ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ P.3351/96

MAREK POZZI

ANIZOTROPIA OPTYCZNA WĘGLA W POKŁADACH OBSZARU JASTRZĘBIA JAKO PRZEJAW NAPRĘŻEŃ TEKTONICZNYCH

GÓRNICTWO z. 229

GLIWICE 1996

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 1334 Głowna

196

MAREK POZZI

ANIZOTROPIA OPTYCZNA WĘGLA W POKŁADACH OBSZARU JASTRZĘBIA JAKO PRZEJAW NAPRĘŻEŃ TEKTONICZNYCH

GLIWICE 1996	

POLITECHNERA SEASING

OPINIODAWCY

Dr hab. inż. Bronisława Hanak Prof. dr hab. inż. Barbara Kwiecińska Prof. dr hab. inż. Tadeusz Kapuściński

KOLEGIUM REDAKCYJNE

REDAKTOR NACZELNY — Prof. dr hab. inż. Jan Bandrowski REDAKTOR DZIAŁU — Dr hab. inż. Franciszek Plewa SEKRETARZ REDAKCJI — Mgr Elżbieta Leśko

> REDAKCJA Mgr Roma Łoś

REDAKCJA TECHNICZNA Alicja Nowacka

Wydano za zgodą Rektora Politechniki Śląskiej

PL ISSN 0372-9508

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

 Nakł. 110+83
 Ark. wyd. 8,0
 Ark. druk. 6,5
 Papier offset. kl. III 70x100, 80g

 Oddano do druku 22.05.96
 Podpis. do druku 22.05.96
 Druk ukończ. w czerwcu 1996

 Zam. 1180/96
 Cena zł 8,00 (80.000,-)

Fotokopie, druk i oprawę wykonano w INTEC-GRAF, Gliwice, ul. Bankowa 12

SPIS TREŚCI

	strona
OBJAŚNIENIA SYMBOLI	9
WSTĘP	11
1. TEZA I CEL PRACY	13
2. PODSTAWY TEORETYCZNE BADAŃ NAD ZWIĄZKIEM ANIZOTROPII	1011
OPTYCZNEJ WĘGLA Z DEFORMACJAMI TEKTONICZNYMI	14
3. TEKTONIKA OBSZARU JASTRZĘBIA	21
3.1. Antyklina Jastrzębia	22
3.2. Synklina Jastrzębia	24
3.3. Obszar fałdów warstw stojących	27
3.4. Ocena stopnia zuskokowania obszaru Jastrzębia	27
3.5. Tektogeneza obszaru Jastrzębia	32
4. METODYKA PRZYGOTOWANIA I PROWADZENIA BADAŃ LABORATORYJ	NYCH
4.1. Opróbowanie pokładów węgla	38
4.2. Badania laboratoryjne	41
4.2.1. Badania parametrów chemiczno - technologicznych	41
4.2.2. Badania składu petrograficznego	41
4.2.3. Badanie własności optycznych	42
5. STOPIEŃ UWĘGLENIA I WŁASNOŚCI CHEMICZNO - TECHNOLOGICZNE W	ÆGLA
5.1. Typy węgla występujące w obszarze badań	46
5.2. Stopień uwęglenia i własności chemiczno - technologiczne próbek węgla	48
6. ANIZOTROPIA OPTYCZNA WĘGLA W POKŁADACH FAŁDU JASTRZĘBIA	52
7. ORIENTACJA OPTYCZNA WĘGLA W STRUKTURACH TEKTONICZNYCH	
OBSZARU JASTRZĘBIA	61
7.1. Antyklina Jastrzębia	61
7.2. Południowy rejon nasunięcia mszańskiego II	62
7.3. Obszar fałdów warstw stojących i północny rejon nasunięcia mszańskiego II	69
7.4. Rejon uskoku centralnego	69

7.5. Związek orientacji optycznej węgla i stopnia	uwęglenia z deformacjami tektonicznymi
pokładów	71
7.5.1. Orientacja R _{max}	71
7.5.2. Orientacja R _{min}	74
7.5.3. Stopień uwęglenia w strukturach tektonicz	nych 77
8. KRYTYCZNA OCENA WYNIKÓW POMIA	RÓW 79
8.1. Porównanie wyników pomiarów uzyskanych	na próbkach orientowanych
i nieorientowanych	79
8.2. Dokładność pomiarów	80
WNIOSKI	83
LITERATURA	85
STRESZCZENIE	90

T Orientics of R.,	bage
INTRODUCTION	11
1. THESIS AND AIM OF STUDY	13
2. THEORETICAL BASIS OF INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN	I
OPTICAL ANISOTROPY AND TECTONIC DEFORMATIONS	14
3. TECTONICS OF JASTRZĘBIE AREA	21
3.1. Jastrzębie anticline	22
3.2. Jastrzębie syncline	24
3.3. The area of strongly deformed (sleep) coal seams	27
3.4. Density of faulting in the Jastrzębie area	27
3.5. Tectogenesis of Jastrzębie area	32
4. METHODICS OF INVESTIGATIONS	38
4.1. Sampling of coal seams	38
4.2. Laboratory investigations	41
4.2.1. Chemical - technological investigations	41
4.2.2. Petrographic investigations	41
4.2.3. Optical properties investigations	42
5. CHEMICAL-TECHNOLOGICAL AND PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS	
OF COAL	46
5.1. Technological types of coal in the investigation area	46
5.2. Chemical - technological properties of coal samples	48
6. VITRINITE-REFLECTANCE ANISOTROPY	52
7. OPTICAL ORIENTATION OF COAL IN THE TECTONIC STRUCTURES OF THE	
JASTRZĘBIE AREA	61
7.1. Jastrzębie anticline	61
7.2. Mszana II overthrust area (part S)	62
7.3. The area of strongly deformed (sleep) coal seams and Mszana II overthrust (part N)	69
7.4. Central fault area	69
7.5. Relationship between optical orientation, rank and tectonic deformations of coal sear	ms 71

CONTENTS

	CONTRACT/	
7.5.1. Orientation of Rmax		71
7.5.2. Orientation of R_{min}		74
7.5.3. Degree of coalifica	tion in the tectonic structures	77
8. DISCUSSION	VOLUE & NO ALM OF STUDY	79
8.1. Comparison of result	s for random and oriented samples	79
8.2. Precision and accurate	cy of measurements	80
CONCLUSIONS		83
REFERENCES		85
SUMMARY		93
	4. Density of faulting in the Justicephie area	
		λ.

SOMMAIKE	75 Lanin
	page
NTRODUCTION	11
1. THESE ET OBJET DE L'ETUDE	13
2. BASE THEORIQUE DE RECHERCHES SUR LA RELATION ENTRE L'ANIS	SOTROPIE
OPTIQUE DU CHARBON ET DE DEFORMATIONS TECTONIQUES	14
3. TECTONIQUE DE LA REGION DE JASTRZĘBIE	21
3.1. L'anticlinal de Jastrzębie	22
3.2. Le synclinal de Jastrzębie	24
3.3. La zone de plies des couches forcement deformées	27
3.4. Le densité des failles de la region de Jastrzębie	27
3.5. Tectogenèse de la region de Jastrzębie	32
4. METHODES D'ETUDE	38
4.1. Echantillonnage des couches du charbon	38
4.2. Les essais du laboratoire	41
4.2.1. Les essais chimique-technologiques	41
4.2.2. Les essais pétrographique	41
4.2.3. Les essais de proprietés optiques	42
5. CARACTERISTIQUE CHIMIQUE-TECHNOLOGIQUES ET PETROGRAPHI	QUE
DU CHARBON	46
5.1. Types technologiques du charbon dans la region etudiée	46
5.2. Proprietés chimique-technologiques des echantillons du charbon	48
6. ANISOTROPIE OPTIQUE DU CHARBON	52
7. ORIENTATION OPTIQUE DU CHARBON DANS DES UNITES TECTONIQ	UES
DE LA REGION DE JASTRZĘBIE	61
7.1. L'anticlinal de Jastrzębie	61
7.2. La zone de chevauchement de Mszana II (partie S)	62
7.3. La zone des plies des couches forcement deformées et de chevauchement de l	√Iszana II
(partie N)	69
7.4. La zone de la faille centrale	69

7.5. La relation de	l'orientation optique du charbon et du de	egré de houillification avec des
deformations	tectoniques des couches	71
7.5.1. L'orientatio	n de R _{max}	71
7.5.2. L'orientatio	n de R _{min}	74
7.5.3. Le degré de	houillification dans des unites structural	les 77
8. DISCUSSION		79
8.1. Comparaison	des resultats obtenues par des mesures sú	ûr les echantillons orientés et
non-orientés		79
8.2. Precision des	mesures	80
CONCLUSSION		83
BIBLIOGRAPHIE	3	85
RESUME		96

OBJAŚNIENIA SYMBOLI

1. Wskaźniki chemiczno - technologiczne węgla

- A^a zawartość popiołu w weglu w stanie analitycznym, % más., wg PN 80/G-04512,
- A^d zawartość popiołu w węglu w stanie suchym, % mas., wg PN 79/G 04510, $A^d = A^a * 100 \% / 100 W^a$

a - wielkość kontrakcji, wg PN - 81/G - 04517

b - wielkość dylatacji, wg PN - 81/G - 04517

- C_o^{daf} zawartość pierwiastka węgla w stanie suchym i bezpopiołowym, % mas., wg PN - 73/G - 04521
- H_o^{daf} zawartość wodoru w węglu w stanie suchym i bezpopiołowym, % mas., wg PN - 73/G - 04521
- Q^r_i wartość opałowa węgla w stanie roboczym, kJ/kg, wg PN 81/G 04513
- Q_s^a ciepło spalania węgla w stanie analitycznym, kJ/kg, wg PN -81/G 04513
- RI zdolność spiekania według metody Rogi, wg PN 81/G 04518
- $S_t^a\,$ zawartość siarki całkowitej w węglu w stanie analitycznym, %mas., wg PN 81/G 04514
- SI wielkość wskaźnika wolnego wydymania, wg PN 81/G 04515
- V^{daf} zawartość części lotnych w węglu w stanie suchym i bezpopiołowym, % mas., wg PN - 81/G - 04516

Wt - zawartość wilgoci całkowitej w węglu w stanie roboczym, % mas., wg PN - 80 - 04511

2. Wskaźniki petrograficzne i optyczne węgla

- Vt zawartość witrynitu, %obj., wg PN 79/G 04529
- E zawartość egzynitu, % obj., wg PN 79/G 04529

I - zawartość inertynitu, % obj., wg PN - 79/G 04529

SM - zawartość substancji mineralnej, % obj., wg PN - 79/G - 04529

- R'_{max}, R'_{min} wartości maksymalnej i minimalnej zdolności odbicia światła (refleksyjności), %, mierzonej na zgładach i brykietach
- R_{max}, R_{int}, R_{min} wartości maksymalnej, pośredniej i minimalnej osi indykatrysy refleksyjności, %
- R_{bmax}, R_{bint}, R_{bmin} wartości maksymalnej, pośredniej i minimalnej osi indykatrysy refleksyjności oszacowane na podstawie pomiarów na brykietach. %
- R_{mean} średnia wartość refleksyjności, $R_{mean} = (R_{max} + R_{int} + R_{min})/3$, %
- Ro średnia wartość refleksyjności, %, wg PN 79/G 04524
- R_{bi} anizotropia refleksyjności (dwójodbicie), $R_{bi} = R_{max} R_{min}$, %
- R_{am} wielkość anizotropii refleksyjności (ang. anisotropy magnitude),
 - obliczona metodą Kilby'ego
- R_{st} symetria indykatrysy (ang. style), obliczona metodą Kilby'ego
- U₍₋₎, U₍₊₎, B₍₋₎, B₍₋₊₎, B₍₊₎ charakter optyczny witrynitu jednoosiowy (uniaxial) ujemny, jednoosiowy dodatni, dwuosiowy (biaxial) ujemny, dwuosiowy ujemno-dodatni, dwuosiowy dodatni
- k współczynnik nachylenia prostej, oddzielającej na diagramie stosunków osiowych (ang. axial ratio diagrams) obszary: dwuosiowy ujemny i dwuosiowy dodatni, $k = (a-1) / (b-1); a = R_{max}/R_{int}, b = R_{int}/R_{min}$
- s odchylenie standardowe wyników pomiarów
- A_{1max}, A_{2max}, A_{1min}, A_{2min} orientacje (azymuty) wartości R_{max} i R_{min} określone na płaszczyznach pomiarowych H, A, B, (⁰)
 - inklinacja, odchylenie osi indykatrysy refleksyjności od kierunku poziomego, (°)

3. Inne

I

 G_{up} , W_u - gęstość powierzchniowa uskoków, (m/ha), wskaźnik zuskokowania, (m/ha) F₁, F₂, F₃ - wektory siły ściskającej : maksymalnej, pośredniej, minimalnej σ_1 , σ_2 , σ_3 - naprężenia główne : maksymalne, pośrednie, minimalne WSTĘP

Geologiczne warunki występowania pokładów węgla posiadają wpływ na stopień uwęglenia, a tym samym własności substancji organicznej. Badania geologiczno-strukturalne mogą przyczynić się zatem do wyjaśnienia zróżnicowania jakości węgla. Ponadto dane dotyczące stopnia uwęglenia substancji organicznej są podstawą do konstrukcji modeli w analizie basenów sedymentacyjnych.

