznym układzie kryształów tworzą mikrohoryzonty na dystansie do 20 mm.

Składnikiem węglowym warstewek piaszczystych lub występujących rzadziej ilastych jest tzw. detrytus węglowy (często w literaturze opisywany jako „sieczka roślinna") oraz drobne okruchy węgla o charakterze intraklastów, rzadko egzotyków.

Niektóre skupienia kutynitu i sporynitu w łupkach piaszczystych (R^o telinitu około 0.46-0.48%) są źródłem mikroropy naftowej. Wskazują na to emulsyjne skupienia eksudatynitu wokół tych macerałów.

Egzotyki wyróżniają się detrytyczną formą. Są one ostrokrawędziste, mają izometryczny pokrój, a ziarna ich mają średnicę do 1.0 mm. Są one przeważnie zbudowane z kolinitu, często impregnowanego pirytem. Ich odróżnienie od intraklastów jest możliwe

na postawie pomiarów średniej refleksyjności, która w egzotykach waha się od 0.7 do 1.1%, natomiast w intraklastach nie przekracza wartości 0.45%.

Łupki węgliste

Są to skały zabarwione w ciemnych odcieniach wskutek obecności w ich składzie rozproszonego uwęglonego materiału organicznego, który niekiedy skoncentrowany jest w laminach. Skały te tworzą warstwy lub zestawy warstw o grubości od kilku do kilkunastu cm wśród piaskowców i iłowców.

Składnikiem organicznym tych osadów jest głównie uwęglony detrytus organiczny. W piaskowcach przeważnie jest to detrytus średnio- i gruboziarnisty (od 1 do 5 mm), natomiast w iłowcach detrytus drobnoziarnisty (< 1 mm).

Głównymi składnikami detrytusu grubszego są uwęglone szczątki roślinne, rzadko intraklasty i egzotyki węglowe występujące w frakcji drobnopsamitowej, natomiast detrytusu drobnego silniej rozdrobnione te same składniki oraz dodatkowo uwęglone wytwory roślinne (sporynit, fragmenty kutynitu, rezynit, fluorynit i suberynit) oraz alginit. Obecność wśród detrytusu alginitu i fluorynitu jest przewodnim wskaźnikiem sedymentacji w płytkim jeziornym środowisku.

Żyły węglowe

Są rzadkie wśród osadów zapadliska przedkarpackiego. Pod względem genetycznym można wyróżnić:

- żyłki węglowe, będące uwęglinami korzeni karczy - mają one charakter „apofiz węglowych" wnikających w otaczający piaskowiec lub łupek węglowy od strony uwęgliny osiowej karczy,
- dajki węglowe o charakterze iniekcyjnym.

Uwęgliny korzeni karczy drzew zbudowane są z telokolinitu, impregnowanego pirytem. Mają one charakter żył niezgodnych, wnikających w sposób promienisty od uwęgliny dolnej części pnia w otaczający piaskowiec lub łupek węglisty. Na podstawie badań obecności tego typu skupień węgla w osadach fliszu karpackiego stwierdzono, że uwęglone karcze drzew są osadem molasowym [20].

Zbliżony typ morfologiczny reprezentują dajki węglowe. Są one wykształcone w postaci gęstej aureoli drobnych żyłek wokół soczewkowatych skupień węgla, wciśniętych w otaczające piaskowce niezgodnie z ich teksturą oraz w postaci iniekcyjnych dajek węglowych o grubości do 3 mm i długości do kilku cm. Skupienia te są zbudowane z telokolinitu lub fragmentarycznie z telinitu o wyraźnie „zapłyniętej" teksturze, wskazującej kierunek przemieszczania. Świadczą o tym także porwaki ziaren kwarcu oraz urozmaicone powierzchnie żyłek, które odzwierciedlają morfologię pęknięć, w które wniknął uplastyczniony (zżelifikowany) materiał węglowy.

Cechą charakterystyczną „żyłowego" kolinitu jest nieco podwyższona wartość średniej refleksyjności (o 0.10-0.15 %) oraz obecność w nim elipsoidalno-przecinkowatych drobnych pęknięć typowych dla tzw. pseudowitrynitu [2,5,6].

