ZESZYTY
NAUKOWE
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

P.3351/93

BRONISŁAWA HANAK

ZRÓŻNICOWANIE PETROGRAFICZNE I CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNE WĘGLA PŁOMIENNEGO TYPU 31 Z WARSTW ŁAZISKICH I LIBIĄSKICH GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO I JEGO ZNACZENIE PRAKTYCZNE

GÓRNICTWO

Z. 212
GLIWICE
1993

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 1204

P. 3351/93

BRONISŁAWA HANAK

Biblioteka Gliwice

ZRÓŻNICOWANIE PETROGRAFICZNE I CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNE WĘGLA PŁOMIENNEGO TYPU 31 Z WARSTW ŁAZISKICH I LIBIĄSKICH GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO I JEGO ZNACZENIE PRAKTYCZNE

GLIWICE 1993

OPINIODAWCY
Prof. dr hab. inż. Stefan Jasieńko
Doc. dr hab. inż. Barbara Kwiecińska

KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR NACZELNY — Prof. dr hab. inż. Jan Bandrowski
REDAKTOR DZIAŁU — Prof. dr hab. inż. Walery Szuścik
SEKRETARZ REDAKCJI — Mgr Elżbieta Leśko

REDAKCJA
Mgr Aleksandra Kłobuszowska

REDAKCJA TECHNICZNA
Alicja Nowacka

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
ul. Kujawska 3, 44-100 Gliwice

Nakł. 150+83 Ark. wyd. 14 Ark. druk. 12 Papier offsetowy kl.III, 70x100, 80g
Oddano do druku 1.06.93 Podpis. do druku 1.06.93 Druk ukończ. w czerwcu 1993
Zam 282/93 Cena zł 49.000,—

Fotokopie, druk i oprawę
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

SPIS TREŚCI

strona

WSTĘP 9

1. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA BADANEGO OBSZARU 11
1.1. Zarys budowy geologicznej 11
1.2. Zasoby i jakość węgla 14

2. ZAKRES I METODYKA BADAŃ 18
2.1. Opróbowanie pokładów węgla 18
2.2. Badania petrograficzne 19
2.3. Badania chemiczno-technologiczne, fizyczne i instrumentalne 21

3. ZRÓŻNICOWANIE NIEKTÓRYCH CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNYCH I FIZYCZNYCH WSKAŹNIKÓW JAKOŚCI WĘGLA 24

4. CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA WĘGLA 33
4.1. Składniki strukturalne pokładów węgla, jako podstawa do rozpoznania warunków facjalnych 33
4.1.1. Litotypy 33
4.1.2. Mikrolitotypy 38
4.2. Zróżnicowanie intensywności żelifikacji, na tle zmienności warunków facjalnych 52
4.3. Wpływ warunków facjalnych na zróżnicowanie w pokładach składu petrograficznego i stopnia uwęglenia 57
4.3.1. Skład mikrolitotypów i macerałów w pokładach 57
4.3.2. Skład macerałów witrytu 63
4.3.3. Stopień uwęglenia wyrażony współczynnikiem odbicia światła 65
4.3.4. Stopień uwęglenia wyrażony wynikami analiz termograwimetrycznych i spektroskopowych witrytów 71

5. PROPOZYCJA PODZIAŁU WĘGLA TYPU 31 NA KLASY W ŚWIETLE PRZEPROWADZONYCH BADAŃ 86

6. TECHNOLOGICZNE ZNACZENIE ZRÓŻNICOWANIA PETROGRAFICZNEGO WĘGLA TYPU 31 95
6.1. Przeróbka mechaniczna 95
6.2. Kierunki użytkowania 102
6.2.1. Węgiel jako surowiec energetyczny 102
6.2.2. Węgiel jako surowiec do procesu upłynniania 102

6.2.3. Węgiel jako surowiec do procesu zgazowania 108
PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI 110
LITERATURA 114

CONTENTS

Page

INTRODUCTION 9

1. GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE EXAMINED AREA 11
   1.1. Geological feature 11
   1.2. Resources and quality of coal 14

2. EXTENT AND METHODICS OF INVESTIGATIONS 18
   2.1. Sampling of coal seams 18
   2.2. Petrographic investigations 19
   2.3. Chemical-technological, physical and instrumental investigations 21

3. VARIABILITY OF SOME CHEMICAL-TECHNOLOGICAL AND PHYSICAL INDICES OF COAL QUALITY 24

4. PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF COAL
   4.1. Structural components of coal seam as a basis for recognition of facial conditions 33
      4.1.1. Lithotypes 33
      4.1.2. Microlithotypes 38
   4.2. Variability of gelification intensity against the background of facial conditions 52
   4.3. Influence of facial conditions on petrographic composition and rank of coal . . 57
      4.3.1. Microlithotype and maceral composition of coal seams 57
      4.3.2. Composition of macerals in vitrite 63
      4.3.3. Rank of coal determined by reflectance 65
      4.3.4. Rank of coal determined by results of thermogravimetric and spectroscopic analysis 71

5. PROPOSAL OF DIVISION OF TECHNOLOGICAL TYPE 31 COAL ACCORDING TO UNDERTAKEN RESEARCH 86

6. PRACTICAL IMPORTANCE OF PETROGRAPHIC VARIABILITY OF TECHNOLOGICAL TYPE 31 COAL 95
   6.1. Mechanical cleaning 95
   6.2. Ways of utilization 102
      6.2.1. Coals for power stations 102
      6.2.2. Coals for liquefaction 102

6.2.3. Coals for gasification 108
SUMMARY OF THE STUDY RESULTS AND CONCLUSIONS 110
REFERENCES 114

SOMMAIRE

Pages
INTRODUCTION 9
1. CARACTÉRISTIQUE GÉOLOGIQUE DU RÉGION ÉTUDIÉ 11
1.1. Cadre géologique 11
1.2. Les réserves et qualité du charbon 14
2. MÉTHODES D'ÉTUDE 18
2.1. Echantillonnage des couches du charbon 18
2.2. Les essais pétrographiques 19
2.3. Les essais chimique-technologiques, physiques et instrumentaux 21
3. VARIABILITÉ DES CERTAINS PARAMÈTRES CHIMIQUO-TECHNOLOGIQUES ET PHYSIQUES DE QUALITÉ DU CHARBON 24
4. CARACTÉRISTIQUE PÉTROGRAPHIQUE DU CHARBON 33
4.1. Constituants structuraux des couches du charbon comme une base pour reconnaissance des conditions faciaux 33
4.1.1. Lithotypes 33
4.1.2. Microlithotypes 38
4.2. Variabilité de l'intensité de gelification au fond de changement des conditions faciaux 52
4.3. Influence des conditions faciaux sur la variabilité de composition pétrographique dans des couches du charbon et du degré de houillification 57
4.3.1. Composition des microlithotypes et macéraux dans des couches du charbon 57
4.3.2. Composition des macéraux de vitrite 63
4.3.3. Degré de houillification exprimé par la mesure du Pouvoir Reflécteur . . 65
4.3.4. Degré de houillification exprimé par des résultats des analyses thermogravimétriques et spectroscopiques des vitrites 71
5. PROPOSITION DE LA DIVISION DU CHARBON DU TYPE 31 SUR DES CLASSES 86
6. IMPORTANCE PRATIQUE DE LA VARIABILITÉ PÉTROGRAPHIQUE DU CHARBON DE TYPE 31 95
6.1. Un traitement mecanique 95
6.2. Des besoins technologiques 102
6.2.1. Le charbon comme la matière piemière énergetique 102

6.2.2. Le charbon comme la matière première pour le processus de liquéfaction 102
6.2.3. Le charbon comme la matière première pour le processus de gazéification 108
RESUMÉ DES ÉTUDES ET CONCLUSION 110
BIBLIOGRAPHIE 114

WSTĘP

Zgodnie z tematem pracy, przeprowadzono badania petrograficzne i chemiczno-technologiczne węgla płomiennego typu 31* z pokładów warstw łaziskich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego /GZW/ oraz dla porównania, węgla z najmłodszego, dostępnego pokładu 116/2 z warstw libiąskich. Węgle te stanowią podstawę eksploatacji górniczej we wschodniej części GZW.

Użytkowane dotychczas jedynie dla celów energetycznych, zaczynają wzbudzać zainteresowanie jako perspektywiczny surowiec dla przetwórstwa chemicznego, głównie do zgazowania i upłynniania. Jak wiadomo, w ostatnim czasie przydatność tych węgli w energetyce jest kwestionowana z uwagi na wysokie zasiarczenie, które z kolei nie przeszkadza, a w pewnym stopniu sprzyja niektórym procesom przetwórstwa chemicznego.

Zarysowujące się nowe możliwości pozaenergetycznego wykorzystania węgli typu 31 ze wschodniej części GZW wymagają bardziej kompleksowej oceny ich jakości, opartej także na ich badaniach petrograficznych. Stosowana natomiast klasyfikacja technologiczna węgli wg PN-82/G-97002 różnicuje typ technologiczny 31 tylko ze względu na wartość ciepła spalania Q_s^{daf}, nie określając specyfiki badanych węgli. Specyfika ta wynika z ich zróżnicowanego stopnia uwęglenia oraz niejednakowej i niejednoznacznej pozycji w szeregu węglowym, pomiędzy twardymi węglami brunatnymi a węglami kamiennymi. Mając na uwadze podobne warunki geologiczne w obszarze występowania badanych pokładów oraz słabo zaawansowany metamorfizm węgli, przyjęto tezę, że zróżnicowanie uwęglenia jest wynikiem różnej intensywności procesów, jakie zachodziły w fazie biochemicznych przemian materiału roślinnego, a intensywność tych procesów uzależniona była od warunków facjalnych, kształtowanych poziomem wód w paleotorfowisku.

Charakterystykę zmienności warunków facjalnych przeprowadzono posługując się tzw. krzywymi facjalnymi, skonstruowanymi na podstawie profili makropetrograficznych badanych pokładów. Przyjęto, że każdy występujący w nich litotyp powstał przy określonym poziomie wód w paleotorfowisku. Przebieg krzywych facjalnych obrazuje więc częstotliwość i amplitudę wahań poziomu wód w paleotorfowisku. Biorąc pod uwagę zakres zmian częstotliwości i amplitudy tych wahań, wydzielono 4 stadia facjalne tworzenia się pokładów, w których wykazano zróżnicowanie intensywności procesów rozkładu biochemicznego tkanki roślinnej, wyrażonej między innymi stopniem jej żelifikacji.

* W pracy stosowano polską klasyfikację technologiczną węgli PN-82/G-97002, wyróżniającą : węgiel płomienny - typ 31, węgiel gazowo-płomienny - typ 32, węgiel gazowy - typ 33, węgiel gazowo-koksowy - typ 34, węgiel ortokoksowy - typ 35, węgiel metakoksowy - typ 36, węgiel semikoksowy - typ 37, węgiel chudy - typ 38, węgiel antracytowy - typ 41, antracyt - typ 42, metaantracyt - typ 43.

Cel pracy starano się osiągnąć poprzez analizę zróżnicowania składu petrograficznego, stopnia żelifikacji witrynitu, własności chemiczno-technologicznych i fizycznych węgli, w odniesieniu do stadiów facjalnych tworzenia się pokładów.

Celem praktycznym badań było dokonanie podziału węgli typu 31, uwzględniającego zmienność stopnia uwęglenia, określenie ich jakości i przydatności do procesów przetwórstwa chemicznego oraz wykazanie istotnego znaczenia konieczności przeprowadzania badań petrograficznych przy ocenie przydatności przemysłowej tych węgli.

Temat, koncepcja i główne założenia pracy wynikają z opublikowanych [24], [25], [28-32], [47] i ni opublikowanych [27], [30] prac własnych i współautorskich. Wstępne wyniki pracy zostały zreferowane na XI Konferencji Międzynarodowej "Coal Petrolgy - Prague 1992" i opublikowane [46].

1. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA BADANEGO OBSZARU

1.1. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Warstwy łaziskie wraz z libiąskimi stanowią najwyższe i zarazem najmłodsze ogniwo litostratygraficzne karbonu produktywnego GZW. Występują we wschodniej i centralnej części niecki głównej na obszarze rozciągającym się z kierunku W ku E na odległości 80 km i około 40 km z kierunku N ku S [38]. Obszar ten znajdował się w bardziej stabilnej części zapadliska, w którym formowało się GZW i w związku z tym wykazuje cechy geotektoniczne przejściowe do zagłębi typu platformowego.

Osady karbonu górnego w rejonie badań (rys.1) wykazują dużą, lecz zmienną miąższość, jak również zmienne pionowe i poziome rozprzestrzenienie [12]. Najniższe ogniwo karbonu w tym obszarze stanowią osady grupy warstw brzeżnych (Namur A), reprezentujące megacykl piaskowcowo-mułowcowy facji paralicznej.

W omawianej części GZW stosowany jest odrębny podział warstw brzeżnych (tab.1). Warstwy te nie są udostępnione robotami górniczymi, gdyż występują na znacznych głębokościach, poniżej 1000 m i jedynie w obszarze kop. "Siersza" stwierdzono je bliżej powierzchni Ziemi (rys.2).

Utwory namuru B i C, wraz z utworami westfalu A, B, C i D, reprezentują megacykl limniczny. Grupa warstw siodłowych (namur B) występuje tylko w zachodniej części obszaru, tj. w kopalniach "Ziemowit", "Piast" i "Czeczott", i to także na dużych głębokościach, poniżej 1000 m. W ich obrębie występuje jeden pokład węglowy, tj pokład 510 [57].

Warstwy rudzkie (namur C), najlepiej rozpoznane otworami wiertniczymi w obszarze kop. "Ziemowit", wykazują miąższość 140 m. W obszarze kopalń "Brzeszcze" i "Silesia" stwierdzono redukcję ich miąższości do 55 m.

Utwory westfalu dzielą się na serię mułowcową i krakowską serię piaskowcową. Seria mułowcowa dzieli się na warstwy załęskie i orzeskie. Warstwy załęskie, najpełniej wykształcone w zachodniej części omawianego obszaru, mają tendencję do zmniejszania miąższości (nawet do 0 m) w kierunku wschodnich granic GZW [89]. Warstwy orzeskie w obszarze badań najpełniejsze wykształcenie wykazują w kop. "Ziemowit", gdzie są eksploatowane. W sąsiedniej kop. "Piast" są słabiej rozpoznane, ponieważ występują na znacznej głębokości. W kierunku wschodnim ich miąższość silnie maleje, nawet do kilku metrów (lokalnie w obszarze kop. "Janina"), (rys. 2).

Krakowska seria piaskowcowa stanowi część stropową serii lądowej. Maksymalna miąższość tej serii wynosi 1640 m [58]. Utwory krakowskiej serii piaskowcowej na całym obszarze występowania uległy erozji i prawie nigdzie nie zachował się ich pełny profil. Charakterystyczną ich cechą jest wysoki udział utworów gruboklastycznych, często powyżej

90%, i nie mniejszy aniżeli 50% [8], [12], [15], [16]. Seria dzieli się na część dolną, odpowiadającą warstwom łaziskim i górną, odpowiadającą warstwom libiąskim (tab.1).

Rys.1. Szkic sytuacyjny obszarów górniczych kopalń "Siersza", "Janina", "Ziemowit", "Piast", "Czeczott" oraz lokalizacja badanych próbek

1 - pokł. 116/2, 2 - pokł. 209, 3 - pokł. 214, 4 - pokł. 205/1, 5 - pokł. 209 ława górna, 6 - pokł. 209 ława dolna, 7 - pokł. 215, 8 - pokł. 205/4, 9 - pokł. 209 ława górna, 10 - pokł. 209 ława dolna, 11 - pokł. 209/3

Fig.1. Situational sketch of the mining areas of the "Siersza", "Janina", "Ziemowit", "Piast" and "Czeczott" mines and location of the samples investigated

1 - Seam 116/2; 2 - Seam 209; 3 - Seam 214; 4 - Seam 205/1; 5 - Seam 209, top bank; 6 - Seam 209, bottom bank; 7 - Seam 215; 8 - Seam 205/4; 9 - Seam 209, top bank; 10 - Seam 209, bottom bank; 11 - Seam 209/3

PODZIAŁ STRATYGRAFICZNY KARBONU GZW

Tabela 1

Międzynarodowy standard		St. Doktorowicz-Hrebnicki, T. Bocheński, 1952		St. Zb. Stopa, 1957,1967						Z. Dembowski, A. Jachowicz, K. Bojkowski, i inni, 1972		
		warstwy	pokł. graniczne	seria	podseria	grupa warstw	warstwy		Poziomy graniczne	seria	warstwy	Poziomy graniczne
westfal	D	libiąskie	110 119	limniczna (prawie bez fauny)	piaskowcowa	łękowa cz. górna	libiąskie		117	krakowska seria piaskowcowa	libiąskie	119
	C	łaziskie	201 218				chełmskie		118 207		łaziskie	202 218
	B	orzeskie	301 364		łupkowa		mikołowskie	górne albo łaziskie	208 301	mułowcowa	orzeskie	303
								dolne albo orzeskie (ss)	303 328			
	A	rudzkie	401 419				załęskie	górne	364 401 407		załęskie	327 (326/1) 405.406
namur	C	siodłowe	501 510	z fauną słodkowodną	piaskowcowa	siodłowa cz. dolna	rudzkie	górne	408 414	górnośląska seria piaskowcowa	rudzkie	407 420
								dolne	420			
	B						zabrskie		501 510		siodłowe	501 510
	A	porębskie	601 631	paraliczna	piaskowcowo-łupkowa	brzeżna cz. górna	porębskie	grodzieckie	Goebler Barbara	seria paraliczna	porębskie	601 630
		jaklowieckie	701 723				jaklowieckie	florowskie	Enna		jaklowieckie	701 723
		gruszowskie	801 848				gruszowskie	sumowskie	łupek szklarski Nanette		gruszowskie	801 848
		pietrzkowickie	901				pietrzkowickie	malinowickie	Štur		pietrzkowickie	901
							kijowickie górne			morskie utwory diastroficzne		Štur

Wobec braku zróżnicowania litologicznego w obrębie krakowskiej serii piaskowcowej, dokładniejszy jej podział przeprowadzony jedynie na podstawie kryteriów paleobotanicznych, jest do tej pory dyskusyjny.

Warstwy łaziskie, wg podziału T.Bocheńskiego i S.Doktorowicz-Hrebnickiego [19], obejmują serię osadów odpowiadającą westfalowi C, z najniższym pokładem 218 i najwyższym pokładem 119 (tab. 1). S.Z.Stopa natomiast stwierdził występowanie oddzielnego zespołu florystycznego w warstwach od pokładu 207 do pokładu 118 włącznie, które wydziela jako warstwy chełmskie, odpowiadające westfalowi C [102], [103]. Pokład 208 przyjmuje za najwyższy w warstwach łaziskich, które wraz z orzeskimi (s.s) zalicza, jako warstwy mikołowskie, do westfalu B. Podział ten nie uwzględnia jednak badań palinologicznych, które, zdaniem Z.Dembowskiego [16],wyznaczają górną granicę warstw łaziskich między pokł. 119 i pokł. 202. Pokłady 118 i 119 autor ten zalicza do warstw libiąskich, co byłoby zgodne z wynikami badań palinologicznych A.Jachowicza [51]. Za dolną granicę warstw łaziskich przyjmują oni spąg ławicy piaskowca nad pokładem 301 lub 303 i w całości zaliczają je do westfalu C. Jednakże K.Kruszewska stwierdziła, na podstawie wyników badań mikrosporowych, że granica pomiędzy westfalem B i C jest nieostra i przebiega w sposób ciągły przez grupę kilku pokładów warstw łaziskich [63].

Warstwy łaziskie w badanym obszarze wykazują najpełniejszy profil w kop. "Piast" i "Czeczott" (rys.3). Stwierdzony natomiast w północno-wschodniej części obszaru kop. "Piast" pełny profil warstw wykazuje miąższość 950 m. Są to ławice piaskowców o dużej miąższości, sporadycznie przedzielone żwirowcami i cienkimi wkładkami mułowców i iłowców (głównie w stropach i spągach pokładów węgla). Iłowce występują też w miejscach zaniku pokładów węgla. Pokłady węgla występują rzadko, w odstępach dwudziestu kilku do kilkudziesięciu metrów i często wykazują znaczne miąższości. Na zachód od tego obszaru występuje tylko dolne ogniwo warstw łaziskich, które w stosunkowo niewielkiej odległości uległo ścięciu erozyjnemu. Występujące tu zmienne odległości między pokładami i częste ich rozdzielenie na ławy może wskazywać na zmienne tempo subsydencji dna basenu sedymentacyjnego [16].

W kierunku wschodnim miąższość warstw łaziskich maleje, a pokłady rozdzielone na zachodzie często łączą się (np. pokład 209). W północnym skrzydle niecki Sierszy, w rejonie miasta Trzebini, warstwy łaziskie zanikają, a na ich miejscu występują pstre iły lub wyłącznie piaskowce [119].

Pokłady warstw łaziskich zawierają przerosty tonsztajnowe, ułatwiające ich korelację [32], [70].

Warstwy libiąskie występują wyłącznie w części wschodniej GZW w tzw. obszarze krakowskim. Pełny profil tych warstw występuje jedynie we wschodniej części obszaru kop. "Janina". W południowo-zachodniej części, między uskokiem Przemszy i Hrebnickiego, są całkowicie zerodowane. Warstwy libiąskie zbudowane są głównie z piaskowców. Iłowce, podobnie jak w warstwach łaziskich, występują niemal wyłącznie w stropach i spągach pokładów węglowych, i to nie zawsze, gdyż często stwierdza się tam również piaskowce.

Pokłady węglowe rozmieszczone są dość regularnie w profilu pionowym. Wskazuje to na prawie równomierną subsydencję dna zbiornika, o cechach zapadającej się płaskiej, śródgórskiej doliny, stale płytko zalanej wodą. W okresach subsydencji dna zbiornika o większej amplitudzie, stany wody ulegały podwyższeniu, co sprzyjało sedymentacji klastycznej [8]. W kolejnych okresach spłycania następował rozwój roślinności. W wyższych partiach warstw libiąskich obserwowane jest czerwone zabarwienie skał.

Według T.Bocheńskiego i S.Doktorowicz-Hrebnickiego, warstwy libiąskie zaliczają się do osadów najwyższego westfalu, z wyjątkiem ich górnej części, którą uznali za odpowiednik dolnej części piętra stefańskiego (tab.1). S.Z.Stopa udowodnił na podstawie badań flory, że warstwy libiąskie reprezentują jedynie najwyższe ogniwo piętra westfalskiego /westfal D/ [103].

W dolnym stefanie nastąpiła erozja utworów górnego karbonu wskutek ruchów orogenetycznych, a lokalnie występujące utwory stefanu /arkoza kwaczelska/ przykryły niezgodnie różne ogniwa karbonu produktywnego.

W dalszej części pracy za warstwy łaziskie i libiąskie uważa się utwory zaliczane odpowiednio do westfalu C i D.

Nadkład w badanym obszarze zbudowany jest z utworów permu, triasu, trzeciorzędu i czwartorzędu, wykazujących zmienne miąższości i zmienne rozprzestrzenienie.

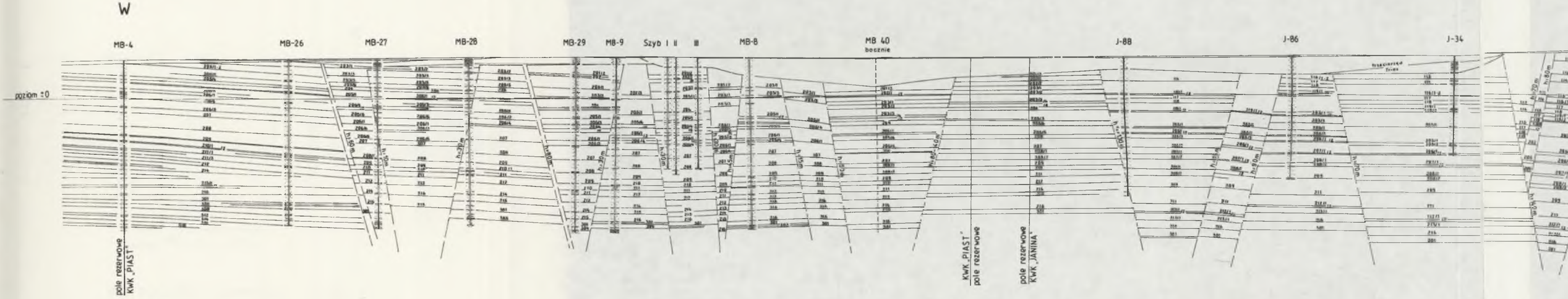
Tektonika wschodniej części GZW jest bardzo skomplikowana (rys. 4). Występuje tu gęsta sieć przecinających się dwóch systemów dyslokacji nieciągłych; starszego, waryscyjskiego o kierunku zbliżonym do S-N i młodszego, alpejskiego o kierunku zbliżonym do W-E. Systemy dyslokacji tworzą w rozpatrywanym obszarze strukturę bloków tektonicznych.

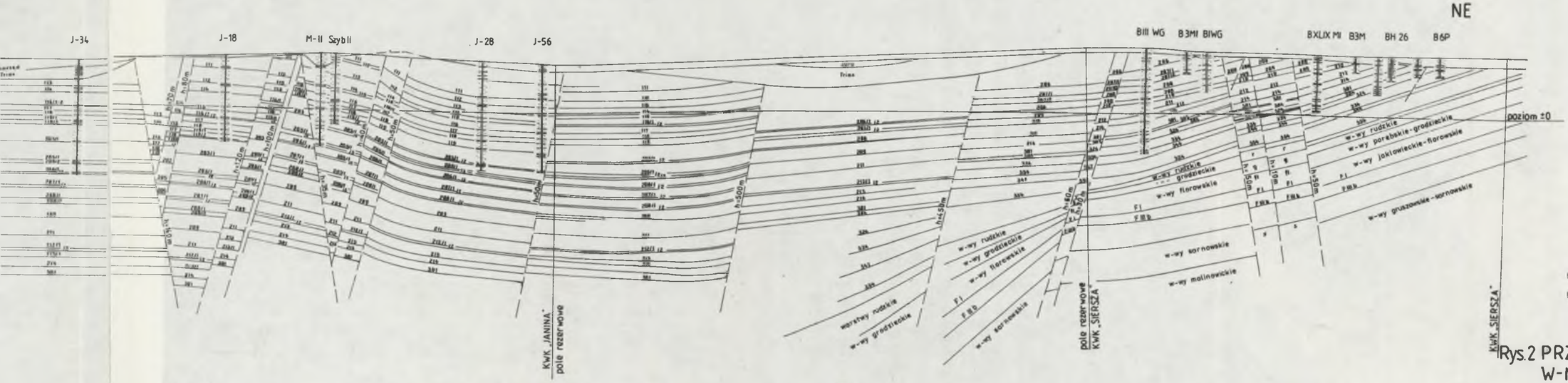
1.2. ZASOBY I JAKOŚĆ WĘGLA

W obszarze występowania warstw łaziskich, do głębokości 1200 m, udokumentowano pokłady węgli odpowiadających wg PN- 82/G-97002, typom technologicznym 31, 32, 33 i 34 [117].

Węgle z pokładów warstw łaziskich reprezentują głównie technologiczny typ 31. W NE części obszaru pokłady te, podobnie jak pokłady warstw libiąskich, zawierają wyłącznie węgiel typu 31. Węgiel typu 32 występuje tylko lokalnie, w najstarszych pokładach łaziskich, w obszarze kop. "Ziemowit" i kop. "Piast", oraz stosunkowo częściej, w kop. "Czeczott". Znaczniejszy udział węgli typu 32 wykazują pokłady warstw orzeskich. Natomiast węgle typów 33 i 34 stwierdzono w pokładach warstw orzeskich i rudzkich, występujących w kop. "Ziemowit", na głębokości poniżej 750 m [119].

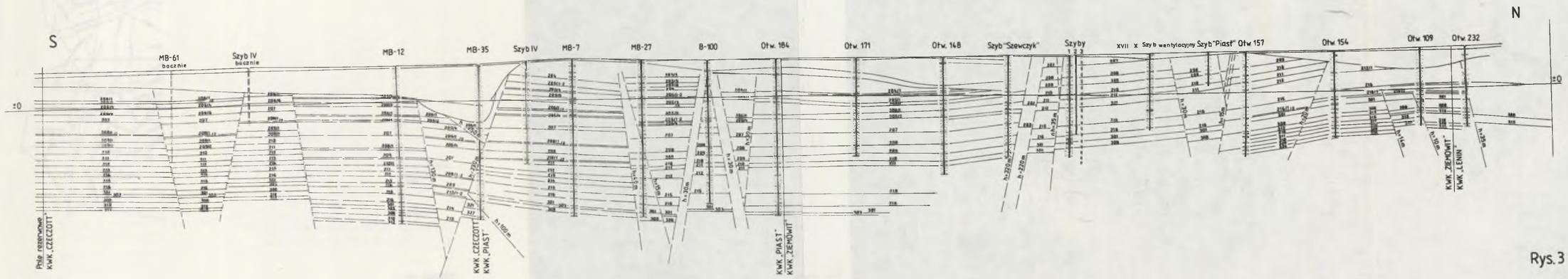
Częstość występowania typów technologicznych węgli w udokumentowanych pokładach, występujących na obszarze dawnego Jaworznicko-Mikołowskiego Gwarectwa, określoną na


W
MB-4
MB-26
MB-27
MB-28
MB-29
MB-9
Szyb I II III
MB-8
MB 40
bocznie
J-88
J-86
J-34
poziom ±0
pole rezerwowe
KWK „PIAST"
KWK „PIAST"
pole rezerwowe
pole rezerwowe
KWK „JANINA"



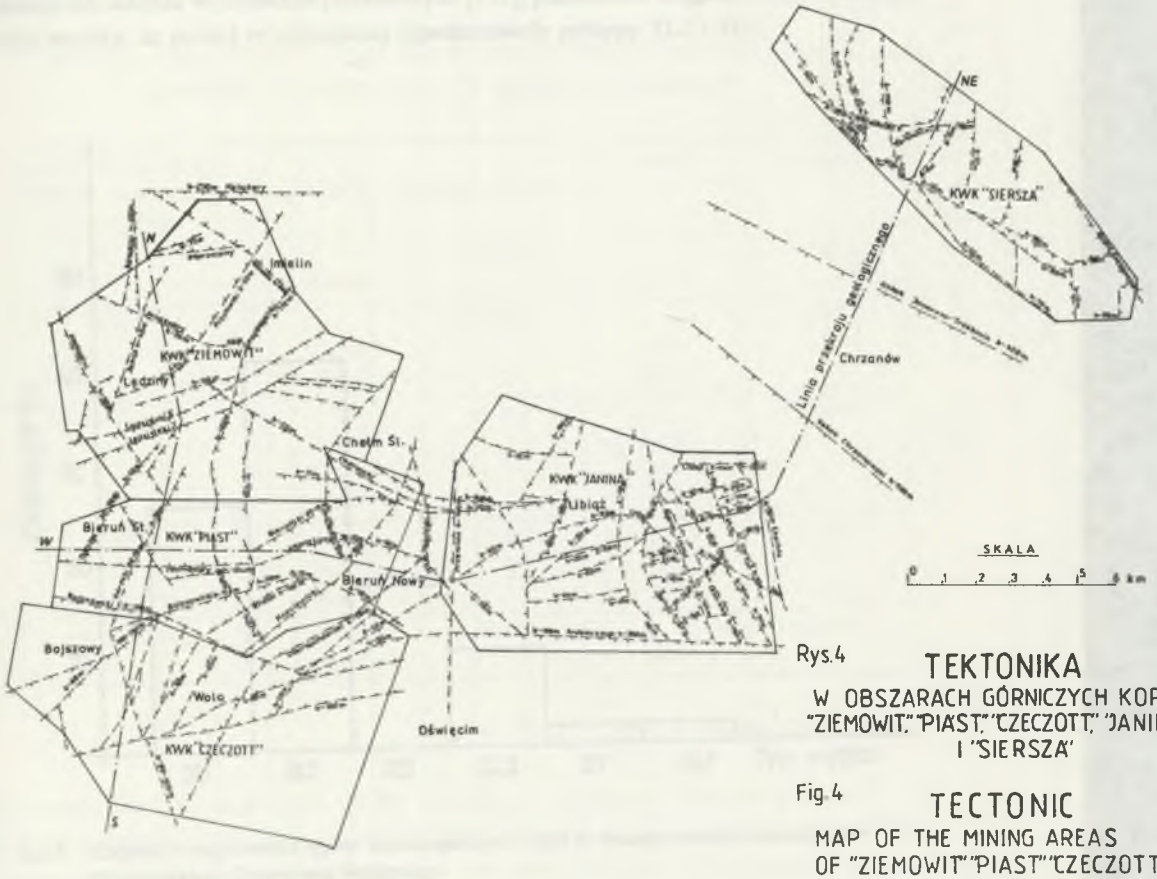
Rys. 2 PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY W-NE PRZEZ O.G. KOPALŃ "PIAST," "JANINA", "SIERSZA"

Fig. 2 GEOLOGICAL CROSS-SECTION W-NE THROUGH THE MINING AREAS OF THE "PIAST" "JANINA" AND "SIERSZA" MINES



Rys. 3 PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY S-N PRZEZ O.G. KOPALŃ "ZIEMOWIT," "PIAST," "CZECZOTT"

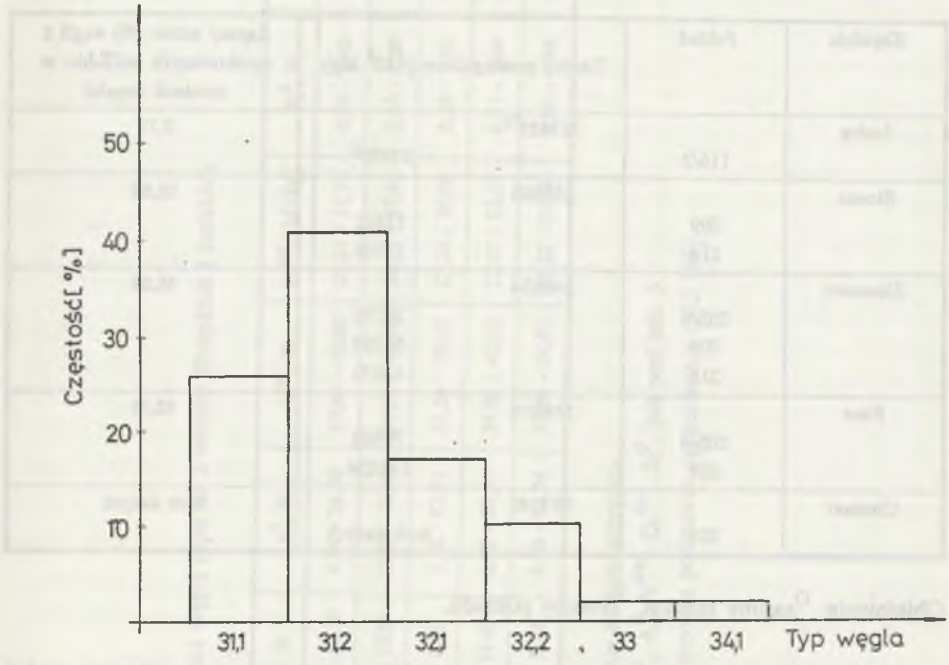
Fig. 3 GEOLOGICAL CROSS-SECTION S-N THROUGH THE MINING AREAS OF THE "ZIEMOWIT," "PIAST" AND "CZECZOTT" MINES



Rys. 4 TEKTONIKA
W OBSZARACH GÓRNICZYCH KOPALŃ
"ZIEMOWIT," "PIAST," "CZECZOTT," "JANINA"
I "SIERSZA"

Fig. 4 TECTONIC
MAP OF THE MINING AREAS
OF "ZIEMOWIT" "PIAST" "CZECZOTT"
"JANINA" AND "SIERSZA" MINES

podstawie ich udziału w próbkach pokładowych [117], przedstawia diagram na rys. 5. Z jego kształtu wynika, że próbki te najczęściej reprezentowały podtypy 31.2 i 31.1.



Rys.5. Częstość występowania typów technologicznych węgli w obszarze dawnego Jaworznicko-Mikołowskiego Gwarectwa Węglowego

Fig.5. Frequency of occurence of different technological types in the area of former Jaworzno-Mikołów Mining Company

Węgiel typu 31 z pokładów warstw łaziskich stanowi podstawę wydobycia kopalni "Siersza", "Piast", "Ziemowit" i "Czeczott". W znacznych zasobach przemysłowych tych kopalń (235503 - 516816 tys. Mg), udział węgli typu 31, jedynie z wytypowanych do badań pokładów, wynosi od 18,60 do 43,65% (tab. 2).

Parametry jakości węgli typu 31 z pokładów warstw łaziskich i libiąskich wskazują na duże zróżnicowanie ich stopnia uwęglenia (tab. 3). Silne zróżnicowanie wykazuje przede wszystkim wartość współczynnika odbicia światła witrynitu $\overline{R}_o$, wahająca się od 0,46 do 0,68% . Zakres zróżnicowania $\overline{R}_o$ obejmuje wartości od odpowiadających twardym węglom brunatnym, do wartości charakterystycznych dla najniżej uwęglonych węgli kamiennych [85], [84], [112].

Tabela 2

Zasoby przemysłowe kopalń i udział w nich węgla z opróbowanych pokładów (wg danych Centralnego Ośrodka Informatyki Górniczej)

Kopalnia	Pokład	Zasoby przemysłowe (· 10^3 Mg)	Łączny udział (%) węgli z opróbowanych pokładów w zasobach kopalni
Janina		737435[1)]	5,11
	116/2	37670[2)]	
Siersza		235503	18,60
	209	11502	
	214	32505	
Ziemowit		340534	38,89
	205/1	20578	
	209	68784	
	215	43078	
Piast		516816	43,65
	205/4	79344	
	209	146236	
Czeczott		993240	brak danych
	209	brak danych	

Objaśnienia: [1)]zasoby kopalni, [2)]zasoby pokładu.

Najniższy stopień uwęglenia w obszarze GZW, stwierdzany na podstawie badań chemiczno-technologicznych i petrograficznych, odnoszono głównie do węgli z pokładów warstw libiąskich [25], [37], [54], [60], [79], [82]. Natomiast, od niedawna, stwierdzono go także w węglach z warstw łaziskich [10], [24], [47].

Zróżnicowane wartości takich wskaźników jakości, jak ciepło spalania (Q_s^{daf} = 24,71 - 33,21 MJ/kg), zawartość części lotnych (V^{daf} = 35,10 - 44,40%) oraz zawartość wilgoci (W^a = 4,48 - 15,00%), (tab. 3), świadczy o niejednakowej przydatności technologicznej węgli typu 31. Na uwagę zasługuje zmienna i często wysoka w nich zawartość siarki całkowitej (S_t^d = 0,30 - 6,30%), wykazująca tendencje spadkowe, ze wzrostem głębokości występowania pokładów [9].

Dotychczas węgle wydobywane z warstw łaziskich i libiąskich przeznaczane są do celów energetycznych, a od kilkunastu lat prowadzone są badania, które wykazały możliwość wykorzystania tych węgli w procesach upłynniania [6], [27], [30], [31], [49], [76], [65], [71], [115] i zgazowania [6], [41], [42], [43], [97], [98]. Szczegółowy wykaz prac dotyczących głównie chemicznej technologii węgla zawierają opracowania Zakładu Karbochemii PAN [20], [88].

Tabela 3

Charakterystyka zmienności parametrów jakości węgla typu 31 z warstw libiąskich i łaziskich

Kopalnia	Warstwy	Liczba próbek	W^a, %	A^d, %	V^{daf}, %	Q_s^{daf}, [MJ/kg]	S_t^d, %	$\overline{R}_o$, %
Janina	libiąskie	9	10,00 - 16,10	9,00 - 36,50	37,69 - 40,00	25,51 - 31,75	0,69 - 4,40	0,43 - 0,48
Siersza	łaziskie	15	11,00 - 15,00	12,00 - 26,00	37,60 - 44,40	24,77 - 27,42	0,40 - 6,30	0,46 - 0,52
Piast	łaziskie	8	6,64 - 8,59	7,76 - 63,61	35,10 - 40,40	27,24 - 30,08	0,30 - 1,54	0,54 - 0,63
Ziemowit	łaziskie	11	4,69 - 11,43	6,73 - 50,74	35,50 - 42,20	27,47 - 33,21	0,37 - 1,66	0,46 - 0,61
Czeczott	łaziskie	9	4,48 - 5,22	9,40 - 19,74	37,20 - 39,40	29,27 - 32,56	0,98 - 1,94	0,63 - 0,68

Objaśnienia: $\overline{R}_o$ - średnia wartość zdolności odbicia światła witrynitu, objaśnienia symboli parametrów: W^a, A^d, V^{daf}, Q_s^{daf}, S_t^d, jak pod tab. 5.

Uwaga: Wartości parametrów jakości zestawiono na podstawie opracowania GIG [85].

2. ZAKRES I METODYKA BADAŃ

2.1.OPRÓBOWANIE POKŁADÓW WĘGLA

Przedmiotem badań były węgle typu 31 z pokładów warstw łaziskich i libiąskich GZW, występujących w części niecki głównej w obszarze położonym między Tychami, Brzeszczami, Libiążem i Trzebinią.

Podczas opróbowania starano się uzyskać próbki węgli o zróżnicowanym stopniu uwęglenia, równocześnie reprezentatywne dla badanego profilu stratygraficznego, z pokładów o znaczących dla górnictwa zasobach bilansowych. W tym celu pobrano próbki węgli z pokładów warstw łaziskich w kop. "Siersza", w części wschodniej obszaru badań oraz w kop. "Piast", "Ziemowit" i "Czeczott", w jego części centralnej.

Pobrano próbki z wyróżniającego się dużą miąższością i występowaniem na całym badanym obszarze pokładu 209, przyjmowanego za pokład przewodni obok, w dużej części wyeksploatowanego, pokładu 207. Próbki pobrano także z najmłodszego, dostępnego w warstwach łaziskich pokładu 205, oraz z najstarszych dostępnych pokładów, tj. pokł. 214 lub pokł. 215. Próbki najmłodszego węgla z warstw libiąskich pobrano w pokładzie 116/2 kop. "Janina".

Zestawienie badanych pokładów wraz z lokalizacją miejsc pobrania próbek przedstawia tab.4 i rys.1.

Tabela 4

Lokalizacja próbek pokładowych (bruzdowych i słupowych)

Kopalnia	Lp.	Pokład	Miejsce pobrania próbek
Janina	1	116/2	Pochylnia IX, partiaM
Siersza	2	209	Przekop zachodni 4, poziom 5, partia K
	3	214	Obchód pochylni granicznej, poziom 5, partia G
Ziemowit	4	205/1	Sciana 334, poziom II (466 m)
	5	209, ława górna	Chodnik 972 A
	6	209, ława dolna	Chodnik 161, poziom II (650 m)
	7	215	Chodnik 561
Piast	8	205/4	Ściana 411, poziom 500
	9	209, ława górna	Obcinka do ściany 701, poziom 650
	10	209, ława dolna	Obcinka do ściany 704, poziom 650
Czeczott	11	209/3	Chodnik przyścianowy ściany D-6, poziom 500

Z badanych pokładów pobrano próbki pokładowe (bruzdowe), zgodnie z PN-62-G-04501, oraz próbki słupowe, zgodnie z potrzebami specjalistycznych badań petrograficznych.

Próbki węgla typu 31 były przedmiotem badań metodami petrograficznymi, chemiczno-technologicznymi i instrumentalnymi.

2.2.BADANIA PETROGRAFICZNE

Badania petrograficzne obejmowały profilowanie pokładów, uszczegółowione na podstawie opisów makroskopowych próbek słupowych, oraz analizy jakościowe i ilościowe składników mikroskopowych węgli.

Przy sporządzaniu profili petrograficznych pokładów stosowano metodykę i nomenklaturę zalecaną przez ICCP* [44], [50], [96], opartą na litotypach zdefiniowanych przez M.C.Stopes [104].

Na podstawie profili makropetrograficznych pokładów wykreślono wg metody K.Tascha [109], zmodyfikowanej przez M.Mastalerz [81], tzw. krzywe tworzenia się pokładów, zwane też krzywymi facjalnymi. Odpowiednio do zmieniającego się reżimu wodnego, w miarę wzrostu grubości pokrywy wodnej, K.Tasch uszeregował litotypy w sekwens:1) węgiel włóknisty (fusain), 2) węgiel błyszczący (vitrain), 3) węgiel półbłyszczący (clarain), 4) węgiel matowy (durain), 5) łupek węglowy, 6) skała. Kolejność występowania litotypów w sekwensie odzwierciedla zmienność warunków wodnych od "suchych" do "mokrych" [109]. Krzywe facjalne przedstawiają: na osi odciętych - poziomy występowania litotypów wg sekwencji Tascha, na osi rzędnych - miąższość warstewek litotypów. Jeżeli sąsiednie litotypy w profilu pokładu występują na różnych poziomach wg sekwencji Tascha, wówczas odcinki obrazujące ich położenie łączono linią prostopadłą do osi miąższości. Odcinek linii zawarty między końcem odcinka litotypu poprzedniego a początkiem odcinka litotypu następnego, obrazuje amplitudę wahań poziomu wód. W zależności od częstotliwości i amplitudy tych wahań wydzielono cztery stadia facjalne tworzenia się pokładów.

Próbki kawałkowe węgla obejmujące litotypy i zespoły litotypów charakterystyczne dla wydzielonych stadiów tworzenia się pokładów przeznaczono do badań mikrostrukturalnych. Wyniki tych badań przedstawiono w formie diagramów ilustrujących zmienność składu mikrolitotypów w zależności od stadium tworzenia się pokładu. Na tle tej zmienności obserwowano zróżnicowane przejawy żelifikacji tkanki roślinnej, jak i różny udział w grupie witrynitu, składników przedstawiających pierwotny żel. Głównym celem tych badań było wykazanie wpływu zróżnicowanych warunków facjalnych występujących w paleotorfowiskach na stopień biochemicznego rozkładu materiału roślinnego.

Ilościowy udział mikrolitotypów, karbominerytów i skał oraz macerałów i minerałów w pokładach oznaczono na szlifach ziarnowych (brykietach) próbek bruzdowych. W składzie

*Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla, obecnie International Committee for Coal and Organic Petrology.

macerałów grupy witrynitu oddzielnie oznaczono składniki tkankowe o różnym stopniu żelifikacji. Ich udział określono także w próbkach witrytu z węgli błyszczących.

Wyniki przeprowadzonej analizy kombinowanej udziału i składu mikrolitotypów, karbominerytów i skał wykorzystano do przeprowadzenia petrograficznej oceny wzbogacalności węgli wg metody I.I.Ammosowa [2] [3] [4], odpowiednio dostosowanej do węgli GZW [45].

W petrograficznej metodzie oceny wzbogacalności wykorzystuje się fakt, że ziarna niezmineralizowanych i mało zmineralizowanych mikrolitotypów wejdą w procesie wzbogacania w skład koncentratów (gdyż ich gęstość wynosi < $1{,}5 \cdot 10^3 kg/m^3$), ziarna karbominerytów wejdą w skład produktu pośredniego (gęstość $1{,}5 - 1{,}8 \cdot 10^3 kg/m^3$), a ziarna zaliczane do skał wejdą w skład odpadów (gęstość > $1{,}8 \cdot 10^3 kg/m^3$). Na tej podstawie, opierając się na wynikach kombinowanej analizy składu petrograficznego, określono wychód produktów wzbogacania (koncentratu produktu pośredniego i odpadów), zawartość w nich popiołu oraz uzysk masy palnej w koncentratach badanych węgli. W tym celu obliczono kolejno:

1. Masę Q_p produktu wzbogacania (koncentratu, produktu pośredniego, odpadów), jako sumę mas Q_s występujących w nim składników petrograficznych (odpowiednio do rodzaju produktu: mikrolitotypów lub karbominerytów albo skał). Masę Q_s wyliczono wg wzoru:

$$Q_s = V_s \frac{\Sigma V_m \cdot \gamma_m}{100},$$

gdzie: V_s - zawartość (% obj.) składnika petrograficznego (mikrolitotypu, karbominerytu, skały) w próbce;
V_m - zawartość (% obj.) w składniku petrograficznym grup macerałów bądź minerałów;
γ_m - gęstość grupy macerałów lub minerałów.

Gęstości grup macerałów dobrano odpowiednio do stopnia uwęglenia, na podstawie danych literaturowych [2], [3], [26], [118], następująco:

- dla grupy witrynitu $\gamma_m = 1{,}35 \cdot 10^3 kg/m^3$,
- dla grupy egzynitu $\gamma_m = 1{,}25 \cdot 10^3 kg/m^3$,
- dla grupy inertynitu $\gamma_m = 1{,}45 \cdot 10^3 kg/m^3$.

2. Wychód (W_p) produktów wzbogacania (koncentratu, produktu pośredniego i odpadów), jako:

$$W_p = \frac{Q_p}{Q_c} \cdot 100\%,$$

gdzie: Q_p - masa produktu wzbogacania, (obliczona wg punktu 1),
Q_c - masa całkowita próbki, obliczona jako suma mas (ΣQ_p) produktów wzbogacania, tzn. koncentratu, produktu pośredniego i odpadów.