Na podstawie badań optycznych węgla można w sposób obiektywny określić warunki przebiegu procesu uwęglania substancji organicznej. Badania anizotropii optycznej węgla w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego podjęła Joanna Komorek [29]. Pomiary, przeprowadzone na próbkach pokładowych (bruzdowych) i kawałkowych, wykazaly zależność charakteru optycznego i wielkości anizotropii optycznej witrynitu od warunków geologiczno - strukturalnych występowania węgla.

Rezultaty uzyskane na próbkach bruzdowych wykazały celowość kontynuowania badań optycznych węgla na próbkach orientowanych w przestrzeni złożowej, pozwalających określić wpływ naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania oraz wyjaśnić genezę dwuosiowego charakteru optycznego witrynitu. W ramach tematu pracy przeprowadzono badania optyczne węgla w pokładach warstw siodłowych obszaru Jastrzębia, w południowo zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Temat, koncepcja i główne założenia pracy wynikają z opublikowanych i nie publikowanych prac własnych i współautorskich. Wstępne wyniki pracy zostały zreferowane na seminariach naukowych: Uniwersytetu im. Karola w Pradze w listopadzie 1993 r. i Instytutu Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie w styczniu 1995 r. oraz na XIII Międzynarodowym Kongresie Karbonu i Permu (XIII ICC-P) w Krakowie we wrześniu 1995 r. i opublikowane [30].

W tym miejscu chciałbym wyrazić wdzięczność Panu prof. dr. hab. inż. Wiesławowi Gabzdylowi za inspirację, opiekę naukową i życzliwość okazaną podczas prowadzenia badań, a także przy redagowaniu pracy.

Składam serdeczne podziękowania Paniom, prof.dr hab. inż. Barbarze Kwiecińskiej i dr hab. inż. Bronisławie Hanak oraz Panu prof. dr. hab. inż. Tadeuszowi Kapuścińskiemu za życzliwe i konstruktywne uwagi zawarte w recenzjach.

Dziękuję także pracownikom Działu Mierniczo - Geologicznego kopalni "Jastrzębie" za pomoc w pracach terenowych oraz współpracownikom z Katedry Geologii Stosowanej za stworzenie przychylnej atmosfery sprzyjającej wykonaniu tej pracy.

Institute Instantion and manifolding and the second sec

or anawaanin ogo i se

Verifying a state of the second se

1. TEZA I CEL PRACY

Badając węgle w pokładach o różnym zaangażowaniu tektonicznym wykazano, że występująca w nich zżelifikowana substancja organiczna w sposób bardzo czuły reagowała na oddziaływanie różnorodnych czynników geologicznych. Substancja ta (witrynit) o charakterze homogenicznym tworzy zasadniczą i reprezentatywną część węgla. W pokładzie węgla posiada ona utrwalony ("zapisany") i zorientowany system optyczny, który można scharakteryzować określonymi parametrami optycznymi (współczynnikami odbicia światła) zmieniającymi się w procesie metamorfizmu (uwęglania) pod wpływem głównie takich czynników, jak temperatura i ciśnienie.

Wykorzystując ww. pamięciowe właściwości materii organicznej, przyjęto założenie, że istnieje możliwość zbadania zależności, jaka powinna występować pomiędzy orientacją optyczną węgla w pokładzie, wyrażoną indykatrysą, ukształtowaną pod wpływem naprężeń tektonicznych a sposobem ułożenia pokładów w strukturach geologicznych.

Znane z literatury wyniki badań nad związkiem anizotropii optycznej węgla w pokładach z deformacjami tektonicznymi uzyskiwano na ogół badając struktury geologiczne o zasięgu regionalnym. Biorąc pod uwagę, że w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) struktury o zasięgu regionalnym są na ogół dość dobrze rozpoznane, a większe znaczenie dla geologii kopalnianej i górnictwa posiadają struktury o zasięgu lokalnym, postanowiono objąć badaniami struktury lokalne w obszarze Jastrzębia.

Celem tych badań było sprawdzenie możliwości wykorzystania metody optycznej do rozpoznawania przejawów naprężeń tektonicznych w złożach węgla dla charakterystyki ich tektogenezy. Celem praktycznym było wypracowanie uzupełniającej, nowej metody rozpoznawania warunków geologiczno - górniczych w kopalniach.

Badania przeprowadzono w obszarze Jastrzębia, jednostce geologiczno-strukturalnej znajdującej się w południowo - zachodnim krańcu niecki głównej, przy granicy z obszarem zachodnich struktur fałdowych GZW. Obszar ten, w którym na pole metamorfizmu węgla oddziaływały różnorodne czynniki geologiczne, uznano za przydatny dla udowodnienia tezy pracy i osiągnięcia zamierzonego celu.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE BADAŃ NAD ZWIĄZKIEM ANIZOTROPII OPTYCZNEJ WĘGLA Z DEFORMACJAMI TEKTONICZNYMI

Podstawowym wskaźnikiem ukształtowanym w procesie metamorfizmu i określającym stopień uwęglenia materii organicznej jest współczynnik zdolności odbicia światła zżelifikowanej substancji organicznej, wyrażony jako

$$R = \frac{I_o}{I_g} 100 \ (\%)$$

gdzie:

Io- natężenie światła odbitego od wypolerowanej powierzchni,

 I_{p} - natężenie światła padającego na tę powierzchnię.

Współczynnik zdolności odbicia światła (refleksyjność) zależny jest od współczynnika załamania i absorbcji światła, co wyraża się wzorem [65]:

$$R = \frac{(n - n_0)^2 + n^2 k^2}{(n + n_0)^2 + n^2 k^2}$$
(2)

(1)

gdzie:

R- refleksyjność (Ro- przy pomiarze w imersji),

n- współczynnik załamania światła substancji (1,73 \div 2,06 dla węgla kamiennego), n₀- współczynnik załamania światła ośrodka, w którym dokonuje się pomiaru

 $(n_0=1,0 - w \text{ powietrzu}, n_0=1,515 - w \text{ imersji}),$

k- współczynnik absorbcji substancji.

Wskaźnik ten znajduje zastosowanie do oceny jakości węgla w klasyfikacjach międzynarodowych [11]. W Klasyfikacji Węgla w Pokładzie [22] jest podstawowym parametrem oceny stopnia uwęglenia. Koreluje dobrze z zawartością V^{dof} i C_o^{daf} [6], [50], [51], [57]. Pomiaru refleksyjności dokonuje się na najbardziej jednorodnym, bezstrukturalnym składniku petrograficznym węgla - witrynicie (telokolinicie, czyli, wg ICCP System 1994, na kolotelinicie z podgrupy telowitrynitu). W praktyce refleksyjność określa się mikroskopowo przy zastosowaniu mikrofotometru z fotopowielaczem.

Węgle brunatne wykazują zdolność odbicia światła $R_o < 0,6$ %, węgle kamienne - $R_o=0,6 \div 2,0$ %, antracyty - $R_o > 2,0$ % (ECE, 1995).

Proces uwęglania polega na przebudowie struktury wewnątrzmolekularnej substancji organicznej. Główne reakcje - kondensacja i aromatyzacja - powodują m.in. odszczepianie i wydzielanie atomów tlenu i wodoru. Prowadzi to do polimeryzacji struktury i wzrostu udziału pierścieni (lamel) aromatycznych kosztem innych (alifatycznych i alicyklicznych). W miarę uwęglania (wzrostu aromatyczności) zwiększa się zdolność odbicia światła węgla [10], [1], [61], [2], która związana jest z gęstością optyczną jego składników organicznych i upakowaniem ich ultrasubtelnej struktury wzrastającym w procesie metamorfizmu (rys. 1).



Rys. 1. Ilustracja przebudowy struktury substancji organicznej w procesie uwęglania. Nisko uwęglony (u góry) i wysoko uwęglony (u dołu) węgiel kamienny. Sześcioboczne pierścienie aromatyczne połączone alifatycznymi i innymi niearomatycznymi mostkami. (wgDiessel, 1992, za Teichmuller, 1962)

Fig. 1. Cartoon illustrating the relationship between aromatic clusters and intermicellar side chains for a high (*top*) and low (*bottom*) volatile bituminous coal. The *hexagons* are the aromatic clusters, the *connecting lines* are the aliphatic and other non-aromatic bridges. (Diessel, 1992 after Teichmüller, 1962)

Pomiary zdolności odbicia światła wykazały, że witrynit węgli kamiennych może zachowywać się jak ciało optycznie izotropowe lub anizotropowe (wykazując dwójodbicie). Ciało anizotropowe, jednoosiowe lub dwuosiowe posiada charakter optyczny dodatni lub ujemny. Graficznym obrazem refleksyjności jest indykatrysa, będąca odpowiednio kulą, elipsoidą obrotową bądź elipsoidą trójosiową, której osie w dowolnym kierunku są proporcjonalne do wartości współczynnika odbicia światła. Trzy główne osie indykatrysy odpowiadają maksymalnej (R_{max}), pośredniej (R_{int}) i minimalnej (R_{man}) refleksyjności.

16

Wartość maksymalnej refleksyjności odpowiada osi maksymalnego wydłużenia, wartość minimum refleksyjności - osi minimalnego wydłużenia (rys. 2).



- Rys. 2. Indykatrysy refleksyjności witrynitów izotropowych (a), jednoosiowych ujemnych (b) i dwuosiowych (c) oraz odpowiadające im wartości na różnie zorientowanych płaszczyznach (Davis, 1978, Stone and Cook, 1979)
- Fig. 2. Reflectance indicating surface shapes and corresponding reflectance readings expected from sections of various orientations through (a) isotropic, (b) uniaxial negative,(c) biaxial vitrinites (Davis, 1978, Stone and Cook, 1979)

Gdy $R_{max} - R_{int} > R_{int} - R_{min}$ ciało postada charakter optyczny dodatni, jeżeli $R_{max} - R_{int} < R_{int} - R_{min}$, ciało postada charakter optyczny ujemny. Na stopień uwęglenia wpływa głównie energia cieplna (temperatura), a na wielkość anizotropii - ciśnienie [57], [8]. Istnieje związek pomiędzy pojawieniem (rys. 3a) i narastaniem anizotropii (rys. 3b).

Anizotropia refleksyjności wynika z preferencyjnych orientacji struktur (lamel) aromatycznych, które wykazują anizotropię wskaźników absorbcji i refrakcji, decydujących o



zdolności odbicia światła [24]. Gdyby struktury aromatyczne były ułożone przypadkowo, orientacja refleksyjności również byłaby przypadkowa. Ciśnienie porządkuje strukturę witrynitu, a wielkość anizotropii jest miarą tego uporządkowania. Polimeryzacja struktur aromatyczno-grafitowych zachodzi szczególnie w kierunku minimum naprężenia ściskającego w czasie procesu uwęglania, minimalna polimeryzacja zachodzi w kierunku maksymalnych naprężeń ściskających. Zatem maksymalna wartość zdolności odbicia światła pojawia się w kierunku równoległym do minimum naprężeń ściskających, natomiast minimum refleksyjności - w kierunku równoległym do maksimum naprężeń ściskających [59], [58], [64], [20], [49], [37], [38], [39], [35], [36], [54].

Związek genetyczny pomiędzy ciśnieniem wywołanym czynnikami geologicznymi a zdolnością odbicia światła został wykazany zarówno na drodze prac eksperymentalnych, jak i teoretycznych rozważań.

W procesie uwęglania oddziałują głównie dwa rodzaje czynników geologicznych: - ciśnienie litostatyczne, pochodzące z sił grawitacyjnych nadkładu, powodujące pionową kompresję,

- siły tektoniczne, wywołujące naprężenia o innej orientacji.

W przypadku warstw ułożonych poziomo (przy niewielkim wpływie sił tektonicznych) kierunek maksimum refleksyjności zawarty jest w płaszczyźnie uławicenia i jest w przybliżeniu jednakowy we wszystkich kierunkach na tej płaszczyźnie [34], [58], [19]. Oś minimum refleksyjności jest prostopadła do uławicenia (równoległa do kierunku naprężeń wynikających z siły grawitacji). W tym przypadku indykatrysa refleksyjności definiowana jest jako jednoosiowa ujemna, posiadająca tę samą orientację co pole naprężeń, które ją utworzyło (rys. 4a). W obszarach silniej zdeformowanych, w których dominujące stają się boczne składowe ciśnienia, pojawiają się deformacje ciągłe (fałdowe) i nieciągłe (uskokowe). W takich obszarach ciśnienie ściskające posiada kierunek prostopadły do osi fałdu [9]. W wielu dotychczasowych pracach wykazano, że orientacja i symetria indykatrysy są bardziej złożone w strefach zdeformowanych tektonicznie [7], [19], [56], [41], [63], [53]. W ten sposób następuje reorientacja osi refleksyjności w stosunku do powierzchni uławicenia, rozwija się pośrednia wartość refleksyjności, powodując dwuosiowy charakter optyczny i formułując elipsoidę trójosiową (rys. 4b i 4c).