Zmienność średniej refleksyjności humusowego materiału węglowego

Zebrany zbiór 65 próbek skalnych z wierceń i przypowierzchniowych odsłonięć węgla o charakterze złożowym z obszaru zapadliska przedkarpackiego wskazuje, że średnia

refleksyjność ulminitu B i telokolinitu w warstwach węglowych i w rozproszonym witrynitowym materiale zawiera się w przedziale od **0.203** (węgiel brunatny złoża Chomentów - próbki z głębokości 5-10 m) i **0.205** (Trzydnik, próbki z głębokości 25-35 m) do **0.680** % (Zalesie 4: 3055 m). Odnosząc te wartości do zmian R^o w szeregu węglowym widać, że materiał węglowy osadów mioceńskich w zapadlisku przedkarpackim reprezentuje szeroką gamę uwęglenia. W tym miejscu należy dodać, że wartości średniej refleksyjności trzeciorzędowego materiału organicznego są na ogół niższe od humusowych osadów z ich podłoża; oznaczona wartość R^o w osadach dolnej jury w wierceniu Trzebunia 2 na głębokości 3541 m wynosi 0.761 %.

Stopień uwęglenia humusowego materiału organicznego osadów mioceńskich

Analiza zmierzonych wartości R^o oraz charakterystyka petrograficzna wskazują, że najniżej uwęglone skały węgliste i węglowe reprezentują miękki węgiel brunatny. Ich średnia refleksyjność zawiera się w przedziale do 0.261%. Są to ksylity rozszczepialne i zwięzłe, zżelifikowane o wyraźnych cechach tego rodzaju węgla. Zawartość C^{daf} wynosi w nich od 64.1 do 66.1% wag. Podobna jest charakterystyka petrograficzna i chemiczna węgla ze złoża Chomentów i Trzydnik [12].

Pozostałe próbki wyróżniają się czarną barwą i przeważnie błyszczącym połyskiem. Są to cechy twardego węgla brunatnego i węgla kamiennego. Ze zbioru tych próbek wyróżniono węgiel kamienny na podstawie reakcji barwnej z 10% wrzącym wodnym roztworem KOH [4,15]. Węgiel o wartości R^o wyższej od 0.55% nie wykazał reakcji barwnej w tym roztworze (brak w nim kwasów humusowych), co jest cechą węgla kamiennego. Zawartość C^{daf} w tym węglu wynosi od 76.8 do 80.8% wag.

Po wyróżnieniu tych odmian węgla pozostały w badanym zbiorze próbki twardego węgla brunatnego. W Polsce obowiązuje podział tego rzędu na dwa podrzędy, tj. odmiany matowe (niżej uwęglone) i błyszczące. Granica między nimi nie jest dokładnie ustalona. W podziale niemieckim stawia się ją na granicznej wartości ciepła spalania równej 23 MJ/kg, co odpowiada wartości R^o w witrynie około 0.43% i C^{daf} około 71%. Zbliżony do tej propozycji jest projekt Kwiecińskiej i Wagnera [9,10], który rozgranicza odmiany twarde matowe od błyszczących przy średniej refleksyjności 0.45%.

Przyjmując tę granicę, dodatkowo także rozgraniczenie między miękkimi i twardymi odmianami węgla brunatnego na wartości R^o = 0.34-0.35% [9,18] widać, że w zbadanych osadach węglistych miocenu zapadliska przedkarpackiego najliczniejszy jest twardy węgiel brunatny odmiany matowej (51% ilości zbadanych próbek), mniej liczny jest węgiel odmiany błyszczącej (28%), natomiast miękki węgiel brunatny stanowi 8 %, a węgiel kamienny 13 % liczebności próbek.

Wskaźnikowe analizy elementarne wskazują, że zawartość C w odmianach matowych węgla brunatnego waha się od 72.4 do 76.5% wag, natomiast w błyszczących od 76.8 do 77.0% wag.

Zawartość pierwiastka H^{daf} w badanych próbkach zawiera się od 4.80 do 7.20% wag. Uważa się, że zawartość tego pierwiastka w huminicie/witrynicie wyższa od 6.0 wag. jest wskaźnikiem bituminizacji tego materiału lub jego impregnacji składnikami lipoidalnymi. Uzasadnieniem podwyższonej zawartości wodoru jest stwierdzenie w wielu próbkach wurcylitu, eksudatynitu i rezynitu (fluorynitu), a także intraklastów węgla sapropelowego. Obecność podwyższonej zawartości azotu (do 2.24 %) w witrynie zdaje się także potwierdzać obecność w badanych skałach produktów utleniania ropy naftowej.

Zasiarczenie badanego materiału węglowego jest zmienne, na ogół jednak wysokie. Zmienia się ono od 1.2 do 16.9 % wag. Mając na uwadze znaczną ilość pirytu w badanych skałach, można przypuszczać, że główną odmianą pierwiastka S jest siarka pirytowa (siarczkowa).