3. Masę popiołu q_A w składnikach petrograficznych (mikrolitotypach, karbominerytach i skałach), wg wzoru:

$$q_A = Q_s \cdot k,$$

gdzie: k - współczynnik popielności (zawartość popiołu A:100), mikrolitotypu, karbominerytu lub skały, dobrany odpowiednio do składu występujących w nim grup macerałów i minerałów, wg danych literaturowych [3], [4],
Q_s - masa składnika petrograficznego (wg pkt. 1),

4. Zawartość popiołu (Ap) w produktach wzbogacania, jako:

$$A_p = \frac{\Sigma q_A}{Q_p} \cdot 100\%$$

gdzie: Σq_A - suma mas popiołów składników petrograficznych, występujących w danym produkcie wzbogacania;
Q_p - masa produktu wzbogacania.

5. Zawartość popiołu w próbce, jako:

$$A_c = \frac{q_{Ac}}{Q_c} \cdot 100,$$

gdzie: q_{Ac} - suma mas popiołów wszystkich składników petrograficznych w próbce (całkowita masa popiołu w próbce),
Qc - całkowita masa próbki (ΣQ_p).

6. Uzysk masy palnej w koncentracie:

$$E = \frac{W_p (100 - A_p)}{100 - A_c},$$

gdzie: W_p - wychód produktu (w tym przypadku koncentratu), obliczona wg pkt. 2,
A_p - zawartość popiołu w produkcie (w koncentracie), obliczona wg pkt. 4,
A_c - zawartość popiołu w próbce.

W pracy przedstawiono ostateczne rezultaty obliczeń, tzn. wielkości wychodu produktów wzbogacania i zawartości w nich popiołu oraz uzysk masy palnej w koncentratach badanych próbek węgli. Przedstawienie całego toku obliczeń dla wszystkich próbek wymagałoby dodatkowo zamieszczenia w pracy 11 obszernych tabel, co uznano za niecelowe.

Uzyskane wyniki petrograficznej oceny wzbogacalności węgli analizowano, biorąc pod uwagę wyróżnione stadia facjalne w profilach badanych pokładów.

2.3. BADANIA CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNE, FIZYCZNE I INSTRUMENTALNE

Wymienione badania zostały przeprowadzone na próbkach bruzdowych węgli z badanych pokładów oraz na próbkach witrytu z węgli błyszczących. Miały one na celu określenie stopnia uwęglenia próbek i wykazanie jego związku ze zróżnicowanym, zależnie od warunków facjalnych, składem petrograficznym witrynitu.

W wyniku badań chemiczno-technologicznych próbek oznaczono: zawartość popiołu A^d (wg PN-80/G-04512), wilgoci W^a (wg PN-80/G-04511) i części lotnych V^{daf} (wg PN-81/G-04516), wartości ciepła spalania Q_s^{daf} (wg PN-81/G-04513), skład elementarny, obejmujący zawartość pierwiastków węgla C_o^{daf}, wodoru H_o^{daf} (wg PN-73/G-04521) i azotu N_o^{daf} (wg PN-79/G- 04523), oraz zawartość siarki całkowitej S_t^{daf} (wg PN-81G-04514), a także zawartość wolnych kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$(wg PN-77/G- 97051).

Badania fizyczne węgla obejmowały:

- Pomiary wartości współczynnika odbicia światła witrynitu, wykonane mikroskopem firmy "Leitz" z mikrofotometrem MPV-2, w temperaturze 297K, przy długości fali świetlnej λ = 546 nm stosując olejek imersyjny o współczynniku załamania światła n = 1,5180. W wyniku tych pomiarów oznaczono, wg PN-79/G-04524, wartość średnią współczynnika odbicia światła witrynitu $\overline{R}_o$, na szlifach ziarnowych (brykietach), z próbek pokładowych. Wartości współczynnika odbicia światła witrynitu oznaczono także na szlifach kawałkowych (zgładach) węgli reprezentatywnych dla wydzielonych stadiów facjalnych tworzenia się pokładów.
- Pomiary mikrotwardości witrynitu HV_{20} przeprowadzono na mikrotwardościomierzu PMT-3, firmy ŁOMO, na szlifach kawałkowych węgli, stosując, odpowiednio do stopnia ich uwęglenia, obciążenie ostrza diamentowego o wielkości 0,2 N [2], [108].

Badania instrumentalne obejmowały:

- Analizy derywatograficzne, wykonane na derywatografie węgierskim, firmy MOM. Badano próbki witrytów z węgli błyszczących, ogrzewając je w atmosferze argonu do temp. 1273K,
- Analizy spektroskopowe wybranych próbek witrytu, o zróżnicowanym stopniu żelifikacji, oraz próbki węgla z kop. "Janina", przeprowadzone w spektrofotometrze typu SPECORD IR 75, firmy Carl Zeis-Jena (całe widmo) oraz dodatkowo w aparacie SPECORD IR 72 (zakres 600 - 1000 cm^{-1}), w zapisie poszerzonym, dla wyznaczenia intensywności integralnej pasm zakresu 690 - 900 cm^{-1}. Ilościową analizę widm wykonano metodą H.H.Oelerta [87].

Na podstawie wyników badań petrograficznych, chemiczno-technologicznych i fizycznych dokonano oceny przydatności badanych węgli typu 31 do procesów technologicznych, głównie do procesu chemicznej przeróbki (upłynniania). Ocenę tę poparto wynikami badań laboratoryjnych procesu upłynniania na wybranych próbkach węgli. Upłynnianie przeprowadzono w autoklawie, w temp. 723 K, pod ciśnieniem 20 MPa, przez 60 min. w temperaturze reakcji, przy przepływie wodoru. Każdorazowo upłynniano 450 g węgla, o uziarnieniu poniżej 0,2 mm, zmieszanego z 1350 g oleju antracenowego, użytego jako rozpuszczalnika. Produkty upłynniania filtrowano na filtrze ogrzanym do temp. 623 K. Filtrat ekstrahowano tetrahydrofuranem (THF), w celu oznaczenia zawartości nieprzereagowanej pozostałości, aby określić stopień konwersji.

Stopień konwersji (S_k) masy organicznej węgla, obliczono wg wzoru [101]:

$$S_k\ (\%) = \frac{\text{masa węgla (maf)}^* - \text{masa pozostałości (maf)}}{\text{masa węgla (maf)}} \cdot 100\%$$

Zróżnicowanie stopnia konwersji badanych próbek węgla analizowano uwzględniając ich skład petrograficzny oraz stopień żelifikacji witrynitu.

Przyjętą metodyką i zakresem badań starano się udowodnić tezę naukową pracy, a uzyskane wyniki badań umożliwiły dokonanie podziału węgli typu 31, biorąc pod uwagę ich zróżnicowane uwęglenie i zróżnicowaną budowę petrograficzną.

* maf - stan wilgotny, bezpopiołowy (moist, ash free basis).

3. ZRÓŻNICOWANIE NIEKTÓRYCH CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNYCH I FIZYCZNYCH WSKAŹNIKÓW JAKOŚCI WĘGLA

Zróżnicowanie jakości węgla w badanych pokładach najsilniej wyrażają wartości następujących wskaźników (tab. 5 i 6):

- zawartość wilgoci W^a w węglu (4,30 - 13,33%) i w witrycie (4,10 - 13,30%),
- ciepło spalania Q_s^{daf} w węglu (26,99 - 33,43 MJ/kg) i w witrycie (28,22 - 32,37 MJ/kg) oraz związany z nim strukturalny wskaźnik metamorfizmu SWM (47-64)*,
- zawartość pierwiastka C_o^{daf} w węglu (70,95 - 78,63%) i w witrycie (72,33 - 80,08%),
- zdolność odbicia światła $\overline{R}_o$ (0,46 - 0,68%),
- mikrotwardość HV_{20} witrynitu (35,2 - 41,9 W 10^7 Pa),
- zawartość kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$ (0,06 - 6,15%),
- zawartość popiołu w węglu A^d (5,10 -24,32%),
- zawartość siarki całkowitej S_t^d (0,89 - 3,11).

Zróżnicowanie zawartości wilgoci W^a przedstawiono w zależności od zawartości części lotnych V^{daf} w próbkach bruzdowych węgla i w witrycie, na tle standardowych wykresów tej zależności wg B.Rogi i [90], (rys. 6a i 6b). Wykresy te ujawniają specyfikę badanego węgla typu 31, przejawiającą się wysoką i często zawyżoną (szczególnie w próbkach witrytu - rys. 6b) zawartością W^a, w stosunku do zawartości V^{daf}. Zróżnicowanie to ma charakter regionalny. Węgiel ze wschodniej części badanego obszaru (kop. "Siersza" i "Janina") charakteryzuje się wysoką zawartością W^a (10,60 - 13,33%) w porównaniu z węglem z centralnej części obszaru (kop. "Ziemowit", "Piast" i "Czeczott"), wykazującym niższe wartości W^a (4,30 - 7,08%). Taka sama zmienność, potwierdzająca jej charakter regionalny występuje w pokładzie 209, opróbowanym na całym badanym obszarze (tj. w kop. "Siersza", "Piast", "Ziemowit" i "Czeczott") (tab. 5 i 6).

Zróżnicowane wartości ciepła spalania Q_s^{daf} dzielą badany typ węgla, wg PN-82/G-97002, na dwa podtypy; 31,1 i 31,2. Podtyp 31.1 występuje głównie w pokładach opróbowanych we wschodniej części obszaru badań, natomiast podtyp 31.2 dominuje w pokładach części centralnej obszaru badań (tab. 5).

Wartość ciepła spalania Q_s^{daf} węgla zależna jest od jego składu elementarnego, a przede wszystkim od zawartości w nim pierwiastka C_o^{daf}, oraz od jego składu petrograficznego [90], [23], [61]. Zależność pomiędzy wartościami Q_s^{daf} i C_o^{daf} wykazują jedynie wyniki ich oznaczeń w próbkach witrytu z węgli błyszczących (rys. 7b). Przebieg tej zależności jest zbliżony do prostoliniowego. Podobnej zależności nie wykazują wyniki oznaczeń Q_s^{daf}

*Strukturalny wskaźnik metamorfizmu SWM wg Z.Chruściel [11] wyraża ilość ciepła spalania przypadającego na jednostkę struktury aromatycznej organicznej substancji węglowej określanej wskaźnikiem zdolności odbicia światła witrynitu, a więc $SWM=Q_s^{daf}/\overline{R}_o$.

Tabela 5

Wyniki analiz chemiczno-technologicznych próbek pokładowych węgli

Kopalnia	Pokład	Nr próbki	W^a (%)	A^d (%)	V^{daf} (%)	IR	Q_s^{daf} MJ/kg	C_o^{daf} (%)	H_o^{daf} (%)	N^{daf} (%)	$O_{róż}^{daf}$ (%)	$(HA)_f^{daf}$ (%)	S_t^d (%)	Podtyp techno-log.
Janina	116/2	1	10,60	12,50	37,55	0,0	27,90	73,88	5,93	1,43	18,76	3,81	2,81	31.1
Siersza	209	2	13,33	10,00	38,53	0,0	26,99	73,91	5,73	1,12	19,24	6,15	2,86	31.1
	214	3	11,45	16,17	37,68	0,0	29,28	70,95	5,00	1,26	22,79	5,44	3,11	31.1
Ziemowit	205/1	4	7,08	10,18	38,44	0,0	31,13	74,92	5,37	1,03	18,68	0,60	1,47	31.2
	209 ła-wa gór-na	5	4,76	6,29	37,67	0,0	31,20	76,71	5,60	1,31	16,36	0,29	1,08	31.2
	209 ła-wa dolna	6	4,80	24,32	37,99	0,0	31,80	75,78	5,33	1,28	17,41	0,30	1,28	31.2
	215	7	5,10	18,71	38,46	0,0	33,38	74,96	5,48	0,96	18,60	0,90	2,25	31.2
Piast	205/4	8	6,32	7,50	37,77	0,0	30,62	77,69	5,84	1,07	16,40	0,51	1,30	31.1
	209 ła-wa gór-na	9	5,90	5,10	37,23	0,0	31,36	77,20	5,67	1,28	15,85	0,25	0,89	31.2
	209 ła-wa dolna	10	4,30	20,52	38,12	0,0	27,08	77,27	5,74	1,03	15,96	0,15	2,34	31.1
Czeczott	209/3	11	5,78	20,14	37,15	0,0	33,43	78,63	5,88	1,43	14,08	0,06	1,39	31.2

Objaśnienia: W^a - wilgoć analityczna, A^d - zawartość popiołu, V^{daf} - części lotne, IR - wskaźnik spiekalności, Q_s^{daf} - ciepło spalania, C_o^{daf} - zawartość pierwiastka węgla, H_o^{daf} - zawartość wodoru, N^{daf} - zawartość azotu, $O_{róż}^{daf}$ - zawartość tlenu, wyliczona z różnicy: $O_{róż}^{daf} = 100 - (C_o^{daf} + H_o^{daf} + N^{daf})$, $(HA)_f^{daf}$ - zawartość wolnych kwasów huminowych, S_t^d - zawartość siarki całkowitej; daf - w stanie suchym, bezpopiołowym, d - w stanie suchym, a - w stanie analitycznym; podtypy węgla wg-PN-82/G-97002

Tabela 6

Wyniki analiz chemiczno-technologicznych i niektórych własności fizycznych witrytu z węgli błyszczących

Kopalnia	Pokład	Nr próbki	W^a, %	A^d, %	V^{daf}, %	Q_s^{daf}, MJ/kg	SWM	C_o^{daf}, %	H_o^{daf}, %	N^{daf}, %	$O_{róż}^{daf}$ %	$\overline{R}_o$, %	$S_{\overline{R}o}$	HV_{20} $\cdot 10^7$ Pa
Janina	116/2	1	13,30	4,18	36,41	29,50	64	74,23	5,62	0,96	19,19	0,46	0,03	35,2
Siersza	209	2	10,02	4,20	37,57	28,22	60	72,71	5,68	0,86	20,75	0,47	0,03	36,2
	214	3	12,72	2,64	38,10	28,71	62	72,33	5,79	0,88	21,00	0,46	0,03	35,6
Ziemowit	205/1	4	8,68	2,35	36,24	28,38	52	74,94	5,25	1,12	18,69	0,55	0,03	38,8
	209 ława górna	5	5,67	2,33	35,70	29,76	49	76,35	5,33	0,97	17,35	0,61	0,04	38,4
	209 ława dolna	6	4,79	2,48	35,95	29,86	50	76,25	5,78	0,93	17,04	0,60	0,03	38,5
	215	7	7,30	4,21	35,96	30,63	55	75,30	5,22	0,96	18,52	0,56	0,05	38,0
Piast	205/4	8	6,91	4,86	36,24	28,78	47	77,62	5,33	0,89	16,16	0,61	0,04	39,8
	209 ława górna	9	4,10	4,19	35,59	29,55	47	77,72	5,38	0,96	15,34	0,63	0,06	41,8
	209 ława dolna	10	4,58	3,11	35,42	30,90	50	76,67	4,78	0,88	17,67	0,62	0,05	40,8
Czeczott	209/3	11	5,71	4,69	34,79	32,37	48	80,08	5,50	0,98	13,44	0,68	0,06	41,9

Objaśnienia symboli: W^a, A^d, V^{daf}, Q_s^{daf}, C_o^{daf}, H_o^{daf}, N^{daf}, $O_{róż}^{daf}$ – pod tab.5,
$\overline{R}_o$ – wartość średnia współczynnika odbicia światła witrynitu,
$S_{\overline{R}o}$ – odchylenie standardowe wyników pomiarów, HV_{20} – mikrotwardość
SWM – strukturalny wskaźnik metamorfizmu

Rys. 6. Zależność zawartości wilgoci (W^a) od zawartości części lotnych (V^{daf}) na tle standardowego wykresu B.Rogi: a - w próbkach bruzdowych, b - w witrytach węgla błyszczącego.

Objaśnienia: 1 - pokł. 116/2, kop. "Janina", 2 - pokł. 209, kop. "Siersza", 3 - pokł. 214, kop. "Siersza", 4 - pokł. 205/1, kop. "Ziemowit", 5 - pokł. 209 ława górna, kop. "Ziemowit", 6 - pokł. 209 ława dolna, kop. "Ziemowit", 7 - pokł. 215, kop. "Ziemowit", 8 - pokł. 205/4 kop. "Piast", 9 - pokł. 209 ława górna, kop. "Piast", 10 - pokł. 209 ława dolna, kop. "Piast", 11 - pokł. 209/3 kop. "Czeczott".

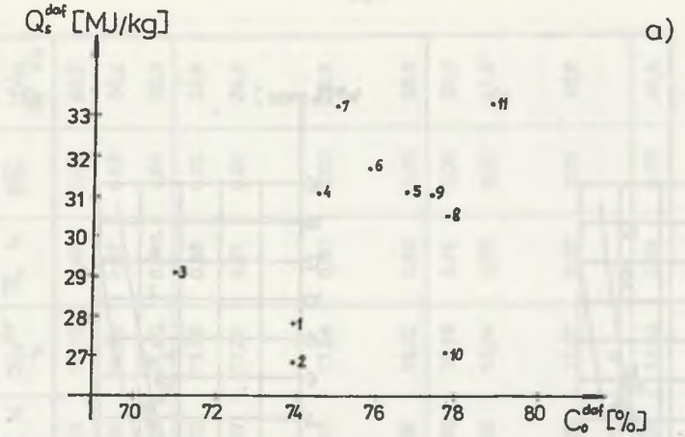
Fig. 6. Dependence of moisture contents (W^a) on volatile matter contents (V^{daf}) on the background of the standard Roga diagram: a - for channel samples, b - for bright coal vitrites.

Explanations: 1 - Seam 116/2, "Janina" mine; 2 - Seam 209, "Siersza" mine; 3 - Seam 214, "Siersza" mine; 4 - Seam 205/1, "Ziemowit" mine; 5 - Seam 209, top bank, "Ziemowit" mine; 6 - Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine; 7 - Seam 215, "Ziemowit" mine; 8 - Seam 205/4, "Piast" mine; 9 - Seam 209, top bank, "Piast" mine; 10 - Seam 209, bottom bank, "Piast" mine, 11 - Seam 209/3, "Czeczott" mine.

i C_o^{daf} w próbkach bruzdowych węgla (rys. 7a), co można tłumaczyć wpływem ich zróżnicowanego składu petrograficznego na te wartości. Tym samym wartość Q_s^{daf}, oznaczona w próbkach węgla, nie wyraża ich zróżnicowanego uwęglenia, w badanym jego zakresie.

Związek ciepła spalania ze stopniem uwęglenia najsilniej wyraża zależność pomiędzy zawartością C_o^{daf} w witrycie a wartościami strukturalnego wskaźnika metamorfizmu SWM. Na wykresie tej zależności (rys.7c) obserwuje się wyraźny spadek wartości SWM, ze wzrostem zawartości C_o^{daf} w próbkach witrytów.

Zawartość C_o^{daf}, oznaczona zarówno w próbkach bruzdowych węgla, jak i w próbkach witrytu z węgli błyszczących, wyraża ich zróżnicowany stopień uwęglenia. Zróżnicowanie to potwierdzają także wyniki pomiarów na witrynicie wartości współczynnika odbicia światła $\overline{R}_o$ i mikrotwardości HV_{20} zaliczające się do najbardziej obiektywnych wskaźników uwęglenia [22], [84], [96].



Rys.7. Zależność wartości ciepła spalania (Q_s^{daf}) od zawartości pierwiastka węgla (C_o^{daf}): a - w próbkach bruzdowych węgla, b - w witrytach z węgla błyszczącego, c - zależność pomiędzy wartością strukturalnego wskaźnika metamorfizmu SWM, a zawartością C_o^{daf}

Objaśnienia: jak na rys.6

Uwaga: wartość SWM wyliczono z ilorazu $Q_s^{daf}/\overline{R}_o$

Fig.7. Dependence of combustion heat (Q_s^{daf}) on carbon contents (C_o^{daf}): a - for channel samples, b - for bright coal vitrites, c - dependence of structural index of rank (SWM) on carbon contents (C_o^{daf})

Explanations - as in fig.6

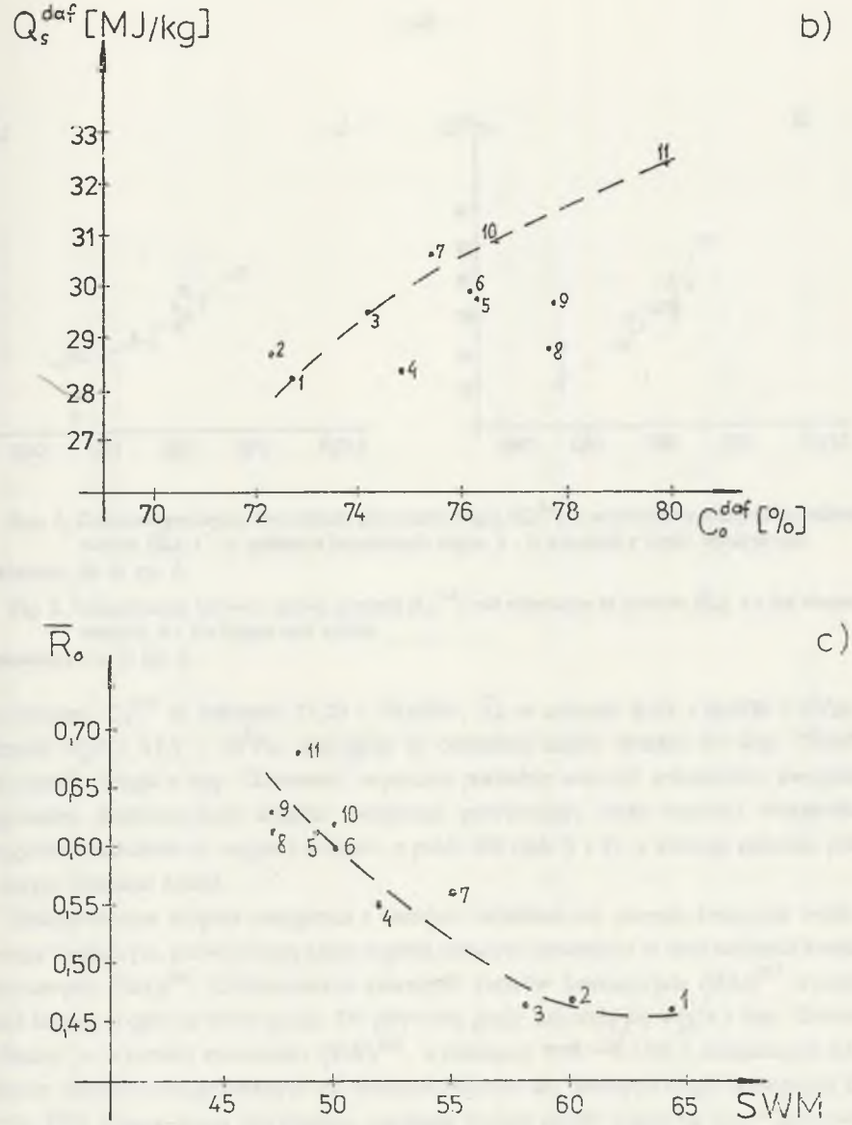
Note: the value of structural index of rank (SWM), was calculated as: $Q_s^{daf}/\overline{R}_o$

Wartości wskaźników $\overline{R}_o$ i HV_{20} wykazują wyraźną zależność od zawartości C_o^{daf}. Przebieg krzywej przedstawiającej zależność pomiędzy zawartością C_o^{daf} w próbkach bruzdowych węgla i wartością $\overline{R}_o$ witrynitu jest zróżnicowany (rys. 8a). Początkowo (dla wartości $R_o < 0{,}55\%$) zaznacza się na niej tendencja szybszego, skokowego wzrostu wartości $\overline{R}_o$, przy wolniejszym wzroście zawartości C_o^{daf}. Dla wartości $R_o > 0{,}55\%$ jej przebieg jest zbliżony do prostoliniowego i wyraża bardziej proporcjonalny wzrost wartości $\overline{R}_o$ ze wzrostem C_o^{daf}. Zaznaczająca się na wykresie zmienność zależności pomiędzy wartościami C_o^{daf} i $\overline{R}_o$ może być wynikiem wpływu zróżnicowanego składu petrograficznego badanych węgli na zawartość C_o^{daf}.

Podobnie przebiega wykres zależności pomiędzy wartościami C_o^{daf} i $\overline{R}_o$ oznaczonymi w próbkach witrytu (rys. 8b), co oznacza, że skład macerałów grupy witrytu także może wywierać wpływ na zawartość C_o^{daf}.

Wykres zależności pomiędzy wartościami HV_{20}, C_o^{daf}, oraz $\overline{R}_o$ i HV_{20} przebiega w przybliżeniu prostoliniowo (rys. 9a, b, c), co potwierdza pełną przydatność wskaźnika HV_{20} do oceny stopnia uwęglenia.

Zróżnicowanie stopnia uwęglenia wykazuje charakter regionalny. Najniższy stopień uwęglenia wyrażający się wartościami: C_o^{daf} w zakresie 70,95 - 73,91%, $\overline{R}_o$ w zakresie 0,46 - 0,47% i HV_{20} w zakresie 35,6 - 36,2 $\cdot 10^{-7}$ Pa, występuje we wschodniej części badanego obszaru (kop. "Siersza" i "Janina"). Najwyższy stopień uwęglenia, wyrażający się



Rys.7. Zależność wartości ciepła spalania (Q_s^{daf}) od zawartości pierwiastka węgla (C_o^{daf}): a - w próbkach bruzdowych węgla, b - w witrytach z węgla błyszczącego, c - zależność pomiędzy wartością strukturalnego wskaźnika metamorfizmu SWM, a zawartością C_o^{daf}

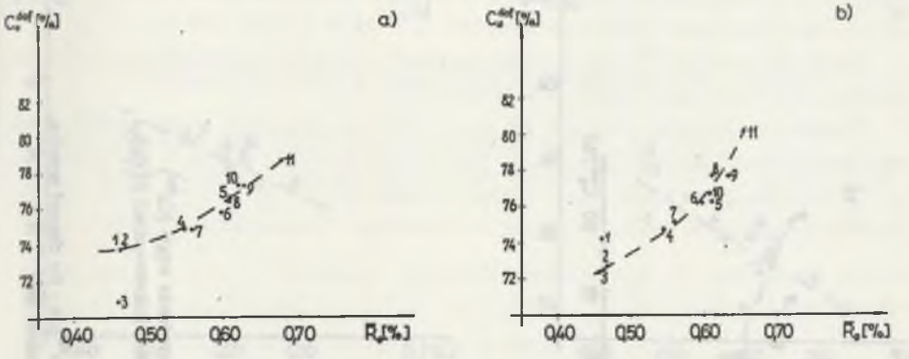
Objaśnienia: jak na rys.6

Uwaga: wartość SWM wyliczono z ilorazu $Q_s^{daf}/\overline{R}_o$

Fig.7. Dependence of combustion heat (Q_s^{daf}) on carbon contents (C_o^{daf}): a - for channel samples, b - for bright coal vitrites, c - dependence of structural index of rank (SWM) on carbon contents (C_o^{daf})

Explanations - as in fig.6

Note: the value of structural index of rank (SWM), was calculated as: $Q_s^{daf}/\overline{R}_o$



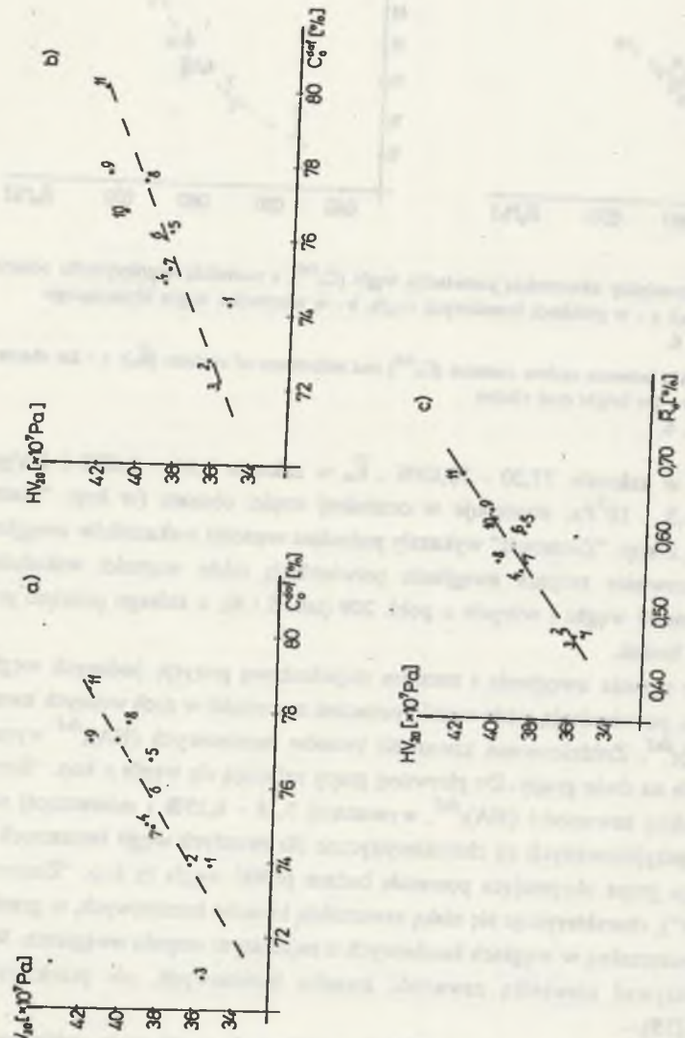
Rys. 8. Zależność pomiędzy zawartością pierwiastka węgla (C_o^{daf}), a wartością współczynnika odbicia światła ($\overline{R}_o$): a - w próbkach bruzdowych węgla, b - w witrytach z węgla błyszczącego
Objaśnienia: jak na rys. 6.

Fig. 8. Relatationship between carbon contents (C_o^{daf}) and reflectance of vitrinite ($\overline{R}_o$): a - for channel samples, b - for bright coal vitrites
Explanations - as in fig. 6.

wartościami: C_o^{daf} w zakresie 77,20 - 78,63% , $\overline{R}_o$ w zakresie 0,61 - 0,68% i HV_{20} w zakresie 38,0 - 41,9 · 10^7Pa, występuje w centralnej części obszaru (w kop. "Piast" i "Czeczott"). Węgle z kop. "Ziemowit" wykazały pośrednie wartości wskaźników uwęglenia. Regionalne zróżnicowanie stopnia uwęglenia potwierdzają także wartości wskaźników uwęglenia oznaczone w węglu i witrycie z pokł. 209 (tab. 5 i 6), z którego pobrano próby na całym obszarze badań.

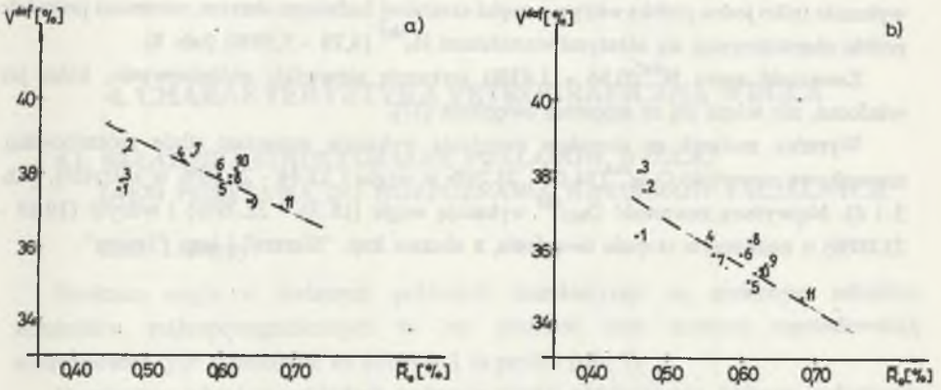
Zróżnicowanie stopnia uwęglenia i zarazem niejednakową pozycję badanych węgli w szeregu węglowym, potwierdzają także wyniki oznaczeń zawartości w nich wolnych kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$. Zróżnicowana zawartość kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$ wyraźnie dzieli badane węgle na dwie grupy. Do pierwszej grupy zaliczają się węgle z kop. "Siersza" i "Janina" o wysokiej zawartości $(HA)_f^{daf}$, wynoszącej 3,18 - 6,15% i mieszczącej się w zakresie wartości przyjmowanych za charakterystyczne dla twardych węgli brunatnych (2 - 2,5%), [90]. Druga grupa obejmująca pozostałe badane próbki węgla (z kop. "Ziemowit", "Piast" i "Czeczott"), charakteryzuje się niską zawartością kwasów huminowych, w granicach 0,06 - 0,90%, dopuszczalną w węglach kamiennych o najniższym stopniu uwęglenia. Węgle takie mogą wykazywać niewielką zawartość kwasów huminowych, nie przekraczającą wartości 1 - 2%, [55].

Części lotne V^{daf}, wykazujące w próbkach bruzdowych węgli małe zróżnicowanie zawartości (37,15 - 38,55%), nie wyrażają ich zmiennego uwęglenia (rys. 10a). Natomiast silniej zróżnicowane zawartości V^{daf} (34,76 - 38,10%) w próbkach witrytu z węgli błyszczących wyraźniej wskazują na ich niejednakowe uwęglenie (rys. 10b).



Rys. 9. Zależność pomiędzy wartością mikrotwardości telokolinitu (HV_{20}) a zawartością pierwiastka węgla (C_o^{daf})
a - w próbkach bruzdowych węgla, b - w witrytach węgla błyszczącego, c - zależność mikrotwardości (HV_{20}) od współczynnika odbicia światła ($\bar{R}_o$) witrynitu
Objaśnienia: jak na rys. 6.

Fig. 9. Relationship between microhardness of telocollinite (HV_{20}) and carbon contents (C_o^{daf}): a - for channel samples, b - for bright coal vitrites, c - between microhardness (HV_{20}) and reflectance of vitrinite ($\bar{R}_o$)
Explanations - as in fig. 6.



Rys. 10. Zależność pomiędzy zawartością części lotnych (V^{daf}), a wartościami współczynnika odbicia światła ($\bar{R}_o$): a - w próbkach bruzdowych węgla, b - w witrytach węgla błyszczącego
Objaśnienia: jak na rys. 6

Fig. 10. Relationship between volatile matter contents (V^{daf}) and reflectance of vitrinite ($\bar{R}_o$): a - for channel samples, b - for bright coal vitrites
Explanations - as in fig. 6

Zróżnicowana jakość badanych węgli przejawia się także zmienną zawartością popiołu A^d w granicach 5,10 - 24,32% (tab. 5). Zwraca uwagę stosunkowo niska zawartość A^d (5,10 - 10,18%) w węglach pokładów górnej części warstw łaziskich, tj. z pokł. 205/1 kop. "Ziemowit", 205/4 kop. "Piast", ławy górnej pokł. 209 w kop. "Ziemowit" i "Piast" oraz w pokł. 209 kop. "Siersza". Pokłady dolnej części warstw łaziskich tj. ława dolna pokł. 209 w kop. "Ziemowit" i "Piast", pokł. 215 kop. "Ziemowit", pokł. 214 kop. "Siersza" wykazały znacznie wyższą zawartość popiołu A^d (16,17 - 24,32%).

Zróżnicowana zawartość popiołu w pokładach warstw łaziskich sugeruje, że ich górna część tworzyła się w innych warunkach facjalnych, aniżeli część dolna.

Zawartość siarki całkowitej S_t^d, zaliczana do ważnych wskaźników jakości węgla, jest zróżnicowana w zakresie 0,89 - 3,11%. Najwyższą zawartością S_t^d (2,81 - 3,11%) charakteryzują się węgle ze wschodniej części badanego obszaru. Niższą, lecz bardziej zróżnicowaną zawartością S_t^d (0,89 - 2,34%) charakteryzują się węgle z centralnej części obszaru. Stosunkowo wysoką zawartością S_t^d w tej części obszaru wyróżniają się węgle z ławy dolnej pokł. 209 kop. "Piast" (S_t^d = 2,34%) oraz węgle z pokł. 215 kop. "Ziemowit" (S_t^d = 2,25%).

Oznaczone zróżnicowanie zawartości wodoru H_o^{daf} w próbkach węgla nie wykazuje związku tak ze zróżnicowaniem stopnia uwęglenia, jak i z regionalnym zróżnicowaniem wskaźników ich jakości (tab. 5 i 6). Regionalne zróżnicowanie wykazała jedynie zawartość H_o^{daf} w witrytach z węgli błyszczących. Najwyższą zawartość wodoru H_o^{daf} (5.62 - 5.79%) wykazały witryty ze wschodniej części obszaru badań. Podobną zawartość H_o^{daf} (5,78%)

wykazała tylko jedna próbka witrytu z części centralnej badanego obszaru, natomiast pozostałe próbki charakteryzują się niższymi wartościami H_o^{daf} (4,78 - 5,50%) (tab. 6).

Zawartość azotu N^{daf}(0.96 - 1.43%) wykazuje niewielkie zróżnicowanie, które jak wiadomo, nie wiąże się ze stopniem uwęglenia [17].

Wyraźny związek ze stopniem uwęglenia wykazuje natomiast silnie zróżnicowana, szacunkowa zawartość $O_{róż}^{daf}$(14.08 - 22.79% w węglu i 13.44 - 21.00% w witrycie), (tab. 5 i 6). Najwyższą zawartość $O_{róż}^{daf}$ wykazują węgle (18.76 - 22.79%) i witryty (19.19 - 21.00%) o najniższym stopniu uwęglenia, z obszaru kop. "Siersza" i kop. "Janina".

4. CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA WĘGLA

4.1. SKŁADNIKI STRUKTURALNE POKŁADÓW WĘGLA, JAKO PODSTAWA DO ROZPOZNANIA WARUNKÓW FACJALNYCH

4.1.1. Litotypy

Struktura węgla w badanych pokładach charakteryzuje się zmiennym udziałem składników makropetrograficznych w ich profilach oraz zmienną częstotliwością występowania tych składników na odcinku 1 m profilu (tab. 7).

Dominujący udział w pokładach wykazuje węgiel półbłyszczący, któremu towarzyszy węgiel matowy i węgiel zmineralizowany (łupek węglowy), oraz sporadycznie występujący, węgiel błyszczący i włóknisty (rys. 11a do f, rys. 12a do e).

Główny litotyp, węgiel półbłyszczący, czyli clarain wg klasyfikacji ICCP (44), wykazuje zróżnicowane cechy makroskopowe, uzasadniające wydzielenie dwóch jego odmian. Odmianę, z udziałem pasemek błyszczących wyższym lub równym udziałowi pasemek matowych, wydzielano jako węgiel półbłyszczący (sensu stricte). Odmianę o niższym udziale pasemek błyszczących (ok. 40 -10%), wydzielono jako węgiel półmatowy.

Węgiel półbłyszczący (sensu stricte), choć dominujący w pokładach, wykazuje w nich zróżnicowany udział (28 - 81%) (tab.7). Generalnie udział ten jest wyższy w pokładach górnej części warstw łaziskich (pokł. 205/1, pokł. 205/4, pokł. 209, ława górna) od udziału w pokładach dolnej części warstw łaziskich (pokł. 209 ława dolna, pokł. 214, pokł. 215), z wyjątkiem pokładu 209/3 kop. "Czeczott". W pokładzie tym udział węgla półbłyszczącego jest nieznacznie niższy od dominującego udziału węgla półmatowego. W pokładach górnej części warstw łaziskich udział węgla półbłyszczącego zazwyczaj przekracza 50% miąższości profili (z wyjątkiem pokł. 205/1). W pokładach dolnej części warstw wyraźnie dominujący udział węgla półbłyszczącego stwierdzono jedynie w profilu ławy dolnej pokł. 209 kop. "Piast".

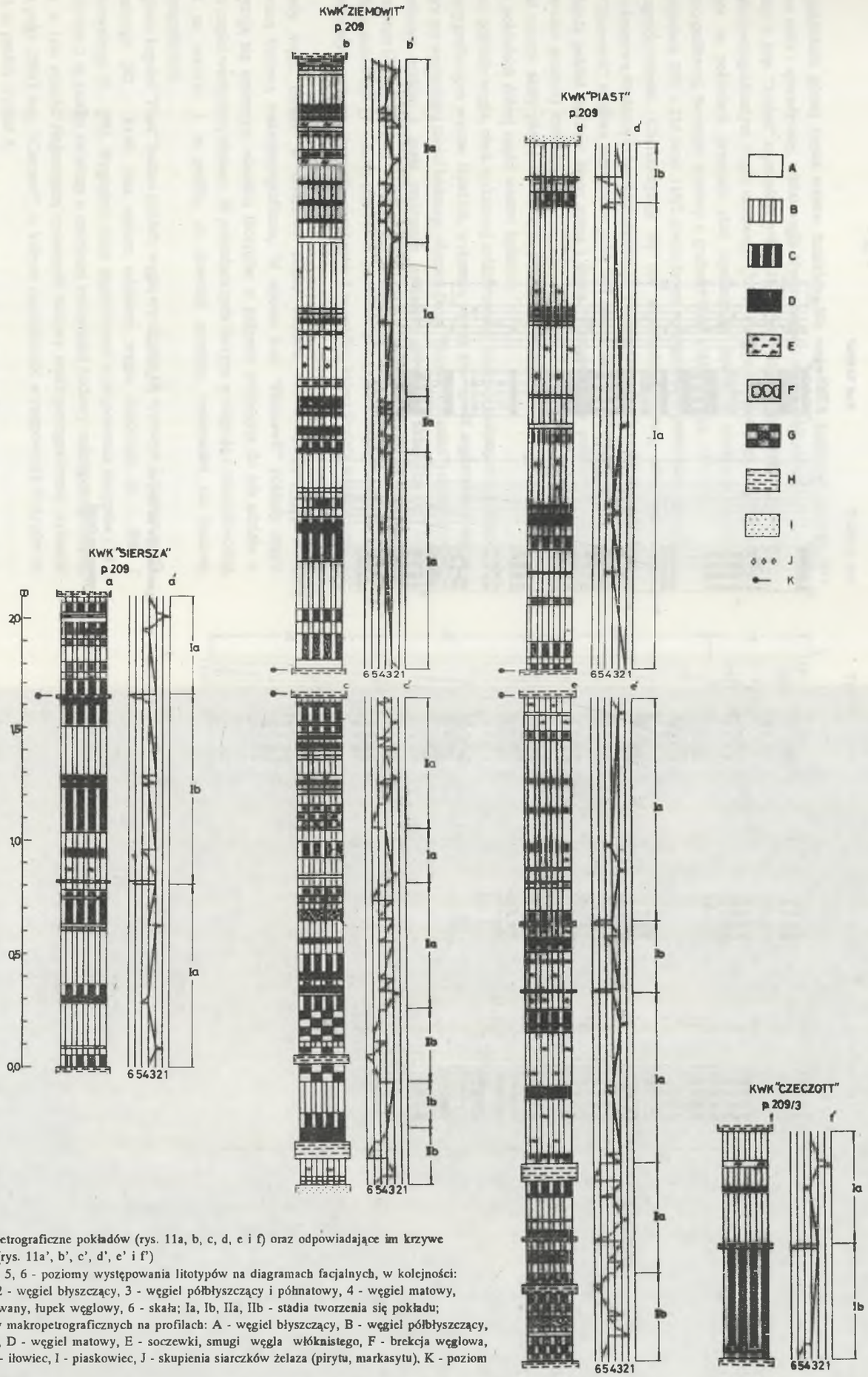
Obok węgla półbłyszczącego, znaczący udział (12 - 43%) w pokładach ma węgiel półmatowy. Nie zaobserwowano jednak wyraźnego związku pomiędzy zróżnicowanym udziałem węgla półmatowego w pokładach a ich pozycją w profilu stratygraficznym warstw łaziskich.

Odmienność budowy petrograficznej pokładów dolnej i górnej części warstw łaziskich zaznacza się zróżnicowanym udziałem węgla zmineralizowanego. Pokłady dolnej części warstw łaziskich charakteryzują się wyższym udziałem węgla zmineralizowanego (6 - 17%), od udziału w pokładach górnej części (0 - 2%). W pokładach dolnej części warstw często obserwuje się wyższy udział (do 28%) węgla matowego, w stosunku do jego udziału (do

Tabela 7

Skład makropetrograficzny pokładów węgla

L.p.	Kopalnia - pokład	Miąższość pokładu (m)	Udział składników makropetrograficznych (%)							Częstotliwość występowania litotypów (na 1 m miąższości profilu)
			węgiel włóknisty	węgiel błyszczący	węgiel półbłyszczący	węgiel półmatowy	węgiel matowy	węgiel zmineralizowany (łupek węgl.)	skała	
1	Janina - 116/2	1,87	1,0	9,0	38,0	19,0	32,0	0,0	1,0	23
2	Siersza - 209	2,10	1,0	2,0	51,0	38,0	7,0	0,0	1,0	18
3	Siersza - 214	2,25	0,0	2,0	47,0	27,0	13,0	9,0	2,0	21
4	Ziemowit - 205/1	1,97	0,0	4,0	42,0	37,0	12,0	2,0	3,0	22
5	Ziemowit - 209 ława górna	2,71	0,0	5,0	65,0	20,0	9,0	1,0	0,0	19
6	Ziemowit - 209 ława dolna	2,16	0,0	3,0	39,0	22,0	13,0	17,0	6,0	22
7	Ziemowit - 215	2,63	0,0	1,0	28,0	28,0	28,0	10,0	5,0	19
8	Piast - 205/4	1,59	0,0	2,0	54,0	37,0	6,0	0,0	1,0	13
9	Piast - 209/ ława górna	2,37	0,0	1,0	80,0	14,0	2,0	2,0	1,0	13
10	Piast - 209/ ława dolna	2,96	0,0	4,0	62,0	12,0	8,0	9,0	5,0	18
11	Czeczott - 209/3	1,01	3,0	0,0	41,0	43,0	5,0	6,0	2,0	8

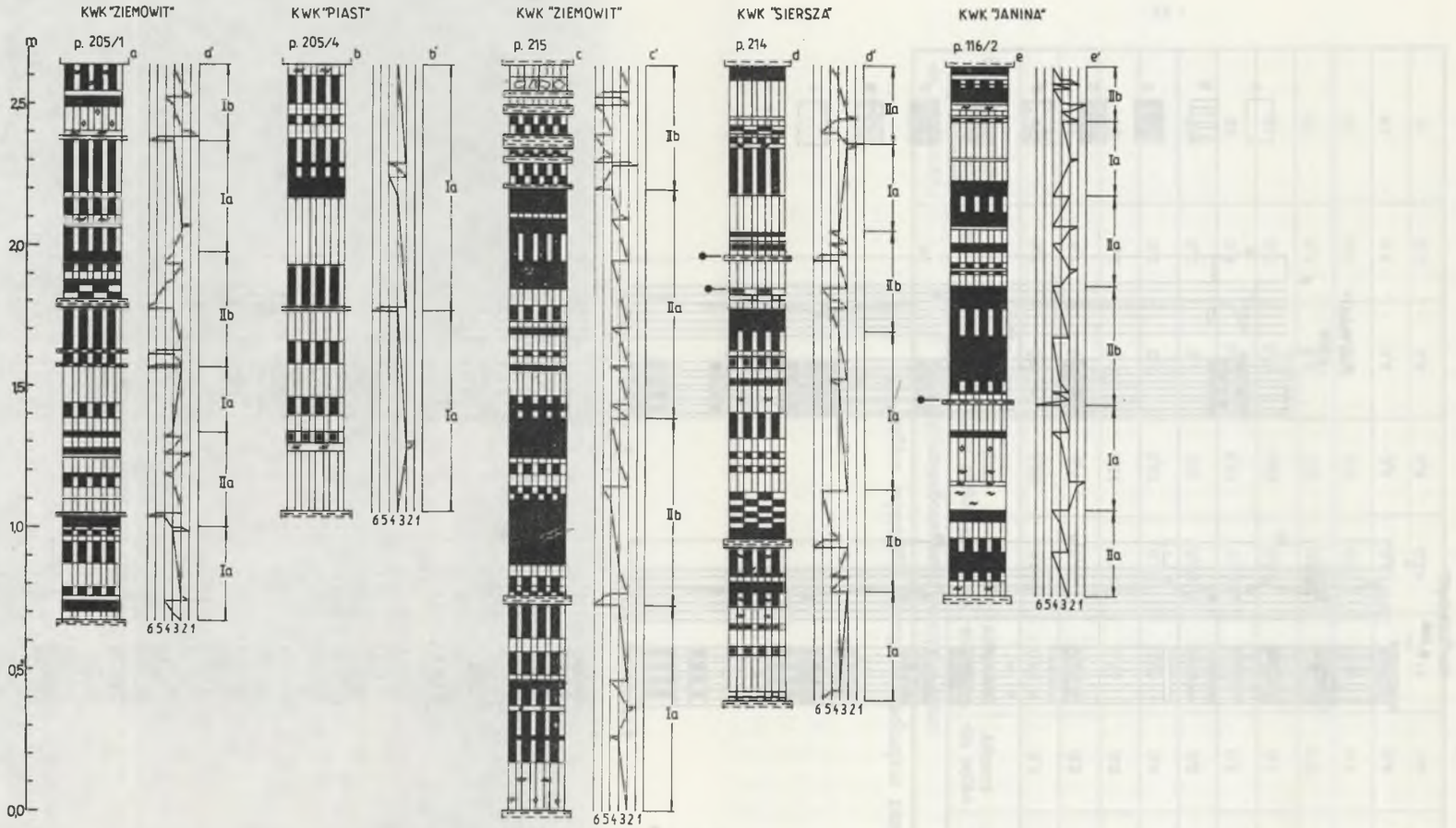


Rys. 11. Profile petrograficzne pokładów (rys. 11a, b, c, d, e i f) oraz odpowiadające im krzywe facjalne (rys. 11a', b', c', d', e' i f')

Objaśnienia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 - poziomy występowania litotypów na diagramach facjalnych, w kolejności: 1 - węgiel włóknisty, 2 - węgiel błyszczący, 3 - węgiel półbłyszczący i półmatowy, 4 - węgiel matowy, 5 - węgiel zmineralizowany, łupek węglowy, 6 - skała; Ia, Ib, IIa, IIb - stadia tworzenia się pokładu; Oznaczenia składników makropetrograficznych na profilach: A - węgiel błyszczący, B - węgiel półbłyszczący, C - węgiel półmatowy, D - węgiel matowy, E - soczewki, smugi węgla włóknistego, F - brekcja węglowa, G - łupek węglowy, H - iłowiec, I - piaskowiec, J - skupienia siarczków żelaza (pirytu, markasytu), K - poziom korelacyjny (tonstein)

Fig. 11. Petrographic profiles of seams (figures 11a, b, c, d, e and f) and corresponding facial curves (11a', b', c', d', e' and f')

Explanations: 1, 2, 3, 4, 5, 6 - levels of lithotype occurence in facial diagram 1 - fibrous coal; 2 - bright coal; 3 - semi-bright coal; 4 - dull coal; 5 - mineralized coal,coal shale; 6 - rock mass; Ia, Ib, IIa, IIb - stages of seam formation; Denotations of macropetrographic constituents in seam profiles: A - bright coal; B - semi-bright coal; C - semi-dull coal; D - dull coal; E - lenses, streaks of fibrous coal; F - coal breccia; G - coal shale; H - claystone; I - sandstone; J - iron sulphide concentrations (pyrite, marcasite); K - correlation level (kaolin coal-tonstein)



Rys. 12. Profile petrograficzne pokładów (rys. 12a, b, c, d, e) oraz odpowiadające im krzywe facjalne (rys. 12a', b', c', d', e')
Objaśnienia jak na rys. 11

Fig. 12. Petrographic profiles of seams (figures a,b,c,d and e) and corresponding facial curves (a', b', c', d' and e')
Explanations - as in fig. 11

12%) w pokładach górnej części warstw łaziskich. We wszystkich badanych pokładach stwierdzono niski i sporadyczny, udział węgla błyszczącego i węgla włóknistego.