Reorientację osi refleksyjności trudno zaobserwować w warunkach laboratoryjnych ze względu na powolną kinetykę reakcji przebudowy struktury substancji organicznej. Obserwowano natomiast, że węgiel pirolityczny wykazuje wyraźną orientację w czasie ogrze-



- Rys. 4. Geometryczne kształty indykatrysy refleksyjności witrynitu, charakterystyczne dla warunków tektonicznych, w których następowało uwęglanie
- Fig. 4. The geometric forms of vitrinite reflectances indicatrices (VRIs) are characteristic of the rank attained and the tectonic setting inwhich they developed
 - a coalification in tectonical undeformed, subsiding basin,

(a)

- b coalification in mild tectonic deformation (Rmin axes vertical),
- c coalification in strong tectonic compression (reorientation of VRIs)

wania w temperaturze do 3400°C w warunkach jednoosiowego obciążenia (1-5 MPa). Oś minimum refleksyjności zorientowana jest równolegle do kierunku maksymalnych naprężeń [42]. Nowsze prace eksperymentalne [43], [40], [5] potwierdziły możliwość reorientacji indykatrysy refleksyjności. Badając antracyty, w warunkach wysokiego ciśnienia (ok. 500 MPa) i relatywnie wysokiej temperatury, uzyskano reorientację osi refleksyjności z położenia równoległego do uławicenia do położenia prostopadłego do uławicenia. Jednocześnie uzyskano wzrost wartości zdolności odbicia światła i anizotropii refleksyjności.

Porzadkowanie wewnętrznej struktury witrynitu tłumaczone jest przez niektórych autorów rotacją istniejących już struktur aromatycznych lub ich deformacją plastyczną [37]. Od czasów badań Jonesa et al. [24], Stone'a, Cooka [58] przyjmuje się, że w czasie procesu uwęglania wartość refleksyjności jest zmieniana przez dołaczanie atomów wegla do aromatycznej struktury węgla w efekcie istniejącego pola naprężeń. Konsekwencją tego jest zmiana istniejących struktur. Na każdym etapie uweglania i tektogenezy indykatrysa refleksyjności reprezentuje skumulowany efekt działania temperatury i ciśnienia. Zależność ta jest komplikowana faktem, że proces uwęglania zachodzi wolniej niż zmiany ciśnienia. Szczegóły zachodzących zjawisk mogą być zatarte przez zjawiska zachodzące poźniej. Tym niemniej, prześledzono zmiany charakteru optycznego witrynitu w regionie Appallachów. począwszy od jednoosiowego ujemnego wywołanego ciśnieniem nadkładu poprzez dwuosiowy ujemny związany z ciśnieniem nadkładu i niewielkimi deformacjami tektonicznymi aż do dwuosiowego dodatniego, będacego skutkiem intensywnych procesów tektonicznych [38]. Zależność charakteru optycznego witrynitu od warunków tektonicznych. w jakich znajdują się pokłady węgla, wykazano także na obszarze Górnoślaskiego Zagłebia Weglowego [12], [13], [29], [30].

3. TEKTONIKA OBSZARU JASTRZĘBIA

Obszar Jastrzębia odpowiadający obszarowi górniczemu Jastrzębie kopalni Jas-Mos zlokalizowany jest w obrębie fałdu Jastrzębia, jednostki geologiczno-strukturalnej znajdującej się w południowo-zachodniej części niecki głównej, w sąsiedztwie struktur fałdowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (rys. 5).



 Rys. 5. Obszar badań na tle głównych struktur geologicznych i litostratygrafii Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (wg A.Kotasa, 1994)
 Objaśnienia:
 O-B - nasunięcie orłowsko - boguszowickie, M-R - nasunięcie michałkowicko - rybnickie,

1 - obszar Jastrzębia

Fig. 5. Investigation area against the background of the major geological structures and lithostratigraphy of the Upper Silesian Coal Basin (after A. Kotas, 1994) Acronyms:

O-B - Orlova-Boguszowice, M-R - Michakowice-Rybnik overthrust, 1 - Jastrzębie area

Obszar ten o jednej z największej węglozasobności węgli koksowych w GZW rozpoznano w różnym stopniu zarówno pod względem budowy tektonicznej, jak i litostratygrafii, a także jakości węgla [51].

Większość prac nad rozpoznaniem budowy tektonicznej prowadzono na przełomie lat 70 i 80 [3], [4], [25], [26]. Eksploatacja węgla w obszarze górniczym Jastrzębie koncentrowała się ówcześnie głównie na poziomie wydobywczym -120 m, w związku z czym rozpoznanie tektoniki tego poziomu było także najdokładniejsze. W miarę wyczerpywania się zasobów schodzono z eksploatacją na niższe poziomy, eksploatując głębiej leżące, starsze stratygraficznie pokłady. Aktualne wydobycie skupia się na poziomie -400 m, w obrębie pokładów warstw rudzkich (namur C) i siodłowych (namur B). Udostępniane są zasoby na poziomie - 600 m.

W budowie tektonicznej Jastrzębia wyróżnić można trzy jednostki strukturalne:

- antyklinę (brachyantyklinę) Jastrzębia,

- synklinę (brachysynklinę) Jastrzębia (nieckę centralną),

- obszar fałdów (brachyfałdów) warstw stojących.

Od zachodu obszar Jastrzębia jest ograniczony nasunięciem orłowsko-boguszowickim, w kierunku wschodnim przechodzi on w monoklinę Zofiówki. Wyraźna jest tendencja zanurzania się osi struktur Jastrzębia w kierunku północno-wschodnim. Od południa obszar ten jest ograniczony północnym skłonem elewacji poprzecznej Olzy-Jastrzębia.

Sposób ukształtowania jednostek strukturalnych obszaru Jastrzębia został przedstawiony na mapie strukturalnej (rys. 6), sporządzonej na podstawie najnowszych danych z wyrobisk górniczych, prowadzonych w pokładzie 505/1.

3.1. Antyklina Jastrzębia

Antyklina Jastrzębia, o charakterze brachyantykliny, jest strukturą występującą we wschodniej części obszaru górniczego na powierzchni około 6,9 km². W obrzarze górniczym Jastrzębie jej umowne granice - południową, wschodnią i północną stanowią granice obszaru górniczego, natomiat granicę zachodnią wyznaczono umownie wzdłuż osi synkliny Jastrzębia. Oś antykliny przebiega generalnie w kierunku SW-NE, zanurzając się ku NE pod kątem około 10°.Przebieg osi antykliny wykazuje dość istotne odchylenia od kierunku generalnego. W południowej części obszaru górniczego azymut osi przyjmuje wartość 26° na odcinku





· - sampling of oriented blocks locations

około 1700 m, następnie oś odchyla się w kierunku wschodnim, uzyskując azymut 76° na długości 1050 m, po czym przebiega aż do północnej granicy obszaru górniczego według azymutu 25°-30°. Promień omawianej struktury wzrasta w kierunku północnym od wartości 550 m przy południowej granicy poprzez około 650 m w odległości 600 m od południowej granicy obszaru górniczego, osiągając wartość 1100 m przy północnej granicy obszaru górniczego.

Wysokość antykliny, określona jako wysokość krótszego skrzydła [23], jest zróżnicowana w zakresie od 390 do 420 m.

Antyklina Jastrzębia jest strukturą zdecydowanie asymetryczną (rys. 7). Skrzydło wschodnie jest łagodnie nachylone ku E pod kątem 8° - 25°, średnio około 15°, przechodząc poza obszarem górniczym w monoklinę Zofiówki. Skrzydło zachodnie antykliny nachylone jest stromo ku W pod kątem 30°-45°. Największe nachylenie obserwuje się w południowej części obszaru górniczego. W kierunku północnym struktura staje się bardziej szerokopromienna.

3.2. Synklina Jastrzębia

Synklina Jastrzębia (niecka centralna), o charakterze brachysynkliny, obejmuje powierzchnię około 4,8 km². Synklina graniczy od zachodu z obszarem fałdów warstw stojących, a od wschodu z antykliną Jastrzębia. Jest to struktura asymetryczna o skrzydłach rozwartych w kierunku północnym. Oś niecki nachylona jest ku N pod kątem 8°-15°. W północnej części obszaru górniczego synklina przyjmuje formę struktury wewnętrznie sfałdowanej.

W obrębie synkliny Jastrzębia występuje tzw. uskok centralny o przebiegu NNW-SSE, o nachyleniu powierzchni uskokowej ku E pod kątem 60°-70° (rys. 8 i 9). Amplituda zrzutu uskoku jest zmienna, wzrasta od kilku metrów do 100 m w strefie przy nasunięciu orłowskoboguszowickim. Szerokość strefy uskokowej - od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów wzrasta ze wzrostem amplitudy uskoku. W skrzydle zrzuconym obserwuje się liczne uskoki drugorzędne, w jego części południowej odchylone na wschód. Uskok centralny posiada charakter zrzutowo-przesuwczy, przy czym pierwotnie był to uskok normalno-zrzutowy, wzdłuż którego w poźniejszym etapie tektogenezy nastąpiło przemieszczenie przesuwcze [3].





W zachodniej części synkliny na uwagę zasługuje tzw. nasunięcie mszańskie II. Reprezentuje ono stromy uskok odwrócony o amplitudzie od około 40 m w dolnej części przemieszczonego odcinka profilu warstw aż do zupełnego wygaszenia w wyższych partiach profilu. Kąt upadu powierzchni nasunięcia jest dość stały - 30° - 35° (rys. 10 i 11).

3.3. Obszar faldów warstw stojących

Fałdy warstw stojących są strukturą o złożonej budowie, genetycznie związaną z nasunięciem orłowsko-boguszowickim i występującą na jego przedpolu. Głównym elementem jest stosunkowo płaski fałd znajdujący się w południowej części obszaru górniczego, przechodzący ku N na odcinku kilkuset metrów w fałd stojący o nachyleniu skrzydła wschodniego 60°-90°, a następnie w fałd przewalony o nachyleniu 90°-120°. Skrzydło zachodnie fałdu stojącego graniczące ze strefą nasunięcia orłowsko-boguszowickiego posiada nachylenie 15°-35° (rys. 11 i 12). W tym obszarze występuje ponadto tzw. nasunięcie mszańskie I, przedstawiające stromy uskok odwrócony o powierzchni zapadającej w kierunku zachodnim.

Struktura fałdów warstw stojących w kierunku północnym wykazuje wyraźne przejawy zniszczenia o charakterze dynamometamorficznym, co świadczy o wielofazowym oddziaływaniu sił tektonicznych. Ze względu na złożoną budowę tektoniczną tego obszaru nie prowadzono tutaj robót eksploatacyjnych, poza przekopami udostępniającymi i nielicznymi robotami korytarzowymi. Z powyższych względów stopień rozpoznania tektoniki uskokowej w tym obszarze jest niewielki.

3.4. Ocena stopnia zuskokowania obszaru Jastrzębie

Ocenę stopnia zuskokowania przeprowadzono, wykorzystując dane pochodzące z aktualnie eksploatowanego poziomu -400m .Uzyskaną ocenę skonfrontowano z wynikami uprzednich badań przeprowadzonych dla poziomu -120m [25]. Na podstawie map pokładowych określono orientację uskoków. Następnie obliczono wartości [46], [48]:



Rys. 11. Przekrój geologiczny (IV - IV) przez nasunięcie mszańskie II i obszar fałdów warstw stojących • - lokalizacja próbek orientowanych

PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY IV-IV 20 0 20 40 60 80 100 m

Fig. 11. Geological cross section (IV - IV) of the Mszana overthrust II and fold area • - sampling of oriented blocks locations

29



gęstości liniowej uskoków (liczba uskoków na 1000 m),
gęstości powierzchniowej uskoków G_{up} (sumaryczna długość uskoków na powierzchni 1×10⁴ m² (1 ha) do pola tej powierzchni),

$$G_{up} = \frac{L_u}{F}$$

(3)

gdzie

 $L_{\rm u}$ - sumaryczna długość wszystkich uskoków w obrębie wydzielonej

powierzchni pomiarowej, m,

F - pole powierzchni pomiarowej, m²,

- wskaźnika zuskokowania złoża W_u (średnia ważona gęstość powierzchniowa uskoków, przy czym jako wagę przyjęto procent powierzchni obszaru o danej gęstości, natomiast wartość gęstości powierzchniowej uskoków przyjęto jako średnią dla przedziałów gęstości). Na podstawie orientacji uskoków, przedstawionej na diagramie konturowym (rys. 13), uzyskano wartości liczbowe parametrów uskoków (tab.1).