Porównanie zapadliska przedkarpackiego z obszarem rowu przedalpejskiego

Obszarem wykazującym wiele podobieństw budowy geologicznej i stylu tektonicznego do zapadliska przedkarpackiego jest rów przedalpejski górnej Bawarii w rejonie Monachium, uważany za tektoniczne zapadlisko przed północnym brzegiem płaszczowin alpejskich, wypełnione osadami molasowymi [16].

W geotektonicznym schemacie budowy tego obszaru wyróżniono: molasę autochtoniczną z osadami eocenu, oligocenu (lattorf - szat) i miocenu (akwitan - sarmatian) i molasę sfałdowaną tuż przed płaszczowinami alpejskimi (molasa subalpejska), która obejmuje osady rupelu i szatu.

Uwęglony materiał organiczny jest obecny we wszystkich tych jednostkach, tworząc głównie cienkie zestawy łupków węglistych i węglowych, lokalnie w tzw. basenie węgla brunatnego Hausham skupiający się w kilkanaście (16) cienkich pokładów węgla brunatnego twardego odmiany błyszczącej o średniej refleksyjności w przedziale od 0.45 do 0.50% [8, 17, 22].

Wiercenie wykonane w północnej części obszaru, w obrębie nie zaburzonego tektonicznie „autochtonu" wykazało, że średnia refleksyjność kolinitu uwęglonego materiału organicznego zmienia się liniowo od 0.31 (dolny miocen-ottnangian) do 0.51% (eocen). Sytuacja ta silnie nawiązuje do zmian refleksyjności utworów zapadliska przedkarpackiego.

Literatura

1. Alpern B., 1980 - Petrographie du kérogéne. In: Durand B - Kerogen. Insoluble organic matter from sedimentary rocks. Ed. Technip, Paris.
2. Benedict L.G., Thomson R.R., ShigoJ.J., Aikman R.P., 1985 - Fuel 47. London.
3. Garcia-Gonzales M., MacGovan D.B., Surdam R.C., 1992 - The Future of Energy Gases. US Geol. Surv. Profes. Paper 1570.
4. Gabzdyl W., 1987 - Petrografia węgla. Skrypt Polit. Śl. nr 1337. Gliwice.
5. Gurba L.W., Ward C.R., 1977 - News of ICCC, 14. Aachen
6. Gurba L.W., 1998 - Abst. of the 49th Meet. of the ICCP. Porto.
7. Jacob H., 1975 - Petr. organiq. et. Potent. Petrol. CNRS, Paris.
8. Jacob H., Kuckelkorn K., 1977 - Erdöl-Erdgas, 4.
9. Kwiecińska B., Wagner M., 1996a - News of ICCP, 14. Aachen
10. Kwiecińska B., Wagner M., 1996 b - Mater. II Symp. Nauk. "Ekologia w petrologii i geologii węgla". Wyd. Polit. Śl., Gliwice.
11. Kwiecińska B., Wagner M., 1997 - Typizacja cech jakościowych węgla brunatnego z krajowych złóż według kryteriów petrograficznych i chemiczno-technologicznych dla celów dokumentacji geologicznej złóż oraz obsługi kopalń. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
12. Matl K., Wagner M., 1985 - Abstr. VIII Congr. RCMNS, Budapest.
13. Ney R., 1968 - Pr. Geol. KNG PAN O./Kraków, nr 45.

14. Ney R., 1969 - Pr. Geol. KNG PAN w Krakowie, nr 60.
15. Petrascheck W.E., Pohl W., 1982 - Lagerstättenlehre. 3 neu. bearb. Aufl., XVI, Berlin -Stuttgart.
16. Robert P., 1985 -. Bull. Centr. Recher. Explor. Prod. ELF. mem. 8. Pau.
17. Teichmüller M. i R., 1975 - Geol. Bavar. 73.
18. Wagner M., 1994 - Mat. I Konf. Nauk. „Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla". Wyd. Polit. Śl., Gliwice.
19. Wagner M., 1996 - Pr. Geol. KNG PAN w Krakowie, nr 143.
20. Wagner M., 1996a - Intern. Jour. Coal Geol. 29. Elsevier, Amsterdam.
21. Walenczak Z., 1987 - Geochemia organiczna. Wyd. Geol. Warszawa.
22. Wolf M., 1964 - Geol. Rheinl. Westfal. 12.

Recenzent: Dr hab. inż. Bronisława Hanak