Zbadany w kop. "Janina" najmłodszy pokł. 116/2 wyróżnia się najwyższym udziałem w profilu makropetrograficznym węgla matowego (32%) i węgla błyszczącego (9%) (tab. 7). Występujące w pokładach przerosty skał reprezentują iłowce o strukturze pelitowej i aleurytowo-pelitowej, tworzące warstwy o grubości 0,01 - 0,07 m (rys. 11 i 12).

W pokładach 209 i 214 oraz 116/2 stwierdzono występowanie poziomów tonsteinów /łupków ogniotrwałych/. Charakteryzują się one szarobeżową barwą, aleurytową lub psamitowo-krupową strukturą i charakterystycznym, woskowym połyskiem. W obszarze kop. "Piast" i "Ziemowit" warstwa tonsteinu w pokł. 209 osiąga znaczną miąższość (0,06 - 0,30 m) i rozdziela pokład na dwie ławy: górną i dolną. Występujące w pokładach tonsteiny stanowią ważne poziomy korelacyjne.

Udział warstw skały płonej w badanych profilach jest zmienny (0 - 6%) i zazwyczaj wyższy w pokładach dolnej części warstw łaziskich.

Badane pokłady węgla, obok wykazanej zróżnicowanej budowy makropetrograficznej w profilu stratygraficznym warstw łaziskich, wykazują pewną zmienność regionalną. Pokłady występujące we wschodniej części badanego obszaru (kop. "Siersza", "Janina") charakteryzują się stosunkowo niskim i mało zmiennym udziałem głównego składnika, tj. węgla półbłyszczącego (38 - 51%), przy znacznym i bardziej zmiennym udziale węgla półmatowego (19 - 38%) i matowego (7 - 32%) (tab.7). W profilach tych pokładów obserwuje się dużą częstotliwość występowania litotypów na odcinku 1 m profilu, której średnia wartość wynosi 18 - 23.

Pokłady węgli badane w centralnej części obszaru charakteryzują się bardziej zróżnicowaną budową makropetrograficzną. W rejonie kop. "Ziemowit" pokłady węgla charakteryzują się zmiennym udziałem litotypów w zakresie zbliżonym do ich udziału w pokładach części wschodniej obszaru. W pokładach tych litotypy występują z częstotliwością 19 - 22 na odcinku 1 m profilu, co dowodzi znacznej zmienności ich budowy makropetrograficznej.

W rejonie kopalni "Piast" badane pokłady węgla wyróżniają się wyższym udziałem węgla półbłyszczącego (62 - 81%) oraz niskim udziałem węgla matowego (2 - 8%) i zmineralizowanego (0 - 9%). Względnie niska częstotliwość występowania litotypów (13 - 18) na odcinku 1 m profilu świadczy o mniejszej zmienności budowy makropetrograficznej pokładów w tym rejonie. Najmniejszą zmienność budowy makropetrograficznej wykazuje natomiast pokł. 209/3 kop. "Czeczott", w którym częstotliwość występowania litotypów na odcinku 1 m profilu wynosi 8.

Opisana zmienność budowy makropetrograficznej jest wynikiem zmiennych warunków facjalnych, występujących w paleotorfowiskach podczas tworzenia się badanych pokładów.

Warunki te kształtowane były głównie zmiennym poziomem wód w paleotorfowisku, który decydująco wpływał na rodzaj tworzącego się w danym środowisku litotypu [94], [96], [109], [113]. Przy tym założeniu zmienność warunków wodnych w paleotorfowisku

przedstawiają krzywe facjalne pokładów sporządzone na podstawie ich profili makropetrograficznych wg metodyki opisanej w rozdz. 2.2.

Uzyskane wykresy krzywych facjalnych składają się z odcinków o różnej długości, położonych na różnych poziomach przyjętej sekwencji (rys. 11d' do 11f', rys. 12a' do 12e'). Charakteryzują one częstotliwość zmian poziomu wód w paleotorfowiskach tym większą, im krótsze są odcinki. Natomiast amplituda tych zmian była tym większa, im większa jest odległość między poziomami w sekwencji, zajmowanymi przez sąsiednie odcinki na wykresie. Przebieg krzywych facjalnych badanych pokładów wskazuje na występowanie w paleotorfowisku długotrwałych okresów charakteryzujących się małą zmiennością poziomu wód, na przemian z krótszymi na ogół okresami o znacznej jego zmienności.

Najmniejszą zmienność warunków wodnych przedstawiają krzywe facjalne pokładów 209 ława górna, kop. "Piast" (rys. 11b'), 205/4 kop. "Piast" (rys. 12b') i 209/3 kop. "Czeczott" (rys. 11f'). Pokłady te tworzyły się w torfowiskach przy niezbyt grubej, długotrwałej i mało zmiennej pokrywie wodnej, sprzyjającej tworzeniu się grubych warstw węgli półbłyszczących i półmatowych. Na krzywych facjalnych tych pokładów zaznaczają się także nieliczne okresy występowania grubszej pokrywy wodnej, umożliwiającej tworzenie się węgla matowego lub węgla zmineralizowanego, bądź też prowadzącej do przerwania akumulacji materiału roślinnego i sedymentacji materiału mineralnego. Sporadycznie zaznaczają się okresy silnego obniżenia się poziomu wód w paleotorfowisku podczas tworzenia się węgla błyszczącego i włóknistego. Podobną, stosunkowo małą zmienność warunków wodnych przedstawia krzywa facjalna pokładu 209 w kop. "Siersza" (rys. 11a'). Natomiast krzywa facjalna ławy górnej pokł. 209 w kop. "Ziemowit" (rys. 11b') wskazuje na występowanie w paleotorfowisku dwóch długotrwałych okresów wahań poziomu wód, o niewielkiej amplitudzie, lecz o dużej częstotliwości.

Największą zmienność warunków wodnych podczas tworzenia się pokładów górnej części warstw łaziskich obrazuje krzywa facjalna pokładu 205/1 w kop. "Ziemowit" (rys. 12a'). Zaznacza się na niej występowanie okresów z mało zmienną i niezbyt grubą pokrywą wodną, na przemian z długotrwałymi okresami częstych zmian jej grubości, o bardzo zmiennej amplitudzie.

Krzywe facjalne pokładów dolnej części warstw łaziskich (rys. 11c' i 11e', rys. 12c' i 12d') oraz pokładu 116/2 (rys. 12c') wskazują na dużą częstotliwość zmian grubości pokrywy wodnej, nierzadko o dużej amplitudzie. W odróżnieniu od krzywych facjalnych pokładów górnej części warstw, zaznacza się na nich obecność w paleotorfowisku dłuższych okresów z grubą pokrywą wodną, towarzyszącą tworzeniu się węgli matowych i węgli zmineralizowanych.

Na krzywych facjalnych badanych pokładów można zaobserwować powtarzające się, charakterystyczne zakresy częstotliwości i amplitudy zmian warunków wodnych w paleotorfowiskach. Pozwala to wydzielić 4 facjalne stadia tworzenia się pokładów:

stadium Ia - charakteryzuje się zarówno małą częstotliwością, jak i małą amplitudą zmian warunków wodnych,

Tabela 8

Charakterystyka facjalnych stadiów tworzenia się pokładów

Stadium	Stosunki wodne w paleotorfowisku	Charakterystyka ruchów pionowych dna paleotorfowiska	Cechy strukturalne węgla
Ia	Płytka pokrywa wodna, o małej częstotliwości i małej amplitudzie wahań	Spokojna, długotrwała subsydencja (rzadziej asydencja), z nielicznymi krótkotrwałymi okresami charakteryzującymi się ruchami o większej amplitudzie	Grube warstwy węgla półbłyszczącego i półmatowego, z nielicznymi cienkimi warstwami pozostałych litotypów
Ib	Płytka pokrywa wodna, o małej częstotliwości lecz, o dużej amplitudzie wahań	Spokojna, długotrwała subsydencja, z nielicznymi krótkotrwałymi okresami charakteryzującymi się ruchami o dużej amplitudzie	Grube warstwy węgla półbłyszczącego i półmatowego, przedzielone cienkimi warstwami iłowca, łupku węglowego lub węgla matowego
IIa	Zmienna grubość pokrywy wodnej, charakteryzująca się dużą częstotliwością, lecz małą amplitudą wahań	Częsta subsydencja i asydencja, o niezbyt dużej amplitudzie ruchów	Warstwy węgla półmatowegop i półbłyszczącego, o miąższości zazwyczaj mniejszej niż w stadiach Ia i Ib, przedzielone licznymi warstwami węgla matowego, niekiedy o znacznej miąższości
IIb	Zmienna grubość pokrywy wodnej, charakteryzująca się dużą częstotliwością i dużą amplitudą wahań	Zróżnicowane tempo subsydencji (asydencji), często o dużej amplitudzie	Niezbyt grube warstwy węgla półbłyszczącego i półmatowego, naprzemian z warstwami, często o znacznej miąższości, łupku węglowego, węgla matowego i iłowca

stadium Ib - charakteryzuje się małą częstotliwością zmian, lecz dużą ich amplitudą,
stadium IIa - charakteryzuje się dużą częstotliwością zmian, przeważnie o małej amplitudzie,
stadium IIb - charakteryzuje się dużą częstotliwością zmian, przeważnie o dużej amplitudzie.

Pełniejszą charakterystykę wydzielonych facjalnych stadiów tworzenia się pokładów przedstawiono w tab. 8. Stadia te zaznaczono na wykresach krzywych facjalnych (rys. 11a' do 11f' i rys. 12a' do 12e'). Granice stadiów na krzywych facjalnych wyznaczają warstwy skały, węgla zmineralizowanego (łupku węglowego) lub rzadziej węgla matowego, kończące dany cykl sedymentacyjny.

Przy założeniu, że główną przyczyną zmienności warunków wodnych są ruchy pionowe (głównie subsydencja) dna paleotorfowiska, krzywe facjalne charakteryzują także amplitudę i częstotliwość tych ruchów. Przebieg zmienności ruchów pionowych dna paleotorfowiska przedstawiono w tab. 8, w celu poszerzenia charakterystyki wydzielonych stadiów tworzenia się pokładu.

Zgodnie z wcześniej wykazanymi tendencjami zmienności warunków wodnych w paleotorfowiskach, badane pokłady z dolnej części warstw łaziskich, do ławy dolnej pokł. 209 włącznie, zostały w znacznej części utworzone w stadiach IIa i IIb, o dużej częstotliwości i zróżnicowanej amplitudzie wahań poziomu wód.

Pokłady występujące w górnej części warstw łaziskich tworzyły się głównie w stadiach Ia i Ib, o małej częstotliwości i zmiennej amplitudzie wahań poziomu wód, oraz częściowo w stadium IIa, lecz bez udziału stadium IIb. Wyjątkiem w tej grupie pokładów, jest jedynie pokł. 205/1 kop. "Ziemowit", który tworzył się w bardziej zmiennych warunkach wodnych, okresowo odpowiadających także stadium IIb.

Udział węgli utworzony w stadiach Ia, Ib, IIa, IIb w pokładach przedstawia tab. 9.

4.1.2. Mikrolitotypy

Przeprowadzone badania mikroskopowe szlifów kawałkowych węgli wykazały, że w ich składzie powtarzają się charakterystyczne zespoły mikrolitotypów, zależnie od stadium (Ia, Ib, IIa, IIb), w którym się tworzyły. Na podstawie składu mikrolitotypów w tych zespołach starano się scharakteryzować środowisko facjalne, występujące w wydzielonych stadiach.

Zgodnie z przyjętym podziałem środowisk facjalnych, wraz z interpretacją ich składu petrograficznego [18], [40], [80], [110], [111], [113], wyróżniono środowisko:
– terestrialne, leśne (FTM) - fuzyt + klaryt witrynitowy + witrynertyt,
– telmatyczne, leśne (FM) - klaryt witrynitowy + witryt + duroklaryt + witrynertyt witrynitowy,
– telmatyczne szuwarowe (RM) - klaryt sporowy + duroklaryt (klaroduryt, duryt*)

* Składniki te, wg Hacquebarda i Donaldsona [40], również mogą tworzyć się w środowisku telmatycznym, szuwarowym.

Tabela 9

Udział w profilach pokładów węgli utworzonych w stadiach Ia, Ib, IIa, IIb [%]

Lp.	Kopalnia - pokład	Stadium			
		Ia	Ib	IIa	IIb
1	Janina - 116/2	35	–	33	32
2	Siersza - 209	61	39	–	–
3	Siersza - 214	56	–	12	32
4	Ziemowit - 205/1	60	14	15	11
5	Ziemowit - 209 ława górna	61	–	39	–
6	Ziemowit - 209 ława dolna	22	–	52	26
7	Ziemowit - 215	28	–	31	41
8	Piast - 205/4	100	–	–	–
9	Piast - 209 ława górna	88	12	–	–
10	Piast - 209 ława dolna	59	10	17	14
11	Czeczott -209/3	51	49	–	–

Objaśnienie: – brak udziału w ilości ≥ 1%

– limniczne, otwartych zbiorników wodnych (OM) - klaroduryt + duryt +karbargilit.

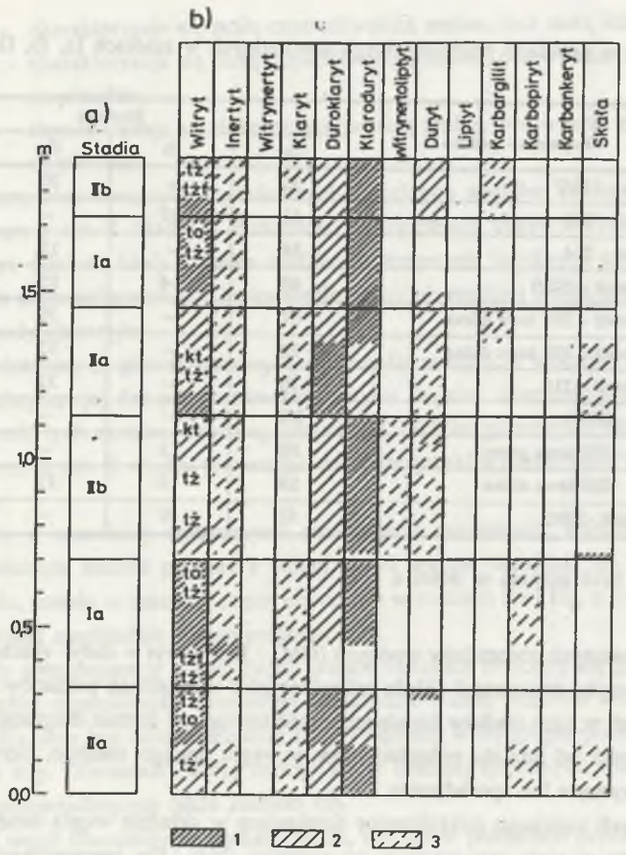
Charakterystykę zmienności składu mikrolitotypów w profilach pokładów, w zależności od wydzielonych w nich stadiów facjalnych, przedstawiono w formie diagramów (rys. 13 do 23). W zależności od udziału mikrolitotypów w węglu danego stadium, określano je jako główne, towarzyszące lub sporadyczne.

Do głównych zaliczano mikrolitotypy dominujące w składzie węgla danego stadium, o udziale każdego z nich wynoszącym co najmniej 25%. Do towarzyszących zaliczano mikrolitotypy występujące z podobną częstotliwością co główne, lecz tworzące cieńsze warstewki. Zaliczano do nich także mikrolitotypy główne w litotypach o podrzędnym udziale w danym stadium. Udział mikrolitotypów towarzyszących w węglu danego stadium wynosi 10 - 25%. Do sporadycznych zaliczano mikrolitotypy występujące ze zmienną częstotliwością, o łącznym udziale niższym od udziału mikrolitotypów towarzyszących.

Zmienność składu mikrolitotypów węgli utworzonych w stadiach Ia, Ib, IIa, IIb oraz przeprowadzona na jej podstawie charakterystyka środowisk facjalnych przedstawiają się następująco:

Stadium Ia

Węgiel stadium Ia charakteryzuje się małą zmiennością składu mikrolitotypów. Niemal stały ich skład obserwuje się nawet w warstwach o miąższości ok. 0,80 m (rys. 21). Stałymi składnikami węgla stadium Ia są: witryt, duroklaryt i klaroduryt, występujące na przemian jako mikrolitotypy główne lub towarzyszące.

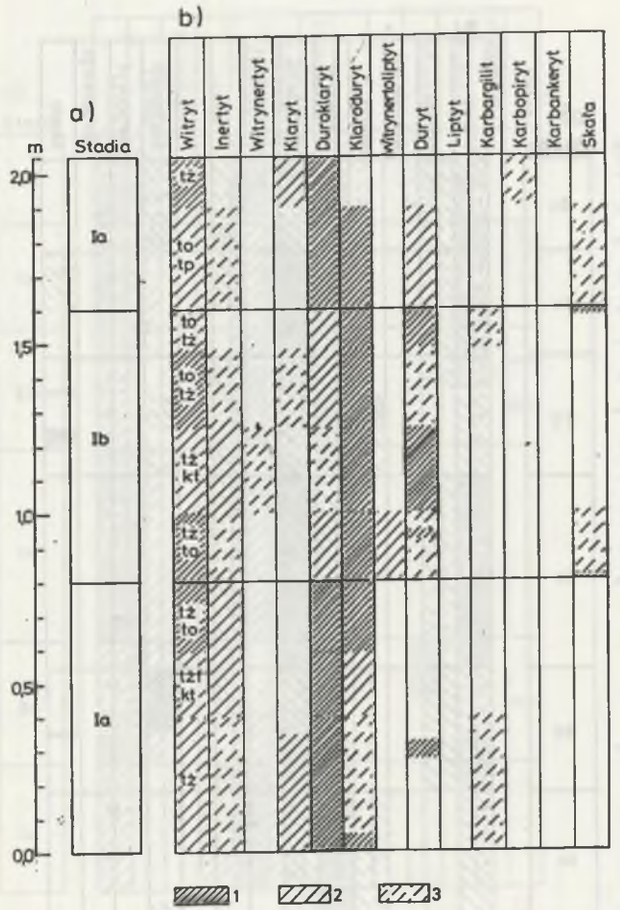


Rys.13. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 116/2 kop. "Janina" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia: a - rozmieszczenie w profilu pionowym pokładu węgli utworzonych w poszczególnych stadiach, b - diagram zmienności składu mikrolitotypów, 1 - mikrolitotypy główne, 2 - mikrolitotypy towarzyszące, 3 - mikrolitotypy sporadyczne

Fig.13. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 116/2, "Janina" mine related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations: a - location of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb in vertical seam profile b - microlithotype composition variability chart, 1 - main microlithotypes; 2 - accompanying microlithotypes; 3 - occasional microlithotypes

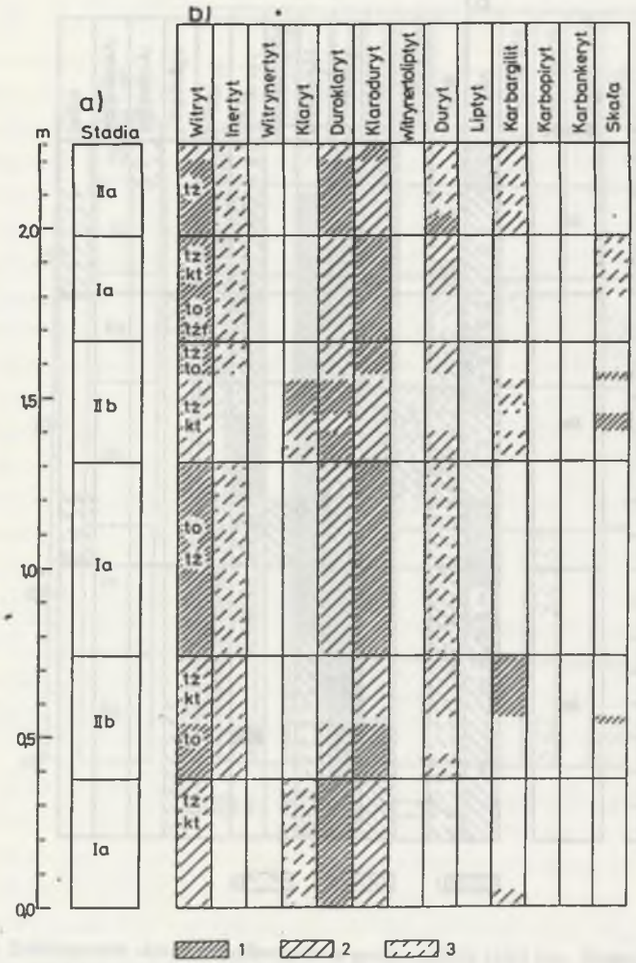


Rys.14. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 209 kop. "Siersza" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia: jak na rys.13

Fig.14. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 209, "Siersza" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations - as in fig. 13

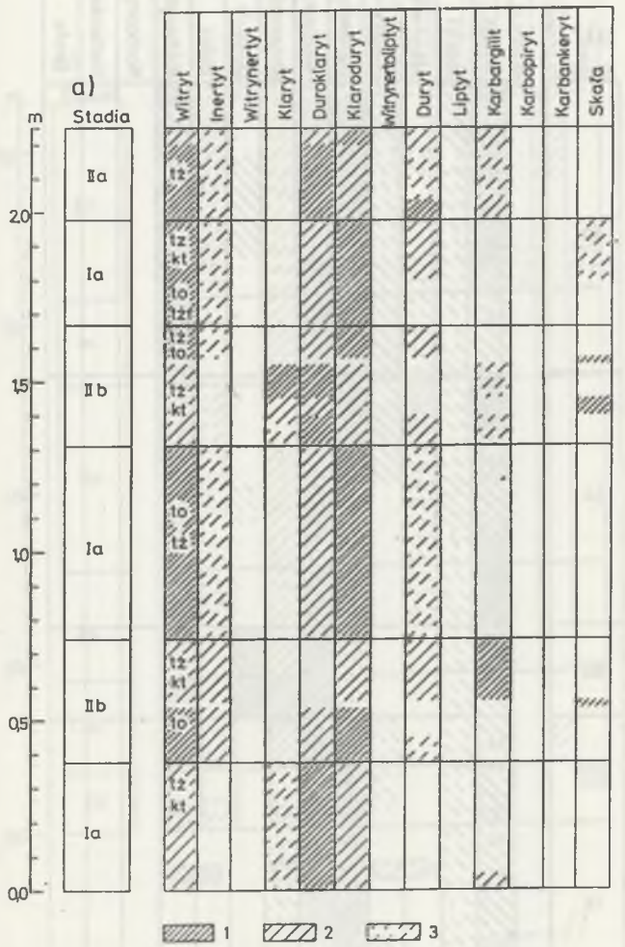


Rys.15. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 214 kop. "Siersza" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia: jak na rys .13

Fig.15. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 214, "Siersza" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations - as in fig. 13

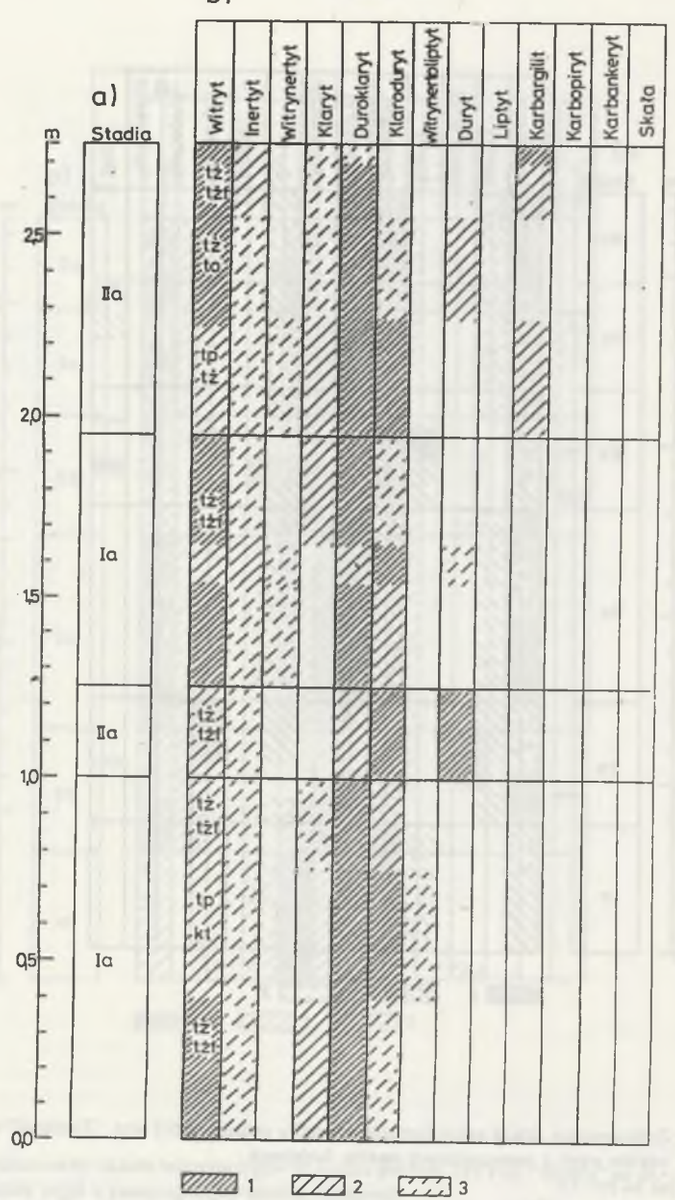


Rys.16. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 205/1 kop. "Ziemowit" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia: jak na rys. 13

Fig.16. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 205/1, "Ziemowit" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations - as in fig. 13

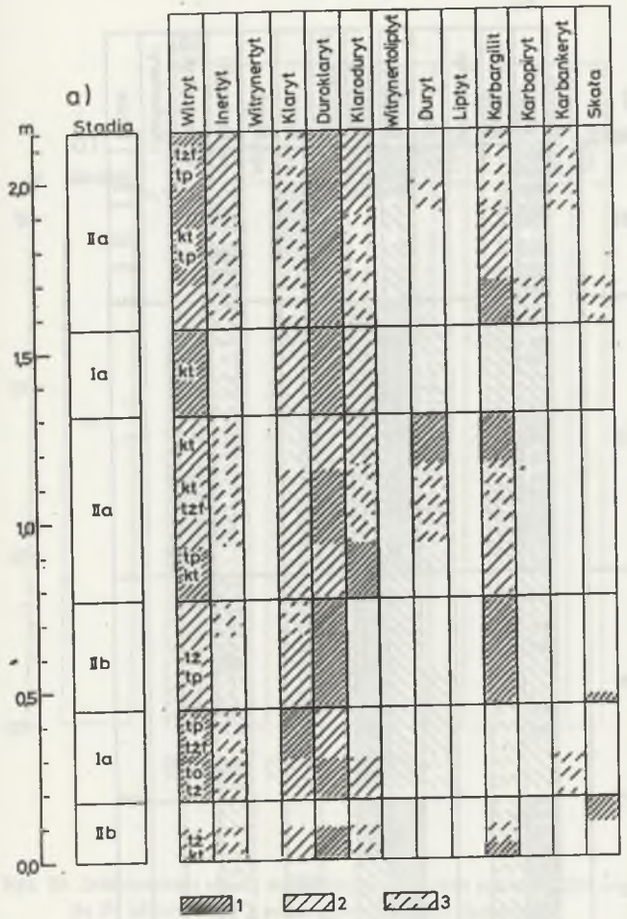


Rys. 17. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 209 ława górna, kop. "Ziemowit" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia: jak na rys. 13

Fig. 17. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 209, top bank, "Ziemowit" mine, related to the proportion of coals from facial stages (Ia, Ib, IIa, IIb)

Explanations - as in fig. 13

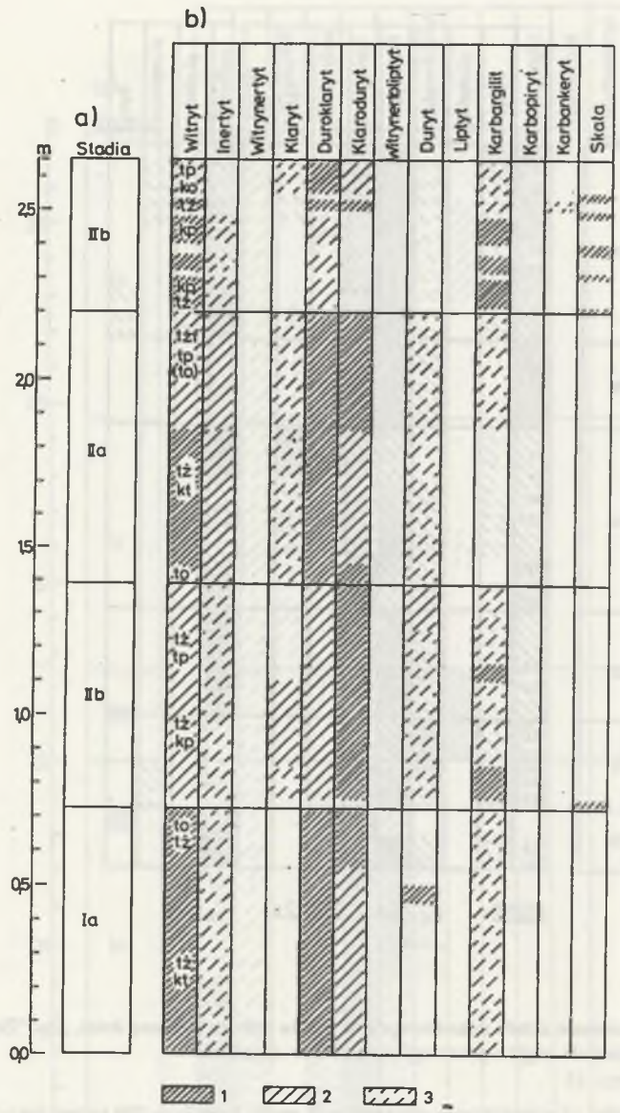


Rys.18. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 209 ława dolna, kop. "Ziemowit" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia: jak na rys. 13

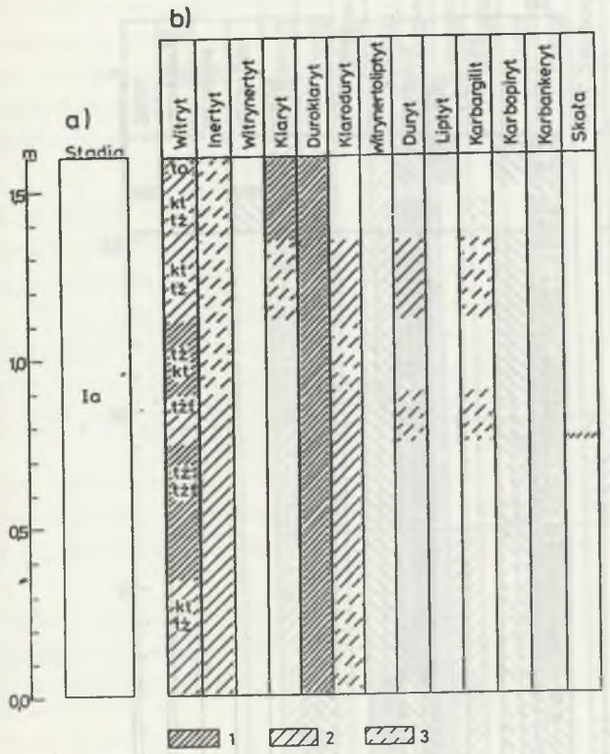
Fig. 18. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 209 bottom bank, "Ziemowit" mine,related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations - as in fig. 13



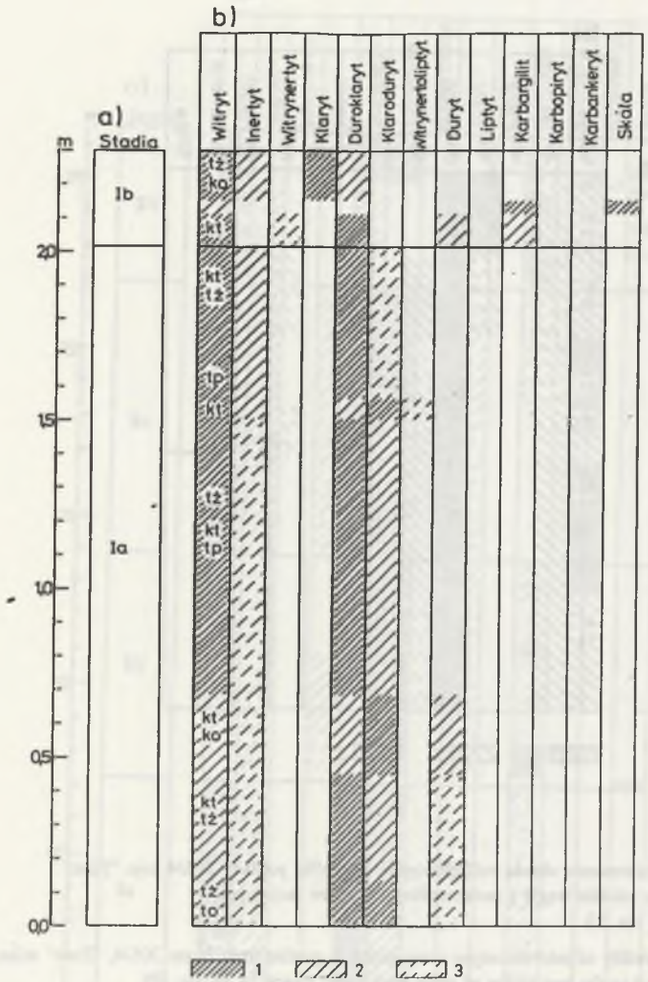
Rys. 19. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 215 kop. "Ziemowit", na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych
Objaśnienia: jak na rys. 13

Fig. 19. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 215, "Ziemowit" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb
Explanations - as in fig. 13



Rys. 20. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 205/4 kop. "Piast" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych
Objaśnienia jak na rys. 13

Fig. 20. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 205/4, "Piast" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb.
Explanations - as in fig. 13

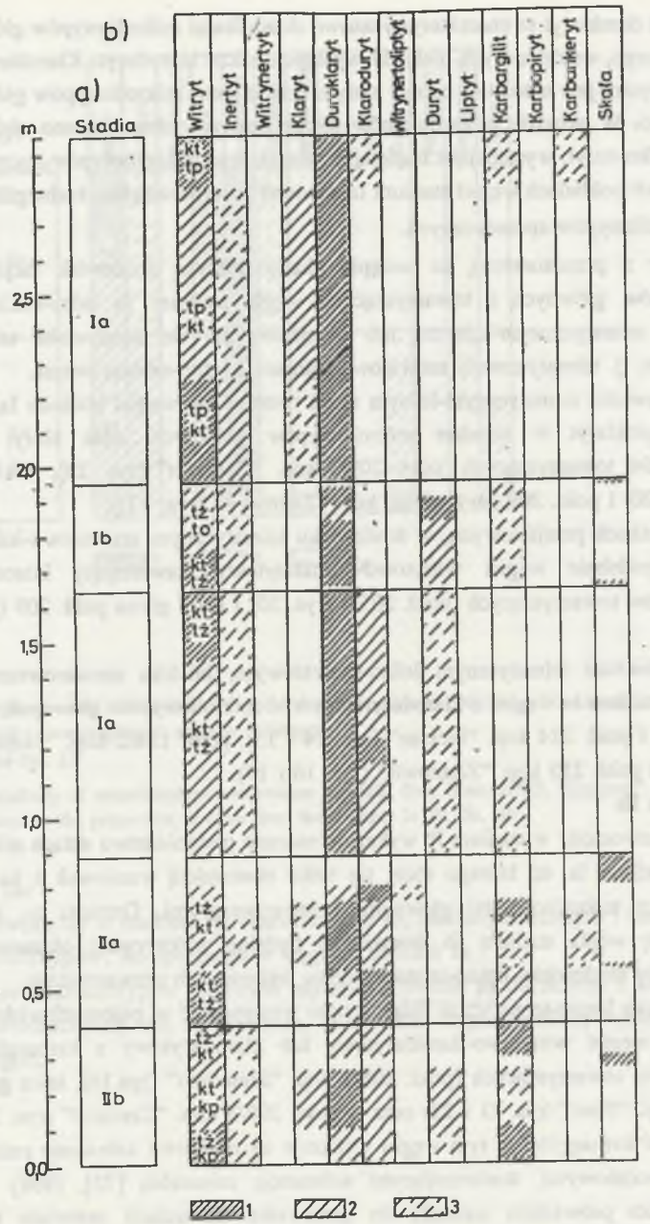


Rys. 21. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 209 ława górna, kop. "Piast" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia jak na rys. 13

Fig. 21. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 209 top bank, "Piast" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations - as in fig. 13



Rys. 22. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 209 ława dolna, kop. "Piast" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia jak na rys. 13

Fig. 22. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 209 bottom bank, "Piast" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb

Explanations - as in fig. 13.

Witryt i duroklaryt są charakterystycznymi składnikami mikrolitotypów głównych węgla półbłyszczącego, wśród których niekiedy występuje także klaroduryt. Klaroduryt z witrytem lub duroklarytem jest natomiast niemal stałym składnikiem mikrolitotypów głównych węgla półmatowego. W składzie mikrolitotypów towarzyszących obserwowano niekiedy inertyt, klaryt i rzadko duryt, występujące częściej w charakterze mikrolitotypów sporadycznych. W nielicznych pokładach węgiel stadium Ia zawierał witrynertoliptyt, karbargilit i karbopiryt wśród mikrolitotypów sporadycznych.

Zgodnie z przedstawioną na wstępie charakterystyką środowisk facjalnych, skład mikrolitotypów głównych i towarzyszących węgla stadium Ia odpowiada najbardziej środowisku telmatycznemu-leśnemu lub przejściowemu do środowiska telmatycznego-szuwarowego, tj. telmatycznemu szuwarowo-leśnemu i leśno-szuwarowemu.

W środowisku telmatycznym-leśnym mógł tworzyć się węgiel stadium Ia, zawierający witryt i duroklaryt w składzie mikrolitotypów głównych, oraz klaryt w składzie mikrolitotypów towarzyszących (pokł. 209/3 kop. "Czeczott" (rys. 23), pokł. 205/4 kop. "Piast" (rys.20) i pokł. 209 ława górna, kop. "Ziemowit" (rys. 17)).

W warunkach przejściowych, w środowisku telmatycznym szuwarowo-leśnym tworzył się prawdopodobnie węgiel witrytowo-duroklarytowy, zawierający klaroduryt wśród mikrolitotypów towarzyszących (pokł. 205/4 (rys. 20) i ława górna pokł. 209 (rys. 21) kop. "Piast").

W środowisku telmatycznym leśno-szuwarowym, bliskim szuwarowemu, mógł się tworzyć w stadium Ia węgiel z klarodurytem wśród mikrolitotypów głównych, występujący w pokł. 209 i pokł. 214 kop. "Siersza" (rys. 14 i 15), pokł. 116/2 kop. "Janina" (rys. 13), pokł. 205/1 i pokł. 215 kop. "Ziemowit" (rys. 16 i 19).

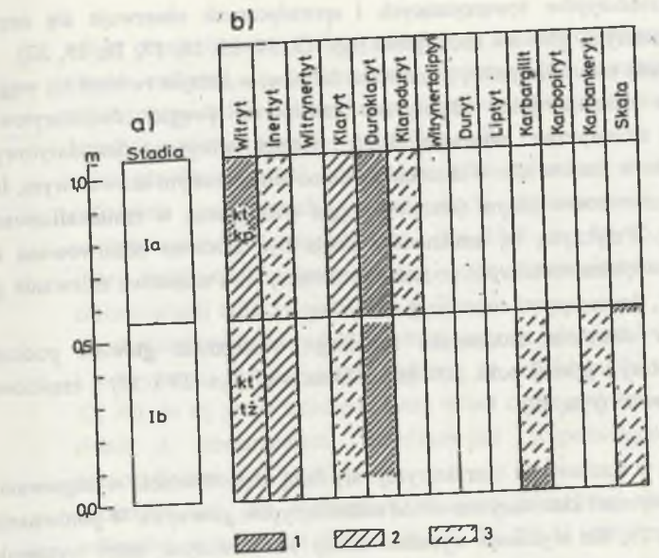
Stadium Ib

Węgiel utworzony w stadium Ib wykazuje znaczne podobieństwo składu mikrolitotypów do węgla stadium Ia, od którego różni się tylko obecnością warstewek z karbargilitem i durytem, jako mikrolitotypami głównymi i towarzyszącymi. Oznacza to, że w czasie tworzenia się węgla stadium Ib środowisko facjalne wykazywało okresowo charakter odpowiadający środowisku limno-telmatycznemu leśnemu lub szuwarowemu.

Środowisko limno-telmatyczne leśne mogło występować w paleotorfowisku, w którym tworzył się węgiel witrytowo-duroklarytowy lub klarodurytowy z karbargilitem wśród mikrolitotypów towarzyszących (pokł. 205/1 kop. "Ziemowit" (rys.16), ława górna i dolna pokł. 209 kop. "Piast" (rys. 21 i 22) oraz w pokł. 209/3 kop. "Czeczott" (rys. 23)).

Obecność karbargilitu w tym węglu wskazuje na okresowe zalewanie paleotorfowiska wodami powodziowymi, dostarczającymi substancję mineralną [72], [106]. Podtapianie paleotorfowiska prowadziło niekiedy do przerwania akumulacji materiału roślinnego i sedymentacji materiału mineralnego (przerostów ilastych).

Środowisko limno-telmatyczne szuwarowe mogło okresowo towarzyszyć tworzeniu się węgla stadium Ib w pokł. 209 kop. "Siersza" (rys. 14), o znacznej zawartości zmineralizowanego klarodurytu i durytu, z mikroskopijnymi soczewkami ilastymi.



Rys. 23. Zróżnicowanie składu mikrolitotypów w profilu pokładu 209/3 kop. "Czeczott" na tle udziału węgli z poszczególnych stadiów facjalnych

Objaśnienia jak na rys. 13

Fig. 23. Variability of microlithotype composition in profile from Seam 209/3, "Czeczott" mine, related to the proportion of coals from facial stages Ia, Ib, IIa, IIb.

Explanations - as in fig. 13

Stadium IIa

Węgiel utworzony w stadium IIa charakteryzuje się bardziej zmiennym i urozmaiconym składem mikrolitotypów, od opisanego w węglach stadium Ia i Ib.

W składzie mikrolitotypów głównych najczęściej obecne są duroklaryt z klarodurytem, występujące równocześnie lub na przemian. Z mniejszą częstotliwością występują witryt, duryt i karbargilit.

W składzie mikrolitotypów towarzyszących i sporadycznych obserwuje się częste występowanie karbominerytu, głównie karbargilitu (rys. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22).

Na podstawie składu mikrolitotypów, środowisko facjalne, w którym tworzył się węgiel stadium IIa, można określić jako telmatyczne szuwarowe (węgiel duroklarytowo-klarodurytowy) lub telmatyczne szuwarowo-leśne (węgiel witrytowo-duroklarytowy), okresowo przechodzące w środowisko o charakterze limno-telmatycznym szuwarowym, lub limno-telmatycznym szuwarowo-leśnym (warstwy węgla wzbogacone w zmineralizowany duryt lub karbargilit). Przyczyną tej zmienności mogła być zarówno obserwowana na krzywych facjalnych, większa ruchliwość podłoża torfowiska, jak i okresowe zalewanie go wodami zewnętrznymi, donoszącymi substancję mineralną.

Opisany zmienny charakter środowiska facjalnego występował głównie podczas tworzenia się ławy dolnej i górnej pokł. 209 kop. "Ziemowit" (rys. 17 i 18) i częściowo pokł. 215 kop. "Ziemowit" (rys. 19).

Stadium IIb

Węgiel utworzony w stadium IIb charakteryzuje się dużą częstotliwością występowania warstewek z karbominerytem i klarodurytem wśród mikrolitotypów głównych. W porównaniu z węglami stadiów Ia, Ib, IIb wykazuje wyraźnie niższy udział witrytu, który występuje głównie jako mikrolitotyp towarzyszący. Wśród węgla stadium IIb stosunkowo często występują warstewki iłowca (rys. 13, 15, 16, 18, 19, 22).

Znaczny udział klarodurytu i karbominerytu w węglu stadium IIb wskazuje, że tworzył się głównie w środowisku przejściowym, limno-telmatycznym lub też limnicznym szuwarowym, niemal regularnie zasilanym wodami zewnętrznymi, wzbogacającymi je w substancję mineralną. Tylko w nielicznych pokładach węgiel stadium IIb pozbawiony jest karbargilitu, co wskazuje na środowisko telmatyczne szuwarowe, nie zasilane wodami z zewnątrz (rys. 15, 16).

Z przedstawionej charakterystyki warunków facjalnych wynika, że w badanych pokładach występują węgle o składzie mikrolitotypów odpowiednim dla wszystkich środowisk facjalnych, z wyjątkiem "suchego" środowiska terestrialnego leśnego, którego obecność w tym obszarze wykazała K.Kruszewska [66]. Węgle takie (fuzytowo-klarytowe) jednakże obserwowano w obrębie warstw zawierających inertyt wśród mikrolitotypów towarzyszących. Tworzą one zazwyczaj cienkie warstewki wśród innych mikrolitotypów, wskutek czego nie uwidoczniły się w składzie mikrolitotypów głównych. Nie mają też większego znaczenia dla oceny środowiska facjalnego.

4.2. ZRÓŻNICOWANIE INTENSYWNOŚCI ŻELIFIKACJI, NA TLE ZMIENNOŚCI WARUNKÓW FACJALNYCH

Na tle opisanej zmienności warunków facjalnych obserwowano przejawy zróżnicowanej intensywności procesów żelifikacji pierwotnej tkanki roślinnej. Doprowadziły one do powstania odmian strukturalnych telinitu, które zależnie od stopnia żelifikacji, określano jako:

- telinit ortostrukturalny (to), wyróżniający się bardzo dobrze zachowaną strukturą tkanki roślinnej, z widocznymi przestrzeniami komórkowymi, pustymi lub zapełnionymi żelokolinitem lub rzadziej, rezynitem i substancją mineralną; ścianki komórek wykazują wyraźny relief (fot. 1-5),
- telinit zżelifikowany (tż), wykazujący słabo zachowaną strukturę tkanki roślinnej, o całkowicie zapłyniętych, zacieśnionych przestrzeniach komórkowych i o zdeformowanych ściankach komórek (fot. 6 i 7, oraz fot. 25, 29 i 31), które wskutek silnej żelifikacji, miejscami łączą się w bezstrukturalną masę kolinitową, o zróżnicowanej refleksyjności (fot. 6, 7),
- telinit zżelofuzynitowany (tżf), wyróżniający się jaśniejszą barwą ścian komórkowych i podwyższoną refleksyjnością, zbliżoną do refleksyjności semifuzynitu (fot. 8, 10, 12, 30); do tej grupy zaliczono także telinit zmikrynityzowany (fot. 10, 11, 13) oraz telinit z przestrzeniami komórkowymi wypełnionymi wysokorefleksyjnym korpokolinitem (fot. 9, 14),
- telokolinit (kt), nie wykazujący struktury pierwotnej tkanki roślinnej, wskutek całkowitej jej żelifikacji (fot. 19, 21, 22, 26, 28, 33 i 34) i zaliczający się w związku z tym do kolinitu,
- pseudotelinit (tp), czyli telinit zżelifikowany, wyróżniający się obecnością charakterystycznych krótkich, przecinkowatych, rozwartych szczelin i podwyższoną refleksyjnością w stosunku do telokolinitu (fot. 15),
- pseudokolinit, czyli telokolinit (kp)* o podwyższonej refleksyjności, z charakterystycznymi przecinkowatymi, krótkimi i rozwartymi szczelinami (fot. 16).