Współrzędne maksimum na diagramach konturowych na obu porównywanych poziomach wykazują nieznaczne różnice, co świadczy o tym, że orientacja uskoków na poziomie głębszym nie uległa zasadniczej zmianie. Zmniejsza się natomiast na poziomie niższym intensywność maksimum oraz kąt nachylenia powierzchni uskokowych. Wydaje się, na podstawie uzyskanych danych liczbowych, że z głębokością w obszarze fałdu Jastrzębia na znaczeniu zyskują przemieszczenia mas skalnych w formie uskoków odwróconych (nasunięć) kosztem przemieszczeń grawitacyjnych (czyli uskoków normalno-zrzutowych).

Gęstość liniowa uskoków waha się od 5,89/1000 m dla kierunku W-E do 3,25/1000 m dla kierunku N-S i jest nieco większa na poziomie niższym (tab. 2).

Stopień zuskokowania, określony wartościami wskaźnika zuskokowania (W_u), wyznaczono na podstawie obliczonej gęstości powierzchniowej uskoków. Procentowy udział powierzchni obszaru górniczego w poszczególnych przedziałach gęstości powierzchniowej uskoków (0,0 -100, 100 - 300, 300 - 500 i >500 m/ha) na obu poziomach jest zróżnicowany (tab.3). Powierzchnia przedziału o gęstości uskoków 100 - 300 m/ha, wpływająca w sposob istotny na wielkość wskaźnika zuskokowania, jest prawie dwukrotnie większa na poziomie -400 m niż na poziomie -120 m. Wskaźnik zuskokowania złoża na poziomie -400 m wynosi 80,4 m/ha i jest wyraźnie większy niż na poziomie wyższym, gdzie wynosi 50,1 m/ha (tab. 3).



- Rys. 13. Diagram konturowy azymutów kierunku zapadania uskoków obszaru górniczego Jastrzębie na poziomie -400 m (217 pomiarów)
- Fig. 13. Contoured stereogram of dip fault azimuths in the Jastrzębie mine area on the level -400 m (217 sample points)

3.5. Tektogeneza obszaru Jastrzębia

W obszarach ukształtowanych pod wpływem sił tektonicznych wartości trzech naprężeń głównych nie są sobie równe. Geometryczną reprezentacją tensora jest elipsoida trójosiowa. Dominującej sile tektonicznej odpowiada ekstremalne naprężenie główne (zwykle oznaczone σ_1). W takim przypadku stan naprężenia jest trójkierunkowy (trójosiowy).

T	abela	1
	abore	÷ .

	Orientacja u	skoków na obszar	ze Jastrzębia	
		System	uskoków	1
Poziom	południko	wy (N-S)	przekątny	(NW-SE)
eksploatacyjny	intens. maks. (%)	azym. kier. zap./ kat upadu (°)	intens. maks. (%)	azym. kier. zap./ kat upadu (°)
100000	9,0	85/80	در مر اهر اهم او مراجع دهر اها مر	ghoragen do
-120	7,7	275/78	7,0	25/78
o da fonicio	7,5	90/65	a por consultation of the	alegoinge Samia
-400	5,2	270/60	3,5	30/60

1) wg Kempy et al., 1979

Tabela 2

Gęstość liniowa uskoków na obszarze Jastrzębia

Poziom	Gęstoś	ć liniowa uskokó	w (liczba uskoków/1	000m)
eksploatacyjny	W-E (80-270°)	N-S (0-180°)	NW-SE(300-120°)	NE-SW (60-240°)
- 120 ¹⁾	5,56	2,97	3,75	4,48
-400	5,89	3,25	4,66	4,84

1) wg Kempy et al., 1989

Tabela 3

Gęstość powierzchniowa uskoków (G_{up}) i wskaźnik zuskokowania (W_u) na obszarze Jastrzębia

Poziom eksploata-	% powier	zchni obszaru	o gęstości po [m/ha]	wierzchniowej	uskoków	Wskaźnik zuskokow.
cyjny	I O	II 0-100	III 100-300	IV 300-500	V >500	Wu [m/ha]
- 120 ¹⁾	54,2	28,3	17,1	0,3	0,1	50,1
-400	45,7	20,6	32,3	1,4	0,0	80,4

1) wg Kempy et al., 1979

Stwierdzono jednak wielokrotnie, że na powstanie odkształceń i zniszczeń decydujący wpływ wywierają naprężenia skrajne (σ_1 i σ_3), które uwzględnia się w rozważaniach nad tektogenezą [23].

Orientacja przestrzenna naprężeń głównych decyduje o rodzaju i kierunku deformacji tektonicznych, ciągłych i nieciągłych. Uskoki zrzutowe powstają przy pionowym ustawieniu płaszczyzny głównej σ_1 i σ_3 (oś σ_2 jest zatem pozioma). Uskoki normalne powstają wówczas, gdy osią pionową układu jest oś największego naprężenia głównego, którego podstawowym czynnikiem jest obciążenie grawitacyjne. Oś σ_3 zajmuje położenie poziome, a powierzchnie uskokowe są nachylone stromo (rys. 14 a). O możliwości powstawania tych uskoków decyduje różnica wartości σ_1 i σ_3 . Uskoki odwrócone powstają wówczas, gdy oś najmniejszego naprężenia głównego jest ustawiona pionowo, oś σ_1 przebiega poziomo, dlatego powierzchnie uskokowe muszą być nachylone łagodnie (rys. 14 b). Naprężenia największe, poziome mogą być tylko pochodzenia tektonicznego. Uskoki przesuwcze powstają przy pionowym ułożeniu osi pośredniego naprężenia głównego (σ_2 - ciśnienie nadkładu) i poziomego ułożenia dwu pozostałych osi naprężeń głównych. Układ taki może się wytworzyć tylko pod wpływem poziomej kompresji tektonicznej (rys. 14 c).



- Rys. 14. Trzy główne typy uskoków : a) normalny, b) odwrócony, c) przesuwczy, powstałych pod wpływem trójosiowego układu sił (Jaroszewski, 1980)
- Fig. 14. The three main type of faults : a) normal slip fault, b) reverse slip fault, c) strike slip fault, formed by the three - axis field forces (Jaroszewski, 1980)

Najpowszechniejszy czynnik fałdotwórczy - ściskanie poziome - powoduje tendencję do równoległości ukierunkowania σ_1 do osi ściskania, a więc poziomo, prostopadle do powierzchni osiowych. Kierunki σ_2 pozostają równoległe do osi fałdu, trajektorie σ_3 dążą do ułożenia pionowego (rys. 15 a). Drugim istotnym czynnikiem fałdowania są ruchy pionowe, powodujące powstawanie fałdów ze zginania. W typowym przypadku kierunki σ_1 są prostopadłe do warstw, σ_2 - równoległe do warstw i osi fałdu, σ_3 - równoległe do warstw i prostopadłe do osi fałdu (rys. 15 b). Fałdowaniu związanemu z ruchami pionowymi towarzyszą często uskoki radialne. Ciśnienie nadkładu staje się naprężeniem głównym, wywołując powstawanie uskoków normalnych.





Rys. 15. Ogólny stan naprężeń w antyklinie utworzonej przez poziome ściskanie (a) i pionowe wypiętrzanie podłoża (b) (Jaroszewski, 1980)

Fig. 15. Stress field in anticline developed by horizontal compression (a) and vertical dislocation of basement (b), (Jaroszewski, 1980)

Struktury tektoniczne na obszarze Jastrzębia są efektem wielofazowej i różnorodnej w skutkach przeszłości tektonicznej i wskazują na dużą zmienność układów naprężeń determinujących te struktury.Założenia struktur uskokowych i fałdowych pochodzą z okresu sedymentacji górnokarbońskiej [17], [32], [33]. Głównym czynnikiem inicjującym tworzenie się struktur tego obszaru były ruchy pionowe wzdłuż nieciągłości podzielonego na bloki podłoża GZW. Konsedymentacyjną (synsedymentacyjną) genezę przypisuje się także strefom nasunięciowym: michałkowicko-rybnickiej, orłowsko-boguszowickiej, strefie uskokowej Ruptawa-Bzie, występującej w osiowej części elewacji osadów górnokarbońskich Olzy-Jastrzębia, [3].

Ogólna tendencja konsedymentacyjnej, zróżnicowanej ruchliwości pionowej bloków podłoża, przy wzrastającym udziale obciążenia gromadzących się osadów sprzyjała wytworzeniu się lokalnych pól naprężeń. Maksymalne naprężenia ściskające (σ_1) posiadały kierunek pionowy i dały początek uskokom normalno-zrzutowym, odzwierciedlającym kierunki nieciągłości podłoża.

Po okresie sedymentacji osadów górnokarbońskich nastąpił etap zasadniczej tektogenezy (głównie w fazie leońskiej), który w rejonie Jastrzębia zaznaczył się silną aktywnością wyrażającą się :

- ruchami pionowymi bloków podłoża,

- ruchami przesuwczymi bloków podłoża,

 kompresją osadów górnokarbońskich skierowaną od zachodu (tzw. kompresja wschodniosudecka).

W pierwszym etapie oddziaływania procesów fazy leońskiej dominujące były ruchy pionowe bloków podłoża, za sprawą których uformowane zostały, główne struktury tektoniczne tego obszaru: nasunięcie orłowsko-boguszowickie, fałd Jastrzębia i elewacja Olzy-Jastrzębia. Grawitacyjny nacisk nadkładu, przy równoczesnych pionowych ruchach bloków podłoża doprowadził do utworzenia pola naprężeń (σ_1 pionowe), w których powstawały pierwotne uskoki normalno-zrzutowe. Orientacje tych uskoków, podobnie jak orientacje struktur fałdowych, wyznaczały południkowe i równoleżnikowe kierunki nieciągłości bloków podłoża.

W kolejnej fazie tektogenezy ruchliwość pionowa bloków podłoża została zastąpiona ruchem przesuwczym wzdłuż nasunięcia orłowsko-boguszowickiego i elewacji Olzy-Jastrzębia. Dominująca do tej pory rola naprężenia pionowego została zastąpiona naprężeniem pośrednim (σ_2), a naprężenie główne (σ_1) przybrało położenie poziome. Rezultatem reorientacji pola naprężeń jest zmiana charakteru uskoku centralnego z uskoku normalnozrzutowgo na uskok przesuwczy wtórny.Z ruchem przesuwczym wzdłuż nasunięcia orłowskoboguszowickiego związana jest początkowa faza tworzenia się nasunięcia mszańskiego I i II. W dalszym rozwoju struktur obszaru Jastrzębia ponownie wzrasta znaczenie ruchów pionowych, które miały miejsce jednocześnie z kompresją wschodniosudecką. Kompresja wschodniosudecka zaznaczyła się przede wszystkim na przedpolu nasunięcia orłowskoboguszowickiego, gdzie istniały warunki do ukształtowania intensywniejszego kompresyjnego pola naprężeń. Efektem tej kompresji skierowanej od zachodu, w połączeniu z ruchami pionowymi podłoża, są nasunięcia mszańskie I i II. Mają one charakter stromych uskoków odwróconych ("high angle reverse faults"), powstających w strefie, gdzie naprężenia normalne (σ_1) posiadały położenie odchylone od horyzontalnego [18]. Proces deformacji w ułożeniu osadów górnokarbońskich na tym obszarze kończy działalność magmatyczna, trwająca zapewne aż do fazy saalskiej [32]. Stwierdzone przejawy działalności magmatycznej w tej części GZW potwierdzają jej postorogeniczny charakter [14].

Construction producty 1012, 2018,

4. METODYKA PRZYGOTOWANIA I PROWADZENIA BADAŃ LABORATORYJNYCH

4.1. Opróbowanie pokładów wegla

Badania laboratoryjne przeprowadzono wykorzystując próbki węgla pobrane z pokładów na obszarze górniczym Jastrzębie kopalni Jas - Mos, na które złożyły się:

- próbki punktowe (kawałkowe) orientowane w przestrzeni złożowej,

- próbki pokładowe (bruzdowe).

Opróbowano pokłady 502/₁, 502/₂₋₃, 503/₁₋₂, 505/₁ i 510/₁, udostępnione poziomami eksploatacyjnymi -120 m, -240 m, -400 m i -600 m. Do pobrania próbek orientowanych typowano węgiel, który nie wykazywał makroskopowo objawów zwietrzenia. Próbki posiadały kształt prostopadłościanów, na których zaznaczano kierunek biegu i upadu pokładu oraz (dla pewności) kierunek pionowy. Wielkość próbek nie przekraczała objętości 3 dm³. W laboratorium próbka została zatopiona w parafinie celem jej wzmocnienia. Z miejsc, gdzie pobierano próbki orientowane, pobrano również próbki bruzdowe, zgodnie z PN-81/G-04501. Łącznie do badań laboratoryjnych pobrano:

- 20 próbek orientowanych (tab. 4),

- 15 próbek bruzdowych (tab. 5).

Lokalizacja pobranych próbek na mapie strukturalnej (rys. 6) i przekrojach geologicznych (rys. 7 - 12) wskazuje na jej podporządkowanie założeniom pracy. Opróbowano następujące struktury:

- antyklinę Jastrzębia,

- synklinę Jastrzębia w rejonie uskoku centralnego i nasunięcia mszańskiego II,

- strefę fałdów warstw stojących.

Tabela 4

Wykaz próbek orientowanych pobranych

do badań z obszaru Jastrzębia

	Lo	kalizacja	Bieg / upad	Rejon
pokła	d poziom	wyrobisko	pokładu	
510/,	400	chodnik podst. w -2	2/14/E	wschodnie skrzydło antykliny Jastrzębia
505/	-400	chodnik podść. 43 - z-1	324/11/NE	skrzydło zrzucone nasunięcia mszańskiego II
505/	-400	chodnik podść. 43- z-1	340/13/NE	skrzydło zrzucone nasunięcia mszańskiego II
510/	, -240	chodnik. podst. c-1	184/44/W	zachodnie skrzydło antykliny Jastrzębia
510/,		chodnik odstawczy w-1	0/14/E	wschodnie skrzydło antykliny Jastrzębia
510/	1 -120	chodnik podst. w-2	298/26/N	strefa osiowa antykliny Jastrzębia
502/	-400	chodnik łaczacy z-3	248/12/N	skrzydło zrzucone nasunięcia mszańskiego II
502/,	-400	przekop zachodni	241/28/N	skrzydło wiszące nasunięcia mszańskiego II
502/,	-400	iw., 0.4 m ponižej J-8	241/28/N	skrzydło wiszące nasunięcia mszańskiego II
502/	-240	chodnik odstawczy z-2	16/7/E	skrzydło zrzucone nasunięcia mszańskiego II
503/,	., -240	pochylnia transport. z-1	350/10/NE	skrzydło wiszące nasunięcia mszańskiego II
510/	, -400	pochylnia rurowa 4 c-1	207/48/NW	zachodnie skrzydło antykliny Jastrzębia
505/	-400	chodnik podść. 43 z-1	100/10/SW	skrzydło zrzucone nasunięcia mszańskiego II
502/	-600	wytyczna północna	302/16/NE	strefa uskoku centralnego
502/	-600	iw., 0.1 m poniżej J-13	302/16/NE	strefa uskoku centralnego
505/	-600	wytyczna północna	302/16/NE	strefa uskoku centralnego
510/	-600	objazdowa północna	298/8/NE	strefa uskoku centralnego
510/	-600	przekop wsch. równoległy	227/20/NW	strefa uskoku centralnego
502/	-240	chodnik podść. 15 - z-2	308/16/NE	strefa warstw stojących
1205	010	C TT Judge OT 7	21/00/10	etrefa waretw stniacych

.0	36.60	24.35	34.07	35.28	35.15	36.04	33,05	34.61	35.95	34.26		34.94	34.07	30.18	14.41	31.80	34.90	
0,	12.52	30 62	32.59	34.05	33.78	34.52	31.65	33.10	34.20	32.72	-	32.62	32.26	29.72	41.24	30.36	33.39	
×.	0.30	0.76	0.46	0.48	0.35	0.37	0.30	0.26	050	150		0.54	0.51	0.45	In CO	0.62	0.70	
	S23	2.44	4.13	2.02	3.17	3.00	6.33	2.74	1.32	8.60	3.65	165	13 30	16.59	11.30	7.79	3.20	
W.	135	2.04	1.73	0.78	1.47	1.66	157	1.38	2.11	1.74	1 40	2.39	2.34	151	2.10	1.56	1.09	
a a	22 92	86 8-	28 8	20 8	23 57	7 73	23 40	32 2	20 98	23 5	10 18	- 81	32 -9	20 -	23 .1		- 0	
R	52	2.5	6.5	8.0	80	8.5	65	2.0	25	56	20	4.0	8.0	2.0	4.7	0	0	
RI	87	78	78	83	86	84	85	63	84	70	* ()%	67	82	09	70	0	0	
144	27.8	24.5	22.7	23,2	21.7	20.9	24.2	N2	22.8	21.8	214	13.3	21.8	212	22.1	13.2	6.11	
dyl Bw	35.1	35.2	35.2	35.2A	35.2A	35.2A	35 2B	35.213	35.2B	35.213	35	1.76	37.1	37.1	37	19	41	
Lokafizacja na obszarze górniczym Jastrzebie	pokl. 510/1 chodn wider w 1	pokl. 510	pokl 502/1 chodn podst 2-2	pokl \$02/, prz wyt. pln.	pokl. 510/, prz. wseh. n 600	pokt 510/i obj. pln., p 600	pokt 510/1-2 chodn podst w - 2	pokl. 510/2 poch. rur.4 c - 1	pokil. 505/, chodn. podsć. 43 - z 1	pokl. 505/ ₁ wyt. pln. p 600		pold. 502/1 thodir. poddo 15 - z - 2	pokl. 503/1-7 poch transp. 2 - 1	pokl. 502/, pvz. zach p 400		prz. zach, p 400	pokl. 505/, prz. lacz. z prz. II	
Odpowyscinia probla orientowana	3.5	9-6	6-f	£1-f	J-16	J-15	14	14.3-11	12, 13, 142	3-14	Srednia dla tvp	J-17	J-10	1.7	Srednia dla typi	3-8	J-18	
probki bruzdowej	5	-	7	11	10	13	-	6	-	12		1	2 6	S		5	18	
Lp.	1	n	2	4	~	9	-	10		0	1	-	21	23	1	:	15	

Tabela.

4.2. Badania laboratoryjne

Do badań laboratoryjnych wykorzystano próbki sporządzone w następującej koleiności:

41

- z próbek orientowanych wykonano preparaty mikroskopowe (szlify kawałkowe - zgłady), które posiadały trzy ściśle zorientowane przestrzennie płaszczyzny pomiarowe; z każdej próbki przygotowano po 2 ÷3 zgłady,

- ponadto z próbek orientowanych wyseparowano ręcznie węgiel błyszczący z litotypu węgla błyszczącego i półbłyszczącego, (około 10+15 g z każdej próbki), w celu uzyskania większej koncentracji witrynitu, umożliwiającej dokładniejsze określenie zdolności refleksyjnej węgla niż na próbkach sporządzonych do oznaczania refleksyjności metodą wg PN,

- z wyseparowanego węgla błyszczącego wykonano preparaty mikroskopowe (szlify ziarnowe- brykiety) do pomiarów refleksyjności i oznaczenia składu petrograficznego oraz przygotowano próbki analityczne do oznaczeń parametrów chemiczno-technologicznych,

- z próbek bruzdowych przygotowano również próbki analityczne do oznaczeń parametrów chemiczno-technologicznych.

4.2.1. Badania parametrów chemiczno-technologicznych.

Na próbkach analitycznych oznaczono następujące parametry chemiczno technologiczne:

- z próbek bruzdowych - wilgoć (W^r₁), popiół (A^a), części lotne (V^{daf}), siarkę całkowita (S^a₁). liczbę Rogi (RI), wolne wydymanie (SI), wskaźniki plastometryczne (a,b), ciepło spalania (Q^{a}) , wartość opałowa (Q^{r}) .

-z próbek węgla błyszczącego - wilgoć (W^a), popiół (A^d), (A^a), części lotne (V^{daf}) oraz zawartość pierwiastka węgla C_o^{daf} i wodoru H_o^{daf}.

4.2.2. Badania skladu petrograficznego

Obejmowały one mikroskopową analizę, w ramach której wyznaczono procentową zawartość grup macerałów (witrynitu, egzynitu, inertynitu) i substancji mineralnej w koncentratach wegla błyszczącego. Analizę przeprowadzono na szlifach ziarnowych zgodnie z zaleceniami ICCP z uwzględnieniem polskiej normy PN-79/G-04529. COM information a surface of concentration (COM information information) addition

preparat ziarnowy (brykiet) Pomiar pozomych wartości R^{max} i R^m refleksyjności Wyznaczenie metodą wykresu krzyżowego (Kilby, 1988, 1991) rzeczywistych R_{max}, R_{int}, R_{min} indykatrysy Próbki węgła nieorientowane Przygotowanie preparatów do badań: ręcznie wyseparowany węgiel błyszczący wyznaczenia kształtu i orientacji indykatrysy refleksyjności witrynitu E I SM skład petrograficzny kono węgla bły szczącego: Vt, próbka analityczna do badań: wartości i kierunków występowania K max odpowiada rzeczywistej R int indykatrysy: R min indykatrysy: R min indykatrzecza A. W. C. " H. Plaszczyzna B: płaszczyzna pionowa wycięta prostopadle do kierunku R'_{max} Vdaf wycięta prostopadl na płaszczyźnie H KKKK Wartość F wartości I Wartość F wartość I min i R' Pomiar R' i R Algorytm v występowania witrynitu Pomiar refleksyjności na trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyznach zgladów Pomiar wartości i kierunków występowania refleksyjności R'_{min} i R'_{max} witrynitu odpowiada rzeczywistej indykatrysy ttów do badań. wycinanie 2-3 Plaszczyzna H. płaszczyzna pozioma Plaszczyzna A: plaszczyzna pionowa wycięta równolegle do kierunku R'_{max} na plaszczyżnie H 16. Rys. Przygotowanie preparatów do zatapianie w parafinie, wycinal Pomiar wartości i kierunków refleksyjności R'_{min} i R'_{max} w Próbki węgla orientowane

voluelgz

Procedure of estimation of vitrinite reflectance indicating surface (RIS)

16.

Fig.

max

NR

wartości Wartość

ALGORYTM WYZNACZENIA KSZTAŁTU I ORJENTACJI INDYKATRYSY REFLEKSYJNOŚCI WITRYNITU

4.2.3. Badania własności optycznych

Badania własności optycznych, mających na celu wyznaczenie kształtu i orientacji indykatrysy refleksyjności witrynitu przebiegały, zgodnie z określonym jch tokiem (rys. 16) j obejmowały:

- pomiary anizotropii optycznej (anizotropii refleksyjności) na orientowanych w przestrzeni złożowej próbkach kawałkowych (szlifach kawałkowych),

- pomiary anizotropii optycznej na szlifach ziarnowych koncentratów wegla błyszczacego. Pomiary zdolności odbicia światła przeprowadzono w świetle spolaryzowanym przy użyciu mikroskopu do światła odbitego Axioskop firmy ZEISS z mikrofotometrem, stosując ciecz imersyjną o współczynniku załamania światła $n_c=1,5176$, w temperaturze 23 +273 K, przy długości fali świetlnej λ =546 nm.

Pomiary anizotropii optycznej na szlifach kawałkowych przeprowadzono na wybranych powierzchniach próbki, na mikropasemku telokolinitu (kolotelinitu). W każdym punkcie pomiarowym odczytywano wartość współczynnika odbicia światła co 2° podczas obrotu stolika optycznego mikroskopu o 360°. Na każdej z tych powierzchni uzyskiwano dane z 20-30 punktów pomiarowych. Na podstawie tych pomiarów wyznaczono średnia maksymalną (R_{max}) i średnią minimalną (R_{min}) wartość zdolności odbicia światła oraz położenia (azymuty), w jakich te wartości występują na każdej badanej powierzchni.

Pełną charakterystykę anizotropii refleksyjności określają, pomiary przeprowadzone na trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyznach:

- H - płaszczyźnie poziomej (horizontal plane),

- A - płaszczyźnie pionowej (axial plane), zgodnej z kierunkiem maksymalnej wartości refleksyjności na płaszczyźnie poziomej H,

- B - płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do płaszczyzny pionowej A (right section). Wyznaczony na płaszczyźnie H kierunek R_{max} jest jego azymutem. Orientacja R_{max} różni się od azymutu R_{max} wartością odchylenia (inklinacji) od płaszczyzny poziomej.

Wyznaczone na płaszczyźnie A wartość i kierunek R_{max} odpowiadają rzeczywistej wartości i kierunkowi R_{max}. Wartości i kierunki R_{max} i R_{min}, wyznaczone na płaszczyźnie B są odpowiednio równe rzeczywistym wartościom i kierunkom pośredniej R_{int} i minimalnej R_{min} refleksyjności (rys. 17).