Terminy: pseudotelinit i pseudokolinit przyjęto ze względu na duże podobieństwo ich cech strukturalnych do pseudowitrynitu, opisanego przez Benedicta [5]. Cechy mikroskopowe wyróżnionych składników zestawiono w tab. 10.

Wymienione odmiany strukturalne telinitu, obserwowane w witrytach, wykazują zróżnicowany udział w profilach pokładów, zależnie od stadiów facjalnych ich tworzenia się (rys. 13-23). Oznacza to, że występujące w stadiach Ia, Ib, IIa, IIb odpowiednio zmienne warunki wodne paleotorfowiska kształtowały środowisko geochemiczne, decydujące o intensywności procesu żelifikacji biochemicznej [23], [74], [96], [114].

Najsłabiej zżelifikowany telinit ortostrukturalny obserwowano najczęściej w węglu stadium Ia, z klarodurytem wśród mikrolitotypów głównych (rys. 13, 14, 19), utworzonym w środowisku telmatycznym, leśno-szuwarowym i szuwarowym. Świadczy to o występowaniu w tym środowisku warunków zarówno uniemożliwiających oddziaływanie tlenu atmosferycznego na bioakumulat, jak i ograniczających działalność bakterii aerobowych. Sprzyjała temu zapewne, charakterystyczna dla stadium Ia, obecność pokrywy wodnej, prawdopodobnie o odczynie silnie kwaśnym, i o małej częstotliwości i amplitudzie zmian

* W nawiasach podano symbole macerałów, którymi oznaczono je na diagramach, na rys. 13-23.

Tabela 10

Charakterystyka wydzielonych składników telinitu o zróżnicowanym stopniu żelifikacji

Składniki strukturalne	Charakterystyka cech mikroskopowych
Telinit ortostrukturalny (to)	Struktura tkankowa dobrze zachowana. Ścianki komórek wykazujące słabą żelifikację, posiadają widoczny, wyraźny relief. Wnętrza komórek zacieśnione, bądź wypełnione kolinitem, rezynitem lub substancją ilastą. Jednolita, szara barwa ścian komórek.
Telinit żżelifikowany (tż)	Struktura tkankowa ledwie dostrzegalna. Ścianki komórek silnie spęczniałe, żżelifikowane, nie wykazują reliefu, często łączą się ze sobą, tworząc bezstrukturalną masę kolinitową, o zróżnicowanej barwie i refleksyjności. Charakterystyczna, obecność dużych skupisk żeli, przypominających korpokolinit.
Telinit żżelofuzynityzowany (tżf)	Struktura tkankowa w różnym stopniu zachowana, najczęściej słabo widoczna, "rozpełznięta", a ścianki komórek wykazują zmienną refleksyjność, często podwyższoną, zbliżoną lub odpowiadającą refleksyjności semifuzynitu. Macerał o cechach pośrednich pomiędzy telinitem i semifuzynitem, który podlegał zarówno procesom żelifikacji jak i fuzynityzacji.
Telokolinit (kt)	Struktura tkankowa niewidoczna. Ślady struktury można zaobserwować jedynie na brzegach warstewki.
Pseudotelinit (tp) Pseudokolinit (kp)	Macerał silnie żelifikowany, o cechach zbliżonych do pseudowitrynitu (pseudotelinitu i pseudokolinitu; słabo zachowana struktura tkankowa, częste przejścia do bezstrukturalnego pseudotelokolinitu. Obecne charakterystyczne, krótkie, grube, rozwarte szczelinki, niekiedy wypełnione pirytem. Refleksyjność podwyższona.

grubości. Słabe zasilanie paleotorfowiska bogatymi w tlen wodami powierzchniowymi, na które wskazuje niska zawartość substancji mineralnej w węglu stadium Ia, również nie sprzyjało procesom rozkładu [73].

Silniejsza żelifikacja witrytu, przejawiająca się obecnością głównie telinitu zżelifikowanego oraz telokolinitu i telinitu zżelofuzynityzowanego, występuje w węglu stadium Ia, witrytowo-duroklarytowym i duroklarytowym. Węgiel ten tworzył się w środowisku telmatycznym leśnym i szuwarowo-leśnym, charakteryzującym się stosunkowo niskim poziomem wód w paleotorfowisku. W tych warunkach możliwy był długotrwały dostęp tlenu atmosferycznego do bioakumulatu, sprzyjający intensywniejszej żelifikacji tkanki roślinnej [14]. Obserwowane w niektórych warstewkach witrytu telinit zżelofuzynityzowany oraz pseudotelinit i pseudokolinit (rys. 23) wskazują na występowanie okresów znacznego obniżenia poziomu wód, poniżej powierzchni paleotorfowiska, umożliwiających utlenienie żżelifikowanej już tkanki roślinnej [5], [114].

Podobne, zróżnicowane przejawy intensywności procesów żelifikacji tkanki roślinnej (słabszej w węglu klarodurytowym i silniejszej w węglu duroklarytowym) stwierdzono także w stadium Ib (rys. 14, 16, 21, 22, 23).

Silną żelifikację wykazuje także witryt w węglu stadium Ib, utworzonym w środowisku limno-telmatycznym. Obecna w nim substancja mineralna wskazuje na częste zasilanie wodami powierzchniowymi, dostarczającymi tlen do paleotorfowiska i obniżającymi kwasowość środowiska. W rezultacie, głównymi składnikami witrytu stadium Ib są telinit zżelifikowany i telokolinit.

W węglu stadiów IIa i IIb występuje najczęściej silnie zżelifikowany witryt, zawierający głównie telokolinit i telinit zżelifikowany.

Warunki sprzyjające silnej żelifikacji ukształtowała zmienna pokrywa wodna, o dużej częstotliwości i amplitudzie wahań w środowisku limno-telmatycznym, oraz częste w stadiach IIa i IIb, zasilanie paleotorfowiska wodami powierzchniowymi. W tym niespokojnym środowisku wodnym dochodziło niekiedy do degradacji częściowo już zżelifikowanego materiału roślinnego. Przejawem tego są występujące w węglu stadiów IIa i IIb warstewki witrytu zbrekcjonowanego, zawierającego ostrokrawędziste lub obtoczone fragmenty telokolinitu (fot. 21, 22). Na niespokojne środowisko wodne wskazują także, obecne wśród warstewek karbargilitu, poziomy nagromadzenia korpokolinitu (fot. 23 i 24) lub rezynitu (fot. 33). Jednocześnie zwraca uwagę całkowita żelifikacja witrynitu w karbargilitach (fot. 35, 36). Częsta obecność pseudotelinitu i pseudokolinitu w tych stadiach jest wynikiem okresowo występującego, silnego obniżenia poziomu wód w paleotorfowisku.

Węgle stadium IIa i IIb, utworzone w środowisku telmatycznym leśnym i szuwarowo-leśnym, podobnie jak w stadiach Ia i Ib, wykazują słabszą żelifikację witrytu, z zachowaniem niekiedy telinitu ortostrukturalnego. Zbiorczą charakterystykę składu mikrolitotypów i stopnia żelifikacji witrynitu w witrytach węgli stadiów Ia, Ib, IIa, IIb przedstawia tab. 11.

Tabela 11

Zbiorcza charakterystyka składu mikrolitotypów i stopnia żelifikacji witrynitu w witrytach węgli stadiów Ia, Ib, IIa, IIb

Stadium	Skład mikrolitotypów	Stopień żelifikacji i skład witrynitu w witrytach
Ia	Mikrolitotypy główne: najczęściej witryt z duroklarytem lub duroklaryt (węgiel duroklarytowy) oraz witryt z klarodurytem lub klaroduryt (węgiel klarodurytowy). Mała zmienność składu mikrolitotypów głównych w warstwach węgli stadium Ia, mimo na ogół dużej ich miąższości. Mikrolitotypy towarzyszące: klaroduryt, klaryt, witryt, fuzyt (w węglu duroklarytowym) lub witryt, duroklaryt, duryt (w węglu klarodurytowym).	Silna żelifikacja witrynitu w warstwach węgla duroklarytowego. W jego składzie najczęściej dominuje telinit zżelofuzynityzowany lub telokolinit i telinit zżelifikowany. Słaba żelifikacja witrynitu w warstwach węgla klarodurytowego, wyrażająca się przeważającym udziałem telinitu ortostrukturalnego nad udziałem telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego.
Ib	Mikrolitotypy główne: witryt z klarodurytem lub duroklarytem oraz duryt, lub klaroduryt z durytem. Niekiedy karbomineryt. Zazwyczaj zmienny skład mikrolitotypów głównych w warstwach węgla stadium Ib. Mikrolitotypy towarzyszące: najczęściej witryt, fuzyt, rzadziej karbomineryt (karbargilit).	Zróżnicowany stopień żelifikacji witrynitu; silny w węglu duroklarytowym i zmineralizowanym, słaby w węglu klarodurytowym, zawierającym telinit ortostrukturalny obok telinitu zżelifikowanego i telokolinitu.
IIa	Mikrolitotypy główne: najczęściej duroklaryt, klaroduryt z witrytem lub durytem. Zmienny skład mikrolitotypów głównych w warstwach węgli stadium IIa. Mikrolitotypy towarzyszące: najczęściej witryt, i karbargilit. W porównaniu z węglami stadiów Ia i Ib zawierają mniej witrytu, a więcej durytu.	Silna żelifikacja witrynitu, zawierającego głównie telokolinit i telinit zżelifikowany, a także pseudotelinit i pseudokolinit. Nieliczne pasemka witrytu z telinitem ortostrukturalnym.
IIb	Mikrolitotypy główne: najczęściej karbargilit z duroklarytem lub klarodurytem. Mikrolitotypy towarzyszące: najczęściej witryt, duryt i klaryt. Zmienny skład mikrolitotypów głównych w warstwach węgla stadium IIb.	Bardzo silnia żelifikacja witrynitu, szczególnie w sąsiedztwie karbargilitu. Najczęściej zawiera telokolinit i telinit zżelifikowany, a tylko sporadycznie telinit ortostrukturalny. Niekiedy występuje pseudotelinit.

4.3. WPŁYW WARUNKÓW FACJALNYCH NA ZRÓŻNICOWANIE W POKŁADACH SKŁADU PETROGRAFICZNEGO I STOPNIA UWĘGLENIA

4.3.1. Skład mikrolitotypów i macerałów w pokładach

Analizy ilościowe składu petrograficznego próbek pokładowych (bruzdowych) z badanych pokładów wykazały zróżnicowaną zawartość w nich mikrolitotypów i macerałów.

W składzie mikrolitotypów najbardziej zróżnicowana jest zawartość trimacerytu (34 - 54%), głównego składnika wszystkich badanych próbek węgli (tab. 12). Większość pokładów charakteryzuje się dominującym udziałem duroklarytu nad klarodurytem oraz niskim udziałem witrynertoliptytu (1 - 3%).

Drugim, pod względem zawartości, mikrolitotypem jest witryt, wykazujący w pokładach zróżnicowany udział w zakresie 17 - 30%.

Znaczne zróżnicowanie zawartości wykazały mikrolitotypy o mniejszym udziale w badanych pokładach, głównie duryt (2-12%), inertyt (3 - 11%) i klaryt (2 - 12%). Zawartość liptytu, jak i witrynertytu jest stale niska (do 2%). W badanych pokładach stwierdzono duże zróżnicowanie zawartości karbominerytu (2 - 16%) i skały (2 - 10%).

Zróżnicowanie w pokładach udziału mikrolitotypów, karbominerytu i skały wykazuje zależność od wykazanego zróżnicowania warunków facjalnych, w których się tworzyły. Zróżnicowanie w pokładach składu mikrolitotypów przedstawiono na trójkątnym diagramie (rys. 24), na którym zgrupowano je następująco:

- witryt z klarytem i duroklarytem jako składniki utworzone w warunkach niskiego poziomu wód w środowisku telmatycznym leśnym i szuwarowo-leśnym, wraz z inertytem i witrynertytem, tj. składnikami o stosunkowo niskim udziale i reprezentującymi bardziej suche warunki, bliższe środowisku terestrialnemu,
- klaroduryt z durytem, witrynertoliptytem i liptytem, jako składniki utworzone w obecności grubszej pokrywy wodnej, w środowisku telmatycznym leśno-szuwarowym i szuwarowym,
- karbomineryt i skała, jako składniki utworzone w obecności grubej pokrywy wodnej, zasilanej wodami zewnętrznymi, w środowisku limno-telmatycznym, zbliżonym do środowiska otwartych zbiorników wodnych.

Ze względu na zawartość wymienionych składników, badane pokłady na diagramie (rys. 24) rozdzielają się na trzy grupy A, B i C.

Grupa A obejmuje pokłady o najwyższej zawartości sumarycznej witrytu, klarytu, duroklarytu i inertytu, tj. pokł. 205/1 w kop. "Ziemowit", pokł. 205/4 w kop. "Piast" oraz ława górna pokł. 209 w kop. "Ziemowit" i "Piast". Pokłady te wykazują najwyższy udział węgla utworzonego w stadium Ia - duroklarytowym (60 - 100%) (tab. 9).

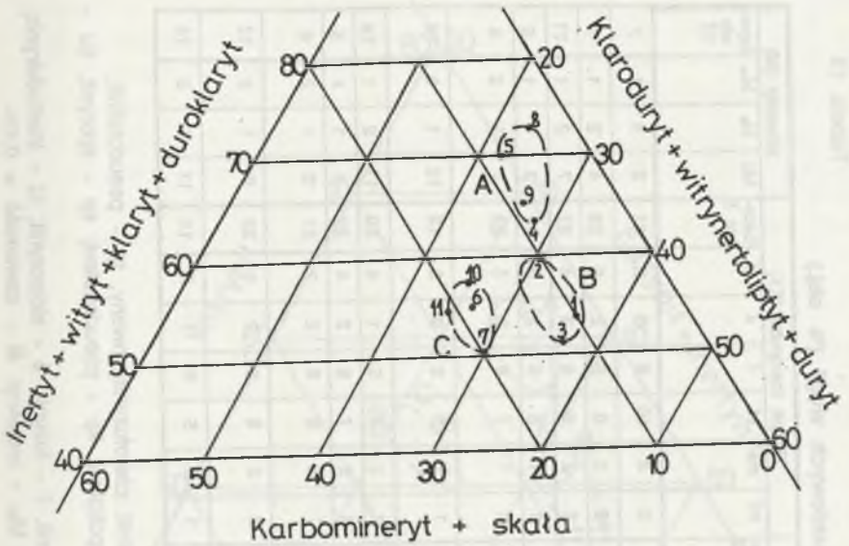
Grupa B obejmuje pokłady 209 i 214 w kop. "Siersza" oraz pokł. 116/2 w kop. "Janina", o dominującym łącznym udziale klarodurytu, witrynertoliptytu i durytu. Pokłady te wyróżniają

Tabela 12

Udział mikrolitotypów, karbominerytów i skały w próbach bruzdowych węgli, % obj.

Kopalnia	Pokład	Nr próbki	MIKROLITOTYPY										KARBOMINERYTY				Skała	Suma składników
			Witryt	Inertyt	Liptyt	Klaryt	Duryt	Witrynertyt	Duroklaryt	Klaroduryt	Witrynertoliptyt	Suma litot.	Karbargilit	Karbopiryt	Karbankeryt	Suma karbominerytu		
Janina	116/2	1	23	11	1	5	12	1	13	18	3	87	3	3	śl	6	7	100
Siersza	209	2	30	9	1	5	4	1	15	21	4	90	3	3	śl	6	4	100
	214	3	24	7	śl	2	11	2	16	23	2	87	4	1	śl	5	8	100
Ziemowit	205/1	4	26	3	1	3	5	1	28	21	4	92	5	1	śl	6	2	100
	209 ł. górna	5	25	4	1	4	5	1	36	16	2	94	2	1	1	4	2	100
	209 ł. dolna	6	24	5	1	7	4	1	18	12	2	74	10	3	śl	13	13	100
	215	7	17	6	1	4	2	1	21	25	3	80	9	1	1	11	9	100
Piast	205/4	8	27	10	1	6	2	2	26	19	2	95	2	śl	1	3	2	100
	209 ł. górna	9	26	3	1	4	4	1	29	21	3	92	1	1	śl	2	6	100
	209 ł. dolna	10	23	7	1	6	4	2	19	19	1	82	5	2	1	8	10	100
Czeczott	209/3	11	25	7	1	4	8	1	17	11	2	76	13	2	1	16	8	100

Objaśnienie: śl - zawartość składnika < 0,5%



Rys. 24. Skład mikrolitotypów w próbkach bruzdowych węgla
Objaśnienia: Pokłady grupy A: 8 - pokł. 205/4 kop. "Piast", 5 - pokł. 209 ława górna, kop. "Ziemowit", 9 - pokł. 209 ława górna, kop. "Piast", 4 -pokł. 205/1 kop. "Ziemowit",
Pokłady grupy B: 2 - pokł. 209 kop. "Siersza", 1 - pokł. 116/2 kop. "Janina", 3 - pokł. 214 kop. "Siersza"
Pokłady grupy C: 10 - pokł. 209 ława dolna, kop. "Piast", 6 - pokł. 209 ława dolna, kop. "Ziemowit", 7 - pokł. 215 kop. "Ziemowit", 11 - pokł. 209/3 kop. "Czeczott"

Fig. 24. Microlithotype composition of coal from channel samples
Explanations: The seams from the group A: 8 - Seam 205/4, "Piast" mine; 5 - Seam 209, top bank, "Ziemowit" mine; 9 - Seam 209, top bank, "Piast" mine; 4 - Seam 205/1, "Ziemowit" mine,
The Seams from the group B: 2 - Seam 209, "Siersza" mine; 1 - Seam 116/2, "Janina" mine; 3 - Seam 214, "Siersza" mine,
The Seams from the group C: 10 - Seam 209, bottom bank, "Piast" mine; 6 - Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine; 7 - Seam 215, "Ziemowit" mine; 11 - Seam 209/3, "Czeczott" mine

się obecnością węgla utworzonego w warunkach odpowiadających stadium Ia - klarodurytowym (35-61%).

Grupa C obejmuje pokłady o najwyższej łącznej zawartości karbominerytu i skały, tj. pokł. 209, ława dolna i pokł. 215 kop. "Ziemowit", wyróżniające się najniższym udziałem węgli utworzonych w stadium Ia (22 i 28%). Do tej grupy zalicza się także pokł. 209/3 z kop. "Czeczott", o najwyższym udziale węgli utworzonych w stadium Ib (49%) (tab. 9), oraz pokł. 209 (ława dolna) z kop. "Piast", o stosunkowo wysokim udziale węgli stadium Ia (59%), i jednocześnie o znacznej zawartości karbominerytu i skały w węglu stadiów Ib, IIa i IIb (rys. 22).

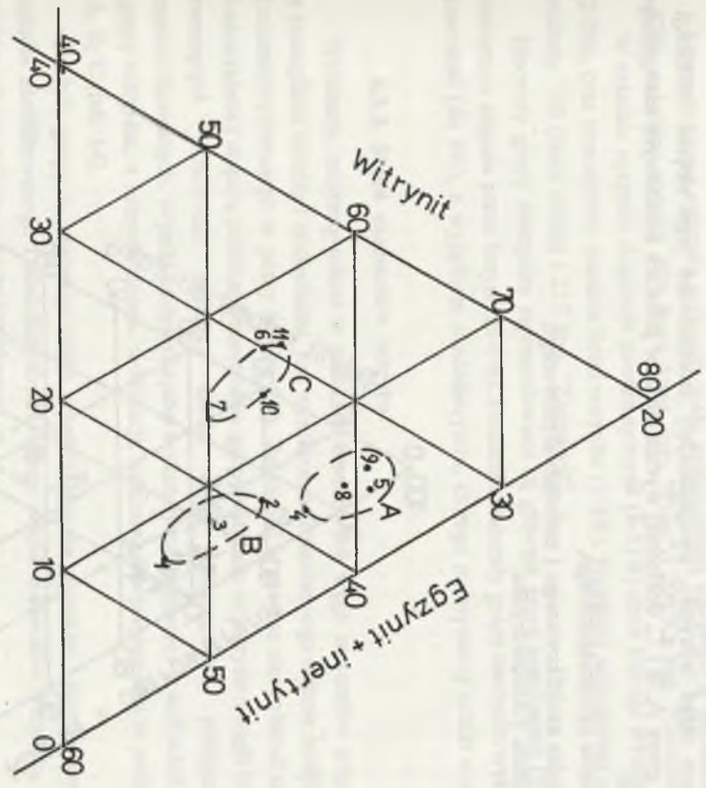
Konsekwentnie do zróżnicowanego udziału mikrolitotypów, karbominerytu i skały, badane pokłady wykazują zróżnicowany także udział macerałów i minerałów (tab. 13,

Tabela 13

Skład macerałów i minerałów w próbkach bruzdowych węgli (% obj.)

Kopalnia	Pokład	Nr próbki	Grupa wtrynitu (Vt)								Grupa egzynitu (E)					Grupa inertynitu (E1)							Minerały (M)			
			Telinit (Vt)			Kolinit (Vtk)			Wi-trodetrynit Vtwd		sp	ku	r	ld	Łącznie E	mi	ma	sf	f	s	id	Łącznie I	Mił	Ms	Mw	Łącznie M
			to	tż+ tżf+tp	Łącznie Vt	kt	kd+ kż+ ko+ kp	Łącznie Vtk																		
Janina	116/2	1	10	12	22	3	21	24	1	47	11	2	1	1	15	2	3	10	8	3	5	31	3	3	1	7
Sier-sza	209	2	18	10	28	2	23	25	1	54	9	3	2	śl	14	2	2	8	6	2	5	25	4	2	1	7
	214	3	16	13	29	3	17	20	1	50	8	2	1	1	12	2	2	9	8	3	4	27	7	3	1	11
Zie-mo-wit	205/1	4	6	16	22	4	30	34	1	57	11	3	2	1	17	1	1	8	6	2	3	21	3	1	1	5
	209 ława górna	5	3	16	19	7	34	41	1	61	8	2	1	1	12	2	1	7	6	2	5	23	1	1	2	4
	209 ława dolna	6	2	13	15	11	27	38	1	54	6	2	3	1	12	1	2	5	5	2	3	18	12	1	3	16
	215	7	4	15	19	9	21	30	1	50	11	2	3	śl	16	1	2	7	5	1	4	20	11	2	1	14
Piast	205/4	8	3	17	20	8	30	38	1	59	9	3	1	1	14	1	2	7	6	2	4	22	3	1	1	5
	209 ława górna	9	2	17	19	8	33	41	1	61	8	2	1	1	12	1	2	8	6	2	2	21	3	1	2	6
	209 ława dolna	10	3	14	17	6	31	37	1	55	7	2	2	śl	11	2	2	8	5	2	3	22	9	1	2	12
Czc-zott	209/3	11	2	8	10	16	30	46	śl	56	6	2	2	1	11	1	3	5	6	1	2	18	11	1	3	15

Objaśnienia: to - telinit ortostrukturalny, tż - telinit zżelifikowany, tżf - telinit zżelofuzynityzowany, tp - pseudotelinit, kt - telokolinit, kd - desmokolinit, kż - żelokolinit, ko - korpokolinit, kp - pseudokolinit; sp - sporynit, ku - kutynit, r - rezynit, ld - liptodetrynit; mi - mikrynit, ma - maknynit, sf - semifuzynit, f - fuzynit, s - sklerotynit, id - inertodetrynit; Mił - minerały ilaste, M_s - siarczki żelaza (piryt, markasyt), Mw - węglany; śl - zawartość < 0,5%



Rys.25.Skład macerałów w próbkach bruzdowych węgla
Objaśnienia: jak na rys. 24

Fig.25.Maceral composition of the coal from channel samples
Explanations - as in fig.24

rys. 25), zależnie od ich przynależności do grupy A, B lub C. Grupa A, odpowiednio do składu mikrolitotypów, wyróżnia się wśród badanych pokładów najwyższym udziałem witrynitu. W pokładach grupy B stwierdzono najwyższy łączny udział egzynitu i inertynitu, a w pokładach grupy C najwyższy udział substancji mineralnej.

Wykazanemu zróżnicowaniu zawartości macerałów w grupach pokładów A, B, C towarzyszy zmienny skład witrytu, wyróżniający się głównie zmiennym udziałem telinitu (10 - 29%) (tab. 13). Najwyższą zawartość telinitu (22 - 29%) wykazują węgle z pokładów grupy B (pokł. 209 i pokł. 214 kop. "Sierszа", pokł. 116/2). Telinit w przeważającej części jest słabo zżelifikowany, zaliczający się do telinitu ortostrukturalnego. Pokłady grupy B wykazały jednocześnie najniższą zawartość kolinitu (20-25%). Najniższe zawartości telinitu stwierdzono w węglu pokładów grupy C, tj. pokł. 209/3 kop. "Czeczott" (10%), pokł. 209 (ława dolna) kop. "Ziemowit" (15%) i "Piast" (17%).

Zmienny skład witrynitu, uwzględniający zróżnicowany jego stopień żelifikacji w pokładach grupy A, B i C, dokładniej wyraża udział w próbkach bruzdowych następujących składników:

- telinitu ortostrukturalnego,
- telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego,
- kolinitu i detrowitrynitu.

Rys. 26. Skład macerałów grupy witrynitu w próbkach bruzdowych węgla
Objaśnienia: jak na rys. 24

Fig. 26. Contents of macerals of vitrinite group in the coal from channel samples
Explanations - as in fig. 24

Udział wymienionych składników w przeliczeniu do 100% zawartości witrynitu przedstawia diagram na rys. 26. Na diagramie tym silnie wyodrębniają się pokłady grupy B, z uwagi na najwyższą w nich zawartość telinitu ortostrukturalnego i najniższą zawartość kolinitu. Witrynit z pokładów grupy A i C wykazuje natomiast niską i mało zróżnicowaną zawartość telinitu ortostrukturalnego, przy wysokiej i zróżnicowanej zawartości kolinitu. Kolinit reprezentowany jest głównie przez desmokolinit (tab. 13). Zawartość telokolinitu jest ogólnie niska (do 8%) i tylko dwa pokłady grupy C wykazały wyższy jego udział (11% w pokł. 209 ława dolna, kop. "Ziemowit" i 16% w pokł. 209/3 kop. "Czeczott"). Zróżnicowany skład i stopień żelifikacji witrynitu, najsłabszy w węglach pokładów grupy B, potwierdza wcześniejsze obserwacje, że warunki facjalne, odpowiednie dla stadium Ia z klarodurytem, najmniej sprzyjały procesom żelifikacji.

Macerały grupy egzynitu wykazały mało zróżnicowaną zawartość w próbkach węgli (11 - 17%), najniższą w pokł. 209, ława dolna, kop. "Piast" i 209/3 z kop. "Czeczott".

W składzie egzynitu dominuje zawsze sporynit (6-11%) obok którego występuje kutynit (2-3%), oraz stosunkowo znaczne ilości rezynitu (1-3%). Najsilniej wzbogacone w rezynit są pokłady: 209 (ława dolna) i 215 kop. "Ziemowit".

Macerały grupy inertynitu reprezentowane są głównie przez semifuzynit (5-10%), a w mniejszym stopniu przez fuzynit (5-8%). Pozostałe macerały grupy inertynitu wykazały niską zawartość (do 3%), z wyjątkiem inertodetrynitu, którego maksymalny udział wynosi 5%.

4.3.2. Skład macerałów witrytu

Wykazany, zmienny udział w próbkach bruzdowych węgli macerałów grupy witrynitu, a szczególnie telinitu i telokolinitu, jest wynikiem zróżnicowanego stopnia żelifikacji witrytu (scharakteryzowanego w pracy w pkt. 5.2). Zależność tę starano się wykazać na podstawie badań składu i stopnia żelifikacji macerałów grupy witrynitu w witrycie z węgli błyszczących, tworzących jednorodne pasemka wśród węgli półmatowych, półbłyszczących i zmineralizowanych. Wyniki badań witrytów wykazały zróżnicowany w nich udział macerałów grupy witrynitu, o różnym stopniu żelifikacji, zależnie od występowania w pokładach grupy A, B, C (tab. 14).

Pokłady grupy A zawierają witryt wyróżniający się wysokim i dominującym udziałem telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego wśród macerałów witrynitu, przy bardzo niskim udziale telinitu ortostrukturalnego.

Pokłady grupy B wyróżniają się wysokim udziałem w witrytach telinitu ortostrukturalnego, zbliżonym lub nawet przewyższającym (pokł. 214 kop. "Siersza") zawartość telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego.

Pokłady grupy C zawierają witryty wyróżniające się wysoką zawartością telokolinitu, wyższą od udziału pozostałych macerałów grupy witrynitu. Nietypowy skład dla tej grupy pokładów wykazuje witryt z pokł. 215 kop. "Ziemowit", w którym stwierdzono podwyższony udział telinitu zżelifikowanego, przy obniżonej zawartości telokolinitu.

Ze względu na zawartość telinitu ortostrukturalnego w pokładach grupy A, najwyższą jego zawartością wyróżnia się witryt z pokł. 205/1 kop. "Ziemowit" (12%).

W pokładach grupy C najwyższy udział telinitu ortostrukturalnego (10%) wykazuje witryt z pokł. 215 kop. "Ziemowit" (tab. 14).

W badanych witrytach stwierdzono występowanie niejednorodnego macerału, który wg klasyfikacji ICCP [50] odpowiadałby desmokolinitowi lub wg GOST-94-14-74, mikstynitowi. Przedstawia on mieszaninę kolinitu z mikrynitem, rezynitem i fragmentami semifuzynitu, a także z drobnymi ziarenkami pirytu i substancji ilastej (< 1μm) (fot. 20, 27, 31).

Częstym składnikiem witrytów z desmokolinitem jest korpokolinit, o zróżnicowanej refleksyjności (fot. 23 i 24) a niekiedy ostrokrawędziste lub obtoczone okruchy telokolinitu

Tabela 14

Skład petrograficzny witrytów z węgli błyszczących (% obj.)

SKŁADNIK			GRUPA A			GRUPA B			GRUPA C			
			Ziemowit 205/1	Ziemowit 209 I. górna	Piast 205/4	Piast 209 I. górna	Janina 116/2	Siersza 209	Siersza 214	Ziemowit 209 I. dolna	Ziemowit 215	Piast 209 I. dolna	Czeczott 209/3
			pr. 4	pr. 5	pr. 8	pr. 9	pr. 1	pr. 2	pr. 3	pr. 6	pr. 7	pr. 10	pr. 11
Witrynit (Vt)	Telinit (V_{te})	ortostrukturalny (t_o)	12	6	6	4	28	33	45	4	10	4	1
		żelifikowany ($t_ż$) żelofuzynityzowany ($żf$) pseudożelinit (t_p)	58	50	52	50	34	40	30	36	49	39	25
	Kolinit (V_{ko})	telokolinit (k_t) pseudokolinit (k_p)	18	28	30	33	23	10	13	42	28	46	46
		desmokolinit (k_d)	7	6	2	6	6	5	4	2	7	3	10
		korpokolinit (k_{ko}) żelokolinit ($k_ż$) detrytus witryn.	3	6	6	3	6	8	5	14	3	7	12
EGZYNIT (E)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	śl	2
INERTYNIT (I)			1	2	2	2	1	2	1	śl	1	śl	2
SUBSTANCJA MINERALNA	Min. ilaste (M_{il})		śl	1	śl	śl	śl	śl	śl	śl	1	śl	1
	Siarczki (piryt, markasyt) (M_s)		0	0	1	śl	1	1	1	śl	śl	0	1
	Węglany (M_w)		śl	0	0	1	0	0	0	1	śl	1	0

(fot. 21, 22). Najwyższy ich udział stwierdzono w pokł. 215 kop. "Ziemowit" i pokł. 209/3 kop. "Czeczott".

Skład witrytów z desmokolinitem i korpokolinitem wskazuje, że mogły się tworzyć w środowisku z grubszą, niespokojną pokrywą wodną, wskutek wymieszania drobnych cząstek żelu kolinitowego, z doniesionymi przez wodę okruchami kolinitu (telokolinitu) i ziarnami substancji mineralnej.

Odmiany desmokolinitu ubogie w substancję mineralną (fot. 20, 27), a zawierające inertynit, mogły się tworzyć w środowisku bardziej suchym, wskutek intensywnej żelifikacji przy współudziale bakterii i grzybów. Występowanie tego typu desmokolinitu stwierdzono w pokł. 205/1 i pokł. 209, ława górna, kop. "Piast". Zawartość desmokolinitu w pokładach jest zróżnicowana, w zakresie 2 - 10% (tab. 14).

W składzie witrytów z węgli błyszczących, mimo wykazywanej makroskopowo ich jednorodnej struktury, stwierdzono jednak niewielki udział macerałów grupy egzynitu (do 2%), głównie rezynitu i makrospor, oraz macerałów grupy inertynitu (do 2%), głównie mikrynitu, sklerotynitu i semifuzynitu, występującego niekiedy z telinitem żżelofuzynityzowanym. Niewielki udział ma też substancja mineralna, reprezentowana głównie przez minerały ilaste, o zawartości od ilości śladowych (< 0,5%) do 1%, lub rzadziej przez siarczki żelaza (piryt, markasyt), o udziale do 1%.

Przedstawiona charakterystyka zróżnicowania składu macerałów witrynitu w pokładach grupy A, B i C potwierdza przyjęte założenie, że na skład i stopień żelifikacji witrynitu mają wpływ warunki facjalne, w których tworzyły się węgle.

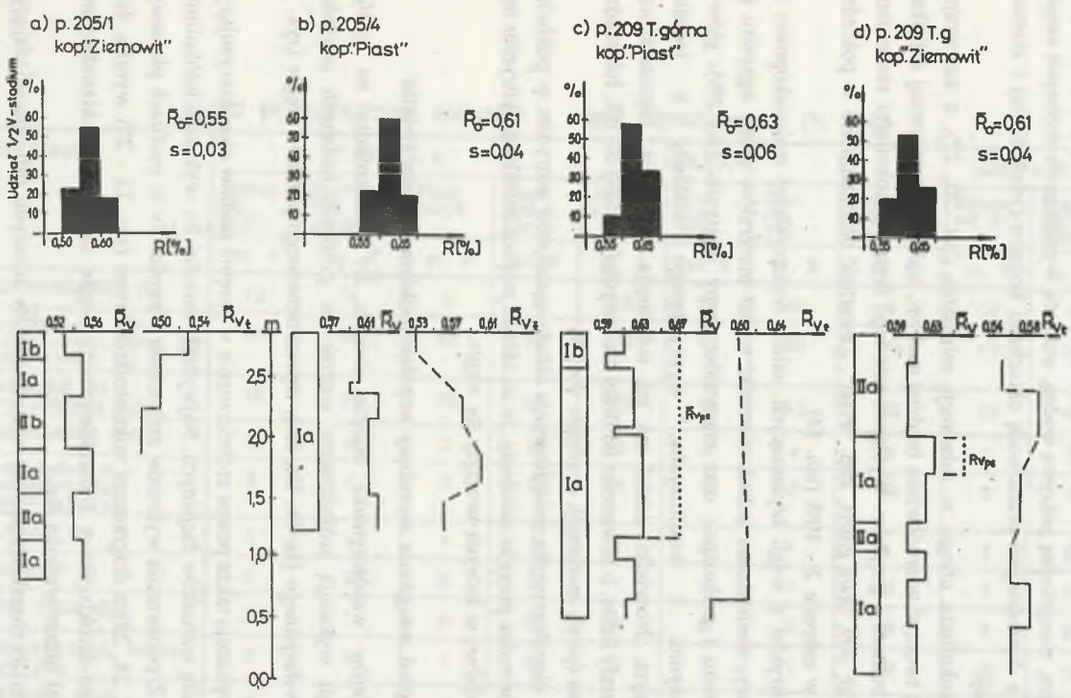
4.3.3. Stopień uwęglenia wyrażony współczynnikiem odbicia światła

Wyniki pomiarów współczynnika odbicia światła $\overline{R}v^*$ telokolinitu na szlifach kawałkowych węgli wykazują zróżnicowane wartości w profilach badanych pokładów, zależne od stadium facjalnego (Ia, Ib, IIa, IIb), reprezentowanego przez te węgle (rys. 27, 28, 29).

Wartości $\overline{R}v$ wykazują także pewne zróżnicowanie w obrębie stadiów charakteryzujących się dużą zmiennością warunków facjalnych. Najwyższe wartości $\overline{R}v$ wykazuje telokolinit w węglu stadium Ia. Z porównania wykresów zmienności wartości $\overline{R}v$ w profilach pionowych pokładów (rys. 27, 28, 29) z diagramami mikrostrukturalnymi (rys. 13 - 23) wynika, że są to węgle witrytowo-duroklarytowe i duroklarytowe. Węgle stadium Ia, klarodurytowe, wykazują zazwyczaj niższe wartości $\overline{R}v$.

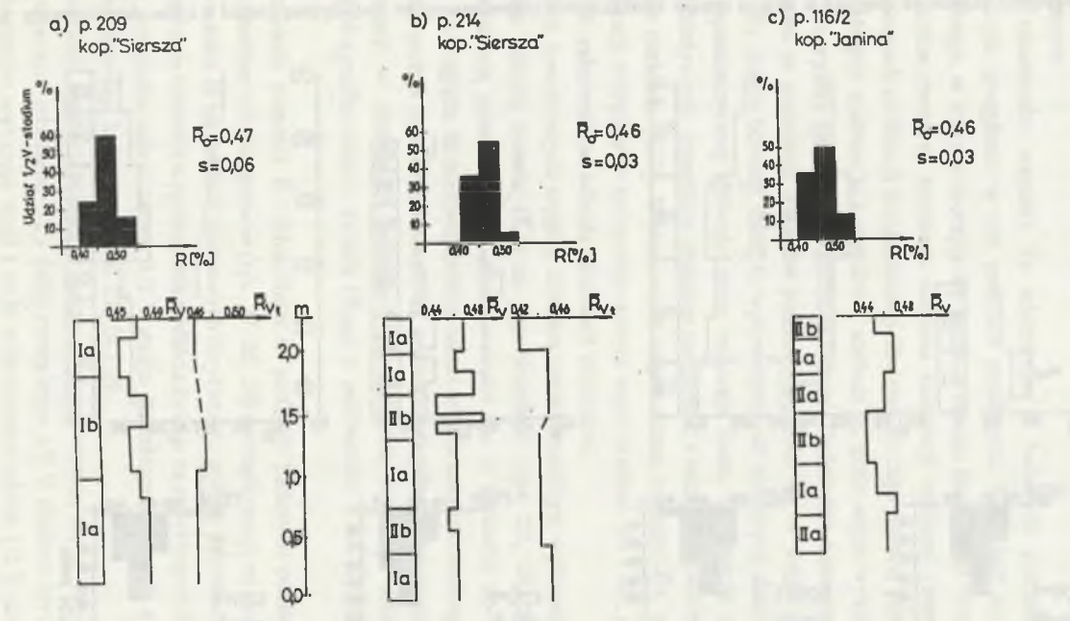
Węgiel stadium Ib charakteryzuje się wartościami $\overline{R}v$ niższymi lub odpowiadającymi wartościom $\overline{R}v$ w węglu klarodurytowym stadium Ia (rys. 28a, c, rys. 29a, d). Jedynie w pokł. 209 kop. "Siersza", w węglu stadium Ib wartości $\overline{R}v$ są wyższe, niż w węglu stadium Ia (rys. 27a).

*$\overline{R}v$ średnia wartość współczynnika odbicia światła z pomiarów na szlifach kawałkowych węgli; oznaczenie przyjęte dla odróżnienia od wartości $\overline{R}_o$ mierzonej na brykietach.



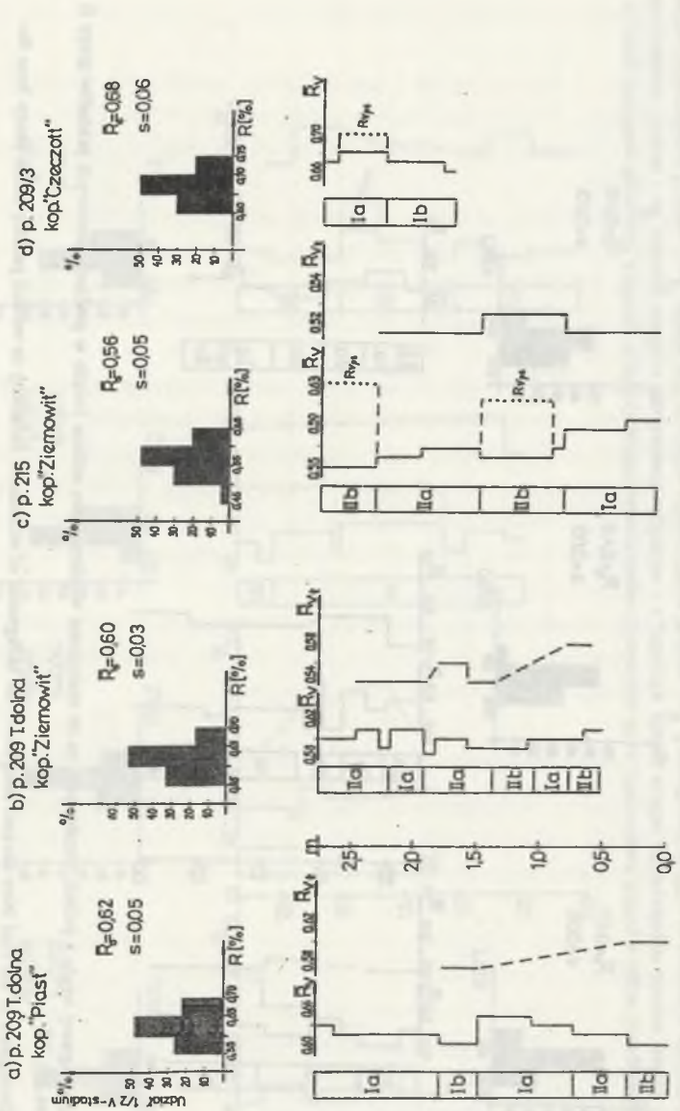
Rys. 27. Reflektogramy węgla z próbek bruzdowych, na tle zmienności współczynnika odbicia światła w profilach pionowych pokładów grupy A
Objaśnienia: $\overline{R}_o$ - średnia wartość współczynnika odbicia światła witrynitu, s - odchylenie standardowe wyników pomiaru, $\overline{R}_v$ - wartość współczynnika odbicia światła telokolinitu oznaczona na szlifach kawałkowych, $\overline{R}_{vt}$ - wartość współczynnika odbicia światła telinitu, $\overline{R}_{vps}$ - wartość współczynnika odbicia światła pseudowitrynitu, Ia, Ib, IIa, IIb - węgli z poszczególnych stadiów tworzenia się pokładu (rozmieszczenie w profilu pionowym)

Fig. 27. Reflectograms of the coal from channel samples on the background of reflectance variability in vertical profiles of the seams from the group A.
Explanations: $\overline{R}_o$ - mean reflectance of vitrinite; s - standard deviation; $\overline{R}_v$ - reflectance of telocollinite determined on polished surfaces; $\overline{R}_{vt}$ - reflectance of telinite; $\overline{R}_{vps}$ - reflectance of pseudovitrinite, Ia, Ib, IIa, IIb - coals from the stages of seam formation (location in vertical seam profile)



Rys. 28. Reflektogramy węgla z próbek bruzdowych, na tle zmienności współczynnika odbicia światła w profilach pionowych pokładów grupy B
Objaśnienia: jak na rys. 27

Fig. 28. Reflectograms of the coal from channel samples of the background of reflectance variability in vertical profiles of the seams from the group B
Explanations - as in fig. 27



Rys. 29. Reflektogramy węgla z próbek bruzdowych, na tle zmienności współczynnika odbicia światła w profilach pionowych pokładów grupy C
Objaśnienia: jak na rys. 27

Fig. 29. Reflectograms of the coal from channel samples on the background of reflectance variability in vertical profiles of the seams from the group C
Explanations - as in fig. 27

Węgiel stadium IIa i IIb wykazuje zróżnicowane wartości $\overline{R}v$ telokolinitu, najczęściej niższe niż w węglu stadium Ia. Najniższe wartości światła $\overline{R}v$ wykazuje telokolinit występujący wśród węgli zmineralizowanych, z karbargilitem jako mikrolitotypem głównym lub towarzyszącym.

Przebieg zmienności wartości $\overline{R}v$ telokolinitu w badanych pokładach świadczy o nierównomiernym uwęgleniu w ich profilach pionowych. Zależność tej zmienności od stadium facjalnego, w którym tworzyły się węgle, wskazuje na związek stopnia uwęglenia z wykazanym zróżnicowanym stopniem rozkładu substancji roślinnej (stopniem żelifikacji witrytu) w procesach żelifikacji biochemicznej. Związek ten najwyraźniej potwierdza zmienne uwęglenie w obrębie stadium Ia i częściowo, stadium Ib, gdzie węgle wykazują tym wyższe wartości $\overline{R}v$, im wyższy jest stopień żelifikacji witrytu. Trudniejsze natomiast jest wykazanie takiego związku na podstawie wyników pomiarów wartości $\overline{R}v$ w węglu stadiów IIa i IIb. Na wartości $\overline{R}v$ mogła bowiem mieć tu wpływ obecność znacznych domieszek substancji mineralnej, reprezentowanej głównie przez minerały ilaste. Substancja mineralna mogła utrudniać oddziaływanie czynników dalszego uwęglania, a także odprowadzanie tworzących się produktów rozkładu [113]. Wykazywane, często niższe wartości $\overline{R}v$, mimo wysokiego stopnia żelifikacji witrytów w zmineralizowanym węglu stadium IIa i IIb, potwierdzają, jak się wydaje, ich zależność od udziału substancji mineralnej.

Na szlifach kawałkowych węgli z telinitem ortostrukturalnym wykonano także pomiary współczynnika odbicia światła ($\overline{R}_{vt}$) na jego ściankach (rys. 27, 28, 29). Wyniki tych pomiarów wykazują prawie zawsze niższe wartości R_{vt} w stosunku do wartości Rv dla telokolinitu. Ze względu na nierównomierny udział telinitu ortostrukturalnego w stadiach Ia, Ib, IIa, IIb nie można było określić wpływu warunków facjalnych na wartości $\overline{R}_{vt}$.

Występujący w niektórych pokładach pseudokolinit wykazuje silnie podwyższone wartości współczynnika odbicia światła ($\overline{R}_{vkp}$) w porównaniu z Rv telokolinitu (rys. 28d i rys. 29c, d).

Zróżnicowanie wartości $\overline{R}v$ telokolinitu w profilach badanych pokładów koreluje ze zmiennym kształtem reflektogramów (rys. 27, 28, 29) sporządzonych na podstawie wyników pomiarów wartości R na szlifach ziarnowych (brykietach) próbek bruzdowych węgla.

Zróżnicowanie wartości współczynnika odbicia światła na reflektogramach obejmuje trzy, a w jednym przypadku nawet cztery, 1/2 V stadia. Reflektogramy węgli z pokładów grupy A, B i C przedstawiają kolejno rysunki 27, 28 i 29.

Reflektogramy węgla z pokładów grupy A charakteryzują się w miarę symetrycznym kształtem i wysokim udziałem (52 - 64%) centralnego 1/2 V stadium (rys. 27). Większość tych reflektogramów wykazuje niski i mało zróżnicowany udział 1/2 V stadiów z niższymi i wyższymi wartościami R, niż w centralnym 1/2 V stadium. Wyjątek stanowi reflektogram pokł. 209 ława górna kop. "Piast", wyróżniający się podwyższonym udziałem 1/2 V stadium z wartościami R wyższymi od wartości występujących w centralnym 1/2 V stadium (rys. 27c). Odmienny kształt tego reflektogramu może wynikać z dużego udziału w pokładzie witrynitu żżelofuzynityzowanego i pseudowitrynitu.