Pomiary anizotropii optycznej wegla w koncentratach wegla błyszczącego przeprowadzono na szlifach ziarnowych, wykonanych standardową technika. Wartość średnia zdolności odbicia światła witrynitu (R_o) wyznaczono zgodnie z zaleceniami ICCP

42



Rys. 17. Trzy wzajemnie prostopadłe płaszczyzny służące do pomiarów refleksyjności w celu określenia orientacji i wielkości głównych osi indykatrysy (Levine, Davis, 1989)



z uwzględnieniem polskiej normy PN-92/G-04524, uzyskując dane dla każdej próbki z około 50 punktów pomiarowych. Rejestrowano także przypadkowe wartości minimalnej (R^{*}min) i maksymalnej (R'max) refleksyjności podczas pełnego obrotu stolikiem mikroskopu. Na podstawie wyników tych pomiarów, wykorzystując empiryczną metodę wykresu krzyżowego refleksyjności oraz program komputerowy, wyznaczono rzeczywiste wartości maksymalnej (R_{bmax}), pośredniej (R_{bint}) i minimalnej (R_{bmin}) refleksyjności [27], [28]. Wykres krzyżowy refleksyjności konstruuje się wykreślając wartości dwójodbicia R'max - R'min w zależności od wartości R'max i R'min. Wielkości trzech podstawowych osi indykatrysy szacuje się za pomocą programu komputerowego przez dopasowywanie dwuwymiarowego rozkładu punktów, z uwzględnieniem prawdopodobnego odchylenia standardowego. Uzyskany wykres pozwala określić charakter optyczny badanej próbki węgla (rys. 18).



Rys. 18. a) Zasada konstrukcji wykresu krzyżowego na podstawie R'max i R'min b) Wykresy krzyżowe próbek witrynitu posiadające charakter od jednoosiowego ujemnego do dwuosiowego dodatniego (Kilby, 1991)

Fig. 18. a) Principe of reflectance crossplotes estimation

b) Interpreted reflectance crossplotes of four natural vitrinite samples which span the range of uniaxial negative to biaxial positive (Kilby, 1991)

5. STOPIEŃ UWĘGLENIA I WŁASNOŚCI CHEMICZNO - TECHNOLOGICZNE WĘGLA

5.1. Typy węgla występujące w obszarze badań

W obszarze Jastrzębia głównym przedmiotem eksploatacji górniczej są węgle ortokoksowe (typu 35 wg PN) z pokładów warstw siodłowych (namur B). Stanowią one także podstawową bazę zasobową węgli koksowych w Rybnickim Okręgu Węglowym. W niektórych pokładach warstw siodłowych (tab.6) obok węgli koksowych stwierdzono obecność węgli semikoksowych (typ 37 wg PN), oraz węgli antracytowych i antracytów (typy 41 i 42 wg PN). Antracyty, których genezę wiąże się z procesami metamorfizmu termalnego, występują najczęściej w "otulinie" wysokoinertynitowych węgli koksowych o obniżonych właściwościach koksowniczych [51]. Dodatnie anomalie uwęglenia stwierdzono w zachodniej części obszaru Jastrzębia, pomiędzy nasunięciem mszańskim I i nasunięciem

W obszarze Jastrzębia występuje nietypowy układ głębokościowy następstwa typów węgla. Polega on na tym, że pod typem 35 występuje typ 37, pod typem 37 występuje typ 41 i 42. Niekiedy spotyka się zjawisko inwersji w pionowym ułożeniu typów węgla, przejawiającej się występowaniem antracytu typu 42 nad węglem typu 35. Rozkład głębokościowy typów węgla może wskazywać na to, że pole metamorfizmu było kształtowane pod wpływem różnych czynników, synsedymentacyjnych i epigenetycznych [31].

Według Międzynarodowej Klasyfikacji Węgla w Pokładzie węgle obszaru Jastrzębia zaliczane są najczęściej do metabitumicznych - "meta-bituminous coals" [52]. Charakteryzują się one wysoką, średnią lub niską zawartością witrynitu. Węgle metabitumiczne o wysokiej zawartości witrynitu odpowiadają najczęściej węglom ortokoksowym typu 35.2A, węgle o średniej i niskiej zawartości witrynitu, a jednocześnie o podwyższonym udziale inertynitu, odpowiadają zazwyczaj węglom ortokoksowym typu 35.2B lub semikoksowym typu 37.1. W obszarze badań występują ponadto węgle perbitumiczne - "per -bituminous coals" oraz para-,

2.50-15.40 1.70-17.50 2.60-29.50 3.50-6.10 2.20-5.20 2.20-5.53 7.15-12.51 1.20-7.00 1.46-7.60 2.80-3.80 3.87-9.18 2.53-6.42 1.40-8.20 14.94 1.87 70-3.7 2.50 8.55 × (zestawiono wg Pozzi, Probierz, 1994) 10-48 16-58 36-66 21-52 45-52 16-18 22-38 58-61 14-33 22-30 43-59 27-67 16 36 47 3 klasyfikacy 8 8 7-17 2-13 6-1 0-3 6-9 -0 0 --4-7 . 0 0 ш 9 0 0 arametry 30-35 64-84 64-69 32-39 35-85 39-70 25-58 45-78 41-47 34-64 77-78 57-71 5 63 00 76 9 ı. obszaru Jastrzębia 1.10-1.14 1.18-1.25 1.47-3.02 1.19-1.25 1.58-4.89 1.19-1.33 1.65-2.77 1.23-1.25 .11-1.32 1.10-1 30 1.15-1.32 1.11-1.32 1.12-1.41 1.13-1.24 2.49 1.20 1.76 1.99 Ľ Per-B/Meta-A Cr H/Para A Per-B/Para A ECE 1994 Mcta - B Nicta - B Meta - II Typ wg Mcta - B Alcta - B Meta B Meta = B Meta - II Mcia - B Mcta - B Per-B Mcta - B Meta = B Para - A Per - B siddlowych 163 brak - +82 brak - +47 -21 - +213 brak - +28 brak - +20 brak - +90 brak +10 brak brak brak + 27 brak brak brak brak brak brak P. brak warstw Parametry klasyfi acyjne 3.0-5.0 3.0-6.0 1 0-8.0 6.0-8.0 6.0-6.5 30-80 1.5-8.0 7.5-8.0 1.0-7.0 1.0-7.5 1.5-7.0 0.0 0.0 6.5 0.0 0.0 0.0 0.0 węgła z pokladów 43-74 51-82 29-79 12-45 34-52 72-79 62-67 66-78 35-73 0-83 3 0 68 0 0 0 Z 0 0 21.97-23.56 18.80-24.00 8 00-2 80 20.76-21.88 18.60-23.60 19.77-23.78 19.18-24.90 19.90-23.70 20.50-26 90 jakości 21.72-21.91 22.0-23.54 7.67-17.53 3.50-13.20 7.60-13.20 25.83 12.62 8.20 5.34 Vdal Charakterystyka 35.2 A/35.2 B 35.2 B/37.2 35.2 B/37.2 3 2 N37.2 35.2 B/37 35.2 B/37.2 35.1/37.1 wg PN 35.2 A Typ 35.2 A 35.2 B 35.2 B 38/42 41/42 41/42 37.1 4 7 12 501/1-2 503/1-2 Poklad 504/2 505/1 506/1 510 502/1

Tabela 6

orto- i metaantracyty. Są to zwykle węgle wysokowitrynitowe, a odpowiadają im węgle antracytowe i antracyty typów 41 i 42 (tab.6).

5.2. Stopień uwęglenia i własności chemiczno - technologiczne próbek wegla

Na podstawie wyników oznaczeń parametrów chemiczno-technologicznych próbek bruzdowych można stwierdzić, że węgiel obszaru badań charakteryzuje się zróżnicowanym stopniem uwęglenia, wyrażonym zmienną zawartością części lotnych w zakresie V^{daf}= 27,8 % - 11,9% (tab.5). Zróżnicowany stopień uwęglenia potwierdzają wyniki pomiarów średniej refleksyjności witrynitu (R_o), która zawiera się w przedziale 1,17 ÷ 1,89 % (tab.10). Najniższy stopień uwęglenia (R_o \leq 1,20 %) wykazują próbki węgla z obszaru antykliny Jastrzębia i nasunięcia mszańskiego II w części południowej obszaru badań, natomiast najwyższy (R_o > 1,40 %) - próbki J-18, J-8 i J-8a z obszaru fałdów warstw stojących i nasunięcia mszańskiego II w części północnej obszaru.

Zróżnicowanie zawartości części lotnych i pozostałych parametrów klasyfikacji węgla wg PN (RI, SI, a, b) pozwala zaliczyć badane węgle do typów 35 (podtypy 35.1, 35.2 A, 35.2 B), 37.1 i 41. W obrębie danego typu występuje zróżnicowanie wartości pozostałych własności chemiczno - technologicznych, tj. wilgoci (W_t^r), popiołu (A^a), siarki całkowitej (S_t^a) oraz wartości opałowej (Q_i^r) i ciepła spalania (Q_s^a).

Dla węgla typu 35 najbardziej zróżnicowanym parametrem jest zawartość popiołu (A^a), która zmienia się w zakresie 1,32 % - 8,60 %. Jednocześnie średnia zawartość popiołu, a także siarki całkowitej (S^a) w węglu typu 35 jest niższa niż w węglu pozostałych typów (tab. 5).

Wykazany stopień uwęglenia w próbkach bruzdowych potwierdziły analizy parametrów chemiczno-technologicznych koncentratów węgla błyszczącego. Skład petrograficzny koncentratów jest zróżnicowany (tab. 7). Uzyskano jednak zamierzony cel, gdyż główny składnik, tj. witrynit, wykazuje wysoką zawartość od około 75 % do 92,5 %(z wyjątkiem próbek J-17 i J-5). Znaczny niekiedy udział macerałów grupy E i I wskazuje na niejednorodność składu petrograficznego pasemek węgla, z którego uzyskano koncentraty. W porównaniu do bardziej zróżnicowanego składu petrograficznego próbek pokładowych (tab.6)

Skład petrograficzny koncentratów węgla błyszczącego wyseparowanych z próbek orientowanych

49

	Lp.	Nr próbki	Udział m	acerałów	i substancji 1	nineralnej
21		- A.	Vt	Е	I	SM
	1	J-1	88.5	4.4	6.8	0.3
	2	J-2	83.3	5.5	10.4	0.8
	3	J-3	81.0	1.5	16.0	1.5
-	4	J-4	84.4	2.5	12.1	1.0
	5	J-5	69.0	11.0	19.7	0.3
	6	J-6	92.5	1.0	5.4	1.1
F	7	J-7	87.0	0.9	11.2	0.9
	8	J-8	87.4	0.5	8.6	3.5
	9	J-8a	82.5	0.0	12.5	5.0
	10	J-9	76.0	0.4	20.4	3.2
	11	J-10	86.0	0.9	8.8	4.3
	12	J-11	86.6	1.8	11.3	0.3
ſ	13	J-12	88.5	1.2	10.3	0.0
	14	J-13	77.3	4.7	15.2	2.8
	15	J-13a	80.1	4.2	14.8	0.9
1	16	J-14	75.3	1.2	22.8	0.7
	17	J-15	91.5	2.8	4.7	1.0
Ì	18	J-16	91.2	1.0	6.8	1.0
	19	J-17	62.3	9.7	25.8	2.2
	20	J-18	84.2	0.0	15.0	0.8

skład petrograficzny został wyraźnie ujednolicony, a dokładność pomiarów własności optycznych na koncentratach węgla błyszczącego mogła być w ten sposób większa.

W próbkach koncentratów węgla błyszczącego zawartość części lotnych i zawartości pierwiastka węgla są właściwe dla typów węgli, z których zostały uzyskane i wykazują wyraźnie mniejszą zmienność wartości (tab.8). Zawartość części lotnych w tych próbkach jest rzeczywistym wskaźnikiem stopnia uwęglenia, mniej obarczonym wpływem składu petrograficznego. Koreluje on dobrze ze wskaźnikiem refleksyjności, a ten z zawartością pierwiastka C_o^{daf} (tab.8, rys. 19).

and the second s

Tabela 7

Tabela 8 Wyniki analizy technicznej i elementarnej koncentratów węgla błyszczącego wyseparowanych z próbek orientowanych

Lp.	Nr próbki	Typ wg PN (pr. br.)	W ^a	A ^a	Ad	V ^{daf}	C _o ^{daf}	${\rm H_0}^{\rm daf}$
1	J-5		0.30	0.88	0.88	25.83	85.11	4.55
2	J-6		1.36	1.75	1.77	25.52	82.62	4.47
3	J-9		0.89	3.03	3.06	22.65	82.71	4.33
4	J-13		0.93	2.63	2.65	22.12	84.44	4.66
5	J-13a		1.26	3.02	3.06	22.58	83.54	4.45
6	J-16		0.71	2.99	3.01	24.85	82.85	4.43
7	J-15	35	0.79	1.77	1.78	21.55	84.89	4.48
8	J-1		0.87	1.25	1.26	23.34	84.76	4.56
9	J-4] [1.40	1.94	1.97	24.36	82.82	4.48
10	J-11		0.79	0.96	0.97	23.68	84.93	4.56
11	J-2		0.74	1.29	1.30	23.50	85.16	4.50
12	J-3] [0.93	2.49	2.51	21.62	84.22	4.36
13	J-12		0.60	0.91	0.92	24.19	84.74	4.43
14	J-14		0.89	1.27	1.28	19.19	85.83	4.38
15	J-17		0.67	1.71	1.72	23.36	84.19	4.32
16	J-10	37	1.11	4.18	4.23	22.86	81.85	4.36
17	J-7		0.69	3.57	3.59	22.38	83.06	4.40
18	J-8		0.80	2.86	2.88	11.97	84.42	3.88
19	J-8a	41	0.75	7.30	7.36	13.29	80.79	3.79
20	J-18		0.92	2.37	2.39	12.39	85.13	3.80

 $A^d = \frac{A^a \times 100\%}{100 - W^a}$

(wg PN-79/G-04510)



Rys. 19. Zależność średniej zdolności odbicia światła (R_o), mierzonej na szlifach ziarnowych koncentratów węgla błyszczącego od zawartości części lotnych (V^{daf}) - rys. 19a i zawartości pierwiastka węgla (C_o^{daf}) - rys. 19b

Fig. 19. Relationship between mean reflectance (R_o) and volatile matters content (V^{daf}) - Fig. 19a, and carbon content (C_o^{daf}) - Fig. 19b, on the vitrinite concentrate pellets

6. ANIZOTROPIA OPTYCZNA WĘGLA W POKŁADACH FAŁDU JASTRZĘBIA

Na pełną charakterystykę indykatrysy refleksyjności witrynitu (RIS)¹ składa się określenie:

- wartości trzech jej głównych osi (Rmax, Rint, Rmin),

- wzajemnego ich ułożenia w przestrzeni (symetria indykatrysy).

Wartości R_{max}, R_{int}, R_{min} oraz ich orientacje w przestrzeni uzyskuje się bezpośrednio z wyników pomiarów dokonanych na próbkach orientowanych. Na podstawie pomiarów refleksyjności na brykietach można oszacować, stosując metodę Kilby'ego [27], [28], wartości R_{max}, R_{int} i R_{min}.

Pomierzone na próbkach orientowanych wartości refleksyjności R_{max} , R_{int} i R_{min} wahają się w szerokim zakresie:

$$-R_{max} = 1,27 \div 1,99 \%,$$

$$-R_{int} = 1,20 \div 1,88 \%,$$

$$-R_{mun} = 1,03 \div 1,54 \%,$$

wskazując na różny stopień uwęglenia badanych próbek oraz ich dwuosiowy charakter optyczny (tab.9).

Przedstawione na wykresie (rys. 20) wartości trzech głównych osi indykatrysy w funkcji stopnia uwęglenia, zdefiniowanego jako :

$$R_{\text{mean}} = (R_{\text{max}} + R_{\text{int}} + R_{\text{min}})/3 \tag{4}$$

[62] wzrastają prostoliniowo, generalnie wraz ze wzrostem uwęglenia. Proste aproksymujące rozkład punktów na wykresie są określone następującymi równaniami:

$$R_{max} = 1.19 R_{mean} - 0.13,$$

$$R_{int} = 1.00 R_{mean} + 0.03,$$

$$R_{min} = 0.81 R_{mean} + 0.10$$

Różnica w wartościach współczynników nachylenia prostych dowodzi, że przyrosty wartości R_{int} i R_{min} są mniejsze niż wartości R_{max} . Prowadzi to do wzrostu anizotropii optycznej, wyrażonej jako:

¹ RIS - ang. reflectance indicatrice surface

 $R_{bi} = R_{max} - R_{min}$

(5)

na próbkach orientowanych

osi indykatrysy refleksyjności uzyskane

Wartości głównych

Tabela 9

Biaxial (+) lub (-)	B (-)	B (-)	B (+)	B (-)	B (-)	B (-)	B (-)	B (+)	B (+/-)	B (-)	B (-)	B (-)	B(+/-)	B (-)								
k	0.80	0.36	1.14	0.39	0.53	0.11	0.30	2.5	1.00	0.27	0.80	0.17	1.00	0.22	0.47	0.25	0.61	0.04	0.64	0.27		
R int / R mon	1.10	1.14	1.07	1.18	1.15	1.18	1.10	1.06	1.14	1.15	1.10	1.23	1.09	1.18	1.17	1.20	1.18	1.28	1,14	1.22		
R max / R max	1.08	1 05	1.08	1.07	1.08	1.02	1.03	1.15	1.14	1.04	1.08	1,04	1.09	1.04	1,08	1.05	1.11	1.01	1.09	1.06		
Biaxial (+) lub (-)	B (-)	B (-)	B (+)	B (-)	B (-)	B (-)	B (-)	B (+)	B (+)	B (-)	B (-)	B (-)	B (+)	B (-)								
R int - R min	0.11	0.16	0.09	0.19	0.16	0.19	0.12	0.09	0.18	0.16	0.12	0.25	0.10	0.21	0.20	0.25	0.22	0.32	0.16	0.34		
R R int	0.10	0.07	0.11	0.08	0.10	0.03	0.04	0.24	0.20	0.05	0.11	0.05	0.11	0.05	0.11	0.07	0.16	0.02	0.12	0.11		
R nax - R nun	0.21	0.23	0.20	0.27	0.26	0.22	0.16	0.33	0.38	0.21	0.23	0.30	0.21	0.26	0.31	0.32	0.38	0.34	0.28	0.45		
Rmean	1.21	1.31	1.31	1.18	1.18	1.19	1.26	1.60	1.49	1.20	1.30	1.25	1.23	1.32	1.32	1,41	1.39	1.36	1.32	1 80		
R	1.10	1.18	1,21	1.03	1.04	1.05	1.17	1.46	1.30	1.08	1.18	1.07	1.13	1.16	1.15	1 22	1.19	1.14	1.17	1.54		
K.	1.21	1.34	1.30	1.22	1.20	1.24	1.29	1.55	1.48	1.24	1.30	1.32	1.23	1.37	1.35	1.47	1.41	1.46	1.33	1.88		
Rmax	1.31	1,41	1,41	1,30	1.30	1.27	1.33	1.79	1.68	1.29	1.41	1.37	1.34	1.42	1.46	1.54	1.57	1.48	1.45	1 99		
Nr próbki	1-1	1-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7	J-8	J-8a	J-9	J-10	J-11	J-12	J-13	J-13a	J-14	J-15	J-16	J-17	J-18		
Lp.	-	2	3	4	5	9	7	00	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		





Fig. 20. Relationship between vitrinite reflectance and coal rank

Wartości głównych osi indykatrysy, oszacowane za pomocą wykresów krzyżowych, wahają się w zakresie (tab.10):

powodując dwuosiowy ujemny, ujemno-dodatni oraz dodatni charakter optyczny węgla, o czym świadczą wzorcowe wykresy krzyżowe (rys. 21).

Uzyskane kształty indykatrysy (wzajemne relacje wielkości osi R_{max}, R_{int}, R_{min}) pozwoliły podjąć próbę określenia rodzaju czynników geologicznych oddziałujących w procesie

Tabela 10 Wartości głównych osi indykatrysy refleksyjności oszacowane za pomocą wykresów krzyżowych pomiarów na szlifach ziarnowych (brykietach) na podstawie wyników

Ì		R s	R, Rs	R 🔤 Rs	int R min Ro Rs	R _{int} R _{min} R _o Rs	Rmax R int R min Ro R s
2.9 E ⁻¹	4 2.9 E ⁻¹	-1.74 2.9 E ⁻¹	1.24 -1.74 2.9 E ⁻¹	1.15 1.24 -1.74 2.9 E ⁻¹	25 1.15 1.24 -1.74 2.9 E ⁻¹	1.25 1.15 1.24 -1.74 2.9 E ⁻¹	1.34 1.25 1.15 1.24 -1.74 2.9 E ⁻¹
5.2 E ^{-t}	22 5.2 E ⁻¹	-12.22 5.2 E ⁻¹	1.20 -12.22 5.2 E ⁻¹	1.03 1.20 -12.22 5.2 E ⁻¹	25 1.03 1.20 -12.22 5.2 E ⁻	1.25 1.03 1.20 -12.22 5.2 E ⁻¹	1.35 1.25 1.03 1.20 -12.22 5.2 E ⁻¹
3.5 E-	E ⁻⁵ 3.5 E ⁻¹	3.55 E ⁻⁵ 3.5 E ⁻¹	1.30 3.55 E ⁻⁵ 3.5 E ⁻¹	1.19 1.30 3.55 E ⁴ 3.5 E ⁴	31 1.19 1.30 3.55 E ⁴ 3.5 E	1.31 1.19 1.30 3.55 E ⁴ 3.5 E ⁴	1.43 1.31 1.19 1.30 3.55 E ⁴ 3.5 E ⁴
5.1 E	51 E	-13.61 5.1 E*	1.20 -13.61 5.1 E*	1.02 1.20 -13.61 5.1 E*	24 1.02 1.20 -13.61 5.1E ⁴	1.24 1.02 1.20 -13.61 5.1E ⁴	1.33 1.24 1.02 1.20 -13.61 5.1 E
4.5 E	0 4.5 E	-6.10 4.5 E	1.17 -6.10 4.5 E	1.03 1.17 -6.10 4.5 E	19 1.03 1.17 -6.10 4.5 E	1.19 1.03 1.17 -6.10 4.5 E	1.30 1.19 1.03 1.17 -6.10 4.5 E
4.9 E	0 4.9E	-6.60 4.9 E	1.19 -6.60 4.9 E	1.03 1.19 -6.60 4.9E	21 1.03 1.19 -6.60 4.9E	1.21 1.03 1.19 -6.60 4.9 E	1.33 1.21 1.03 1.19 -6.60 4.9 E
3.6 E	1 3.6 E	-4.31 3.6 E	1.22 -4.31 3.6 E	1.11 1.22 4.31 3.6E	24 1.11 1.22 -4.31 3.6 E	1.24 1.11 1.22 -4.31 3.6 E	1.34 1.24 1.11 1.22 4.31 3.6E
49E	E 49E	1.49 E 4.9 E	1.58 1.49 E 4.9 E	1.38 1.58 1.49 E 4.9 E	58 1.38 1.58 1.49 E 4.9 E	1.58 1.38 1.58 1.49E 4.9E	1.78 1.58 1.38 1.58 1.49 E 4.9 E
5.9 E	5.9 E	5.13 5.9 E	1.46 5.13 5.9 E	1.25 1.46 5.13 5.9 E	44 1.25 1.46 5.13 5.9 E	1.44 1.25 1.46 5.13 5.9 E	1.70 1.44 1.25 1.46 5.13 5.9 E
4.3 E-3	9 4.3 E-	-7.59 4.3 E	1.17 -7.59 4.3 E	1.04 1.17 -7.59 4.3 E ⁻	20 1.04 1.17 -7.59 4.3 E ⁻	1.20 1.04 1.17 -7.59 4.3 E ⁻	1.30 1.20 1.04 1.17 -7.59 4.3 E
4 8 E	6 48E	48E ⁻⁶ 48E ⁻	1.20 48E ⁻⁶ 48E ⁻	1.06 1.20 4.8 E ⁻⁴ 4.8 E ⁻⁴	21 1.06 1.20 4.8 E ⁻⁴ 4.8 E ⁻¹	1.21 1.06 1.20 48E ⁻⁶ 48E ⁻¹	136 1.21 1.06 1.20 4.8 E ⁻⁴ 4.8 E ⁻⁴
5.6 E	2 5.6 E	-11.52 5.6 E	1.20 -11.52 5.6 E	1.01 1.20 -11 52 5.6 E	24 1.01 1.20 -11.52 5.6 E	1.24 1.01 1.20 -11.52 5.6 E	1.35 1.24 1.01 1.20 -11.52 5.6E
5.1 E	7 5.1 E	2.07 5.1 E	1.22 2.07 5.1 E	1.06 1.22 2.07 51E	21 1.06 1.22 2.07 5.1E	1.21 1.06 1.22 2.07 5.1E	1.38 1.21 1.06 1.22 2.07 5.1E
0.06	0 0 0	-0.81 0.06	1.33 -0.81 0.06	1.14 1.33 -0.81 0.06	35 1.14 1.33 -0.81 0.06	1.35 1.14 1.33 -0.81 0.06	1.55 1.35 1.14 1.33 -0.81 0.06
4.3 E ⁻¹	2 4.3 E-	-3 92 4 3 E-	1.33 -3.92 4.3 E ⁻¹	1.18 1.33 -3 92 4.3 E ⁻¹	35 1.18 1.33 -3.92 4.3 E ⁻¹	1.35 1.18 1.33 -3 92 4.3 E ⁻¹	1 48 1.35 1.18 1.33 -3 92 4.3 E ⁻¹
4 8 E	4 48E	-7.74 4.8 E	1.39 -7.74 4.8 E	1.20 1.39 -7.74 4.8 E ⁻	41 1.20 1.39 -7.74 4.8 E ⁻	1.41 1.20 1.39 -7.74 4.8 E	1.54 1.41 1.20 1.39 -7.74 4.8 E ⁻
3.7 E	0 37E	-3.70 3.7 E	1.40 -3.70 3.7E	1.27 1.40 -3.70 3.7 E	12 1.27 1.40 -3.70 3.7E	1.42 1.27 1.40 -3.70 3.7E	1.54 1.42 1.27 1.40 -3.70 3.7E ⁻
5.7 E*	1 5.7 E	-8.81 5.7 E	1.38 8.81 5.7 E	1.18 1.38 -8.81 5.7 E	44 1.18 1.38 -8.81 5.7 E	1.44 1.18 1.38 -8.81 5.7 E	1.59 1.44 1.18 1.38 -8.81 5.7 E
4 8 F	0 48F	-3 80 4 8 F.	136 -389 48E	1 20 1 36 -3 89 48E	30 1 70 1 36 2 280 48E	1 20 1 70 1 26 2 2 80 4 8 E	15/ 120 170 126 2 20 / 9 E
	1011			1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	10'L /0'C AC'I AT'I //	10'L 20'C 10C'I NT'I CC'I	10 F 70 C- 1 UC. 1 V2. 1 7C. 1 FC.