Tabela 15

Wartości średniej zdolności odbicia światła macerałów grupy witrynitu

MACERAŁ		Rodzaj oznaczenia	POKŁADY GRUPY A				POKŁADY GRUPY B			POKŁADY GRUPY C			
			4	5	8	9	1	2	3	6	7	10	11
TELINIT	Telinit ortostrukturalny	$\bar{R}_o$ %	0,51	0,60	0,57	0,60	0,44	0,46	0,44	0,59	0,53	0,59	0,64
		S %	0,06	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,06	0,05
	Telinit zżelifikowany i zżelofuzynityzowany	$\bar{R}_o$ %	0,57	0,62	0,60	0,64	0,49	0,52	0,53	0,63	0,58	0,62	0,65
		S %	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05	0,06
KOLINIT	Telokolinit	$\bar{R}_o$ %	0,55	0,61	0,61	0,63	0,46	0,48	0,46	0,60	0,56	0,62	0,68
		S %	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
	Desmokolinit	$\bar{R}_o$ %	0,54	0,61	0,59	0,63	0,44	0,47	0,46	0,59	0,51	0,58	0,68
		S %	0,07	0,07	0,08	0,06	0,09	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06

Objaśnienia: 4 - pokł. 205/1 kop. Ziemowit, 5 - pokł. 209 /ława górna/ kop. Ziemowit, 8 - pokł. 205/4 kop. Piast,
9 - pokł. 209 /ława górna/ kop. Piast, 1 - pokł. 116/2 kop. Janina, 2 - pokł. 209 kop. Siersza,
3 - pokł. 214 kop. Siersza, 6 - pokł. 209 /ława dolna/ kop. Ziemowit, 7 - pokł. 215 kop. Ziemowit,
10 - pokł. 209/ława dolna/ kop. Piast, 11 - pokł. 209/3 kop. Czeczott.

Reflektogramy węgla z pokładów grupy B charakteryzują się wyraźnie niesymetrycznym kształtem i wysokim udziałem 1/2 V stadium z najniższymi wartościami R (rys. 28).

Reflektogramy węgla pokładów grupy C również charakteryzują się niesymetrycznym kształtem, podobnym do reflektogramów pokładów grupy B. Różnica między nimi zaznacza się jedynie wyższym udziałem 1/2 V stadium z najwyższymi wartościami R, na reflektogramach węgla grupy C. Oznacza to, że wartość R w węglu grupy C jest silniej zróżnicowana, niż w węglu grupy B.

Opisane, zróżnicowane w grupach A, B, C kształty reflektogramów wskazują na ich związek ze zmiennymi warunkami facjalnymi, w których tworzyły się pokłady. Na podstawie kształtu reflektogramu można zatem wyciągać wnioski dotyczące zmienności warunków facjalnych w paleotorfowiskach.

Zróżnicowane wartości współczynnika odbicia światła wykazują także macerały grupy witrynitu i ich odmiany wydzielone ze względu na stopień żelifikacji. Najniższe średnie wartości $\bar{R}_o$, oznaczone na brykietach, wykazuje w grupie witrynitu telinit ortostrukturalny. Najwyższe natomiast wartości $\bar{R}_o$ stwierdzono w telinicie zżelifikowanym i zżelofuzynityzowanym (tab. 15). Desmokolinit wykazuje wartości $\bar{R}_o$ niższe lub równe wartościom $\bar{R}_o$ telokolinitu.

Pomimo niskiego stopnia uwęglenia, wartości $\bar{R}_o$ charakteryzują się stosunkowo wysokimi i zróżnicowanymi odchyleniami standardowymi S (0,03 - 0,09). Najwyższe wartości odchylenia standardowego S (0,05 - 0,09) wykazują wyniki pomiarów współczynnika odbicia światła w desmokolinicie, co jest wynikiem wcześniej opisanej niejednorodności jego budowy. Pozostałe badane macerały grupy witrynitu charakteryzują się wartościami $\bar{R}_o$, o niższych odchyleniach standardowych (0,03 - 0,06).

Zróżnicowane wartości współczynnika odbicia światła $\bar{R}_o$ macerałów grupy witrynitu wskazują na różną w nich zawartość C_o^{daf}. Na tej podstawie można przyjąć, że skład macerałów grupy witrynitu, a ściślej ich stopnia żelifikacji, częściowo także ma wpływ na zawartość C_o^{daf} w witrynicie, zaliczaną do głównych wskaźników uwęglenia.

4.3.4. Stopień uwęglenia wyrażony wynikami analiz termograwimetrycznych i spektroskopowych witrytów

Analiza termograwimetryczna

Termogramy badanych witrytów charakteryzują się obecnością na krzywej DTG dwóch silnych pików (rys. 30, 31 i 32), którym odpowiada dwustopniowy ubytek masy, zaznaczający się na krzywej TG (rys. 33, 34 i 35).

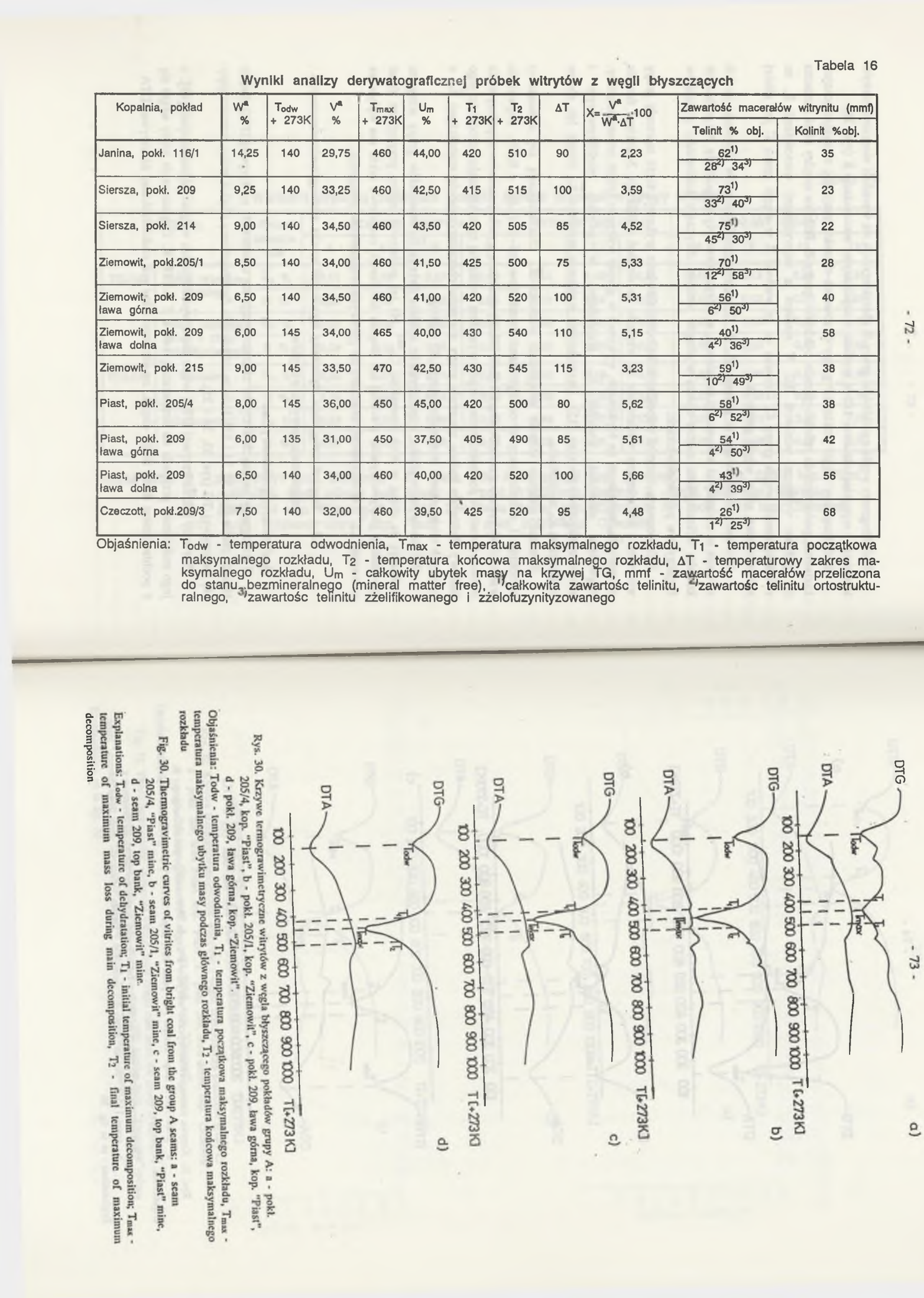
Pierwszy pik na krzywej DTG wiąże się z wydzieleniem wilgoci higroskopijnej [48], a jego maksimum przypada na temperaturę 140 ± 5 (+273) K. Odparowanie wody wiąże się z pochłanianiem dużej ilości ciepła, co obrazuje silny pik endotermiczny na krzywej DTA.

Tabela 16

Wyniki analizy derywatograficznej próbek witrytów z węgli błyszczących

Kopalnia, pokład	W^a %	T_{odw} + 273K	V^a %	T_{max} + 273K	U_m %	T_1 + 273K	T_2 + 273K	ΔT	$X=\frac{V^a}{W^a \cdot \Delta T} \cdot 100$	Zawartość macerałów witrynitu (mmf)	
										Telinit % obj.	Kolinit %obj.
Janina, pokł. 116/1	14,25	140	29,75	460	44,00	420	510	90	2,23	$\frac{62^{1)}}{28^{2)}\ 34^{3)}}$	35
Siersza, pokł. 209	9,25	140	33,25	460	42,50	415	515	100	3,59	$\frac{73^{1)}}{33^{2)}\ 40^{3)}}$	23
Siersza, pokł. 214	9,00	140	34,50	460	43,50	420	505	85	4,52	$\frac{75^{1)}}{45^{2)}\ 30^{3)}}$	22
Ziemowit, pokł.205/1	8,50	140	34,00	460	41,50	425	500	75	5,33	$\frac{70^{1)}}{12^{2)}\ 58^{3)}}$	28
Ziemowit, pokł. 209 ława górna	6,50	140	34,50	460	41,00	420	520	100	5,31	$\frac{56^{1)}}{6^{2)}\ 50^{3)}}$	40
Ziemowit, pokł. 209 ława dolna	6,00	145	34,00	465	40,00	430	540	110	5,15	$\frac{40^{1)}}{4^{2)}\ 36^{3)}}$	58
Ziemowit, pokł. 215	9,00	145	33,50	470	42,50	430	545	115	3,23	$\frac{59^{1)}}{10^{2)}\ 49^{3)}}$	38
Piast, pokł. 205/4	8,00	145	36,00	450	45,00	420	500	80	5,62	$\frac{58^{1)}}{6^{2)}\ 52^{3)}}$	38
Piast, pokł. 209 ława górna	6,00	135	31,00	450	37,50	405	490	85	5,61	$\frac{54^{1)}}{4^{2)}\ 50^{3)}}$	42
Piast, pokł. 209 ława dolna	6,50	140	34,00	460	40,00	420	520	100	5,66	$\frac{43^{1)}}{4^{2)}\ 39^{3)}}$	56
Czeczott, pokł.209/3	7,50	140	32,00	460	39,50	425	520	95	4,48	$\frac{26^{1)}}{1^{2)}\ 25^{3)}}$	68

Objaśnienia: T_{odw} - temperatura odwodnienia, T_{max} - temperatura maksymalnego rozkładu, T_1 - temperatura początkowa maksymalnego rozkładu, T_2 - temperatura końcowa maksymalnego rozkładu, ΔT - temperaturowy zakres maksymalnego rozkładu, U_m - całkowity ubytek masy na krzywej TG, mmf - zawartość macerałów przeliczona do stanu bezmineralnego (mineral matter free), $^{1)}$całkowita zawartośc telinitu, $^{2)}$zawartośc telinitu ortostrukturalnego, $^{3)}$zawartośc telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego

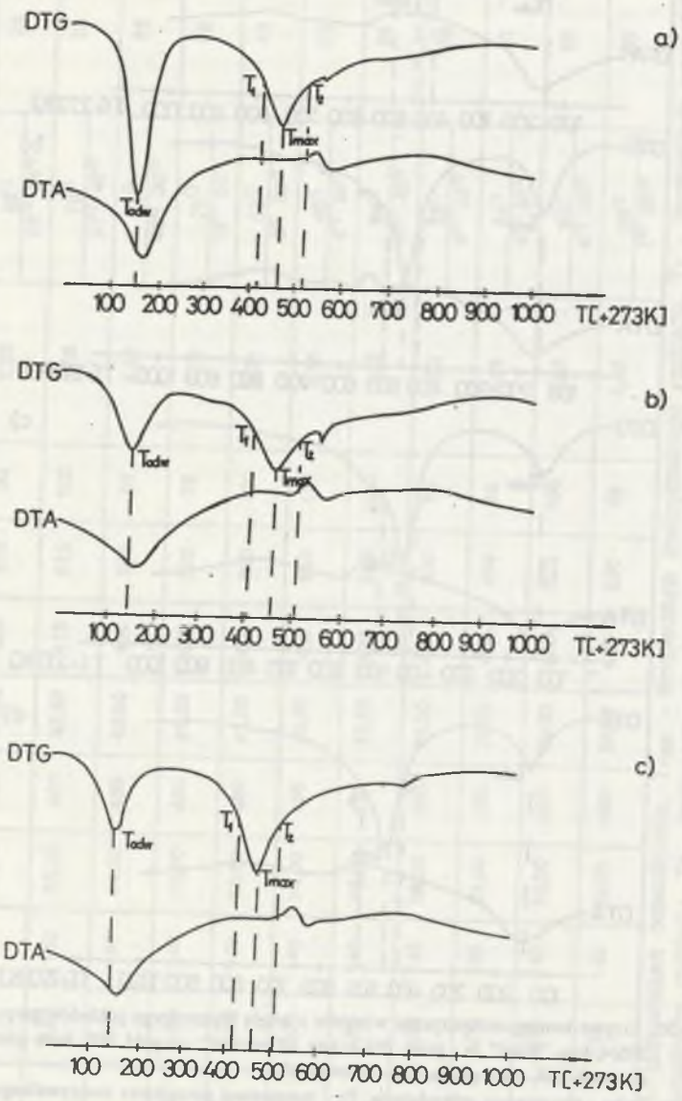


Rys. 30. Krzywe termograwimetryczne witrytów z węgla błyszczącego pokładów grupy A: a - pokł. 205/4, kop. "Piast", b - pokł. 205/1, kop. "Ziemowit", c - pokł. 209, ława górna, kop. "Piast", d - pokł. 209, ława górna, kop. "Ziemowit".

Objaśnienia: T_{odw} - temperatura odwodnienia, T_1 - temperatura początkowa maksymalnego rozkładu, T_{max} - temperatura maksymalnego ubytku masy podczas głównego rozkładu, T_2 - temperatura końcowa maksymalnego rozkładu

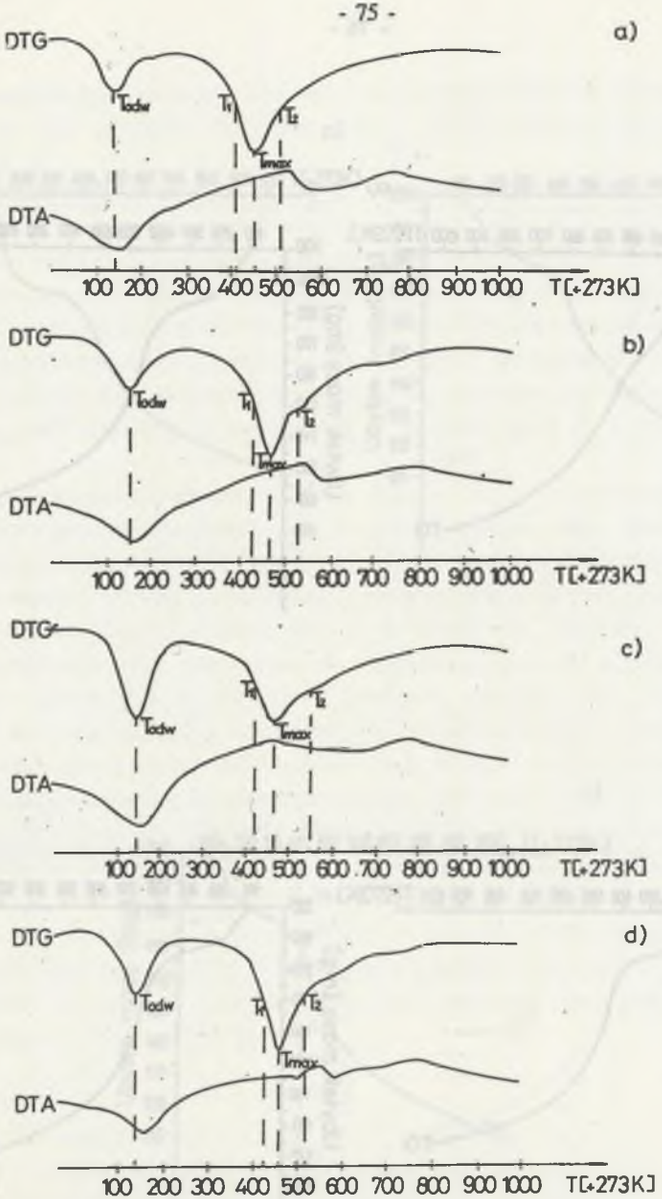
Fig. 30. Thermogravimetric curves of vitrites from bright coal from the group A seams: a - seam 205/4, "Piast" mine, b - seam 205/1, "Ziemowit" mine, c - seam 209, top bank, "Piast" mine, d - seam 209, top bank, "Ziemowit" mine.

Explanations: T_{odw} - temperature of dehydratation; T_1 - initial temperature of maximum decomposition; T_{max} - temperature of maximum mass loss during main decomposition, T_2 - final temperature of maximum decomposition



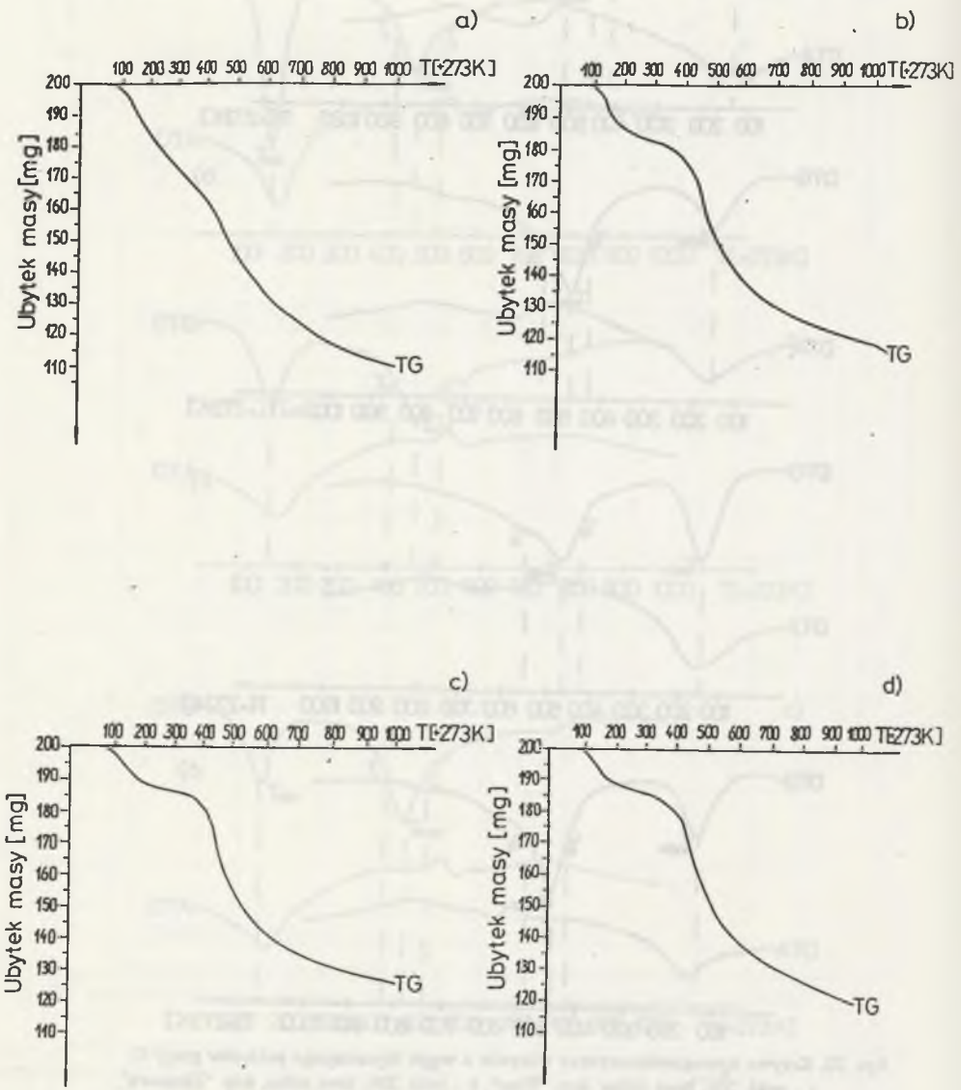
Rys. 31. Krzywe termograwimetryczne witrytów z węgla błyszczącego pokładów grupy B:
a - pokł. 116/2, kop. "Janina", b - pokł. 209, kop. "Siersza", c - pokł. 214, kop. "Siersza"
Objaśnienia: jak na rys. 30

Fig. 31. Thermogravimetric curves of vitrites from bright coal from the group B seams:
a - seam 116/2, "Janina" mine, b - seam 209, "Siersza" mine, c - seam 214, "Siersza" mine.
Explanations - as in fig. 30.



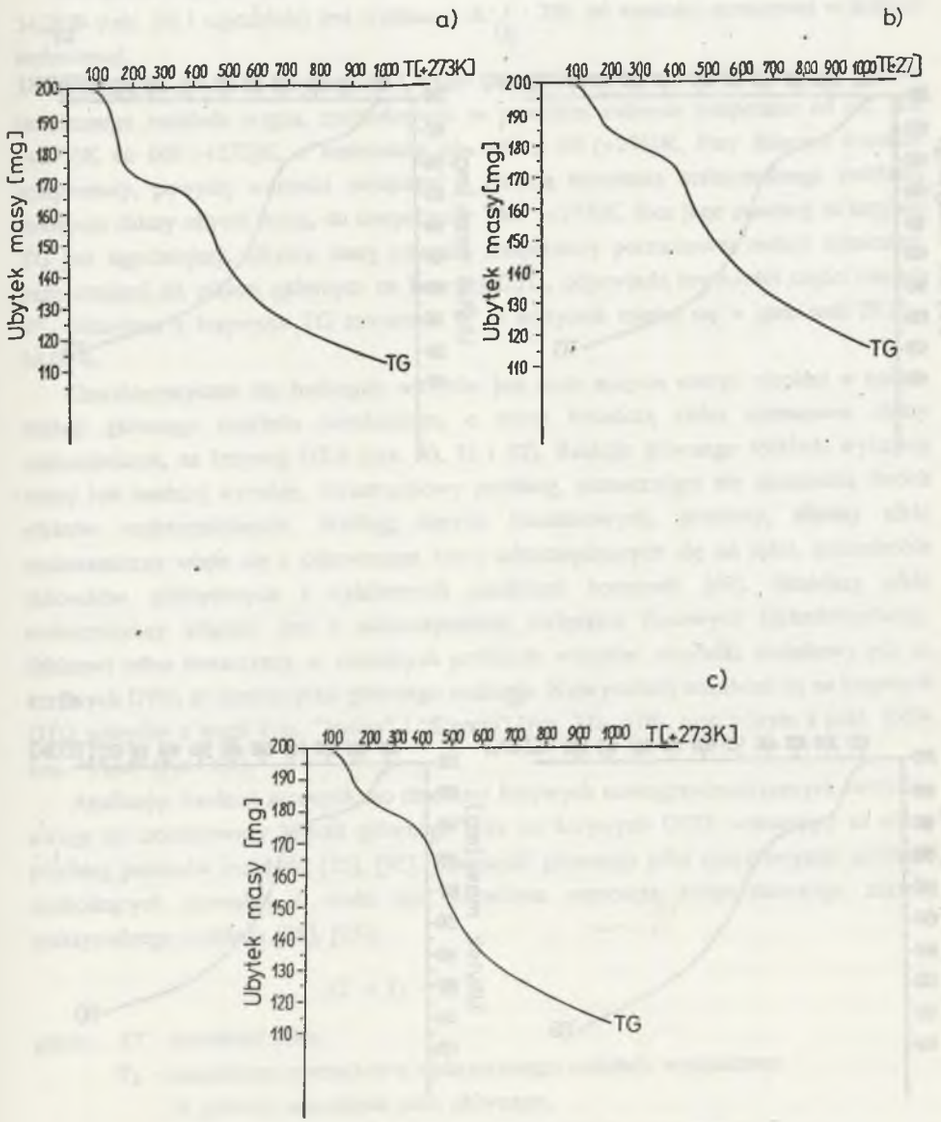
Rys. 32. Krzywe termograwimetryczne witrytów z węgla błyszczącego pokładów grupy C:
a - pokł. 209, ława dolna, kop. "Piast", b - pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit",
c - pokł. 215, kop. "Ziemowit", d - pokł. 209/3, kop. "Czeczott"
Objaśnienia: jak na rys. 30

Fig. 32. Thermogravimetric curves of vitrites from bright coal from the group C seams:
a - seam 209, bottom bank, "Piast" mine, b - seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine,
c - seam 215, "Ziemowit" mine, d - seam 209/3, "Czeczott" mine
Explanations - as in fig. 30



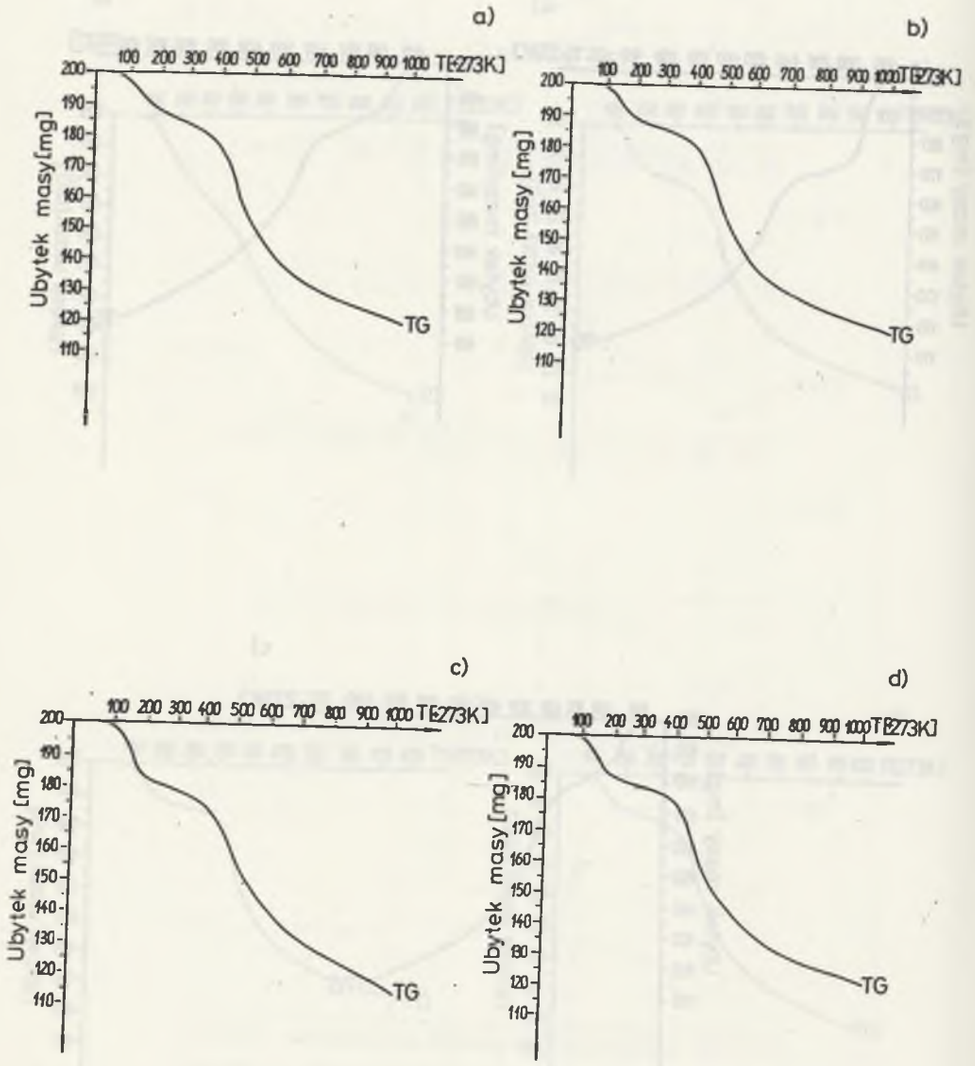
Rys. 33. Krzywe ubytku masy podczas termicznego rozkładu witrytów z węgla błyszczącego pokładów grupy A: a - pokł. 205/4, kop. "Piast", b - pokł. 205/1, kop. "Ziemowit", c - pokł. 209, ława górna, kop. "Piast", d - pokł. 209, ława górna, kop. "Ziemowit"

Fig. 33. Curves of the mass loss during thermal decomposition of vitrites from bright coal from the group A seams



Rys. 34. Krzywe ubytku masy podczas termicznego rozkładu witrytów z węgla błyszczącego pokładów grupy B: a - pokł. 116/2, kop. "Janina", b - pokł. 209, kop. "Siersza", c - pokł. 214, kop. "Siersza"

Fig. 34. Curves of the mass loss during thermal decomposition of vitrites from bright coal from the group B seams



Rys. 35. Krzywe ubytku masy podczas termicznego rozkładu witrytów z węgla błyszczącego pokładów grupy C: a - pokł. 209, ława dolna, kop. "Piast", b - pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit", c - pokł. 215, kop. "Ziemowit", d - pokł. 209/3, kop. "Czeczott"

Fig. 35. Curves of the mass loss during thermal decomposition of vitrites from bright coal from the group C seams

Zawartość wilgoci, wyliczona z krzywej TG, waha się w badanych próbkach od 6,00 do 14,25% (tab. 16) i najczęściej jest wyższa o ok. 1 - 2%, od wartości oznaczonej w analizie technicznej.

Drugi, główny pik na krzywej DTG, wiąże się z maksymalnym ubytkiem masy w wyniku termicznego rozkładu węgla, zachodzącego w szerokim zakresie temperatur od ok. 300 (+273)K do 660 (+273)K, z maksimum ok. 460 ± 10 (+273)K. Przy dalszym wzroście temperatury, powyżej wartości związanej z reakcją termiczną maksymalnego rozkładu, następuje dalszy ubytek masy, do temperatury 1000 (+273)K, lecz jego przebieg na krzywej TG jest łagodniejszy. Ubytek masy powyżej temperatury początkowej reakcji termicznej, zaznaczającej się pikiem głównym na krzywej DTG, odpowiada zawartości części lotnych V^a. Odczytana z krzywych TG zawartość V^a w witrytach mieści się w granicach 29,75 - 36,00%.

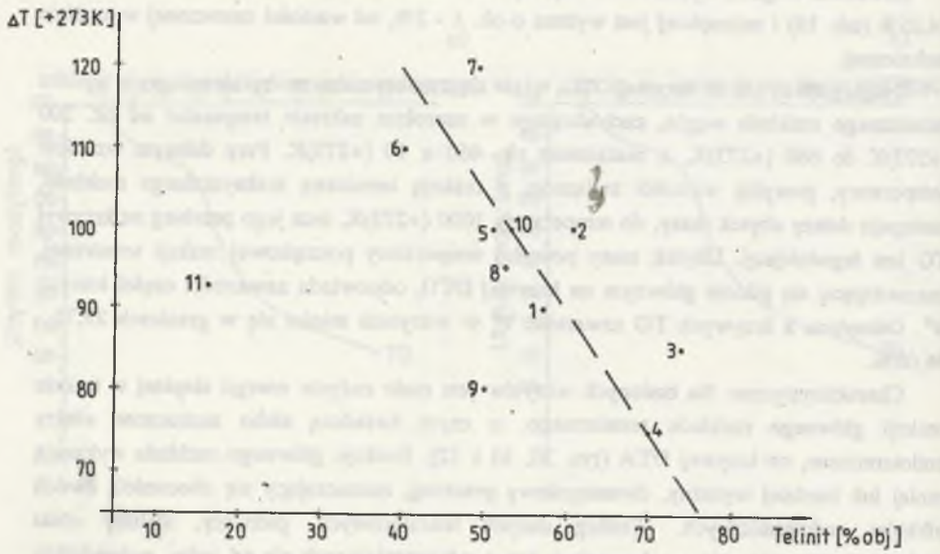
Charakterystyczne dla badanych witrytów jest małe zużycie energii cieplnej w trakcie reakcji głównego rozkładu termicznego, o czym świadczą słabo zaznaczone efekty endotermiczne, na krzywej DTA (rys. 30, 31 i 32). Reakcje głównego rozkładu wykazują mniej lub bardziej wyraźny, dwustopniowy przebieg, zaznaczający się obecnością dwóch efektów endotermicznych. Według danych literaturowych, pierwszy, słabszy efekt endotermiczny wiąże się z oderwaniem łatwo odszczepiających się od jąder, makrodrobin łańcuchów alifatycznych i cyklicznych pierścieni bocznych [48]. Silniejszy efekt endotermiczny wiązany jest z odszczepieniem związków tlenowych (dekarboksylacją). Efektowi temu towarzyszy w niektórych próbkach witrytów niewielki dodatkowy pik na krzywych DTG, w obrębie piku głównego rozkładu. Najwyraźniej zaznacza się na krzywych DTG witrytów z węgli kop. "Janina" i "Siersza" (rys. 31a, 31b), oraz witrytu z pokł. 205/4 kop. "Piast" (rys. 30a).

Analizując bardziej szczegółowo charakter krzywych termograwimetrycznych zwrócono uwagę na zróżnicowany kształt głównego piku na krzywych DTG, wskazujący na różny przebieg procesów rozkładu [75], [95]. Szerokość głównego piku charakteryzuje szybkość zachodzących przemian i może być określona wartością temperaturowego zakresu maksymalnego rozkładu [28], [95]:

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

gdzie: ΔT - szerokość piku,
T_1 - temperatura początkowa maksymalnego rozkładu wyznaczona w połowie wysokości piku głównego,
T_2 - temperatura końcowa maksymalnego rozkładu wyznaczona w połowie wysokości piku głównego.

Wartości ΔT, zmienne w zakresie 75 - 120 (+273)K, wykazują słaby związek z uwęgleniem witrytów, natomiast można zaobserwować silniejszą ich zależność od składu macerałów grupy witrynitu (tab. 16, rys. 36).



Rys.36 Zależność pomiędzy wartościami temperaturowego zakresu maksymalnego rozkładu termicznego witrytów DT, a zawartością w nich telinitu.

Objaśnienia: 1 - pokł. 116/2 kop. "Janina", 2 - pokł. 209 kop. "Siersza", 3 - pokł. 214 kop. "Siersza", 4 - pokł. 205/1 kop. "Ziemowit", 5 - pokł. 209, ława górna, kop. "Ziemowit", 6 - pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit", 7 - pokł. 215 kop. "Ziemowit", 8 - pokł. 205/4 kop. "Piast", 9 - pokł. 209, ława górna, kop. "Piast", 10 - pokł. 209 ława dolna, kop. "Piast", 11 - pokł. 209/3 kop. "Czeczott"

Fig.36. Relationship between temperature range of maximum thermal decomposition of vitrites (DT) and telinite contents

1 - Seam 116/2, "Janina" mine; 2 - Seam 209, "Siersza" mine; 3 - Seam 214, "Siersza" mine; 4 - Seam 205/1, "Ziemowit" mine; 5 - Seam 209, top bank, "Ziemowit" mine; 6 - Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine; 7 - Seam 215, "Ziemowit" mine; 8 - Seam 205/4, "Piast" mine; 9 - Seam 209, top bank, "Piast" mine; 10 - Seam 209, bottom bank, "Piast" mine, 11 - Seam 209/3, "Czeczott" mine

Najsłabiej uwęglone witryty z kop. "Janina" i "Siersza" charakteryzują się małym zróżnicowaniem wartości ΔT (85 - 100 (+273)K), przy czym najniższą wartość ΔT stwierdzono przy maksymalnej zawartości telinitu.

Zależność wartości ΔT od zawartości telinitu najwyraźniej występuje w próbkach witrytów z kop. "Ziemowit". Witryty te wykazują tym niższą wartość ΔT, im wyższa jest zawartość telinitu, z wyjątkiem witrytu z pokładu 215, wyróżniającego się najwyższym ΔT (115 (+273)K). Może to być wynikiem stwierdzonej w tym witrycie obecności pseudowitrynitu, który obniża prawdopodobnie szybkość zachodzących przemian, ze względu na jego słabszą reaktywność [5].

W witrytach z węgli kop. "Piast" nie można jednoznacznie określić zależności wartości ΔT (80 - 100 (+273) K) od zawartości telinitu, z uwagi na małe jej zróżnicowanie.

Stosunkowo niską wartość ΔT = 95 (+273)K, mimo bardzo niskiej zawartości telinitu, stwierdzono na termogramie wyżej uwęglonego witrytu z kop. "Czeczott".

Scharakteryzowane parametry (W^a, V^a, ΔT), istotne dla przebiegu procesu rozkładu termicznego, można ująć, stosowanym przy ocenie własności technologicznych, wskaźnikiem analizy termograwimetrycznej:

$$X = \frac{V^a}{W^a \cdot \Delta T} \cdot 100 \qquad [28]$$

gdzie: X - wskaźnik analizy termograwimetrycznej.

Wskaźnik X w badanych witrytach wykazuje zróżnicowane wartości (2,23 - 5,66), (tab. 16), zależne tak od stopnia uwęglenia, z którym wiąże się zróżnicowana w nich zawartość wilgoci W^a i części lotnych V^a, jak i od składu macerałów.

Generalnie, wskaźnik X wykazuje tym wyższe wartości, im wyższy jest stopień uwęglenia oraz im wyższa jest zawartość telinitu w witrycie. Zgodnie z tym, najsłabiej uwęglone witryty z kop. "Janina" i "Siersza" charakteryzują się niskimi wartościami wskaźnika X (2,23 - 4,52), wyraźnie rosnącymi ze wzrostem udziału telinitu ortostrukturalnego (28 - 45%), (tab. 16).

Witryty o wyższym stopniu uwęglenia (z kop. "Ziemowit", kop. "Piast", kop. "Czeczott") charakteryzują się odpowiednio wyższymi wartościami wskaźnika X (5,15 - 5,66), które w większości próbek wykazują słaby związek ze składem macerałów, z uwagi na niski i mało zróżnicowany udział telinitu ortostrukturalnego (4 - 12%). Zależność ta silniej zaznacza się jedynie w witrycie z pokł. 209/3 kop. "Czeczott", charakteryzującym się stosunkowo niską wartością wskaźnika X (4,48), wobec bardzo niskiego całkowitego udziału telinitu (26%), w tym także telinitu ortostrukturalnego (1%). Niska wartość wskaźnika X (3,23) w pokł. 215 kop. "Ziemowit" jest wynikiem wykazanej wcześniej, zawyżonej wartości ΔT na krzywej DTG.

Zróżnicowane zachowanie się witrytów w procesie termicznego rozkładu, w zależności od ich stopnia żelifikacji, sugeruje występowanie różnic w strukturze chemicznej telinitu i kolinitu. Wpływ zmiennego stopnia żelifikacji na ich strukturę chemiczną badano na podstawie wyników analiz spektroskopowych w podczerwieni.

Analiza spektroskopowa w podczerwieni

Do analiz spektroskopowych wytypowano następujące próbki:

- witryt z pokł. 209 kop. "Siersza", o wysokiej zawartości telinitu (73%) i najniższej zawartości C_o^{daf} (72,71%),
- witryt z ławy dolnej pokł. 209 kop. "Ziemowit" o niskiej zawartości telinitu (40%) przy możliwie najniższej zawartości C_o^{daf} (76,25%),
- witryt z ławy dolnej pokł. 209 kop. "Piast", o podobnym uwęgleniu do poprzedniej próbki (C_o^{daf} = 75,67%), lecz o wyższej zawartości telinitu (56%),
- witryt z pokładu 205/4 kop. "Piast", o podobnej zawartości telinitu do poprzedniej próbki (58%), lecz o wyższym stopniu uwęglenia (C_o^{daf} = 77, 62%),

- węgiel z próbki bruzdowej pokł. 116/2 kop. "Janina", dla porównania z wynikami analiz witrytów.

Uzyskane widma absorbcyjne wykazują cechy charakterystyczne dla węgli kamiennych najniżej uwęglonych (rys. 37a, b, c, d, e). Do cech tych zalicza się [53], [107]:

- duża intensywność pasma o częstotliwości 3100 cm^{-1}, pochodząca głównie od drgań rozciągających wiązania O-H w grupach hydroksylowych bądź cząsteczkach wody; częściowo może ona być spowodowana wysoką zawartością wilgoci w próbkach, nie dającej się całkowicie usunąć w czasie suszenia,
- bardzo słabo zaznaczone pasmo o częstotliwości 3030 cm^{-1}, pochodzące od drgań rozciągających wiązania C-H pierścienia aromatycznego, oraz wyraźne wykształcenie tylko jednego spośród trzech pasm, odpowiadających drganiom deformacyjnym wiązań aromatycznych C-H w zakresie 910 - 650 cm^{-1}, co świadczy o dominującym, alifatycznym charakterze struktur w badanych próbkach,
- wyraźnie zaznaczone pasmo o częstotliwości 1380 cm^{-1}, pochodzące od symetrycznych drgań deformacyjnych grup CH_3 węglowodorów alifatycznych.

Analiza ilościowa uzyskanych widm spektroskopowych (tab. 17) wykazała wysoki udział w witrytach wodoru występującego w wiązaniach alifatycznych, głównie w grupie metylenowej H_{CH_2}. Szczególnie wysokim udziałem H_{CH_2} wyróżnia się witryt z pokładu 209 kop. "Siersza" (3,37%). Stosunkowo niska i mało zmienna jest zawartość wodoru występującego w związkach aromatycznych (H_{ar} = 0,43 - 0,45%). Podwyższoną zawartością H_{ar}, wynoszącą 0,53%, wyróżnia się jedynie witryt z pokładu 205 kop. "Piast".

Badane witryty charakteryzuje wysoki i wyraźnie zróżnicowany udział węgla w wiązaniach alifatycznych, szczególnie w grupie metinowej (C_{CH} = 39,66 - 55,62%).

Najwyższym udziałem węgla w wiązaniach alifatycznych i jednocześnie najniższym udziałem węgla w wiązaniach aromatycznych (C_{ar}) charakteryzuje się witryt z kop. "Siersza", o najwyższej zawartości telinitu.

Najniższy natomiast udział C_{CH} i C_{CH_2} stwierdzono w witrycie o najwyższej zawartości kolinitu (ława dolna pokł. 209 kop. "Ziemowit"); przy najwyższej w nim zawartości C_{ar}.

Obliczone wartości wskaźników aromatyczności f_{ar}^{max} i f_{ar}^{min} witrytów rosną, w kolejności:

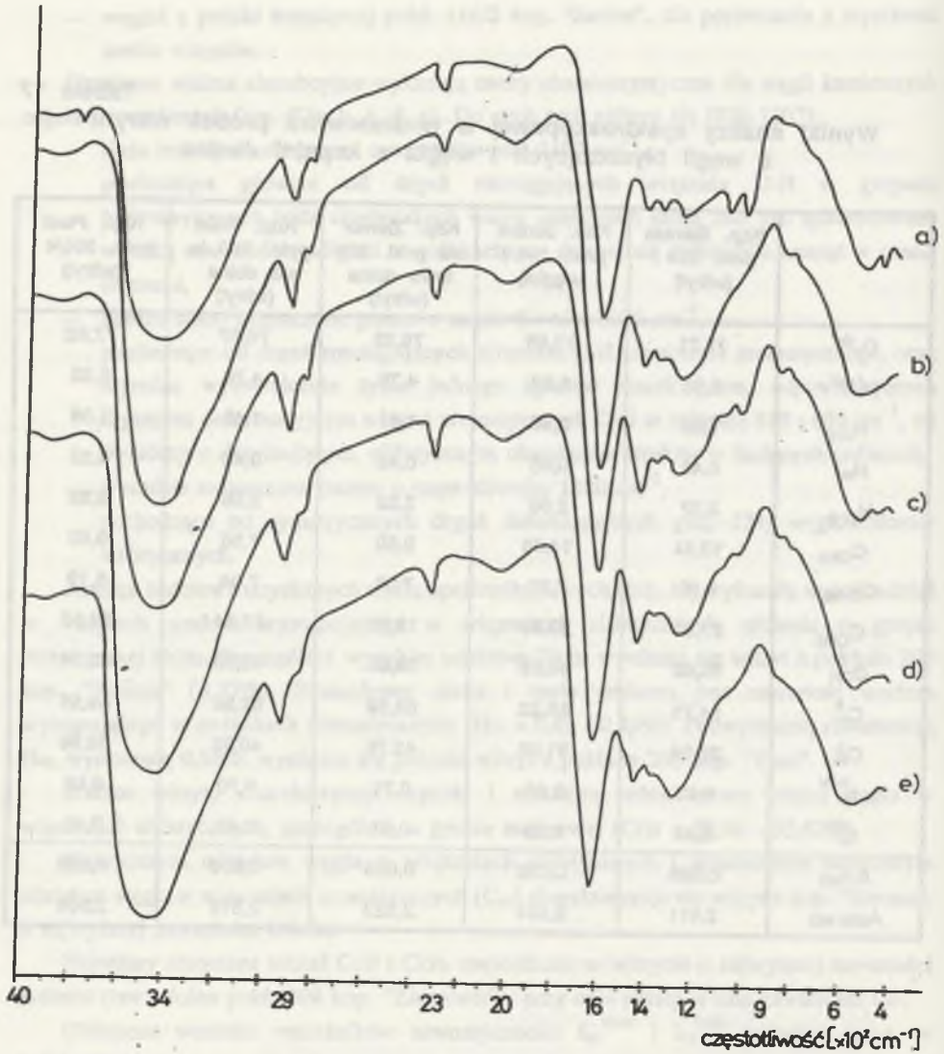
- pokł. 209 kop. "Siersza", f_{ar}^{max} = 0,62, (73% telinitu),
- pokł. 205/4 kop. "Piast", f_{ar}^{max} = 0,68, (58% telinitu),
- pokł. 209 ława dolna, kop. "Piast", f_{ar}^{max} = 0,70, (56% telinitu),
- pokł. 209 ława dolna, kop. "Ziemowit", f_{ar}^{max} = 0,71, (40% telinitu).

Z powyższego zestawienia wynika, że wzrost wskaźnika aromatyczności f_{ar}^{max} jest zgodny z malejącą zawartością w witrytach telinitu.W tej samej kolejności rośnie też wskaźnik f_{ar}^{min} i zawartość pierwiastka C_{ar} w witrytach (tab. 17), nie wykazując zgodności z zawartością w nich C_o^{daf}.

Tabela 17

Wyniki analizy spektroskopowej w podczerwieni próbek witrytu z węgli błyszczących i węgla z kopalni Janina

	Kop. Siersza pokł. 209 (witryt)	Kop. Janina pokł. 116/1 (węgiel)	Kop. Ziemowit pokł. 209 ława dolna (witryt)	Kop. Piast pokł. 209 ława dolna (witryt)	Kop. Piast pokł. 205/4 (witryt)
C_o^{daf}	72,71	73,88	76,25	76,67	77,62
H_o^{daf}	5,58	5,93	4,78	4,78	5,33
H_{CH_3}	1,88	2,60	1,81	1,45	1,88
H_{ar}	0,43	0,45	0,45	0,45	0,53
H_{CH_2}	3,37	2,88	2,52	2,88	2,92
C_{CH_3}	10,34	14,08	9,50	7,56	9,69
C_{CHar}	7,10	7,31	7,08	7,04	8,19
C_{CH_2}	27,81	23,39	19,83	22,54	22,57
C_{CH}	55,62	46,68	39,66	45,08	45,14
C_{ar}^{a}	54,75	55,22	63,59	62,86	59,55
C_{ar}^{b}	26,94	31,93	43,76	40,32	36,98
f_{ar}^{max}	0,62	0,63	0,71	0,70	0,68
f_{ar}^{min}	0,34	0,39	0,51	0,47	0,45
A_{1380}	0,026	0,036	0,025	0,020	0,026
$A_{690-960}$	2,411	2,504	2,523	2,519	2,966



Rys. 37. Widma absorpcyjne w podczerwieni węgla i witrytów z węgla błyszczącego
Objaśnienia: a - witryt z pokł. 209 kop. "Siersza", b - witryt z pokł. 209 ława dolna, kop. "Ziemowit", c - witryt z pokł. 209 ława dolna, kop. "Piast", d - witryt z pokł. 205/4 kop. "Piast", e - węgiel z pokł. 116/2 kop. "Janina"

Fig. 37. Infra-red absorption spectra of coal and vitrite from bright coal
a - vitrite from Seam 209, "Siersza" mine, b - vitrite from Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine, c - vitrite from Seam 209, bottom bank, "Piast" mine, d - vitrite from Seam 205/4, "Piast" mine, e - coal from Seam 116/2, "Janina" mine

Przedstawione dane, uzyskane w wyniku analizy spektrograficznej witrytów, wskazują, że w budowie chemicznej kolinitu udział struktur aromatycznych jest wyższy aniżeli w

telinicie. Można też sądzić, że w budowie chemicznej telinitu udział struktur alifatycznych jest na tyle wysoki, by zdominować wpływ uwęglenia w badanym zakresie na wyniki analiz spektroskopowych. Wyniki analizy ilościowej widm absorpcyjnych węgla z kop. "Janina" są najbardziej zbliżone do wyników analizy spektrograficznej witrytu z kop. "Siersza", a występujące różnice, głównie w zawartości HCH_3, HCH_2, CCH_3 i CCH, ujawniają wpływ składu petrograficznego.

5. PROPOZYCJA PODZIAŁU WĘGLA TYPU 31 NA KLASY W ŚWIETLE PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Przeprowadzone badania węgla typu 31 z warstw łaziskich w obszarze kopalń "Siersza", "Ziemowit", "Piast" i "Czeczott" oraz węgla z najmłodszych warstw libiąskich kopalni "Janina" wykazały (w kolejności wynikającej z układu pracy):

1) zróżnicowanie wartości parametrów stosowanych do oceny jakości węgli i ich składu elementarnego,
2) zróżnicowanie facjalno-petrograficzne pokładów węgla,
3) zróżnicowanie składu i stopnia żelifikacji macerałów grupy witrynitu w węglach błyszczących,
4) zróżnicowanie uwęglenia pokładów, wyrażonego wskaźnikiem $\overline{R}v$ w zależności od warunków facjalnych,
5) zróżnicowane zachowanie się witrytów w procesach termicznego rozkładu,
6) zróżnicowany udział struktur alifatycznych i aromatycznych w budowie chemicznej witrytów.

Ad 1. Węgiel typu 31 w badanych pokładach wykazuje zróżnicowane wartości parametrów jakości (W^a, A^d, V^{daf}, Q_s^{daf}, S_t^d) oraz składu elementarnego (C_o^{daf}, H_o^{daf}, N^{daf}) zarówno w próbkach bruzdowych, jak i w próbkach witrytu z węgli błyszczących (tab. 18). Najsilniejsze zróżnicowanie wykazały parametry związane ze stopniem uwęglenia, przede wszystkim zawartość C_o^{daf} i W^a.

Zmienna zawartość C_o^{daf} w próbkach dobrze koreluje z także zróżnicowanymi wartościami współczynnika odbicia światła $\overline{R}_o$ i mikrotwardości HV_{20} witrynitu. Zakres zróżnicowania tych parametrów, zaliczających się do głównych wskaźników stopnia uwęglenia, obejmuje wartości wyznaczające granicę pomiędzy twardym węglem brunatnym i węglem kamiennym w wielu klasyfikacjach zagranicznych, jak i w klasyfikacji Międzynarodowego Komitetu ds. Petrologii Węgla (ICCP).

Najczęściej przyjmowanymi wartościami granicznymi są zawartość C_o^{daf} > 75 - 77% i wartość współczynnika załamania światła R > 0,50 - 0,60% [112], [84] lub proponowana przez ICCP, wartość ciepła spalania Q_s^{maf} * > 24 MJ/kg i współczynnika odbicia światła witrynitu R ≥ 0,60 [85]. Wartości te pozwalają podzielić badane węgle na dwie klasy: "a" i "b" (tab. 19).

Klasa "a" obejmuje węgiel z pokł. 209 i pokł. 214 kop. "Siersza", pokł. 116/2 kop. "Janina" oraz pokł. 205/1 i pokł. 215 kop. "Ziemowit". Węgiel z tych pokładów charakteryzuje się wskaźnikami uwęglenia niższymi (kop. "Siersza" i kop. "Janina") bądź mieszczącymi się w przedziale wyżej wymienionych wartości granicznych (kop. "Ziemowit")

* maf - stan wilgotny, bezpopiołowy (moisture, ash free).

Tabela 18

Zakres zmienności parametrów jakości w próbkach węgli typu 31

Klasa węgli typu 31	Węgiel z próbek pokładowych							Witryt z węgli błyszczących				
	W^a %	V^{daf} %	Q_s^{daf} MJ/kg	S_t^d %	C_o^{daf} %	/HA/^{daf} %	podtyp*	W^a %	V^{daf} %	Q_s^{daf} MJ/kg	C_o^{daf} %	R_o %	HV_{20} $\cdot 10^7$ Pa
a	5,10[1] / 13,30[2]	37,55 / 38,46	26,96 / 33,38	1,47 / 3,11	70,95 / 74,96	0,60 / 6,15	31.1 i 31.2	7,30 / 13,30	35,96 / 38,10	28,22 / 29,86	72,33 / 75,30	0,46 / 0,56	35,60 / 38,40
b	4,30 / 6,32	37,15 / 38,12	27,08 / 33,43	0,89 / 1,31	75,78 / 78,63	0,06 / 0,51	31.1 i 31.2	4,10 / 6,91	34,79 / 36,24	28,78 / 32,34	76,25 / 80,08	0,60 / 0,68	38,50 / 41,80

Objaśnienia:
* - podtypy wg zawartości Q_s^{daf} /PN-82/G-97002/
1) - wartość minimalna
2) - wartość maksymalna

Tabela 19

Propozycja klasyfikacji węgli typu 31 uwzględniająca ich uwęglenie

Typ węgla		Parametry klasyfikacyjne	
Wyróżnik wg PN-82/G-97002	Wyróżnik uwzględniający klasę węgla	Podział na klasy	wg PN-82/G-97002
31.1	31.1.a	$\bar{R}_o$ < 0,60	V^{daf} > 28%, RI ≤ 5
	31.1.b	$\bar{R}_o$ ≥ 0,60	Q_s^{daf} ≤ 31000 kJ/kg
31.2	31.2.a	$\bar{R}_o$ < 0,60	V^{daf} > 28%, RI ≤ 5
	31.2.b	$\bar{R}_o$ ≥ 0,60	Q_s^{daf} > 31000 kJ/kg

(tab.18). Wobec powyższego, wg klasyfikacji uwzględniających podział węgla na brunatny i kamienny , jak amerykańska ASTM i niemiecka DIN, węgiel klasy "a" zalicza się do węgla brunatnego. Zgodnie z klasyfikacją ASTM odpowiadałby węglowi brunatnemu, określanemu jako "Subbituminous C", a wg klasyfikacji DIN, węglowi brunatnemu błyszczącemu "Glanzbraunkohle" [112]. Według klasyfikacji ICCP odpowiadałby najniżej uwęglonej grupie "low rank C" [85].

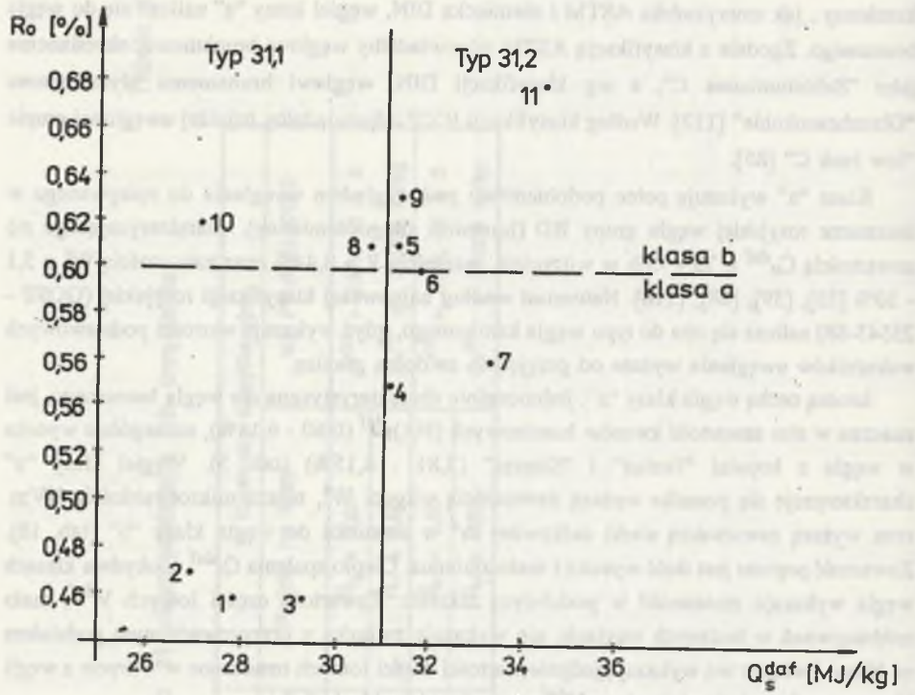
Klasa "a" wykazuje pełne podobieństwo pod względem uwęglenia do opisywanego w literaturze rosyjskiej węgla grupy BD (brunatny, długopłomienny), charakteryzującego się zawartością C_o^{daf} = 73 - 75% w witrynicie, wartością R > 0,44% oraz zawartością W^a = 5,1 - 10% [55], [59], [68], [116]. Natomiast według najnowszej klasyfikacji rosyjskiej (GOST - 25543-88) zalicza się ona do typu węgla kamiennego, gdyż wykazuje wartości podstawowych wskaźników uwęglenia wyższe od przyjętych za dolną granicę.

Istotną cechą węgla klasy "a", jednocześnie charakterystyczną dla węgla brunatnego, jest znaczna w nim zawartość kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$ (0,60 - 6,15%), szczególnie wysoka w węglu z kopalni "Janina" i "Siersza" (3,81 - 6,15%) (tab. 5). Węgiel klasy "a" charakteryzuje się ponadto wyższą zawartością wilgoci W^a, niższą mikrotwardością HV_{20} oraz wyższą zawartością siarki całkowitej S_t^d w stosunku do węgla klasy "b" (tab. 18). Zawartość popiołu jest dość wysoka i mało zmienna. Ciepło spalania Q_s^{daf} w obydwu klasach węgla wykazuje zmienność w podobnym zakresie. Zawartość części lotnych V^{daf}, mało zróżnicowaną w badanych węglach, nie wykazuje związku z przeprowadzonym podziałem na klasy. Związek ten wykazują jedynie wartości części lotnych oznaczone w witrycie z węgli błyszczących, w których wyższe V^{daf} stwierdzono w klasie "a".

Klasa "b" obejmuje węgiel z pokł. 209 (ława górna i dolna) kopalń "Ziemowit" i "Piast", 205/4 kop. "Piast" i 209/3 kop. "Czeczott". W porównaniu z węglem klasy "a", charakteryzuje się on wyższą zawartością C_o^{daf} (>75%) i wyższymi wartościami współczynnika odbicia światła $\bar{R}_o$ (≥ 0,60%), odpowiednimi dla węgla kamiennego (tab. 18). Węgiel klasy "b" wykazuje też odpowiednio niższą zawartość wilgoci W^a. Zawartość popiołu A^d wykazuje charakterystyczne zróżnicowanie: na niższą (A^d = 5,10 - 7,50%) i wyższą (A^d = 20,14 - 24,32%) od jej zawartości w węglu klasy "a".

Zwraca uwagę fakt, że zróżnicowane ciepło spalania Q_s^{daf}, będące podstawowym parametrem jakości węgla typu 31, dzielące go na dwa podtypy (wg PN-82/G-97002), o wartości Q_s^{daf} niższej i wyższej od 31 MJ/kg, nie koreluje z przeprowadzonym podziałem na klasy "a" i "b" (rys. 38).

Ad 2. Zróżnicowanie facjalno-petrograficzne badanych pokładów przejawia się m.in. zmiennym udziałem i częstością występowania warstewek litotypów w ich profilach. Najwyższy, choć zmienny udział w pokładach ma węgiel półbłyszczący i węgiel półmatowy. Nieliczne pokłady charakteryzują się podwyższonym udziałem węgla matowego i węgla zmineralizowanego. Pokłady węgla klasy "a" przeważnie wykazują wyższy udział węgla półmatowego i matowego niż pokłady węgla klasy "b" (tab. 7). Skład litotypów w badanych



Rys. 38. Zestawienie podziału badanych węgli na klasy wg stopnia uwęglenia, z podziałem na typy wg parametrów technologicznych

Objaśnienia: jak na rys. 36

Fig. 38. Division of the examined coal into classes according to the degree of coalification with specification of technological types of coal

Explanations - as in fig. 36

pokładach wskazuje na dominującą obecność w paleotorfowisku pokrywy wodnej, o zmiennej grubości. Zmienność poziomu wód w paleotorfowisku podczas tworzenia się pokładów, przedstawiają krzywe facjalne, wykreślone na podstawie profili makropetrograficznych (ys. 11, 12). Na krzywych facjalnych wydzielono 4 stadia (Ia, Ib, IIa, IIb) tworzenia się pokła w o zróżnicowanej częstotliwości i amplitudzie wahań poziomu wód: od małej (stadium Ia) do dużej (stadium IIb) (tab. 8).

Węgle utworzone w wydzielonych stadiach wykazują zmienny udział w pokładach (tab. 9). Węgiel utworzony w stadium Ia występuje we wszystkich badanych pokładach, i w większości z nich wykazuje dominujący udział. Wysokim, choć zróżnicowanym udziałem węgla stadium Ia charakteryzują się pokłady węgla klasy "b". W pokładach węgla klasy "a" jego udział jest przeważnie niższy.

Zarówno pokłady węgla klasy "a", jak i pokłady węgla klasy "b" wykazują zmienny udział węgla pozostałych stadiów (Ib, IIa, IIb). W pokładach często obserwuje się brak węgli reprezentujących jedno lub dwa spośród tych stadiów.

Węgle utworzone w stadiach Ia, Ib, IIa, IIb charakteryzują się zróżnicowanym składem mikrolitotypów, wskazującym na występowanie w paleotorfowiskach różnych środowisk facjalnych. W stadium Ia dominowało środowisko telmatyczne leśne i szuwarowo-leśne, w którym tworzyły się głównie węgle witrytowo-duroklarytowe, lub środowisko telmatyczne leśno-szuwarowe, w którym tworzyły się węgle klarodurytowe. Podobne środowiska występowały w stadium Ib, z niewielkim udziałem środowiska limno-telmatycznego, w którym tworzyły się węgle z karbargilitem wśród mikrolitotypów sporadycznych i towarzyszących.

W stadiach IIa i IIb, częściej niż w stadiach Ia i Ib, występowało środowisko telmatyczne szuwarowe (węgle z durytem wśród mikrolitotypów głównych i towarzyszących) i środowisko limno-telmatyczne, a nawet limniczne (węgle z karbargilitem, jako mikrolitotypem towarzyszącym i głównym).

Odpowiednio do udziału opisanych środowisk facjalnych, charakterystycznych dla stadiów Ia, Ib, IIa i IIb, udział mikrolitotypów, karbominerytów i skały oraz macerałów i minerałów w badanych pokładach jest zróżnicowany i dzieli te pokłady na trzy grupy: A, B i C (rys. 24 i 25).

Węgiel klasy "a" występuje głównie w pokładach grupy B, o składzie petrograficznym wskazującym na dominujący udział środowiska telmatycznego leśno-szuwarowego i szuwarowego w paleotorfowisku.

Węgiel klasy "b" występuje w pokładach grupy A i C, o składzie petrograficznym wskazującym na dominujący udział środowiska telmatycznego leśnego i szuwarowo-leśnego (grupa A) lub limno-telmatycznego, zbliżonego do środowiska otwartych wód (grupa C).

Ad 3. Zróżnicowanie składu i stopnia żelifikacji grupy witrynitu w węglach błyszczących odpowiada przeprowadzonemu podziałowi węgla typu 31 na klasy "a" i "b".

Węgiel klasy "a" w porównaniu z węglem klasy "b" zawiera mniej witrytu, przy wyraźnie wyższej zawartości telinitu, w tym również najsłabiej zżelifikowanego, telinitu ortostrukturalnego (rys. 39).

Najwyższy udział telinitu ortostrukturalnego stwierdzono w pokładach grupy B, w witrytach występujących wśród węgli klarodurytowych, utworzonych w stadium Ia. Dowodzi to, że charakterystyczna dla tego stadium obecność grubszej pokrywy wodnej, prawdopodobnie o kwaśnym pH, nie sprzyjała procesom rozkładu tkanki roślinnej. Podobne poglądy spotykane są w literaturze [105], [112], [113]. Wysokim natomiast udziałem w witrytach telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego wyróżnia się węgiel klasy "b", z pokładów grupy A.

W pokładach grupy C, zawierających także węgiel klasy "b", stwierdzono najsilniejszą żelifikację witrynitu, wyrażającą się wysokim udziałem telokolinitu w witrytach z węgla błyszczącego (tab. 14, rys. 26).

Ad 4. Zróżnicowanie uwęglenia w obrębie pokładów, wyrażające się zmiennymi wartościami wskaźnika zdolności odbicia światła $\overline{R}v$ telokolinitu oznaczonymi na zgładach, wykazuje zależność od stadiów, w których tworzyły się badane węgle. Najwyższe wartości $\overline{R}v$ w pokładzie wykazuje zazwyczaj węgiel stadium Ia, witrytowo-duroklarytowy. Niższe wartości $\overline{R}v$ wykazuje węgiel stadium Ia, klarodurytowy, szczególnie często występujący w pokładach węgla klasy "a". Niskie i często najniższe wartości $\overline{R}v$ wykazuje telokolinit z witrytu, występującego w bezpośrednim otoczeniu durytu i karbominerytu w węglach utworzonych w stadiach IIa i IIb (rys. 27, 28, 29). Najwyższe wartości $\overline{R}v$ wykazuje telokolinit z nielicznych w pokładach pasemek węgli błyszczących. Zmienne wartości $\overline{R}v$ telokolinitu, zależnie od litotypu, w którym dokonywano pomiaru, były stwierdzane także w węglach z innych zagłębi [7], [73]. Wyraźne zróżnicowanie wartości R stwierdzono także wśród macerałów grupy witrynitu, zależnie od ich stopnia żelifikacji. W porównaniu z wartościami R telokolinitu, najczęściej niższe wartości R wykazuje telinit ortostrukturalny, a wyższe telinit zżelifikowany i zżelofuzynityzowany. Desmokolinit i korpokolinit charakteryzują się wartościami R zmiennymi w szerokim zakresie (tab. 15).

Zróżnicowanie wartości R macerałów grupy witrynitu wskazuje na ich niejednakowe uwęglenie, zależne od stopnia żelifikacji. Najsłabiej uwęglonym macerałem grupy witrynitu byłby więc telinit ortostrukturalny. Na jego niższe uwęglenie, w porównaniu z innymi macerałami witrynitu, wskazuje pośrednio występowanie zależności pomiędzy zawartością C_o^{daf} a udziałem telinitu ortostrukturalnego w witrycie z węgli błyszczących (rys. 40). Szczególnie wyraźnie zależność ta występuje w witrytach węgli klasy "a", w których udział telinitu ortostrukturalnego jest wysoki i zróżnicowany.

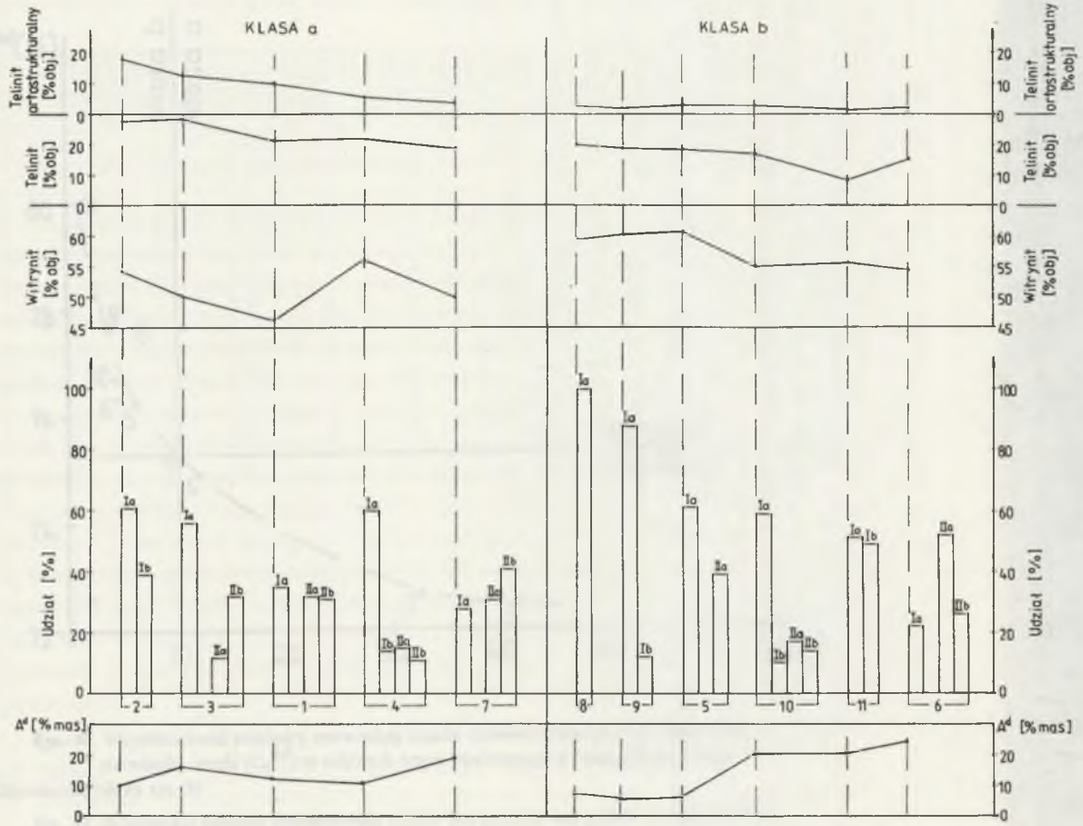
Wpływ stopnia żelifikacji macerałów grupy witrynitu na wielkość parametrów ich jakości, jak to wykazano na przykładzie węgla z niektórych zagłębi rosyjskich, utrzymuje się wraz ze wzrostem uwęglenia, do jego stadium średniego [74], [114].

Ad 5. Zróżnicowane zachowanie się witrytu w procesach termicznej destrukcji podczas analizy derywatograficznej wiązano zarówno z udziałem w nich telinitu ortostrukturalnego, jak i zawartością C_o^{daf}.

Witryty z węgla klasy "a" charakteryzują się niższymi wartościami wskaźnika analizy derywatograficznej (X). Wartości X są tym wyższe, im wyższy jest udział w węglu telinitu ortostrukturalnego (tab. 16). W witrytach węgla klasy "b" udział telinitu ortostrukturalnego jest niski i zmienny w niewielkim zakresie, co zapewne jest przyczyną minimalnego zróżnicowania wartości wskaźnika X, odpowiadającego zróżnicowaniu zawartości C_o^{daf}.

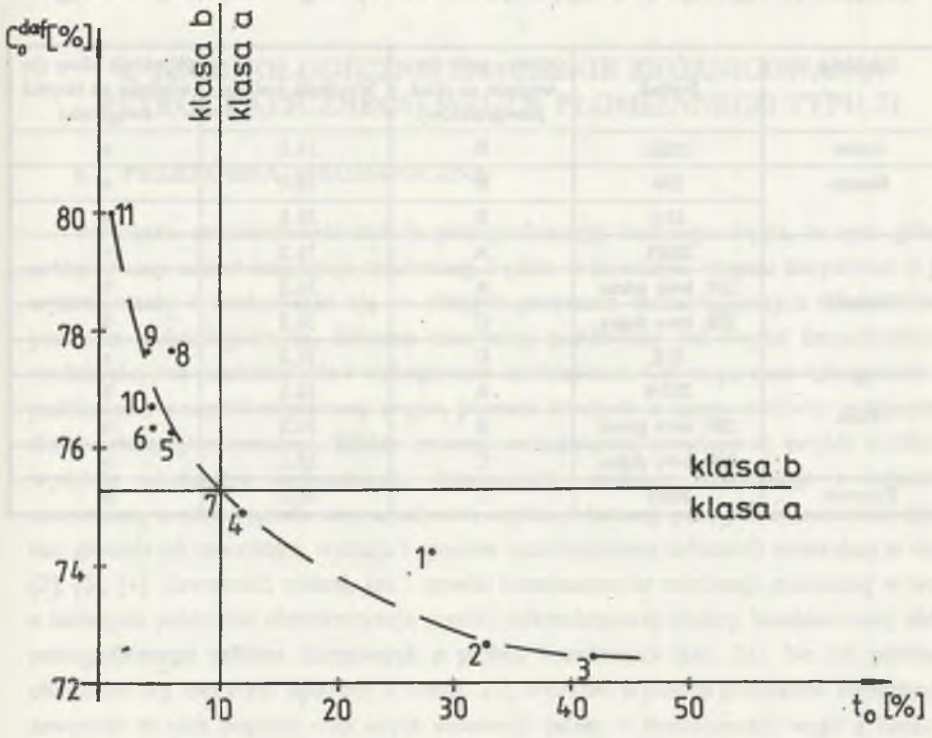
Ad 6. Zróżnicowany udział struktur alifatycznych i aromatycznych w badanych witrytach potwierdziły wyniki analizy IR. Najwyższy udział grup CH_3, CH_2 i CH oraz wodoru (H_{CH_3}, H_{CH_2}) w wiązaniach alifatycznych stwierdzono w witrytach węgla klasy "a". Charakterystyczny dla tych witrytów jest odpowiednio niski współczynnik aromatyczności.

Witryty węgla klasy "b" charakteryzują się wyższym udziałem struktur aromatycznych i wyższym współczynnikiem aromatyczności w porównaniu z witrytami z klasy "a". Współczynnik aromatyczności maleje ze wzrostem zawartości telinitu w witrytach. Może to



Rys. 39. Zmienność składu macerałów grupy witrynitu i zawartości popiołu w węglu klas "a" i "b" na tle udziału w pokładach węgli stadiów facjalnych Ia, Ib, IIa, IIb
Objaśnienia: jak na rys. 36

Fig. 39. Variability of composition of the vitrinite group macerals and variability of ash contents in the coal from classes "a" and "b" related to proportion of coals from facial stage (Ia, Ib, IIa, IIb)
Explanations - as in fig. 36



Rys. 40. Współzależność pomiędzy zawartością telinitu ortostrukturalnego (to) i zawartością pierwiastka węgla (C_o^{daf}) w witrytach węgla błyszczącego z badanych pokładów

Objaśnienia: jak na rys. 36

Fig. 40. Relationship between orthostructural telinite (to) contents and carbon contents (C_o^{daf}) in vitrites from bright coal

Explanations - as in fig. 36

wskazywać na mniejszy udział struktur aromatycznych w budowie chemicznej telinitu, w stosunku do ich udziału w kolinicie.

Stwierdzone zróżnicowanie struktury chemicznej witrytów częściowo wyjaśnia ich zachowanie się podczas analizy derywatograficznej.

Wykazane wyżej zróżnicowanie cech węgla typu 31, uwzględniające jego zróżnicowanie facjalno-petrograficzne, uzasadnia, jak się wydaje, konieczność wydzielania klas "a" i "b" w celu pełnej charakterystyki ich jakości.

Klasyfikację węgla typu 31, uwzględniającą podział na klasę "a" i "b" w badanych próbkach przedstawia tab. 20.

Tabela 20

Klasyfikacja węgli typu 31 uwzględniająca ich skład petrograficzny i stopień uwęglenia

Kopalnia	Pokład	Grupa pokł. (ze względu na skład petrograficzny)	Wyróżnik podtypu	Wyróżnik klasy (ze względu na stopień uwęglenia)
Janina	116/2	B	31.1	a
Siersza	209	B	31.1	a
	214	B	31.1	a
Ziemowit	205/1	A	31.2	a
	209, ława górna	A	31.2	b
	209, ława dolna	C	31.2	b
	215	C	31.2	a
Piast	205/4	A	31.1	b
	209, ława górna	A	31.2	b
	209, ława dolna	C	31.1	b
Czeczott	209/3	C	31.2	b

6. TECHNOLOGICZNE ZNACZENIE ZRÓŻNICOWANIA PETROGRAFICZNEGO WĘGLA PŁOMIENNEGO TYPU 31

6.1. PRZERÓBKA MECHANICZNA

Wykazane zróżnicowanie składu petrograficznego badanego węgla, w tym głównie zróżnicowany udział substancji mineralnej, będzie w znacznym stopniu decydować o jego wykorzystaniu i zachowaniu się w różnych procesach technologicznych. Podstawowym procesem technologicznym, któremu zazwyczaj poddawany jest węgiel bezpośrednio po wydobyciu, jest rozdrabnianie i wzbogacanie mechaniczne. Celem procesu wzbogacania jest podniesienie wartości użytkowej węgla, poprzez usunięcie z niego możliwie maksymalnej ilości substancji mineralnej. Efekty procesu wzbogacania, oceniane są zwykle wielkością wychodu produktów wzbogacania (koncentratu, produktu pośredniego i odpadów), zawartością w nich popiołu oraz wielkością uzysku substancji palnej w koncentracie. Zależą one głównie od zawartości, rodzaju i sposobu rozmieszczania substancji mineralnej w węglu [2], [3], [4]. Zawartość, rodzaj, jak i sposób rozmieszczenia substancji mineralnej w węglu z badanych pokładów charakteryzują wyniki mikroskopowej analizy kombinowanej składu petrograficznego szlifów ziarnowych z próbek bruzdowych (tab. 21). Na ich podstawie obliczono, wg metodyki opisanej w rozdz. 2.2, wielkość wychodu produktów wzbogacania, zawartość w nich popiołu oraz uzysk substancji palnej w koncentratach węgli z badanych pokładów.

Uzyskane dane zestawiono w tab. 22, w kolejności umożliwiającej ocenę efektów wzbogacania węgli w zależności od występowania w pokładach grupy A, B lub C.

Najbardziej niekorzystne wyniki prognozowanych efektów wzbogacania uzyskano dla węgli z pokładów grupy C. Niski wychód koncentratu (64,5 - 74,5%) i jednocześnie stosunkowo wysoki wychód produktu pośredniego (9,5 - 17,8%) są wynikiem najwyższego udziału karbominerytu w węglu z pokładów grupy C. Uzysk substancji palnej w koncentratach również wykazuje najniższe wartości (80 - 86%) w węglu z pokładów grupy C. Nieco lepsze wyniki prognozowanych efektów wzbogacania uzyskano dla węgla z pokładów grupy B, charakteryzującego się jednocześnie wyższym uzyskiem substancji palnej w koncentratach (87 - 91%). Najlepsze efekty wzbogacania można prognozować dla węgla z pokładów grupy A, które charakteryzują się najwyższym wychodem koncentratu (88,9 - 93%), o niskiej zawartości popiołu (4,4 - 5,3%) i najwyższym uzyskiem substancji palnej w koncentracie (93 - 97%). Charakterystyczny dla tych pokładów jest ponadto niski wychód produktu pośredniego (3,1 - 7,4%) i odpadów (3,2 - 4,4%).

Obliczony wychód odpadów z węgli pokładów grupy B i C (6,3 - 21,6) wykazuje zróżnicowanie, zależnie od udziału w nich składników zaliczanych do skały.

Tabela 21

Udział macerałów i minerałów w ziarnach mikrolitotypów karbominerytów i skał (% obj.) w próbkach bruzdowych węgli

Składniki		Zawartość macerałów i minerałów w składniku										
		Kop.Janina	Kop.Siersza		Kop.Ziemowit				Kop.Piast			Kop.Czeczott
		p.116/2	p.209	p.214	p.205/1	p.209 ł.górna	p.209 ł.dolna	p.215	p.205/4	p.209 ł.górna	p.209 ł.dolna	p.209/3
Mikrolitotypy (składniki koncentratów przeróbczych)	Witryt	(23) Vt=100 M_s=śl	(30) Vt=98 M_s=1 M_{II}=1	(24) Vt=99 M_{II}=1 M_s=śl	(26) Vt=99 M_{II}=1	(25) Vt=100 M_s=śl	(24) Vt=99 M_{II}=1	(17) Vt=100 M_{II}=śl	(27) Vt=99 M_{II}=1	(26) Vt=99 M_{II}=1	(23) Vt=99 M_{II}=1	(25) Vt=99 M_s=śl
	Inertyt	(11) I=100	(9) I=100	(7) I=100	(3) I=100 M_s=śl	(4) I=100	(5) I=100 M_s=śl	(6) I=97 M_s=3	(10) I=99 M_{II}=1	(3) I=100	(7) I=96 M_{II}=4	(7) I=100
	Liptyt	(1) E=100	(1) E=100	(śl)	(1) E=100	(1) E=100	(1) E=100	(1) E=100	(1) E=100	(1) E=100	(1) E=100	(1) E=100
	Duryt	(12) E=36 I=60 M_{II}=4	(4) E=44 I=52 M_{II}=4	(11) E=42 I=54 M_{II}=4	(5) E=48 I=45 M_{II}=7	(5) E=54 I=45 M_s=1	(4) E=33 I=67 M_{II}=śl	(2) E=50 I=50 M_{II}=śl	(2) E=40 I=60 M_{II}=śl	(4) E=48 I=52 M_{II}=śl	(4) E=62 I=37 M_{II}=śl	(8) E=25 I=75 M_{II}=śl
	Klaryt	(5) Vt=71 E=29	(5) Vt=71 E=28 M_s=1	(2) Vt=70 E=30	(3) Vt=67 E=33	(4) Vt=86 E=14	(7) Vt=80 E=20	(4) Vt=72 E=24 M_s=4	(6) Vt=65 E=32	(4) Vt=83 E=17	(6) Vt=76 E=21 M_{II}=3	(4) Vt= 68 E=30 M_{II}=2
	Witrynertyt	(1) Vt=75 I= 25	(1) Vt=71 I= 29	(2) Vt=56 I= 44	(1) Vt=71 I= 29	(1) Vt=67 I= 33	(1) Vt=50 I= 50	(1) Vt=50 I= 50	(2) Vt=69 I= 31	(1) Vt=57 I= 43	(2) Vt=75 I= 25	(1) Vt=75 I =25
	Trimaceryt	(34) Vt=33 E=31 I=34 M_{II}=1 M_s=1	(40) Vt=39 E=25 I=34 M_{II}=1 M_s=1	(41) Vt=51 E=19 I=29 M_{II}=1	(53) Vt=50 E=22 I=27 M_{II}=1	(54) Vt=57 E=15 I=27 M_{II}=1	(32) Vt=54 E=18 I=28 M_{II}=śl	(49) Vt=48 E=27 I=23 M_{II}=1 M_w=1	(47) Vt=53 E=20 I=24 M_{II}=1 M_s=śl	(53) Vt=56 E=14 I=29 M_{II}=1 M_s=śl	(39) Vt=49 E=16 I=32 M_{II}=2 M_s=1	(30) Vt=51 E=24 I=20 M_{II}=4 M_s=1

- 96 -

cd. tab.

Karbomineryty (składniki produktu pośredniego)	Karbargilit	(3) Vt=39 I=23 M_{II}=38	(3) Vt=60 E=15 M_{II}=25	(4) Vt=38 E=15 I=15 M_{II}=32	(5) Vt=53 E=3 I=20 M_{II}=24	(2) Vt=64 I=16 M_{II}=20	(10) Vt=44 E=14 I=13 M_{II}=29	(9) Vt=44 E=2 I=7 M_{II}=45 M_s=1	(2) Vt=43 I=7 M_{II}=50	(1) Vt=17 I=33 M_{II}=50	(5) Vt=43 E=6 I=17 M_{II}=34	(13) Vt=55 E=2 I=77 M_{II}=36
	Karbopiryt	(3) Vt=70 I=8 M_{II}=8 M_s=14	(3) Vt=70 I=13 M_s=17 M_w=śl	(1) Vt=20 I=60 M_s=20	(1) Vt=60 I=20 M_s=20	(1) Vt=50 I=30 M_s=20	(3) Vt=78 E=5 I=11 M_s=6	(1) Vt=75 M_{II}=12 M_s=13	(śl)	(1) Vt=50 I=25 M_s=25	(2) Vt=88 I=11 M_s=11	(2) Vt=75 I=5 E=1 M_{II}=5 M_w=1 M_s=13
	Karbankeryt	–	–	–	–	(1) Vt=17 I=33 M_w=50	–	(1) Vt=40 I=40 M_w=20	(1) Vt=67 M_w=33	–	(1) Vt=67 M_w=33	(1) Vt=75 M_w=25
Skała (składniki odpadów przeróbczych)		(7) Vt=30 E=3 I=13 M_{II}=17 M_w=3 M_s=34	(4) Vt=37 I=10 M_{II}=30 M_w=13 M_s=10	(8) Vt=6 I=37 M_{II}=29 M_w=4 M_s=24	(2) Vt=8 M_{II}=77 M_w=3 M_s=2	(2) Vt=7 I=20 M_{II}=7 M_w=46 M_s=20	(13) Vt=6 E=5 I=2 M_{II}=72 M_w=10 M_s=5	(9) Vt=20 I=2 M_{II}=67 M_w=4 M_s=7	(2) Vt=10 E=7 I=15 M_{II}=64 M_w=2 M_s=2	(6) Vt=22 I=5 M_{II}=49 M_w=19 M_s=5	(10) Vt=27 I=1 M_{II}=46 M_w=21 M_s=5	(8) Vt=8 I=1 M_{II}=74 M_w=13 M_s=4

- 97 -

Objaśnienia symboli: Vt - witrynit, E - egzynit, I - inertynit, M_{II} - minerały ilaste, M_s - siarczki żelaza (piryt, markasyt), M_w - minerały węglanowe
śl - udział składnika < 0,5%
– - brak udziału składnika
W nawiasach podano udział składnika (mikrolitotypu, karbominerytu, skały) w próbce.

Tabela 22

Prognozowane efekty wzbogacania węgli, na podstawie ich składu petrograficznego

Rodzaj oznaczenia		Grupa A				Grupa B			Grupa C			
		kop. Ziemowit		kop. Piast		kop. Janina p. 116/2	kop. Siersza		kop. Ziemowit		kop. Piast p.209 l.dolna	kop. Czeczott p. 209/3
		p. 205/1	p. 209 l.górna	p. 205/4	p. 209 l.górna		p.209	p.214	p.209 l.dolna	p. 215		
Koncentrat	Wychód, %	88,9	89,4	92,7	93,3	79,2	86,2	80,2	64,5	72,0	74,5	68,6
	Zawartość popiołu, %	4,5	5,2	5,3	4,4	4,9	6,7	4,7	3,6	5,9	7,1	6,6
Produkt pośredni	Wychód, %	7,4	6,2	4,1	3,1	7,7	7,5	6,2	13,9	13,4	9,5	17,8
	Zawartość popiołu, %	31,8	35,9	50,0	49,1	37,5	30,4	38,0	31,8	49,4	35,7	40,3
Odpady	Wychód, %	3,7	4,4	3,2	3,6	13,1	6,3	13,6	21,6	14,6	16,0	13,6
	Zawartość popiołu, %	74,0	62,9	64,4	66,4	50,8	53,9	52,6	72,9	67,9	66,1	71,6
Uzysk substancji palnej w koncentracie E, %		93,0	94,0	96,0	97,0	87,0	91,0	88,0	80,0	86,0	86,0	82,0
Zawartość popiołu w nadawie, %		9,1	9,6	8,2	7,9	13,4	11,6	13,2	22,52	20,8	19,2	21,4

Wspólną, niekorzystną cechą badanych węgli, jest stosunkowo duży jeszcze udział substancji palnej w odpadach, o czym świadczy względnie niska zawartość w nich popiołu (50,8 - 74,0%). Część substancji palnej można by odzyskać z odpadów po ich dokładnym zmieleniu do ziarn < 0,1 mm i ponownym wzbogaceniu, co jednak znacznie podniosłoby koszty procesu.

Stwierdzony wpływ zróżnicowanego składu petrograficznego w pokładach grupy A, B i C na wyniki petrograficznej oceny efektów wzbogacania węgli typu 31 oznacza, że ich jakość w znacznej mierze jest zależna od warunków facjalnych, w których się tworzyły. Związek ten wykazują także wykresy zależności pomiędzy udziałem w pokładach węgli utworzonych w facjalnych stadiach Ia, Ib, IIa, IIb a wielkością wychodu produktów wzbogacania i ich zapopieleniem (rys. 41). Szczególnie wyraźnie na wykresach zaznacza się pozytywny wpływ zwiększonego udziału w pokładach węgla stadium Ia na wyniki wzbogacania. Obserwuje się także zróżnicowanie wyników wzbogacania węgla w klasach "a" i "b", odpowiednie do ich występowania w pokładach grupy A, B lub C.

W wyniku analizy składu macerałów i minerałów w mikrolitotypach stwierdzono, że niektóre z nich zawierają siarczki żelaza, głównie piryt, w ilości do 1% (tab. 21). Piryt występuje w postaci pojedynczych, rozproszonych w macerałach, drobnych ziarenek, o wielkości często poniżej 1 mm. Rzadziej tworzy większe, framboidalne skupienia, o średnicy do kilkunastu mm. Mineralizację pirytem najczęściej obserwowano w ziarnach trimacerytu i witrytu. Można prognozować, że piryt jako składnik mikrolitotypów, wejdzie w procesie wzbogacania do koncentratu.

Na podstawie jego udziału w mikrolitotypach wyliczono, że koncentraty badanych węgli będą zawierać od ilości śladowych (< 0,1%) do 0,65% obj. pirytu, co odpowiada udziałowi masowemu maksymalnie do 2,60% (tab. 23). Oznacza to, że w efekcie wzbogacania zawartość pirytu w koncentratach, w stosunku do całkowitej jego zawartości w węglu (1 - 3% obj.), zostanie w różnym stopniu obniżona.

Najlepsze efekty wzbogacania, ze względu na zawartość pirytu w koncentracie, można prognozować dla węgli z badanych pokładów kop. "Ziemowit". W koncentratach tych węgli wykazano najniższy udział pirytu (do 0,17% obj.). Nieco wyższy udział pirytu (0,34%) wykazał jedynie pokł. 215. Wysoką zawartość pirytu stwierdzono w koncentracie węgla z pokł. 209 kop. "Siersza" (0,65% obj.), oraz z pokł. 116/2 kop. "Janina" (0,44% obj.) i z pokł. 209/3 kop. "Czeczott" (0,42% obj.). Koncentraty węgli z pozostałych pokładów, czyli z pokł. 205/4 i 209 (ława górna i dolna) kop. "Piast", oraz pokł. 214 kop. "Siersza" charakteryzują się niższą zawartością pirytu, w granicach 0,20 - 0,39% obj. (tab. 21).

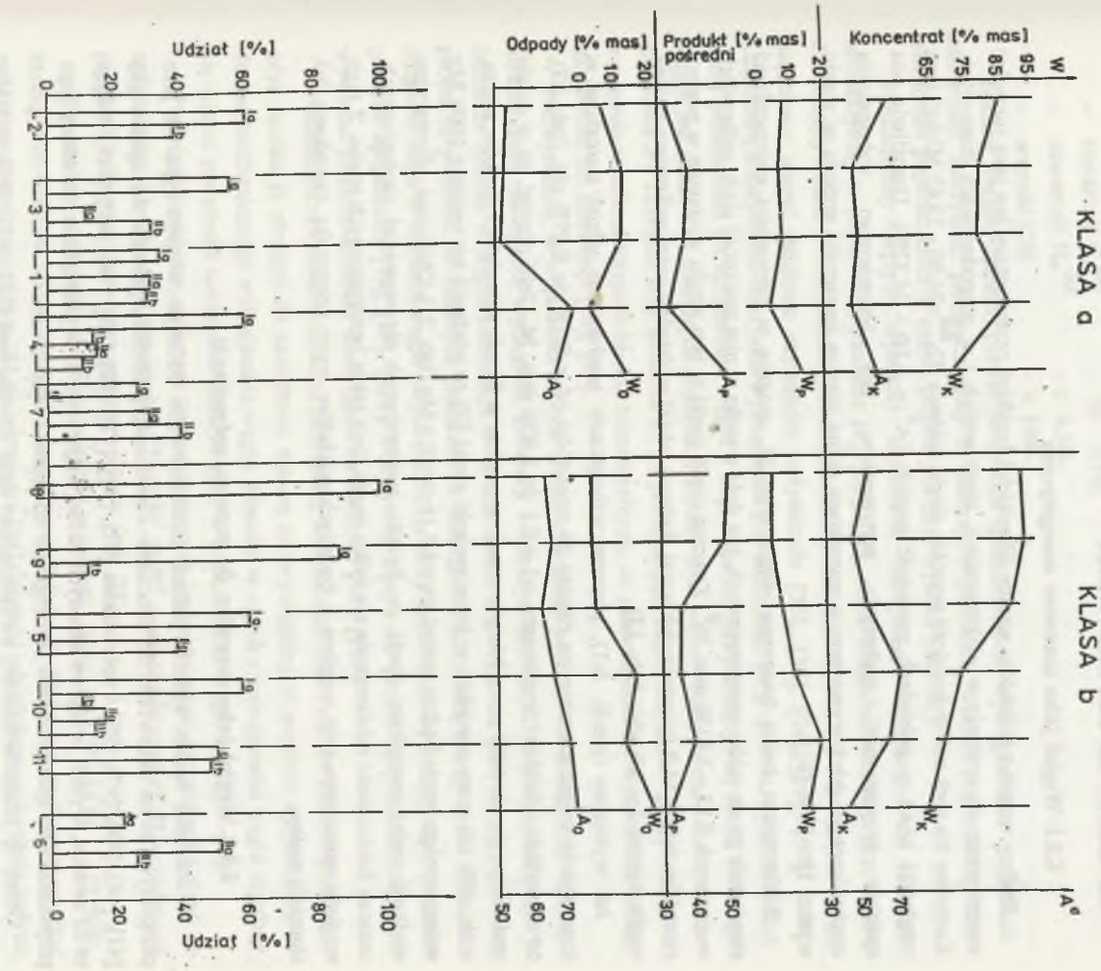
Obniżenie wykazanej zawartości pirytu w koncentratach badanych węgli, w wyniku ich dalszego wzbogacania, praktycznie jest niemożliwe, ze względu na opisany sposób występowania pirytu w mikrolitotypach. W związku z tym należy założyć konieczność odsiarczenia spalin, w przypadku użytkowania badanych węgli do celów energetycznych.

Tabela 23

Zawartość siarczków żelaza (pirytu, markasytu) w koncentratach węgli i szacunkowa wielkość emisji związków siarki w czasie ich spalania

Składnik		Numery próbek										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zawartość siarczków Ms	% obj.	0,44	0,65	0,20	śl	0,17	śl	0,34	0,24	0,26	0,39	0,42
	% mas.	1,85	2,60	0,83	śl	0,84	śl	1,53	0,89	1,00	1,69	1,79
Emisja siarki (Mg) z 1000 Mg węgla wzbogaconego (koncentratu)		7,40	10,40	3,30	0,16	3,30	0,36	6,10	3,60	4,00	6,70	5,10

Objaśnienia nr próbek - 1 pokł. 116/2 kop. Janina, 2 - pokł. 209 kop. Siersza, 3 - pokł. 214 kop. Siersza,
4 - pokł. 205/1 kop. Ziemowit, 5 - pokł. 209 /ława górna/ kop. Ziemowit,
6 - pokł. 209 /ława dolna/ kop. Ziemowit, 7 - pokł. 215 kop. Ziemowit,
8 - pokł. 205/4 kop. Piast, 9 - pokł. 209 /ława górna/ kop. Piast,
10 - pokł. 209/ława dolna/ kop. Piast, 11 - pokł. 209/3 kop. Czeczott; śl - zawartość < 0,1%



Rys. 41. Prognozowane efekty wzbogacania węgla klas "a" i "b" na tle udziału w pokładach węgli stadiów facjalnych Ia, Ib, IIa, IIb

Objaśnienia jak na rys. 36

Fig. 41. Predicted results of "a" and "b" class coal enrichment related to proportion of coals from facial stage (Ia, Ib, IIa, IIb)

Explanations - as in fig. 36

6.2. KIERUNKI UŻYTKOWANIA

6.2.1. Węgiel jako surowiec energetyczny

Badany węgiel z pokładów warstw libiąskich i łaziskich przeznaczany jest jako surowiec energetyczny do spalania w elektrowniach, ciepłowniach i w gospodarstwach domowych. Korzystne dla tych celów jest dość wysokie ciepło spalania (Q_s^{daf}=26.90 - 33.43 MJ/kg) oraz względnie niska w pokładach zawartość popiołu (A^d = 5,10 - 24,32%). Umożliwia ona spalanie przynajmniej grubszych sortymentów, bez kosztownego wzbogacania mechanicznego, gdyż wymagana w energetyce dolna granica zawartości popiołu w węglu wynosi 10 - 25% [6].

Niekorzystną cechą badanego węgla typu 31, mogącą w przyszłości uniemożliwić stosowanie go do celów energetycznych, jest dość wysoka w nim zawartość siarki całkowitej, w granicach 0,83 - 3,11% mas. S_t^d. Znaczna część siarki w tym węglu występuje w postaci siarczków żelaza M_s* (pirytu, markasytu), których udział w składzie petrograficznym próbek węgla wynosi 1 - 3% obj. (tab. 13).

Jak wykazano (rozdz. 6.1), poprzez wzbogacanie mechaniczne udział siarczków w koncentracie węgla znacznie się obniży do zawartości od < 0,1% do 0,65% obj. (tab. 23), co odpowiada udziałowi wagowemu od < 0,1 do 2,60% mas. M_s. Jeśli przyjąć, że w czasie spalania węgla ok. 60% masy M_s pozostanie w popiele w formie siarczków i tlenków żelaza, a ok. 40% ich masy przejdzie w lotne związki siarki [3], to wielkość ich emisji z 1000 Mg wzbogaconego węgla będzie wahać się od 0,16 do 10,4 Mg (tab. 23). Obliczona, orientacyjna wielkość emisji związków siarki, w świetle zaostrzających się wymagań ekologicznych, oznacza konieczność odsiarczania nie tylko węgla, lecz także bezużytecznych spalin. Z tego względu zainteresowanie węglem z badanych pokładów przez energetykę zawodową już aktualnie maleje.

6.2.2. Węgiel jako surowiec do procesu upłynniania

W ostatnich latach wzrosło jednak zainteresowanie badanym węglem typu 31 jako perspektywicznym surowcem do procesów chemicznej przeróbki, głównie do zgazowania [41], [42], [43], [97], [98] i upłynniania [27], [30], [31], [32], [49], [76], [88], [115]. Mając to na uwadze, wyniki przeprowadzonych badań węgla typu 31 wykorzystano do oceny jego przydatności do tych procesów, szczególnie do procesu upłynniania.

Ocenę tę przeprowadzono, uwzględniając dane literaturowe [52], [62], [95], [101], z których wynika, że dobrze upłynniające się węgle powinny spełniać następujące wymagania:

- zawartość składników reaktywnych (W + E) - > 70%,
- zawartość inertynitu (I) - < 10%,
- zawartość popiołu - < 10%,
- zawartość części lotnych - > 30%,

* Symbol M_s wg PN-79/G-045529 - zawartość siarczków w węglu oznaczona metodą petrograficzną.

- zawartość C_o^{daf} - 68 - 85%,
- zawartość H_o^{daf} - > 4,5%,
- wartość C/H - < 16%.

Badany węgiel spełnia prawie wszystkie przedstawione wymagania, z wyjątkiem zawartości inertynitu, przekraczającej w badanych próbkach wartość optymalną, oraz zawartości popiołu, która w części próbek jest zbyt wysoka (tab. 24).

Niekorzystny wpływ wysokiej zawartości inertynitu, uważanego za składnik niereaktywny w procesie upłynniania [1], [52], [78], może złagodzić znaczny, przeważnie dominujący udział w nim semifuzynitu, makrynitu i mikrynitu (tab. 13): Macerały te mogą częściowo ulegać działaniu czynników upłynniania [35], [36], [56], [67], [99], [100]. Częściową reaktywność inertynitu wykazywano już wcześniej, na podstawie wyników badań stałej pozostałości po upłynnianiu węgla z kop. "Janina" [32]. Pozytywną cechą badanego węgla jest niski, a w niektórych pokładach bardzo niski udział wolnych ziarn inertynitu, w granicach 3 - 11% (tab. 21). Oznacza to, że przeważająca część macerałów grupy inertynitu występuje w mikrolitotypach bi- lub trimaceralnych, co prawdopodobnie wydatnie zwiększy możliwość ich konwersji [13], [99].

Podwyższona, w większości próbek węgla, zawartość popiołu - > 10%, może wpłynąć niekorzystnie na ogólną wydajność instalacji i obniżyć sprawność cieplną procesu [39]. Jednakże obecna w węglu substancja mineralna może wywierać też pozytywny wpływ na proces upłynniania. W badanych próbkach za szczególnie korzystną należy uznać obecność rozproszonego w ziarnach węgla pirytu (tab. 21), który zachowuje się katalitycznie podczas procesu upłynniania [78], [86], [115]. Pozytywny wpływ na proces upłynniania mogą też wywierać niektóre minerały ilaste (głównie kaolinit) [39], [115].

Nadmierna zawartość substancji mineralnej w niektórych próbkach nie stanowi problemu, gdyż można ją obniżyć do zawartości niższej od wymaganej w procesie upłynniania, na drodze mechanicznego wzbogacania węgla. Ponadto w wyniku wzbogacania węgla uzyskuje się wzrost zawartości macerałów reaktywnych w koncentracie węglowym (tab. 25).

Pozostałe parametry, zaliczane do podstawowych kryteriów oceny przydatności węgli do upłynniania, tj. wartość $\overline{R}_o$, zawartość V^{daf}, C_o^{daf}, H_o^{daf}, wartość wskaźnika C/H, w badanych próbkach mieszczą się w wymaganym zakresie (tab. 25).

Na uwagę zasługuje również wysoka zawartość tlenu ($O_{róż}^{daf}$=14.08 - 22.79%), szczególnie w węglu z kop. "Janina" i kop. "Siersza" (tab. 5). Może ona częściowo wynikać z dużej podatności węgli typu 31 na wietrzenie [34]. Wysoki udział tlenu podwyższa zużycie wodoru w procesie upłynniania, wiążąc się w cząsteczki wody. Poza tym tlen wiązany w procesie wietrzenia powoduje tworzenie się w miejsce połączeń alifatycznych, bardziej sztywnych wiązań eterowych, obniżając reaktywność węgla podczas upłynniania [17], [34], [77].

Biorąc pod uwagę opisane zróżnicowanie parametrów jakości za najbardziej przydatny do upłynniania, spełniający wszystkie kryteria oceny, należy uznać węgiel z pokł. 209 (ława górna) w kop. "Ziemowit" i kop. "Piast" oraz z pokł. 205/1 kop. "Ziemowit" i 205/4 kop.

Tabela 24

Parametry oceny jakości próbek węgla do procesu upłynniania

Parametr	Wymagane wartości parametru	Wartości parametrów oznaczone w próbkach											
		kop. Janina	kop. Siersza		kop. Ziemowit				kop. Piast				kop. Czeczott
		p. 116/2	p. 209	p.214	p. 205/1	p. 209 ł.górna	p. 209 ł.dolna	p. 215	p. 205/4	p. 209 ł.górna	p. 209 ł.dolna	p. 209/3
Refleksyjność witrynitu $\bar{R}_o$	0,30-0,95	0,46	0,47	0,46	0,55	0,61	0,60	0,56	0,61	0,63	0,62	0,68
Zawartość popiołu A^d w próbce (w koncentracie)	< 10%	12,50 (4,90)	10,00 (6,70)	16,17 (6,30)	10,18 (4,50)	6,29 (5,20)	24,32 (3,60)	18,71 (5,90)	7,50 (5,30)	5,10 (4,40)	20,52 (7,10)	20,14 (6,60)
Zawartość części lotnych V^{daf}	> 30%	37,55	38,53	37,68	38,44	37,67	39,99	41,46	37,77	37,23	38,12	37,15
Zawartość pierwiastka C_o^{daf}	68-85%	73,88	73,91	70,95	74,99	76,71	75,78	74,96	77,69	77,20	76,67	78,63
Zawartość pierwiastka H_o^{daf}	>4,5%	5,93	5,73	5,00	5,37	5,60	5,33	5,48	5,84	5,67	5,74	5,86
Wskaźnik uwodornienia C/H	> 16	12,40	12,90	14,20	13,90	13,70	14,20	13,70	13,30	13,60	13,40	13,40
Zawartość inertynitu I	< 10%	31,00	25,00	27,00	21,00	23,00	18,00	20,00	22,00	21,00	22,00	18,00
Zawartość składników reaktywnych (witrynit +egzynit):	70%											
w węglu niewzbogaconym		62,0	68,0	62,0	74,0	73,0	66,0	66,0	73,0	74,0	66,0	67,0
w masie organicznej węgla		67,0	73,0	69,0	78,0	76,0	78,0	77,0	77,0	77,0	75,0	79,0
w koncentracie węgla		64,0	71,0	70,0	78,0	76,0	76,0	75,0	74,0	76,0	71,0	72,0

"Piast", zaliczające się do grupy A i klasy "b" (z wyj. pokł. 205/1 zawierającego węgiel klasy "a"). Wśród badanych pokładów wyróżniają się one niską zawartością popiołu, nie wymagającą wzbogacania węgla przed jego upłynnianiem, oraz najwyższą zawartością składników reaktywnych (tab. 25).

Zaliczany także do klasy "b" węgiel z pokładów o składzie petrograficznym grupy C, tj. pokł. 209 (ława dolna) w kop. "Ziemowit" i kop. "Piast", pokł. 209/3 kop. "Czeczott", oraz pokł. 215 kop. "Ziemowit", z uwagi na wysoką zawartość popiołu, wymaga uprzednio wzbogacenia. W procesie tym można zarówno obniżyć zawartość substancji mineralnej, jak i podwyższyć zawartość składników reaktywnych w koncentratach (tab. 25), uzyskując pełną ich przydatność do procesów upłynniania.

Węgiel klasy "a" z pokładów grupy B, charakteryzujący się najniższym udziałem składników reaktywnych i jednocześnie wysokim udziałem inertynitu, należałoby uznać za najmniej przydatny do procesu upłynniania.

Wobec stwierdzonego w pracy zróżnicowania własności witrytów w zależności od zawartości telinitu i jego stopnia żelifikacji, starano się wykazać również zależność stopnia konwersji węgla od udziału w nim telinitu. W tym celu poddano upłynnianiu próbki węgla z pokł. 209 i 214 kop. "Siersza", o najwyższej zawartości słabo żelifikowanego telinitu ortostrukturalnego, oraz koncentrat węgla (A^d = 8%) z ławy dolnej pokł. 209 kop. "Ziemowit", o najniższej zawartości telinitu ortostrukturalnego (tab. 26). Badane próbki wykazały dość dobrą konwersję, jak na warunki autoklawowego upłynniania (tab. 26).

Najniższy stopień konwersji (S_k = 46,7%) wykazał węgiel z pokł. 214 kop. "Siersza", co uzasadnia jego najmniej korzystny skład petrograficzny oraz wysoka w nim zawartość popiołu i wysoka wartość wskaźnika C/H (tab. 25).

Wyższy stopień konwersji (S_k = 48,9%) wykazał węgiel z pokł. 209 kop."Siersza," o podobnej zawartości telinitu ortostrukturalnego, lecz charakteryzujący się korzystniejszymi petrograficznymi i chemicznymi wskaźnikami przydatności do procesu upłynniania. Zbliżonym i tylko nieznacznie wyższym stopniem konwersji (S_k = 49,0%) w stosunku do próbki z pokł. 209 kop. "Siersza", charakteryzuje się węgiel z pokł. 209 kop. "Ziemowit". Z uwagi na najbardziej korzystny dla procesu upłynniania skład petrograficzny i chemiczny próbki, jak również na najniższą w niej zawartości popiołu, oczekiwano wyższej jej reaktywności podczas upłynniania od uzyskanej.

Stosunkowo wysoki stopień konwersji próbek węgli z kop. "Siersza", o wyraźnie mniej korzystnych wskaźnikach przydatności do procesu upłynniania, niż w koncentracie węgla z pokł. 209 kop. "Ziemowit", może być, między innymi, wynikiem wysokiej w nich zawartości telinitu. Pozytywny wpływ telinitu na stopień konwersji węgla wydaje się możliwy w świetle wyników badań M.Shibaoki, który wykazał, że najwcześniej całkowitemu rozpuszczeniu ulega desmokolinit i telinit, natomiast telokolinit i korpokolinit wykazują tendencje do tworzenia witroplastów [91], [92].

Określenie wpływu zawartości i stopnia żelifikacji telinitu na stopień konwersji jest jednak trudne, z uwagi na nakładający się wpływ wielu innych parametrów jakości węgla i

Tabela 25

Prognozowany, na podstawie petrograficznej analizy wzbogacalności, skład koncentratów węglowych (% obj.)

Składniki		kop. Janina	kop. Siersza		kop. Ziemowit				kop. Piast			kop. Czeczott
		116/2	209	214	205/1	209 ława górna	209 ława dolna	215	205/4	209 ława górna	209 ława dolna	209/3
Grupa witrynitu		44,0	55,0	55,0	60,0	62,0	63,0	55,0	60,0	64,0	58,0	57,0
Grupa egzynitu		20,0	16,0	15,0	18,0	14,0	13,0	20,0	14,0	12,0	13,0	15,0
Grupa inertynitu		34,0	27,0	29,0	21,0	22,0	23,0	23,0	24,0	22,0	26,0	25,0
Subst. mineralna	Minerały ilaste+węglany (M_{il} + M_w)	1,56	1,25	0,8	0,99	1,4	0,98	1,54	1,53	1,74	2,61	2,45
	Siarczki żelaza (M_s %)	0.44	0,75	0,2	0,01	0,60	0,02	0,46	0,47	0,26	0,39	0,55
Suma		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela 26

Stopień konwersji próbek węgla, na tle wybranych parametrów oceny jakości do procesu upłynnienia

Rodzaj surowca użytego w procesie upłynniania	Zawartość pozostałości nierozpuszczalnej w THF, % mas.	Stopień konwersji S_K, % mas.	Zawartość C_o^{daf} % mas.	Zawartość H_o^{daf} % mas.	Zawartość telinitu ortostrukturalnego (mmf) % obj.	Udział składników reaktywnych W + E (mmf) % obj.	Zawartość inertynitu (mmf) % obj.	Zawartość pirytu % obj.
Węgiel niewzbogacony z pokł. 209 kop. Siersza	14,7	48,9	73,91	5,00	19	73	27	2
Węgiel niewzbogacony z pokł. 214 kop. Siersza	15,5	46,7	70,95	5,73	18	70	30	3
Koncentrat węgla z pokł. 209 (ława dolna) kop. Ziemowit	13,7	49,5	75,78	5,33	2	79	21	ślad.

Objaśnienia: mmf - stan bez substancji mineralnej

wymaga dalszych, bardzo specjalistycznych badań. Niezależnie od tego, dokonując oceny przydatności węgli do procesów upłynniania, należałoby wśród przyjętych kryteriów uwzględnić także zawartość i stopień żelifikacji telinitu.

6.2.3. Węgiel jako surowiec do procesu zgazowania

Badane węgle wzbudzają także zainteresowanie jako surowiec do procesów zgazowania. Kryteria oceny przydatności węgla do zgazowania nie są dotychczas w pełni ustalone i ujednolicone, a także ciągle brak jasno sprecyzowanych poglądów na to, które z jego własności mają znaczenie pierwszorzędne. W dużym stopniu kryteria te są związane z przyjętą technologią zgazowania. Również reaktywność węgli, czyli ilościowa miara zdolności węgla do wchodzenia w reakcję ze zgazowującym medium, nie jest wskaźnikiem jednoznacznym, gdyż może być określona różnymi metodami i względem różnych mediów zgazowujących [98].

Nadrzędnymi parametrami, określającymi przydatność węgli do zgazowania, wydaje się być zawartość części lotnych i zawartość popiołu [6]. Wysoka zawartość części lotnych gwarantuje względnie wysoki uzysk gazu. Nie zgazowuje się węgli o zawartości popiołu powyżej 30%, ze względu na konieczność ogrzewania balastu i konieczność usuwania popiołu.

W obszarze objętym badaniami oznaczona była reaktywność w procesach zgazowania węgli z kop. "Janina" i kop. "Siersza", w zależności od ich składu petrograficznego i własności fizykochemicznych. Badania te wykazały wysoką reaktywność węgli z obu kopalń, ogólnie wyższą w kop. "Siersza" niż w kop. "Janina" [41], [43], [98].

Wykazano także słaby związek reaktywności w procesie zgazowania ze składem petrograficznym węgli. Związek ten jest wyraźniejszy, gdy w zgazowywanym węglu zawartość aktywnych mikrolitotypów, tj. witrytu, klarytu, liptytu i trimacerytu z niską zawartością inertynitu, jest wysoka.

Wpływ składu petrograficznego, jak stwierdzono w toku tych badań, jest zapewne maskowany dominującym wpływem zawartości i rodzaju substancji mineralnej. Najwyższą reaktywność wykazywały węgle o zawartości popiołu powyżej 20%. Zależność reaktywności od procentowej zawartości popiołu również jest nieregularna, gdyż duży wpływ wywiera skład substancji mineralnej [42], [97], [98]. Stwierdzono, że po demineralizacji węgli o podobnym składzie petrograficznym substancji organicznej zanika prawidłowość lepszej reaktywności węgli z kop. "Siersza" [98]. Niekorzystną natomiast cechą węgli z kop. "Siersza" i z kop. "Janina" jest dość wysoka w nich zawartość siarki całkowitej, w granicach 2,81 - 3,11%, w badanych próbkach.

Wysoka reaktywność tych węgli przemawia za wykorzystaniem ich w procesach zgazowania, jednakże wtedy należałoby odsiarczać gazy, co podnosi koszty procesu o 20 - 30% [98].

Lepszy surowiec, z uwagi na niższą zawartość siarki całkowitej, przedstawiają wysokopopiołowe węgle z pokł. 209 (ława dolna) kop. "Ziemowit" (S_t^d = 1,28%) oraz węgle z pokładu 209/3 kop. "Czeczott" (S_t^d = 1,39%). Z uwagi na wysoką zawartość popiołu, do procesu zgazowania można by przeznaczyć także węgle z pokł. 215 kop. "Ziemowit" i z pokł. 209 (ława dolna) kop. "Piast", mimo podwyższonej w nich zawartości siarki całkowitej (odpowiednio 2,25 i 2,34%).

Mimo pozytywnej oceny badanego węgla typu 31 jako surowca do upłynniania i zgazowania, wydajność tych procesów w znacznej mierze zależeć będzie od stosowanej technologii. Badania w celu ustalenia optymalnych warunków technologicznych procesu upłynniania prowadzone są w szerokim zakresie w Instytucie Karbochemii GIG w Tychach-Wyrach. Badania nad opracowaniem najbardziej odpowiedniej metody zgazowania prowadzone są w Instytucie Górnictwa Naftowego i Gazu w Krakowie.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI

Wyniki badań węgla płomiennego typu 31 z pokładów warstw łaziskich i z najmłodszego, dostępnego pokładu 116/2 z warstw libiąskich, uzyskane metodami petrograficznymi, chemiczno-technologicznymi, fizycznymi i instrumentalnymi, pozwalają na sformułowanie następujących spostrzeżeń i wniosków, dotyczących ich genezy, własności i możliwości technologicznego wykorzystania.

1. Przeprowadzone badania chemiczno-technologiczne węgla zaklasyfikowanego wg PN-82/G-97002 do typu 31 wykazały zróżnicowanie, w szerokim zakresie, własności określających jego uwęglenie i przydatność technologiczną. Stosując odpowiednio dobrane metody badań petrograficznych wykazano, że zróżnicowane własności chemiczno-technologiczne w dużym stopniu są wynikiem zmiennych warunków facjalnych, jakie występowały w paleotorfowisku w czasie akumulacji, a następnie podczas biochemicznych przemian wyjściowego materiału roślinnego (bioakumulatu).

2. Zróżnicowane warunki facjalne, kształtowane głównie przez zmienną amplitudę i częstotliwość wahań poziomu wód, wyrażają się niejednakowym udziałem, grubością i rodzajem litotypów w profilach pokładów. Pozwalają one wydzielić 4 stadia tworzenia się pokładów: Ia, Ib, IIa, IIb. W stadium Ia występowała najmniejsza częstotliwość i amplituda wahań poziomu wód, a krańcowo przeciwstawne warunki występowały w stadium IIb. W rezultacie w stadium Ia tworzyły się głównie warstwy węgla półbłyszczącego i półmatowego, grubsze niż w pozostałych stadiach. W stadiach kolejno Ib, IIa, IIb zwiększa się stopniowo udział węgla matowego i zmineralizowanego.

Skład mikrolitotypów węgla utworzonego w poszczególnych stadiach wskazuje, że warunki facjalne występujące w tym czasie w paleotorfowisku były zmienne, od odpowiadających facji telmatycznej leśnej (głównie w stadium Ia i Ib), poprzez fację telmatyczną leśno-szuwarową i szuwarową (głównie w stadium IIa), do bliskich facji limno-telmatycznej bądź limnicznej, otwartych zbiorników wodnych (głównie w stadium IIb).

3. Zróżnicowanie warunków facjalnych tworzenia się pokładów występuje zarówno w ich profilu stratygraficznym, jak i regionalnie (lateralnie).

Starsze pokłady warstw łaziskich, (pokł. 214 kop. "Siersza", pokł. 215 kop. "Ziemowit", ława dolna pokł. 209 kop. "Piast" i kop. "Ziemowit" oraz pokł. 209/3 kop. "Czeczott") zostały utworzone w znacznym stopniu w stadiach IIa i IIb lub rzadziej, w stadium Ib. Pokłady młodsze (pokł. 205/1 kop. "Piast", pokł. 205/4 kop. "Ziemowit", ława górna pokł. 209 kop. "Piast" i kop. "Ziemowit", pokł. 209 kop. "Siersza") tworzyły się głównie w stadium Ia.

Stwierdzono także, że najbardziej stabilne warunki facjalne występowały w obszarze kop. "Piast" i kop. "Czeczott". Największa zmienność warunków facjalnych występowała w paleotorfowisku podczas tworzenia się pokładów węgla na obszarze kop. "Ziemowit"

i "Janina". Stosunkowo mniejszą zmiennością charakteryzowały się warunki facjalne paleotorfowiska w obszarze kop. "Siersza".

4. Procesy biochemicznego rozkładu wyjściowego materiału roślinnego, zależnie od stadium facjalnego, przebiegały z różną intensywnością, przejawiającą się zróżnicowanym stopniem żelifikacji tkanki roślinnej. Najsłabiej zżelifikowanym składnikiem pochodzenia tkankowego jest telinit ortostrukturalny, występujący w największej ilości w węglu klarodurytowym utworzonym w stadium Ia. Najintensywniejsze przejawy żelifikacji obserwowano w węglu utworzonym w stadium IIb i częściowo IIa, w którym występuje głównie telokolinit i telinit zżelifikowany. W stadium Ia duroklarytowym, obserwowano natomiast fuzynityzację telinitu (telinit zżelofuzynityzowany).

Zróżnicowany stopień żelifikacji tkanki roślinnej w węglach stadiów Ia, Ib, IIa, IIb dowodzi,że zmienna częstotliwość i amplituda wahań poziomu wód w paleotorfowisku znacząco wpływały na charakter geochemiczny środowiska.

5. W zależności od udziału stadiów Ia, Ib, IIa, IIb w paleotorfowisku, badane pokłady węgla wykazują odpowiednio zróżnicowany skład mikropetrograficzny, dzielący je na trzy grupy: A,B,C.

Grupę A tworzą pokłady, w których dominujący udział ma węgiel utworzony w stadium Ia duroklarytowym, wyróżniający się najwyższą zawartością witrynitu i najwyższym łącznym udziałem witrytu, klarytu, witrynertytu i duroklarytu. Charkterystycznie wysoki jest w nich udział telinitu zżelifikowanego i zżelofuzynityzowanego.

Do pokładów grupy A zalicza się pokł. 205/1 i pokł. 209, ława górna kop. "Ziemowit" oraz pokł. 205/4 i pokł. 209, ława górna kop. "Piast".

Grupa B obejmuje pokłady utworzone w warunkach nieznacznie przeważającego udziału stadium Ia (klarodurytowego) nad udziałem pozostałych stadiów. Węgiel z pokładów grupy B wyróżnia się najwyższym łącznym udziałem egzynitu i inertynitu w składzie macerałów oraz wysokim łącznym udziałem klarodurytu, durytu i liptytu. Witrynit charakteryzuje się wysokim udziałem telinitu ortostrukturalnego. Do grupy B zalicza się: pokł. 209 i pokł. 214 kop. "Siersza" oraz pokł. 116/2 kop. "Janina".

Grupę C tworzą pokłady utworzone w warunkach dużego udziału stadium IIa i IIb, a niekiedy Ib, wyróżniające się wysokim udziałem substancji mineralnej i odpowiednio wysokim udziałem karbominerytu i skały płonej w składzie petrograficznym węgla.Witrynit reprezentowany jest głównie przez telokolinit lub telinit zżelifikowany. Grupa C obejmuje pokłady: 209, ława dolna, kop. "Piast" i kop. "Ziemowit", 215 kop. "Ziemowit" oraz 209/3 kop. "Czeczott".

6. Badane węgle w zależności od stadium facjalnego, w którym się tworzyły, wykazują zróżnicowane wartości współczynnika odbicia światła $\bar{R}v$ telokolinitu. Najwyższe wartości $\bar{R}v$ wykazuje telokolinit w węglu utworzonym w stadium Ia (duroklarytowym), niższe w stadium Ia (klarodurytowym)i najniższe w stadium IIa i IIb. Dowodzi to, że na zróżnicowany stopień uwęglenia, wyrażający się wartościami $\bar{R}v$, miał wpływ wykazany, niejednakowy w tych stadiach, stopień rozkładu materiału roślinnego, po fazie biochemicznych przemian.

Wniosek ten potwierdzają także zróżnicowane wartości współczynnika odbicia światła R macerałów grupy witrynitu, w zależności od ich stopnia żelifikacji. Z reguły najniższe wartości R wykazuje najsłabiej zżelifikowany telinit ortostrukturalny.

7. W zależności od stopnia żelifikacji, witrynit wykazuje zróżnicowaną strukturę chemiczną. Jak wykazują wyniki badań derywatograficznych i spektroskopowych, ze wzrostem zawartości telinitu w witrytach, rośnie udział połączeń alifatycznych w ich strukturze chemicznej i jednocześnie maleje współczynnik aromatyczności.

8. Przeprowadzone badania metodami petrograficznymi, fizycznymi, chemiczno-technologicznymi i instrumentalnymi wykazały konieczność wydzielenia ze względu na stopień uwęglenia dwóch klas węgla "a" i "b".

Węgiel klasy "a" charakteryzuje się wartością $\overline{R}_o < 0{,}60\%$, zawartością $C_o^{daf} < 75\%$. Wykazuje ponadto wysoką zawartość wilgoci W^a (maksymalnie 13.33%) oraz zawartość kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$ (maksymalnie 6.15%), odpowiadającą twardemu węglowi brunatnemu. Do klasy "a" zalicza się węgiel z pokładów grupy B i najbardziej do niego zbliżony pod względem składu petrograficznego, węgiel z pokładów grup A i C.

Węgiel klasy "b" charakteryzuje się wartością $\overline{R}_o \geq 0.60\%$ zawartością $C_o^{daf} \geq 75\%$, niższą zawartością wilgoci W^a (maksymalnie 6.32%), bardzo niską zawartością kwasów huminowych $(HA)_f^{daf}$ (maksymalnie 0.90%) i odpowiada węglom kamiennym. Klasa "b" obejmuje węgiel z pokładów grupy A i C.

Wydzielone klasy "a" i "b" nie odpowiadają podziałowi węgla typu 31 wg Q_s^{daf} na podtypy 31.1 i 31.2 (wg PN), wobec czego proponuje się dodanie do wyróżnika podtypu (31.1 lub 31.2) wyróżnika klasy ("a" lub "b"). Umożliwiłoby to skorelowanie podziału węgla typu 31 na podtypy ze stopniem uwęglenia, jak i wyznaczenie optymalnego kierunku jego użytkowania.

9. Zróżnicowanie facjalno-petrograficzne węgli typu 31 z warstw łaziskich i libiąskich wywiera decydujący wpływ na ich przydatność do procesów mechanicznego wzbogacania, upłynniania, zgazowania i do celów energetycznych.

Petrograficzna ocena efektów wzbagacania węgla wykazała, że najlepsze wyniki uzyska się podczas wzbogacania węgla z pokładów grupy A, a gorsze i najgorsze w wyniku wzbogacania węgla z pokładów grup B i C.

Wszystkie badane próbki węgla charakteryzują się wskaźnikami jakości odpowiadającymi, choć w różnym stopniu, kryteriom oceny przydatności w procesach upłynniania. Najlepszy surowiec do procesu upłynniania, ze względu na odpowiedni skład petrograficzny i najlepsze wskaźniki chemiczno-technologiczne, przedstawia węgiel klasy "b" z pokładów grupy A. Gorszy surowiec, z uwagi na konieczność wzbogacania, przedstawia węgiel klasy "b" z pokładów grupy C oraz węgiel klasy "a" z pokładów grupy B. Przeprowadzone laboratoryjne próby upłynniania węgla sugerują możliwość korzystnego wpływu telinitu na stopień konwersji węgla, co wymaga jednak potwierdzenia przez dalsze badania.

Badany węgiel przedstawia odpowiedni surowiec energetyczny i do zgazowania, chociaż wysoka zawartość siarki (S_t^d) w niektórych pokładach może ograniczać jego wykorzystanie. Znaczna część siarki zawartej w węglu występuje w postaci siarczków (pirytu, markasytu). Jak wykazano w toku petrograficznej analizy, część siarczków występuje w postaci drobnych (< 1 μm) okruchów rozproszonych w ziarnach koncentratu, niemożliwych do usunięcia w procesie wzbogacania.

Szacunkowa wielkość emisji związków siarki podczas spalania 10^3Mg koncentratu wynosi $0.16 - 10.40 \cdot 10^4$Mg.

LITERATURA

[1] Abdel-Baset M.B., Yarzab F.R., Given P.M.: Dependence of coal liquefaction behaviour on coal characteristics. 3. Statistical correlations of conversion in coal tetralin interactions. "Fuel", nr 57, 1978, s. 89-94.

[2] Ammosow I.I., Prianisznikow W.K.: Ocenka obogatimosti uglej po petrograficzeskim osobiennostiam. "Rozw. i ochr. nedr", nr 10, 1960, s. 10-14.

[3] Ammosow I.I., Jeremin I.W., Babinkow N.I., Greczisznikow N.P., Prianisznikow W.K., Musial S.A., Ammosow J.M.: Prognoz obogatimosti uglej po ich petrograficzeskim osobiennostiam w "Petrograficzeskije osobiennosti i swojstwa uglej". Wyd. An SSSR, Moskwa 1963, s. 300-337.

[4] Ammosow I.I., Babuszkin B.G., Greczisznikow N.P., Jeremin J.W., Kałmykow G.S., Prianisznikow W.K.: "Promyszlenno-geneticzeskaja klasyfikacja uglej SSSR". Wyd. AN SSSR, Moskwa 1964, s. 44-65.

[5] Benedict L.G., Tompson R.R., Shigo J.J.III., Aikman R.P.: Pseudovitrinite in Appalachian coking coals. "Fuel" nr 47, 1968, s. 127-143.

[6] Blaschke W., Górska L., Mokrzycki E., Suwała W.: Parametry jakościowe oraz kierunki wykorzystania węgli kamiennych. Mat. Ogólnokrajowej Konferencji n.t.: "Problemy badań węgla...". Jaworze 1984, s. 13-23.

[7] Brown H.R., Cook A.C., Taylor G.H.: Variation in the properties of vitrinite in isometamorfic coal. "Fuel" nr 43, 1964, s. 114-124.

[8] Cebulak S., Dembowski Z.: Charakterystyka petrograficzna i problemy sedymentologiczne osadów karbonu produktywnego w Górnośl. Zagł. Węgl. XXXVII Zjazd PTG, n.t.: "Problemy geologiczne i surowce Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego". SITG, Katowice 1964, s. 13-28.

[9] Chmura A.: O występowaniu siarki w węglach pokładowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. "Przegląd Górniczy" t. 43, 1987, nr 10, s. 7-9.

[10] Chmura A., Chruściel Z.: Polskie węgle pokładowe z GZW, DZW, LZW, na tle międzynarodowego systemu kodyfikacji. Materiały VI Konferencji Naukowej n.t. "Petrologii Węgla". Kraków 1988, s. 9-14.

[11] Chruściel Z.: Nowy wskaźnik oceny stopnia metamorfizmu węgli kamiennych. "Przegląd Górniczy", 1981, nr 12, s. 592-596.

[12] Czekaj A., Dembowski Z., Moszczyńska U., Kuchciński J., Siewniak A.: Region górnośląski, utwory karbonu górnego; mapy miąższości i zawartości materiału gruboklastycznego oraz zawartości materiału fitogenicznego. WG, Warszawa 1964.

[13] Davis A., Mitchell G.D., Derbyshire F.J.: Optical properties of coals and liquefaction residues as indicators of reactivity. "Fuel" nr 70, 1991, s. 352-361

[14] Dehmer J.: Untersuchungen an Torfen und Braunkohlen - ein Beitrag zur Fazies und Genese Gebänderter Braunkohlen. 50 Sitzung der Kohlen-petrografischen Arbeitsgemeinschaft am 18.4.1989 (Anlage 4), Aachen.

[15] Dembowski Z.: Rozwój i wykształcenie warstw libiąskich w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. "Biuletyn Inst. Geolog." nr 204, 1967, s. 5-95.

[16] Dembowski Z.: Krakowska seria piaskowcowa Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. "Prace Inst. Geolog." nr 61, 1972, s. 509-537.

[17] Derbyshire F.: Vitrinite structure alterations with rank and processing. "Fuel" nr 70, 1991, s. 276-285.

[18] Diessel C.F.K.: Correlation of macro- and micropetrography of some New South Walles coals. In: "Proceedings-General", vol. 6, 8 th Commonw. Min. Mettall Congr., Melbourne 1965, s. 669-677.

[19] Doktorowicz-Hrebnicki S., Bocheński T.: Podstawy i niektóre wyniki paralelizacji pokładów węgla w Zagłębiu Górnośląskim. Geolog. Biuletyn Inf., nr 1, Warszawa 1951.

[20] Duber S., Spyrzyński S., Duber K.: Opracowanie charakterystyki węgli występujących w Nadwiślańskim Okręgu Węglowym, na podstawie dotychczasowych danych i wyników badań. Sprawozdanie z prac nauk.-bad. w ramach CPBP 01.16 w latach 1987-1991, Zakład Karbochemii PAN, Gliwice 1991.

[21] Gabzdyl W.: Charakterystyka petrograficzno-facjalna pokładów węgla i skał towarzyszących w kopalni Jastrzębie (Rybnicki Okręg Węglowy). "Prace Geologiczne" PAN, nr 55, Warszawa 1969.

[22] Gabzdyl W.: Rola i znaczenie wskaźników petrograficznych w międzynarodowej klasyfikacji węgla. ZN Pol. Śl., seria Górnictwo, z. 132, 1985, s. 31-40.

[23] Gabzdyl W.: Petrografia węgla. Skrypt Wyd. Polit. Śl., Gliwice 1987.

[24] Gabzdyl W., Hanak B.: Budowa petrograficzna i stopień uwęglenia witrytu z kopalni "Siersza" (GZW), "Kwartalnik Geologiczny" t. 26, z. 3/4, 1982, s. 505-523.

[25] Gabzdyl W., Hanak B.: Charakterystyka petrograficzna węgla z pokładów KWK "Janina". ZN Pol. Śl., seria Górnictwo, z. 125, 1984, s. 5-2

[26] Gabzdyl W., Hanak B., Komorek J.: Wpływ gradientu gęstości na rozmieszczenie macerałów w frakcjach próbek bruzdowych węgla. "Przegląd Górniczy" nr 1, 1990, s. 20-24.

[27] Gabzdyl W., Hanak B., Pietraszek D.: Badania mineralogiczno-petrograficzne składników organicznych i nieorganicznych węgla z KWK "Janina" dla prognozy ich zachowania się w procesie upłynniania. Archiwum Pol. Śl. Gliwice 1982.

[28] Gabzdyl W., Hanak B., Pietraszek D.: Wpływ składu petrograficznego węgla z kopalni "Janina" na przebieg krzywych termograwimetrycznych. "Koks Smoła Gaz" nr 2, 1984, s. 27-32.

[29] Gabzdyl W., Hanak B., Probierz K.: Rola badań petrograficznych w ocenie wartości przemysłowej węgla kamiennego. Mat. Ogólnokr. Konferencji n.t.: "Problemy badań węgla...", Jaworze 1984, s. 67-77.

[30] Gabzdyl W., Hanak B., Wilk A.: Charakterystyka petrograficzna węgli z kopalni "Siersza" dla celów przetwórstwa. Archiwum Pol. Śl. Gliwice 1981.

[31] Gabzdyl W., Hanak B., Winnicki J.: Wstępne kryteria oceny petrograficznej węgla przeznaczonego do uplynniania. "Przegląd Górniczy" nr 1, 1984, s. 25-35.

[32] Gabzdyl W., Hanak B., Winnicki J.: Charakterystyka petrograficzna stałej pozostałości po uwodornieniu węgla w procesie autoklawowym. "Koks Smoła Gaz" nr 6, 1987, s. 131-136.

[33] Gabzdyl W., Trela Z.: O występowaniu niestałych przerostów łupków ogniotrwałych w pokładach warstw łaziskich Górnośl. Zagł. Węgl. "Kwartalnik Geologiczny" t. 20, nr 2, 1976, s. 293-301.

[34] Gerus-Piasecka I., Jasieńko S.: Zmiany własności węgla płomiennego i odmian petrograficznych w procesie wietrzenia. "Koks Smoła Gaz" nr 2, 1982, s.31-36

[35] Given P.H., Cronauer D.C., Spackman W., Lovell H.L., Davis A., Biswas B.: Dependence of coal liquefaction behaviour on coal characteristic. 1. Vitrinite rich sample. "Fuel" nr 54, 1975, s. 34-39.

[36] Given P.H., Cronauer D.C., Spackman W., Lovell H.L., Davis A., Biswas B.: Dependence of coal liquefaction behaviour on coal characteristic. 2. Role of petrographic composition. "Fuel" nr 54, 1975, s. 40-48.

[37] Gothan W., Hartung W.: Erlauterungen zur Geologischen Übersichtkarte des Oberschlesischen Steinkohlenbecken. Berlin 1942.

[38] Gradziński R., Doktor M.: Środowisko depozycji krakowskiej serii piaskowcowej. Mat. XII Sympozjum geologii formacji węglonośnych Polski. AGH Kraków, 1989, s. 11-15.

[39] Gray D.: Inherent mineral matter in coal and its effect upon hydrogenation. "Fuel" nr 57, 1978, s. 213-215.

[40] Hacquebard P.A., Donaldson J.R.: Carboniferous coal deposition with floodplain and limnic environments in Nova Scotia. In: E.C.Dapples and M.E.Hopkins (editors): "Environment of Coal Deposition". Geol. Soc. Am. Spec. pap. 114, 1969, s. 143-191.

[41] Hajdus D.: Wykonanie kompleksowych badań fizyko-chemicznych i analitycznych węgli z KWK "Janina" wytypowanych do zgazowania. Dokumentacja pracy bad.-nauk. Inst. Górnictwa Nafty i Gazown., Kraków 1980.

[42] Hajdus D., Iwasyk E., Brożek E., Wielowiejska B.: Kompleksowe badania polskich węgli kamiennych przeznaczonych do zgazowania. "Koks Smoła Gaz" nr 7-8, 1981, s. 159-163.

[43] Hajdus D.: Wykonanie kompleksowych badań fizyko-chemicznych i analitycznych węgla dla wytypowanych kopalń z Jaworzn.-Mikołowsk. Zjedn. Przem. Węgl. Dokumentacja pracy bad.-nauk. Inst. Górn. Nafty i Gazown., Kraków 1981.

[44] Hamberger K.: Nomenklatura w petrografii i klasyfikacji węgla. Mat. Sympozjum n.t. "Wybrane zagadnienia w petrografii i klasyfikacji węgla", AGH, Kraków 1976, s. 7-8.

[45] Hanak B.: Charakterystyka petrograficzna węgli koksowych z kopalni Moszczenica dla określenia ich wzbogacalności. Wyd. Geolog. PAN, nr 127, Warszawa 1983.

[46] Hanak B.: The petrological investigations of coals at the boundary of the subbituminous and bituminous rank stage, from eastern part of Upper Silesian Coal Basin. "Acta Montana", nr 2 Praga 1992, s. 35-44.

[47] Hanak B., Komorek J.: Zróżnicowanie petrograficzno-chemiczne witrynitu z węgla błyszczącego typu 31. ZN. Pol. Śl., seria Górnictwo, z. 155, Gliwice 1987, s. 23-39.

[48] Heilpern St.: Badanie przebiegu procesu koksowania węgli kamiennych przy zastosowaniu analizy derywatograficznej. "Koks Smoła Gaz" nr 1, 1972, s. 1-9.

[49] Ihnatowicz M., Kulczycka J., Potyka W.: Badania nad podatnością polskich węgli kamiennych różnych typów do upłynniania. Mat. Ogólnokrajowej Konferencji n.t.: "Problemy badań węgla...", Jaworze, 1984, s. 120-130.

[50] International Committee for Coal Petrology (ICCP): International Handbook of Coal Petrography, 2 nd ed., 1963; Suppl. to 2 nd Ed., Centre Nat. de Rech. Sci., Paris 1971.

[51] Jachowicz A.: Charakterystyka mikroflorystyczna górnośląskiego karbonu produktywnego w polskiej części zagłębia. Rocznik PTG nr 37, z.1, 1967.

[52] Jeremin A.P., Żarowa M.N., Skripczenko G.B.: Wieszczestwiennyj sostaw, struktura iskopajemych uglej w swiazi z ich pierierabotkoj w żidkoje i gazoobraznoje topliwo. "Chimija Twierdowo Topliwa" nr 4, 1978, s. 22-28.

[53] John A., Żerda T.W., Matuszewska A., Hacura A.: Badania spektroskopowe w podczerwieni wybranych węgli kamiennych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Prace Uniw. Śl., "Geologia". t.4, nr 363, 1980, s. 108-131.

[54] Kidawa H., Jasieńko S.: Właściwości i struktura węgli z kopalni "Janina" Nadwiślańskiego Okręgu Węglowego. "Koks Smoła Gaz", nr 11-12, 1989, s. 259-267.

[55] Kiriukow W.W.: Metody issledowanija wieszczestwiennogo sostawa twierdych goriuczich iskopajemych. Wyd. Nedra, Leningrad 1970, s. 64-75.

[56] Koegh R.A., Chawla B., Taulbee D. and Davis B.H.: Liquefaction of macerals separated from a single coal. "1989 International Conference on Coal Science", Maastricht 1987, s. 683-686.

[57] Kotas A., Malczyk W.: Górnośląska seria piaskowcowa piętra namuru górnego. "Prace IG", nr 61, 1972, s. 427-462.

[58] Kotas A., Porzycki J.: Pozycja geologiczna i główne cechy karbońskich złóż węglowych. "Przegląd Geologiczny" nr 5, 1984, s. 268-279.

[59] Korżeniewskaja E.S., Bogdanowa Ł.A., Łapo A.W.: Charaktieristika mikrokomponentow uglej rozlicznych grup uglefikacji. Witrynity. W "Petrograficzeskije tipy uglej SSSR". Wyd. Nedra, Moskwa 1975, s. 31-42.

[60] Krajewski J.: Własności węgla z kopalni Artur. Biuletyn Instytutu Węglowego, nr 50, 1949.

[61] Krevelen D. W.: Coal, London, 1961, s. 35-126, 201-216, 343-272, 404-414.

[62] Kriczko A.A., Titowa T.A.: Gidrogenizacja ugla pod niewysokim dawlenijem wodoroda. "Chimija twierdowo topliva" nr 6, 1980, s. 81.

[63] Kruszewska K.: Problemy stratygraficzne i identyfikacyjne pokładów grupy 200 z kop. "Bolesław Śmiały". "Kwartalnik Geologiczny" t. 7, nr 3, 1969, s. 300-309.

[65] Kruszewska K.: Wstępna ocena przydatności węgli kamiennych GZW w kokso- i karbochemii w świetle badań petrograficznych. "Kwartalnik Geologiczny" t. 26, nr 1, 1982, s. 71-87.

[66] Kruszewska K.: Microfacies types of coal seams in Upper Silesian Coal Basin. "Kwartalnik Geologiczny" t. 27, nr 1, 1983, s. 41-58.

[67] Kruszewska K.: The use of reflectance to determine maceral composition and the reactive-inert ratio of coal components. "Fuel" vol. 68, nr 6, 1989, s. 71-79.

[68] Kryłowa H.M., Gawriłowa O.J.: Petrograficzeskije priznaki i chimiczeskije swojstwa kamiennych uglej i ich izmienienija w procesie metamorfizma; w "Petrografia uglej SSSR", wyd. Nedra, Leningrad 1982, s. 68-74.

[69] Kuhl J. Hanak B.: Wpływ węgla brunatnego w stropie pokładu 405/3 na klarowanie wód popłuczkowych. "Przegląd Górniczy". nr 12, 1970, s. 548-551.

[70] Kuhl J., Kruszewska K.: Łupki ogniotrwałe (iłowce krystaliczne) z warstw łaziskich w Śląsko-Krakowskim Zagłębiu Węglowym jako horyzonty przewodnie przy paralelizacji pokładów węgla. "Acta Geol. Polonica" vol. XV, nr 1, 1965, s. 1-38.

[71] Kulczycka J.: Problemy analityczne związane z nowymi metodami utylizacji węgla.; w "Konwersatorium analityczne na temat: Metody analityczne badania surowców węglowych". GIG, Katowice 1978, s. 123-138.

[72] Kulczyński St.: Geneza karbońskich złóż węglowych. Prace Wrocł. Tow. Nauk seria B, nr 64, 1952.

[73] Littke R.: Petrology and genesis of Upper Carboniferous seams from the Ruhr - region, West Germany. "Int. J. Coal Geology" nr 7, 1987, s. 147-184.

[74] Łapo A.W.: Nowyje dannyje o witrite i drugich mikrokomponentach iskopajemych uglej; w: "Issledovan. Organicz. wieszcz. sowriemien. i iskop. osadkow". Wyd. Nauka, Moskwa 1976, s. 176-186.

[75] Łarina N.K., Smutkina Z.S., Sekrieru W.J., Skripczenko G.B.: Fiziko-chimiczeskije charakteristiki gazowych uglej kak syria dla połuczenija iskusstwiennogo żidkowo topliwa. "Chim. twierd. topl." nr 5, 1978, s. 32-33.

[76] Machnikowska H., Jasieńko S.: Liquefaction of macerals from high-volatile bituminous coal. "Proceedings, 1985 International Conference on Coal Science", Sydney 1985, s. 673-676.

[77] Machnikowska H., Jasieńko S.: Badanie struktury składników petrograficznych węgla płomiennego i produktów ich ekstrakcji pirydyną. "Koks Smoła Gaz" nr 11-12, 1989, s. 267-271.

[78] Mahajan O.P., Tomita A., Nelson J.R., Walker P.L.Jr.: Differential scaning calorymetry studies on coal. 2. Hydrogenation of coals. "Fuel", nr 56, 1977, s. 33.

[79] Makowski A.: O reakcji ługu potasowego na niektóre węgle polskie. Prace nauk. PIG, 1928-30, s. 32-38.

[80] Marchioni D.L.: Petrography and depositional environment of the Liddell seam. Upper Hunter Valley, New South Wales "Intern. Journal of Coal Geol.", nr 1, 1980, s. 35-61.

[81] Mastalerz M.: Możliwość identyfikacji pokładów węgla na podstawie diagramów litotypów. "Przegląd Geologiczny" nr 11, 1985, s. 633-635.

[82] Matuszewska A., John A.: Physicochemical analysis of semicokes obtained from coals of Upper-Vistula Coal Region. "Proceedings of the Internationale Conference" Wrocław 1991, s. 90-92.

[83] Mc Cartney J.T. and Teichmüller M.: Classification of coals according to degree of coalification by reflectance of the vitrinite component. "Fuel" vol. 51, 1972, s. 64-68.

[84] Meeting of the ICCP held at the University of Wollongong, 19th Feb. 1990, 41 session ICCP, Coal classifications.

[85] Monografia własności fizyko-chemicznych polskich węgli pokładowych i sortymentowych wg potrzeb kopalń Gwarectw Węglowych i CZW. Dokumentacja pracy bad.-pozn. o symb. 201.3202.02/87/B2, GIG, Katowice 1987.

[86] Mukherjee D.K., and Chowdbury P.B.: Catalytic effect of mineral matter constituents in a North Assam coal hydrogenation. "Fuel", nr 54, 1976, s. 4-10.

[87] Oelert H.H.: Infrarotspektroskopische Gruppenanalyse an festen aromatischen Vielstoffgemischen. "Z. Anal. Chem." nr 231, Berlin 1967, s. 81-105.

[88] Pięta D.: Stan badań polskich węgli kamiennych w świetle danych zgromadzonych w komputerowych bazach danych IKAR i WĘGIEL. Zakład Karbochemii PAN, Gliwice 1992.

[89] Porzycki J.: Seria mułowcowa piętra westfalu dolnego. "Prace Inst. Geol." nr 61, 1972, s. 467-500.

[90] Roga B.: Węgiel kamienny, przeróbka i użytkowanie. PWT, Katowice 1954, s. 58.

[91] Shibaoka M.: Behaviour of vitrinite macerals in some organic solvents in the autoclave. "Fuel" vol. 60, nr 3, 1981, s. 240-246.

[92] Shibaoka M.: Changes in vitroplast derived from a high bituminous coad during tetralin treatment. "Fuel" vol. 60, nr 3, 1981, s. 945-950.

[93] Smith A.H.V.: The paleoecology of Carboniferous peats based on the miospores and petrography of bituminous coals. "Proc. Yorkshire geol. Soc." nr 33, 1962, s. 423-474.

[94] Smith A.H.V.: Seam profiles and seam characters, in: Murchison D.G., Westoll T.S.; "Coal and coal-bearing strata". Oliver and Boyd, Edinburgh 1968, s. 31-40.

[95] Smutkina Z.S., Sekerieru W.I., Titova T.A., Skripczenko G.B.: Deriwatograficzeskoje issledowanije kamiennych uglej kak syria dla destruktiwnoj gidrogenizacji. "Chim. twierd. topl." nr 1. 1982, s. 59-64.

[96] Stach's Textbook of Coal Petroloy. Gebrüder Borntraegar, Third edition. Berlin-Stuttgart, 1982, s. 219-223, 227-231, 319-332, 341-348.

[97] Steczko K., Iwasyk Z., Łoziński J.: Ocena wpływu składu chemicznego i własności fizykochemicznych popiołów oraz żużli węglowych na reaktywność węgla", Praca bad.-nauk., symbol PR-1, 1.3.2-3.2/1265/GW, Inst. Górn. Naft. i Gazown., Kraków 1982.

[98] Steczko K., Iwasyk Z., Krasińska A.: Reaktywność węgla jako jeden z parametrów oceny jego przydatności do zgazowania. Mat. Ogólnokraj. Konf. n.t.: "Probl. badań węgla". Jaworze 1984, s. 181-191.

[99] Steller M.: Hydrogenation behaviour of coal maceral association. "Int. Journ. of Coal Geology" nr 9, 1987, s. 109-127.

[100] Steller M.: The influence of maceral intergrowth on the hydrogenation of coal. "International Conference on Coal Science", Maastricht 1987.

[101] Steller M., Kalkreuth W., Hodek W.: Hydrogenation of selected subbituminous and bituminous coal. "Erdöl und Kohle" Bd. 40, h. 9, 1987, s. 383-393.

[102] Stopa S.Z.: O zmianie flory karbońskiej wśród pokładów i o jej znaczeniu stratygraficznym. "Rocznik PTG" nr 12, Kraków 1936.

[103] Stopa S.Z.: Problematyka stratygraficznego podziału karbonu krakowsko-śląskiego w świetle paleobotaniki. "Rocznik PTG", nr 37, Kraków 1967, z. 1.

[104] Stopes M.C.: On the four visible ingredients in banded bituminous coal. "Proc. Roy. Soc.", B. 90, 1919, s. 470-487.

[105] Stout S.A., Spackman W.; A mikroskopic investigation of woody tissues in peats: some processes active in the peatification of lignino-cellulosic cell wals. "Int. J. Coal Geology" nr 8, 1987, s. 55-58.

[106] Strehlau K.: Facies and genesis of Carboniferous coal seams of Northwest Germany. "Intern. Journ. of Coal Geology" nr 15, 1990, s. 245-292.

[107] Szafran M., Dega-Szafran Z.(red.): Określenie struktury związków organicznych metodami spektroskopowymi. Tablice i ćwiczenia. Warszawa 1988.

[108] Szymański A., Szymański J.M.: Badanie twardości minerałów i skał. WG, Warszawa 1976.

[109] Tasch K.H.: Die Möglichkeiten der Flözglaichstellung unter Zuhilfenahme von Flözbildungsdiagrammen. "Bergbau-Rdsch." nr 12, 1960, s. 153-157.

[110] Teichmüller M.: Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle. Fortschr. Geol. Reinld. u. Westf." nr 2, 1958, s. 599-612.

[111] Teichmüller M.: Die Genese der Kohle. Compt. r. "4 Congrées Intern. de Strat. Géol. du Carbonifère", Heerlen, 1958, s. 699-722.

[112] Teichmüller M., Teichmüller R.: The geological basis of coal formation. in: "Stach's textbook of coal petrology", 3 edd., Berlin-Stuttgard 1982, s. 38-45.

[113] Teichmüller M.: The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. "Int. J. of coal Geology" nr 12, 1989, s. 1-87.

[114] Timofiejew P.P., Bogolubowa L.I.: Organiczeskoje wieszczestwo i jego izmienienije w procesie ugleobrazowanija. w: Osadkonakoplenije i genezis uglej karbona SSSR. Moskwa 1971, s. 185-211.

[115] Winnicki J.: Rola substancji mineralnej w procesie jego uwodornienia; Mat. Ogólnokraj. Konf. n.t.: "Problemy badań węgla..." Jaworze 1984, s. 131-133.

[116] Wołkova I.B., Bogdanowa M.W.: Petrograficzeskije priznaki i chimiczeskije swojstwa burych uglej i ich izmienienie w procesie metamorfizma w "Petrografija uglej SSSR", Leningrad 1982, s. 57-64.

[117] Zaklasyfikowanie węgli pokładowych z kopalń Jaworznicko-Mikoł. Gwarectwa Węglowego wg projektu nowej międzynar. klasyf. węgla EKG-ONZ, oraz klasyfikacji Polskiej. Dokumentacja pracy bad.-nauk. GIG, Katowice 1986.

[118] Ziółkowski J.: Fizyczne i chemiczne własności petrograficznych składników strukturalnych węgla. Prace GIG, kom. nr 229, Katowice 1959.

[119] Dokumentacje geologiczne kopalń: "Siersza", "Janina", "Piast", "Ziemowit" i "Czeczott": Działy Mierniczo-Geologiczne: kop. "Janina" w Libiążu, kop. "Siersza" w Trzebini, kop. "Ziemowit" w Lędzinach, kop. "Czeczott" w Miedźnej Woli.

OBJAŚNIENIA DO MIKROFOTOGRAFII

Wszystkie mikrofotografie wykonano w świetle odbitym z zastosowaniem obiektywu immersyjnego, przy powiększeniu 320x.

EXPLANATIONS TO MICROPHOTOGRAPHS

All microphotographs were taken on polished surfaces under oil immersion, magnification 320x.

Fot. 1. Telinit ortostrukturalny, ścianki komórek o wyraźnym reliefie, puste przestrzenie komórkowe zacieśnione. Pokł. 214, kop. "Siersza"

Fig. 1. Orthostructural telinite, cell walls with clear relief, empty cell lumens are compresed. Seam 214, "Siersza" mine

Fot. 2. Telinit ortostrukturalny z żelokolinitem (kż) i rezynitem (r) w przestrzeniach komórkowych
Pokł. 209 kop. "Siersza"

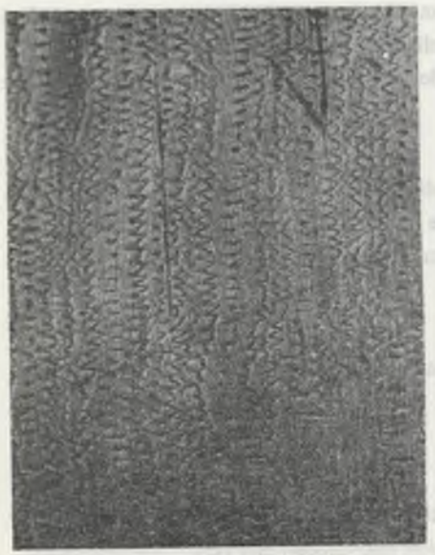
Fig. 2. Orthostructural telinite with gelocollinite (kż) and resinite (r) in cell lumens.
Seam 209, "Siersza" mine

Fot. 3.Telinit ortostrukturalny w przekroju podłużnym, ścianki komórek słabo zżelifikowane, o wyraźnym reliefie
Pokł. 205/1, kop. "Ziemowit"

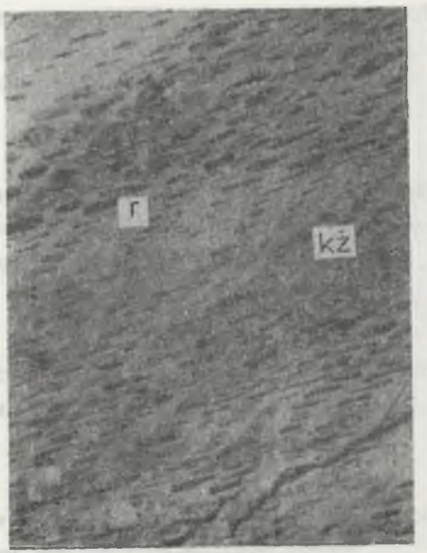
Fig. 3. Orthostructural telinite in a longitudinal section, cell walls weakly gelificated, with clear relief
Seam 205/1, "Ziemowit" mine

Fot. 4. Telinit ortostrukturalny, cienkościenny, przestrzenie komórkowe wypełnione żelokolinitem (kż); w dolnej części fotografii przejście w telinit zżelifikowany (tż)
Pokł. 116/2, kop. "Janina"

Fig. 4. Orthostructural telinite with gelocollinite (kż) cell fillings and thin cell walls; in the lower part of the picture: transition from orthostructural telinite to gelificated telinite (tż)
Seam 116/2, "Janina" mine

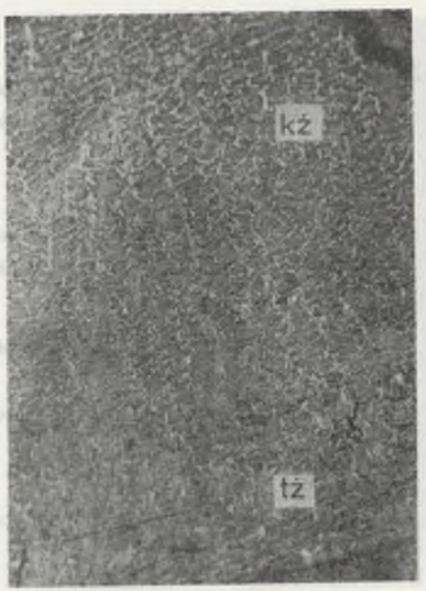


Fot. 1



Fot. 2

Fot. 3



Fot. 4

Fot. 5. Telinit ortostrukturalny (to), o wyraźnym reliefie ścianek komórkowych; w dolnej części: przejście w odmianę telinitu zżelifikowanego (tż) o zanikającym reliefie; w górnej części: zżelifikowane, silnie zdeformowane i częściowo sfuzynityzowane ścianki telinitu
Pokł. 209, kop. "Siersza"

Fig. 5. Orthostructural telinite (to) with clear relief of cell walls; in the lower part of the picture: transition into gelificated telinite (tż) with dissappearing relief of cell walls; in the upper part of the picture: gelificated cell walls are strongly deformed and partly fusinitized
Seam 205/1, "Ziemowit" mine

Fot. 6. Telinit zżelifikowany (tż), słabo zachowana struktura tkankowa, słabo zaznaczony, najczęściej niewidoczny relief ścianek komórek; w dolnej części: przejście do telokolinitu (kt)
Pokł. 215, kop. "Ziemowit"

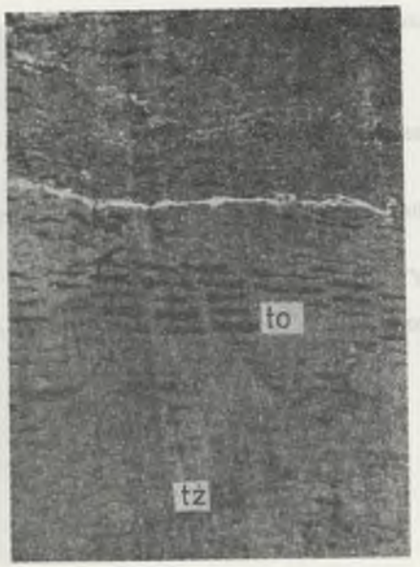
Fig. 6. Gelificated telinite, tissue structure weakly preserved, cell walls with very low or without relief; in the lower part: transition into telocollinite (kt)
Seam 215, "Ziemowit" mine

Fot. 7. Telinit zżelifikowany (tż), słabo zachowana struktura tkankowa, ścianki komórek zdeformowane, miejscami całkowicie zżelifikowane lub rozpłynięte w żelokolinicie (kż)
Pokł. 209, kop. "Siersza"

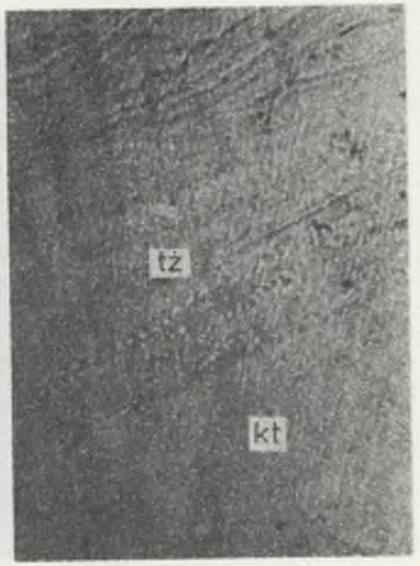
Fig. 7. Gelificated telinite (tż), tissue structure weakly preserved, cell walls are deformed, completely gelificated in some places or spread in gelocollinite (kż)
Seam 209, "Siersza" mine

Fot. 8. Telinit zżelifikowany - fragment fylotelinitu (tż) przechodzącego w semifuzynit (sf) w górnej części
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit"

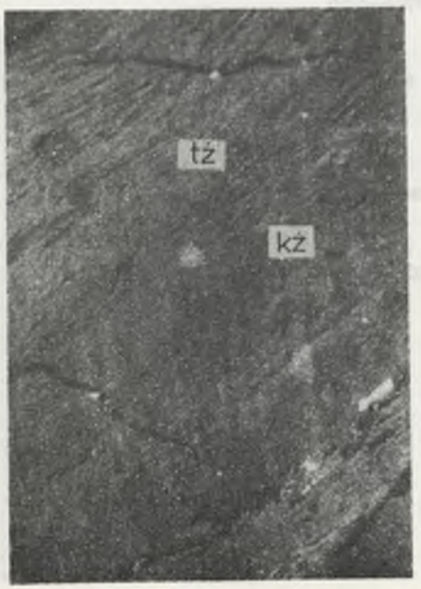
Fig. 8. Gelificated telinite - phyllotelinite fragment (tż), in upper part transiting into semifusinite (sf)
Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine



Fot. 5



Fot. 6



Fot. 7

Fot. 8

Fot. 9. Telinit zżelifikowany i spękany, przestrzenie komórkowe wypełnione jaśniejszym korpokolinitem (ko)
Pokł. 209, ława górna, kop. "Piast"

Fig. 9. Gelificated and cracked telinite, cell lumens are filled with lighter corpocollinite (ko)
Seam 209, top bank, "Piast" mine

Fot.10. Telinit zżelofuzynityzowany, z korpokolinitem (ko) oraz smugami substancji ilastej z rezynitem (il, r) i mikrynitem (mi)
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit"

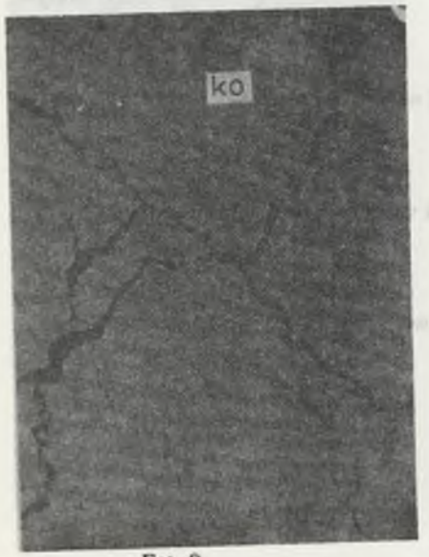
Fig.10. Gellificated and fusinitized telinite with corpocollinite (ko) and streaks af clay minerals with resinite (il, r) and micrinite (mi)
Seam 209, "Ziemowit" mine

Fot. 11. Telinit, zmikrynityzowane ścianki komórek, widoczne skupienia żelokolinitu (kż), niekiedy porowate, przypominające korpokolinit
Pokł. 205/4, kop. "Piast"

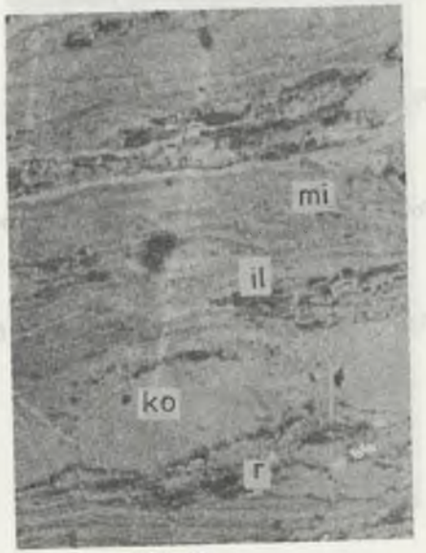
Fig. 11. Telinite, with micrinitized cell walls and gelocollinite, (kż) bodies, occasionally porous, similar to corpocollinite
Seam 205/4, "Piast" mine

Fot. 12. Telinit sfuzynityzowany, przestrzenie komórek wypełnione żelokolinitem
Pokł. 209, ława górna, kop. "Piast"

Fig. 12. Fusinitized telinite, cell lumens are filled with gelocollinite
Seam 209, top bank, "Piast" mine



Fot. 9



Fot. 10

Fot. 11

Fot. 12

Fot. 13. Telinit zżelifikowany, przestrzenie komórkowe wypełnia drobnoziarnisty mikrynit, ujawniając strukturę tkankową
Pokł. 209, kop. "Siersza"

Fig. 13. Gelificated telinite, cell lumens are filled with fine - grained micrinite revealing the tissue structure
Seam 209, "Siersza" mine

Fot.14. Telinit zżelifikowany, przestrzenie komórek wypełnione korpokolinitem (ko), niekiedy z wtrąceniami rezynitu (r)
Pokł. 116/2, kop. "Janina"

Fig.14. Gelificated telinite, cell lumens are filled with corpocollinite (ko), occasionaly with inclusions of resinite
Seam 116/2, "Janina" mine

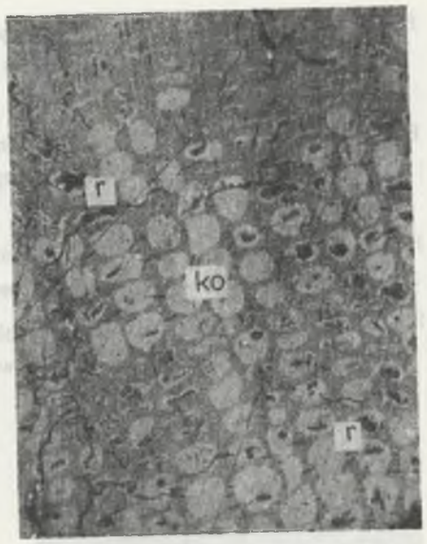
Fot. 15. Pseudotelinit, charakterystyczne przecinkowate, lekko zakrzywione spękania, ścianki komórek zżelifikowane i zdeformowane;
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit"

Fig. 15. Pseudotelinite with characteristic, slightly curved slit - like openings, cell walls are gelificated and deformed
Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine

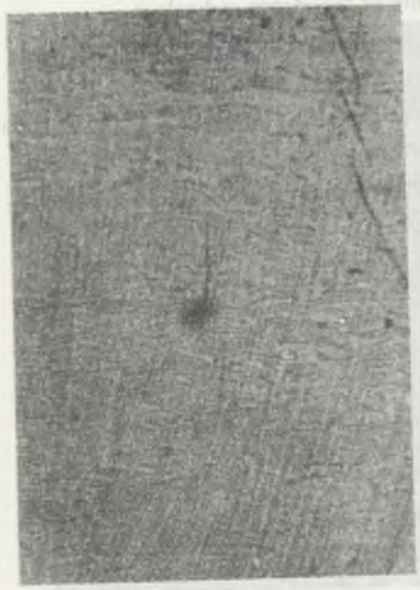
Fot. 16. Pseudokolinit, charakterystyczne, przecinkowate spękania niekiedy z pirytem, struktura tkankowa niewidoczna
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit"

Fig. 16. Pseudocollinite with characteristic slit - like openings sometimes with pyrite, tissue structure is invisible
Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine

Fot. 13



Fot. 14



Fot. 15

Fot. 16

Fot. 17. Telinit ortostrukturalny (to) przechodzący w telinit zżelifikowany z korpokolinitem, na kontakcie z karbargilitem (kar)
Pokł. 215, kop. "Ziemowit"

Fig. 17. Orthostructural telinite (to) transiting into gelificated telinite with corpocollinite, at the point of contact with carbargilite (kar)
Seam 215, "Ziemowit" mine

Fot. 18. Telinit cienkościenny z korpokolinitem w otoczeniu duroklarytu.
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit"

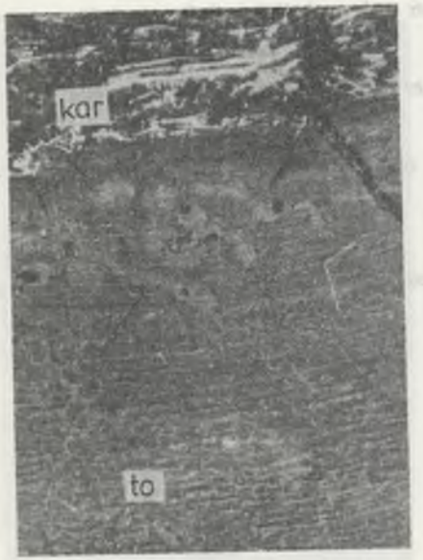
Fig. 18. Thin - walled telinite with corpocollinite surrounded by duroclarite.
Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine

Fot. 19. Telokolinit (kt), o pasmowo zróżnicowanej refleksyjności i barwie, kontaktujacy z duroklarytem rezynitowym (dk)
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Piast"

Fig. 19. Telocollinite (kt) displaying zone variability of reflectance and colour, in a contact with resinous duroclarite
Seam 209, bottom bank, "Piast" mine

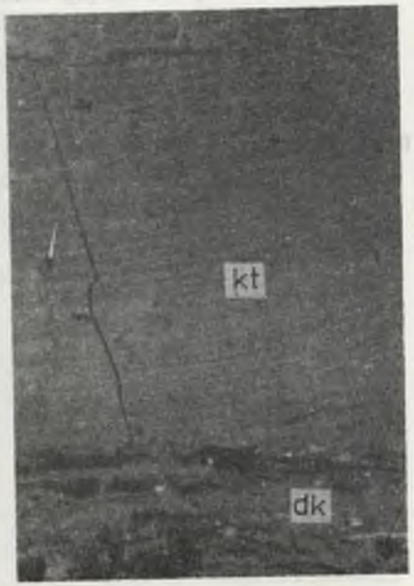
Fot. 20. Witryt zbudowany z desmokolinitu z mikrynitem (mi) w otoczeniu korpokolinitu (ko), na kontakcie z duroklarytem witrynitowym (dk). Pokł. 205/4, kop. "Piast"

Fig. 20. Vitrite composed of desmocollinite with micrinite (mi), surrounded by corpocollinite (ko), at the point of contact with vitrinite - rich duroclarite (dk)
Seam 205/4, "Piast" mine

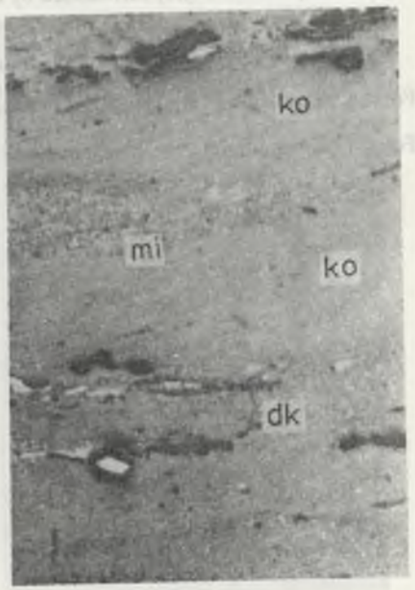


Fot. 17

Fot. 18



Fot. 19



Fot. 20

Fot. 21. Telokolinit (kt), okruchy ostrokrawędziste w desmokolinicie (kd), w brekcji węglowej
Pokł. 215, kop. "Ziemowit"

Fig. 21. Telocollinite (kt), sharp - edged particles in desmocollinite (kd) in coal breccia
Seam 215, "Ziemowit" mine

Fot. 22. Telokolinit (kt), okruchy obtoczone i ostrokrawędziste w desmokolinicie (kd), w brekcji węglowej
Pokł. 215, kop. "Ziemowit"

Fig. 22. Telocollinite (kt), abraded and sharp - edged particles in desmocollinite (kd) in coal breccia
Seam 215, "Ziemowit" mine

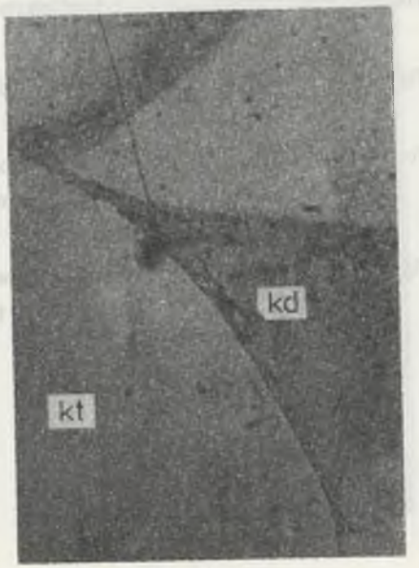
Fot. 23. Korpokolinit (ko) w otoczeniu desmokolinitu (kd) z minerałami ilastymi (il), rezynitem (r) i inertodetrynitem (id)
Pokł. 209 ława dolna, kop. "Piast"

Fig. 23. Corpocollinite (ko) surrounded by desmocollinite (kd) with clay minerals (il), resinite (r) and inertodetrinite (id)
Seam 209, bottom bank, "Piast" mine

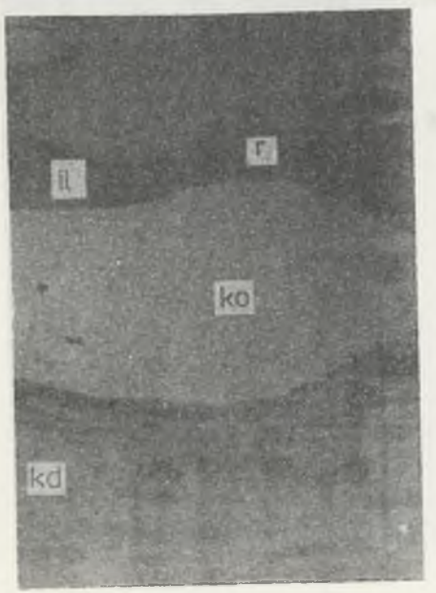
Fot. 24. Korpokolinit (ko) - opis jak na fot. 23

Fot. 24. Corpocollinite (ko) - explanations as in fig. 23

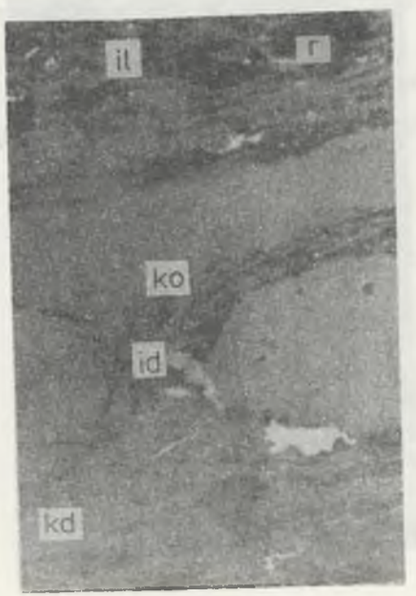
Fot. 21



Fot. 22



Fot. 23



Fot. 24

Fot. 25. Telinit zżelifikowany - fylotelinit (tż), oddzielony tenuikutynitem od duroklarytu (dk)
Pokł. 205/1, kop. "Ziemowit"

Fig. 25. Gelificated telinite - phyllotelinite (tż) and duro- clarite (dk) separated by tenuicutinite
Seam 205/1, "Ziemowit" mine

Fot. 26. Telokolinit (kt), nieregularne soczewki o zróżnicowanej refleksyjności i barwie, otoczone inertodetrynitem (id), semifuzynitem (sf) i desmokolinitem
Pokł. 214, kop. "Siersza"

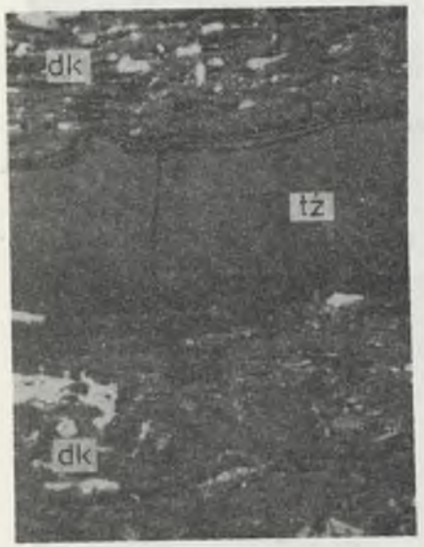
Fig. 26. Telocollinite - irregular lenses showing variable reflectance and colour, surrounded by inertodetrinite (id) semifusinite (sf) and desmocollinite
Seam 214, "Siersza" mine

Fot. 27. Desmokolinit z niskorefleksyjnym, zżelifikowanym semifuzynitem (sf)
Pokł. 205/1, kop. "Ziemowit"

Fig. 27. Desmocollinite, and low reflectance, gelificated semifusinite (sf)
Seam 205/1, "Ziemowit" mine

Fot. 28. Telokolinit - opis jak fot. 26

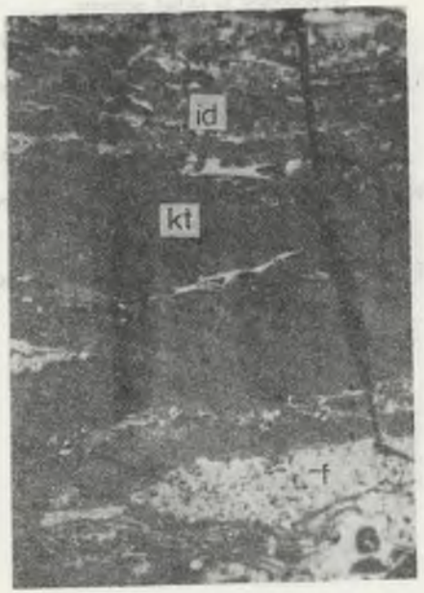
Fig. 28. Telocollinite - explanations as in fig. 26



Fot. 25

Fot. 26

Fot. 27



Fot. 28

Fot. 29. Telinit zżelifikowany z rezynitem, silnie zmikrynityzowany, wchodzący w skład witrynertytu
Pokł. 214, kop. "Siersza"

Fig. 29. Gelificated telinite with strongly micrinitized resinite, included in the composition of vitrinertite
Seam 214, "Siersza" mine

Fot. 30. Telinit zżelofuzynityzowany - fylotelinit (tżf) z tenuikutynitem (ku), tworzący klaryt kutikulowy
Pokł. 209/3, kop. "Czeczott"

Fig. 30. Gelificated and fusinitized telinite - phyllotelinite (tżf), with tenuicutinite (ku), forming cutinite - rich clarite
Seam 209/3, "Czeczott" mine

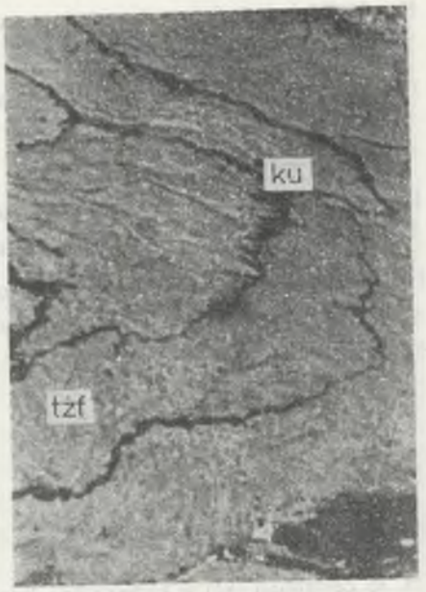
Fot. 31. Telinit zżelifikowany (fylotelinit) z korpokolinitem, tenuikutynitem i desmokolinitem, wchodzący w skład witrytu
Pokł. 209 ława dolna, kop. "Ziemowit"

Fig. 31. Gelificated telinite - phyllotelinite, with corpocollinite, tenuicutinite, and desmocollinite, included in the composition of vitrinite
Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine

Fot. 32. Witrynit allochtoniczny (Vt) w durycie mikrosporowym
Pokł. 215 kop. "Ziemowit"

Fig. 32. Allochtonous vitrinite (Vt) in microspore - rich durite
Seam 215, "Ziemowit" mine

Fot. 29



Fot. 30

Fot. 31

Fot. 32

Fot. 33. Telokolinit (kt) na kontakcie z warstewką karbargilitu (kar) z rezynitem (r)
Pokł. 209/3, kop. "Czeczott"

Fig. 33. Telocollinite (kt) at the point of contact with a carbargilite band containing grains of resinite (r)
Seam 209/3, "Czeczott" mine

Fot. 34. Telokolinit (kt) na kontakcie z warstewką iłowca (il)
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Ziemowit"

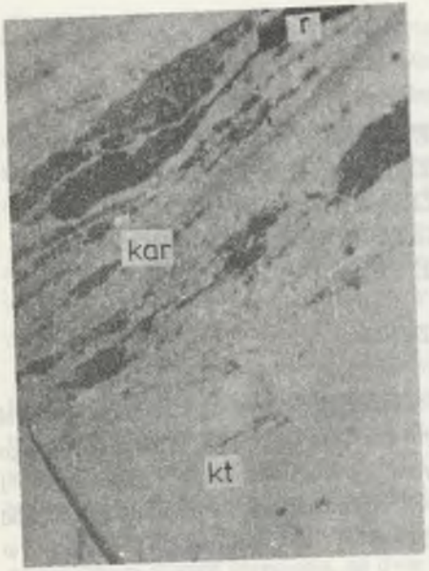
Fig. 34. Telocollinite (kt) at the point of contact with claystone band (il)
Seam 209, bottom bank, "Ziemowit" mine

Fot. 35. Żelokolinit (kż) w karbargilicie (klaroduryt + minerały ilaste)
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Piast"

Fig. 35. Gelocollinite (kż) in carbargilite (clarodurite + clay minerals)
Seam 209, bottom bank, "Piast" mine

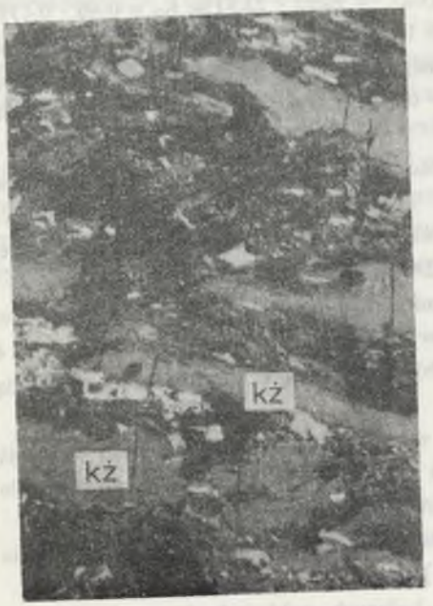
Fot. 36. Desmokolinit (kd), minerały ilaste (il), rezynit i soczewka degradosemifuzynitu, tworzące karbargilit
Pokł. 209, ława dolna, kop. "Piast"

Fig. 36. Desmocollinite (kd), clay minerals (il) resinite and degradosemifusinite (sf) lens as the components of carbargilite
Seam 209, bottom bank, "Piast" mine



For. 33

Fot. 34



Fot. 35

Fot. 36

ZRÓŻNICOWANIE PETROGRAFICZNE I CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNE WĘGLA PŁOMIENNEGO TYPU 31 Z WARSTW ŁAZISKICH I LIBIĄSKICH GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO I JEGO ZNACZENIE PRAKTYCZNE

STRESZCZENIE

Węgiel płomienny typu 31 z pokładów warstw łaziskich (westfal C) i libiąskich (westfal D) charakteryzuje się niskim, lecz zróżnicowanym stopniem uwęglenia. Wyniki badań tego węgla, metodami chemiczno-technologicznymi, petrograficznymi, fizycznymi i instrumentalnymi, pozwoliły wykazać zależność zróżnicowania stopnia uwęglenia od warunków facjalnych, które towarzyszyły procesom biochemicznego rozkładu w paleotorfowisku.

Wyniki kompleksowych badań stanowiły podstawę do oceny jakości i przydatności technologicznej węgla płomiennego typu 31 z GZW.

Najniższe wartości wskaźników uwęglenia wykazuje węgiel we wschodniej części badanego obszaru, w rejonach kop. "Siersza" (C_o^{daf} = 70,95 - 73,91%, $\overline{R}_o$ = 0,46 - 0,47%) i kop. "Janina" (C_o^{daf} = 73,88%, $\overline{R}_o$ = 0,46%). Najwyższe wartości wskaźników uwęglenia wykazuje natomiast węgiel z pokładów centralnej części badanego obszaru, w rejonach kop. "Piast" (C_o^{daf} = 77,27 - 77,69%, $\overline{R}_o$ = 0,61 - 0,63%) i kop. "Czeczott" (C_o^{daf} = 78,63%, $\overline{R}_o$ = 0,68%).

Wykazano współzależność pomiędzy wartościami wskaźników uwęglenia a wartościami niektórych parametrów jakości węgla typu 31, oznaczonymi badaniami chemiczno-technologicznymi. Zależności tej nie wykazuje wartość ciepła spalania (Q_s^{daf}), według której dzieli się typ 31 na podtypy 31.1 i 31.2 (PN-82/G-97002).

Przeprowadzone badania petrograficzne zmienności makro- i mikrostruktury węgla w profilach pokładów i wykonane na ich podstawie krzywe facjalne pozwoliły wydzielić 4 stadia tworzenia się pokładów (Ia, Ib, IIa i IIb), różniące się częstotliwością i amplitudą wahań poziomu wód w paleotorfowisku.

W zależności od udziału węgli utworzonych w wydzielonych stadiach, pokłady wykazują zróżnicowany zarówno skład petrograficzny, jak i stopień żelifikacji pierwotnego materiału tkankowego, wyrażony udziałem telinitu, tzw. ortostrukturalnego.

Na podstawie zróżnicowanego składu petrograficznego i zróżnicowanego stopnia żelifikacji tkanki podzielono badane pokłady na grupy A, B i C.

Grupa A wyróżnia się najwyższym w badanych pokładach łącznym udziałem mikrolitotypów, charakterystycznych dla środowiska telmatycznego leśnego i

szuwarowo-leśnego, tj. witrytu i duroklarytu. Stopień żelifikacji tkanki w tych pokładach jest wysoki, co wyraża niski w nich udział telinitu ortostrukturalnego (2 - 6%).

Grupa B wyróżnia się najwyższym łącznym udziałem mikrolitotypów, charakterystycznych dla środowiska telmatycznego leśno-szuwarowego i szuwarowego, tj. klarodurytu, witrynertoliptytu i durytu. Charakterystyczny dla tych pokładów jest wysoki w nich udział telinitu ortostrukturalnego (10-19%).

Grupa C wyróżnia się najwyższym łącznym udziałem karbominerytu i skały, tj. składników charakterystycznych dla środowiska limno-telmatycznego, otwartych zbiorników wodnych. Podobnie jak w pokładach grupy A, udział telinitu ortostrukturalnego w pokładach grupy C jest niski (2 - 6%).

Zróżnicowaniu składu petrograficznego i stopnia żelifikacji węgla w pokładach grup A, B i C odpowiada zróżnicowanie stopnia uwęglenia, co potwierdza jego zależność od warunków facjalnych. Najniższe wartości wskaźników uwęglenia wykazał węgiel z pokładów grupy B. Węgiel z pokładów grup A i C charakteryzuje się odpowiednio najwyższymi i wyższymi od pokładów grupy B, wartościami wskaźników uwęglenia.

Zaproponowano podział węgla płomiennego typu 31 z GZW, ze względu na zróżnicowany stopień uwęglenia, na dwie klasy "a" i "b".

Węgiel klasy "a" (pokłady grupy B) charakteryzuje się wskaźnikami uwęglenia odpowiadającymi twardemu węglowi brunatnemu (C_o^{daf} < 75%, $\overline{R}_o$ < 0,60%).

Węgiel klasy "b" (pokłady grup A i C) charakteryzuje się wskaźnikami uwęglenia odpowiadającymi węglowi kamiennemu (C_o^{daf} ≥ 75%, $\overline{R}_o$ ≥ 0,60%).

W wyniku badań derywatograficznych i spektroskopowych witrytu z węgla błyszczącego, stwierdzono pośrednio związek pomiędzy stopniem uwęglenia, współczynnikiem aromatyczności, stopniem żelifikacji tkanki a jego reaktywnością termiczną.

Odpowiednio do przeprowadzonego podziału pokładów na grupy A, B, C i węgla na klasy "a" i "b", efekty wzbogacania, jak i przydatność technologiczna węgla płomiennego typu 31 (do procesu chemicznego przetwórstwa i do celów energetycznych) będą zróżnicowane. Najlepszą jakość i przydatność technologiczną, szczególnie do procesu upłynniania, wykazuje węgiel klasy "b" z pokładów grupy A.

PETROGRAPHIC AND CHEMICAL-TECHNOLOGICAL VARIABILITY OF FLAME COAL OF TECHNOLOGICAL TYPE 31 FROM THE ŁAZISKA BEDS AND THE LIBIĄŻ BEDS, UPPER SILESIAN COAL BASIN, AND ITS PRACTICAL IMPORTANCE

SUMMARY

Flame coal of the type 31 from the seams of the Łaziska beds (Westphalian C) and the Libiąż beds (Westphalian D) is characterized by low but varied degree of coalification. The results of the investigations of this coal by means of chemical-technological, petrographic, physical and instrumental methods enabled to reveal the dependence of variability of coalification on the facial conditions which accompanied the biochemical processes of decomposition in a paleoswamp.

The results of the complex investigations were the basis for quality and technological usability evaluation of flame coal of the type 31 from the Upper Silesian Coal Basin. Coal from the eastern part of the examined area shows lowest values of coalification indices in the coal fields of the "Siersza" mine (C_o^{daf} = 70.95 ÷ 73.91%; $\overline{R}_o$ = 0.46 ÷ 0.47%) and the "Janina" mine (C_o^{daf} = 73.88; $\overline{R}_o$ = 0.46%). Coal from the central part of the investigated area shows highest values of coalification indices in the coal fields of the "Piast" mine (C_o^{daf} = 77.27 ÷ 77.69%; $\overline{R}_o$ = 0.61 ÷ 0.63%) and the "Czeczott" mine (C_o^{daf} = 78.63%; $\overline{R}_o$ = 0.68%).

A correlation between the values of coalification indices and the values of some other parameters of coal quality for the type 31, determined by means of chemical-technological investigations hes been found. The value of combustion heat (Q_s^{daf}) by means of which the type 31 is divided into subtypes 31.1 and 31.2 (Polish Standard PN-82/G-97002) does not show this relationship. Petrographic examinations of the macro-and microstructure of coal in profiles of the seams and facial curves made on this basis enabled the separating of 4 stages of formations of the seams (Ia, Ib, IIa and IIb) differing in frequency and amplitude of water level fluctuations in the paleoswamp. According to the proportion of coals created in the separated stages the seams show a varied petrographic composition, as well as a degree of gelification of the original tissue material which is expressed by the participation of so called orthostructural telinite.

On the basis of different petrographic composition and varied degree of tissue gelification the seams under examination were divided into groups A, B and C. The group A is distinguished by the highest total amount of the microlithotypes typical for the telmatic forest and reed-forest environment, that means: inertite, vitrite, clarite and duroclarite. The degree of tissue gelification in these seams is high which is expressed by the low amount of

orthostructural telinite (2-6%). The group B is distinguished by the highest total amount of the microlithotypes typical of the telmatic forest-reed and reed environment : clarodurite, vitrinertoliptite and durite. High amount (10-19%) of orthostructural telinite is characteristic for these seams. The group C is distinguished by the highest total amount of carbominerite and rock mass-constituents typical of open marsh environment. Similarly to the seams from the group A, the amount of orthostructural telinite is low (2-6%).
The variability of petrographic composition and degree of gelification of coal in the seams from the the groups A, B and C corresponds to the variability of the degree of coalification which proves its dependence on facial conditions.
Coal from the seams from the group B shows lowest values of coalification indices.
Coal from the seams from the groups A and C is characterized respectively, by the highest, and higher than for the seams from the group B, values of coalification indices.

Considering the varied degree of coalification, division of flame coal of the type 31 from the Upper Silesian Coal Basin into two classes "a" and "b" was proposed. Coal from the class "a" (the seams from the group B) is characterized by the values of coalification indices corresponding to hard brown subbituminous coal (C_o^{daf} < 75%; R < 0.60%). Coal from the class "b" (the seams from the groups A and C) is characterized by the values of coalification indices corresponding to bituminous coal (C_o^{daf} ≥ 75%; R ≥ 0.60%).

As a result of derivatographic and spectroscopic investigations of vitrite from bright coal a relationship between the degree of coalification, aromaticity index, stage of tissue gelification and thermic reactivity was found.

In accordance with the division of the seams into the groups A, B and C, flame coal of the type 31 from the classes "a" and "b" is characterized by various technological usability for chemical processing and for power industry. Coal from class "b", group A shows the best quality and technological usability, particularly for coal liquefaction.

VARIABILITÉ PÉTROGRAPHIQUE ET CHIMIQUE-TECHNOLOGIQUE DU CHARBON FLAMBANT DE TYPE TECHNOLOGIQUE 31 DES COUCHES ŁAZISKA ET DES COUCHES LIBIĄŻ DU BASSIN HOUILLIER DE LA HAUTE-SILÉSIE ET SON IMPORTANCE PRATIQUE

RÉSUMÉ

Le charbon flambant de type 31 des couches Łaziska (Westphalien C) et des couches Libiąż (Westphalien D) se caractérise par le degré de houillification ("rang") bas mais variable.

Les résultats des examens de ce charbon, effectués avec des méthodes chimique-téchnologiques, pétrographiques, physiques et instrumentaux ont montré une dwpendance de variabilitw du rang de conditions faciaux, accompagnant des processus de dwcomposition biochimiques dans la paleo-tourbirre. Les résultats des essais complexes ont donné une base d'evaluation de qualité et de l'utilité technologique du charbon flambant de type 31 dans le Bassin Houillier de la Haute-Silésie.

Le charbon de la partie l'Est de la région examinée montre les valeurs des indices du rang les plus bas dans des zones de mine "Siersza" (C_o^{daf} = 70,95 - 73,91%, $\overline{R}_o$ = 0,46 - 0,47%) et dé mine "Janina" (C_o^{daf} = 73,88%, R_o = 0,46%). Au contraire, le charbon d'une partie centrale de la rwgion en question montre les valeurs des indices du rang les plus elevés dans des zones de mine "Piast" (C_o^{daf} = 77,27 - 77,69%, $\overline{R}_o$= 0,61 - 0,63%) et de mine "Czeczott" (C_o^{daf} = 78,63%, $\overline{R}_o$ = 0,68%).

On a montré une correlation entre des valeurs des indices du rang et des valeurs des certains paramrtres de qualitw du charbon de type 31, determinws par des examens chimique-technologiques. La valeur de la chaleur de combustion, d'après laquelle on divise le type 31 en sous-types 31,1 et 31,2 (Standard Polonais PN-82/G-97002) ne montre pas de cette correlation.

Les essais pétrographiques de variabilité macro-et microstructure du charbon dans des profils des couches du charbon et les courbes faciales, ainsi obtenues ont permis de séparer 4 stades qui se diffèrent par la fréquence et l'amplitude des changements de niveau d'eau dans la paleo-tourbière.

Selon la proportion des charbons, crées dans des differents stades, dejà distingués, des couches du charbon montrent la composition pétrographique et le degré de gélification variables, exprimés par la proportion du matériel d'originaire du tissu, nomé telinite orto-structurale.

Sur la base de la composition pétrographique et sur le degré de gelification du tissu différenciés on a divisé des couches du charbon examinées en groupes A, B et C.

Le groupe A se distingue par la proportion la plus élevée des microlithotypes au total, caractéristiques pour le milieu telmatique de bois et roseau-bois c'est-à-dire inertite, vitrite, clarite et duroclarite. Le degré de gelification de ces couches est élevé, exprimé par la proportion basse de telinite orto-structurale (2 - 6%).

Le groupe B se distingue par la proportion la plus élevée des microlithotypes au total, caracteristiques pour le milieu telmatique de bois-roseau et roseau; c'est à dire: clarodurite, vitrinertoliptite et durite. La proportion élevée de telinite orto-structurale (10 - 15%) est caracteristique dans ces couches du charbon.

Le groupe C se distingue par la proportion la plus élevée de carbominerite et de roche au total, c'est à dire des composantes caracteristiques pour le milieu de marécage ouvert. De meme dans des couches du groupe C, la proportion de telinite orto-structurale dans des couches du groupe A, est peu elevée (2-6%).

La variabilité de la composition pétrographique et du degré de gélification du charbon dans des couches des groupes A, B, C correspond f la variabilité du rang, ce qui confirme sa dépendance de conditions faciales. C'est le charbon des couches de groupe B, qui a montré des valeurs les plus bas des indices du degré de houillification. Le charbon des couches des groupes A et C se caractérise par des valeurs des indices de houillification relativement les plus élevés et élevés par rapport aux couches du groupe B.

En prenant en consideration la variabilite du degré de houillification on a proposw la division du charbon flambant du type 31 du Bassin Houillier de la Haute-Silésie en deux classes: "a" et "b". Le charbon de la classe "a" (les couches du groupe B) se caractérise par des indices de la houillification qui correspondent au lignite dur (subbituminous) - C_o^{daf} < 75%, $\overline{R}_o$< 0,60%. Le charbon de la classe "b" (les couches des groupes A et C) se caractérise par des indices de la houillification qui correspondent f l'houille (bituminous) $C_o^{daf} \geq 0{,}75\%$, $\overline{R}_o \geq 0{,}60\%$.

En résultat des essais derivatographiques et spectrographiques de vitrite du charbon brillant on a constaté indirectement une relation entre le degré de la houillification, l'indice d'aromaticité, le degré de gélification de tissu et sa réactivité thermique.

Conformêment è la division des couches du charbon en groupes A, B et C le charbon flambant du type 31 des classes "a" et "b" se caractérise par l'utilitw technologique variable pour une transformation chimique et pour des besoins énergetiques. Le charbon de classe "b" des couches du groupe A présente la meilleure qualité et l'utilité technologique surtout pour des processus de liquéfaction.

19.000,-

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej
P.3351/93/212