55

uwęglania na węgiel w pokładach. Kształty indykatrysy, opisane poprzez wykresy stosunków osiowych (ang. "axial ratio diagrams"):

$$\mathbf{a} = \mathbf{f}(\mathbf{b}),\tag{6}$$

gdzie: $a = R_{max} / R_{int}$, $b = R_{int} / R_{min}$,

wskazują, że wartości a i b generalnie wzrastają ze wzrostem uwęglenia (tab. 9 i 10, rys. 22).



Rys. 21. Wykresy krzyżowe dla próbek witrynitów reprezentujących ciała dwuosiowe optycznie ujemne (a), ujemno-dodatnie (b) i dodatnie (c). Na osi poziomej zaznaczono refleksyjność, na osi pionowej wielkość anizotropii optycznej

Fig. 21. Interpreted reflectance crossplots of vitrinite biaxial negative (a), even (b), positive (c) samples



Fig. 22. Axial ratio diagrams of vitrinite reflectance (a) - for the data estimated from non-oriented samples, (b) - for the oriented blocks

Dla indykatrysy jednoosiowej ujemnej wartości $R_{max} = R_{int}$ (a=1) wykresu przebiegałyby wzdłuż osi poziomej; przeciwnie dla indykatrysy jednoosiowej dodatniej - wykres przebiegałby wzdłuż osi pionowej. Przypadków takich w przeprowadzonych badaniach nie uzyskano. Wartości pośrednie indykatrysy przyjmują na diagramie pozycję pośrednią, przy czym prosta o nachyleniu k = 1 oddziela obszar dwuosiowy ujemny od dwuosiowego dodatniego. Wartość k, określającą nachylenie prostej łączącej dowolny punkt wykresu z początkiem układu współrzędnych, obliczono ze wzoru:

$$k = \frac{(a-1)}{(b-1)} \tag{7}$$

Obliczone dla wszystkich próbek wartości parametrów a, b oraz k są zróżnicowane w zależności od rodzaju próbek (tab. 9 i 10). Z wykresów stosunków osiowych wynika, że kształt indykatrysy dla większości próbek jest charakterystyczny dla ciał dwuosiowych optycznie ujemnych (rys. 22a i b).





Fig. 23. RIS classification chart (b) based on a ternary diagram with the three principal reflectance axes forming the epices (a)

Wyjątek stanowią próbki J-3, J-8, J-8a, J-12, dla których $k \ge 1$, reprezentujące ciała optycznie dodatnie i dodatnio-ujemne. Rezultaty te wskazują na wpływ sił tektonicznych w procesie uwęglania. Przyjmując, że wartości k > 0,2 świadczą o wpływie ciśnienia tektonicznego na proces uwęglania [39], stwierdzono, że przejawia się on w większości analizowanych próbek.

Zmierzone na próbkach orientowanych wartości R_{max} , R_{int} , R_{min} powodują, że trzy próbki (J-6, J-11 i J-16) posiadają wartość współczynnika k < 0,2. Natomiast oszacowane wartości głównych osi indykatrysy na podstawie pomiarów na brykietach powodują wyraźnie wyższe wartości współczynnika k (wszystkie powyżej 0,4).

Dla pełniejszej charakterystyki indykatrysy, określonej metodą wykresów krzyżowych, posłużono się dodatkowymi parametrami: R_{am} i R_{st} . Wynikają one z trójkąta klasyfikacyjnego, skonstruowanego na podstawie trzech głównych osi R_{max} , R_{int} , R_{min} (rys. 23a). Indykatrysa odpowiadająca ciału izotropowemu (I) znajduje się w centrum trójkąta. Indykatrysy: jednoosiowa ujemna ($U_{(-)}$), jednoosiowa dodatnia ($U_{(+)}$) i dwuosiowa dodatnioujemna ($B_{(+/-)}$) znajdują się wzdłuż linii dochodzących z centrum trójkąta do boku R_{inax} - R_{int} , a ich pozycja zależy od ich spłaszczenia. Indykatrysy dwuosiowe ujemne i dodatnie ($B_{(-)}$, $B_{(+)}$) zajmują pola pośrednie [27], [28].

Parametr R_{st} (st - style) opisuje kształt (symetrię) indykatrysy, czyli charakter optyczny i może przyjmować wartości z przedziału od -30 do +30:

- gdy R_{st} = -30 charakter optyczny określa się jako jednoosiowy ujemny,

- gdy R_{st} = +30 charakter optyczny jest jednoosiowy dodatni,

 - gdy R_{st} pomiędzy -30 a +30 węgle mają charakter ciał dwuosiowych, a ich znak określa dodatni lub ujemny charakter optyczny.

Wartości R_{st} wynikają z rozwiązania równań:

$$R_{st} = 30 - \arctan(x/y), \tag{8}$$

(9)

gdzie:

$$y = [R_{max} / (R_{max} + R_{int} + R_{min}) - 1/3]\cos 30$$

$$= R_{int} / (R_{max} + R_{int} + R_{min}) + [y + 1/3 \cos 30^{\circ}] tg 30^{\circ} - 1/2$$
(10)

Drugi parametr R_{am} (anisotropy magnitude), określający wielkość anizotropii optycznej. oblicza się ze wzoru:

$$R_{am} = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{11}$$

Dla ciał izotropowych może przyjmować wartość $R_{am} = 0$. Gdy wartość $R_{am} > 0$, opisuje ona odchylenie od stanu izotropowego.Przyjęto,że wartość $R_{am} = 0,1$ oznacza bardzo silną anizotropię [27], [28].

Rozmieszczenie wartości parametrów R_{am} i R_{st} , obliczonych z wykorzystaniem programu komputerowego Kilby'ego (tab.10), przedstawione graficznie (rys. 23b), potwierdza charakter optyczny oznaczony na wykresie stosunków osiowych ($R_{st} = -13,61 + 5,13$) oraz wskazuje na zróżnicowaną, ale niezbyt wysoką anizotropię ($R_{am} = 0,029 + 0,06$). Wykres przedstawiający współzależność R_{max} i R_{am} (rys. 24) świadczy o tym, że wielkość anizotropii jest nie tylko związana ze stopniem uwęglenia, wyrażonym R_{max} , lecz także z rodzajem czynnika geologicznego powodującego uwęglenie.



- Rys. 24. Zależność pomiędzy R_{max} i R_{ann}
- Fig. 24. Relationship between R_{max} and R_{am}



7. ORIENTACJA OPTYCZNA WĘGLA W STRUKTURACH TEKTONICZNYCH OBSZARU JASTRZĘBIA

Uzyskane na próbkach orientowanych wielkości głównych osi indykatrysy refleksyjności (R_{max} , R_{int} i R_{min}) oraz ich orientacja przestrzenna są zróżnicowane w zależności od ich lokalizacji w strukturach tektonicznych, a także w poszczególnych częściach tych struktur (tab 11, rys. 25).

7.1. Antyklina Jastrzębia (rys. 26)

Zmierzony na płaszczyźnie poziomej H kierunek optyczny R_{max} (azymut R_{max}) przebiega generalnie równolegle do osi tej antykliny. Oznacza to, że kierunek ten jest równocześnie prostopadły do kierunku maksymalnych naprężeń ściskających, które kształtowały tę strukturę w końcowym etapie jej tektogenezy. Na skrzydle zachodnim, bardziej stromym, próbki J-11 i J-4 posiadają azymut R_{max} prawie idealnie zgodny z przebiegiem osi antykliny i równocześnie z przebiegiem izolinii powierzchni spagowej pokładu węgla. Azymut kierunku R_{max} w próbkach węgla zlokalizowanych w przegubie antykliny (J-6) i na łagodnym skrzydle wschodnim (J-1) nie wykazuje takiej zgodności. Kierunki te odchylają się wyraźnie ku N, zapewne pod wpływem naprężeń wytworzonych w strefach uskoków radialnych, w pobliżu których pobrane były te próbki. Próbka J-5, leżąca także na skrzydle wschodnim antykliny w pobliżu jej przegubu, wykazuje odchylenie kierunku R_{max} ku E, zgodnie z kierunkiem przegięcia się osi antykliny, w pobliżu którego próbka ta została pobrana.

Orientacja przestrzenna R_{max} dla próbek J-11, J-5 i J-1' jest pozioma (inklinacja I = 0 - 5°), co jest zgodne z przebiegiem osi antykliny. Duże odchylenie w stosunku do poziomu (I = 37°) kierunku R_{max} dla próbki J-6, zgodne z kierunkiem uławicenia, wskazuje na to (uwzględniając także niską wartość współczynnika k), że wpływ naprężeń tektonicznych na proces uwęglania był niewielki. Trudno jest natomiast wytłumaczyć równie dużą inklinację (I = 43°) kierunku R_{max} dla próbki J-4.

or preserved of backward . I dol and an a start

Kierunki R_{min}, wyznaczone na tych samych próbkach na płaszczyźnie B, wykazują orientację różną na obu skrzydłach antykliny, lecz właściwą dla każdego z nich, czyli zgodną z kierunkami naprężeń maksymalnych.

Odwzorowanie orientacji optycznej węgla w antyklinie Jastrzębia wskazuje na jej złożoną tektogenezę. W pierwszej fazie tektogenezy decydujące znaczenie dla ukształtowania antykliny miały ruchy pionowe w tym obszarze, wywołujące naprężenia prostopadłe do kierunku uławicenia pokładu. W drugiej fazie tektogenezy dominowały naprężenia wywołane poziomo ukierunkowanymi siłami kompresji. Wypadkowa oddziaływania tych sił dała w efekcie kierunki naprężeń, przebiegające prawie równolegle do skrzydeł antykliny (rys. 26). Orientacja R_{min} w stosunku do uławicenia jest zróżnicowana w poszczególnych próbkach. W najbardziej odległych od siebie próbkach (J-11 i J-1) reorientacja R_{min} (w stosunku do pierwotnego ułożenia prostopadłego do uławicenia w początkowym stadium uwęglania) jest największa. W kierunku przegubu antykliny reorientacja R_{min} generalnie zmniejsza się, przy czym kierunek R_{min} w próbce J-6 jest zgodny z oczekiwanym, w świetle orientacji R_{max} natomiast w próbce J-5 jest trudny do wytłumaczenia.

7.2. Południowy rejon nasunięcia mszańskiego II (rys. 27)

Azymuty R_{max} próbek, zlokalizowanych po obu stronach nasunięcia mszańskiego II w południowej części obszaru badań, wykazują wyraźnie dwa kierunki: - dla próbki J-10, pochodzącej z rejonu pomiędzy nasunięciem orłowsko-boguszowickim a nasunięciem mszańskim II i próbki J-12, znajdującej się bezpośrednio w strefie

Rys. 26. Orientacja głównych osi indykatrysy refleksyjności w rejonie antykliny Jastrzębia a) wycinek mapy strukturalnej; wartości azymutów kierunku R_{max} , b) schematyczny przekrój; na płaszczyźnie A liczby oznaczają wartość inklinacji, na płaszczyźnie B - odchylenie od kierunku pionowego, powierzchnia uławicenia zaznaczona linią przerywaną, $\frac{1,20}{23,68} = \frac{R_o}{V^{dgf}}$, 1- kierunek naprężeń maksymalnych (σ), 2 - wypadkowa naprężeń maksymalnych Fig. 26. Orientation of the principal reflectance axes from the Jastrzębie anticline area a) structural map; azimuths of R_{max} - the numerals in the H plane indicate degrees from north, b) cross section; on the axial plane - the numerals indicate angle of plunge, in the right section (B) - divergence from vertical, the trace of bedding is indicated by the broken lines, $\frac{1,20}{23,68} - \frac{R_o}{V^{daf}}$,

1 - maximum stress direction (σ), 2 - resultant of maximum stress direction



przynasunięciowej nasunięcia mszańskiego II, azymuty R_{max} przyjmują wartości odpowiednio 68° i 32°, które odpowiadają bardziej kierunkowi przebiegu nasunięcia orłowskoboguszowickiego niż kierunkowi przebiegu nasunięcia mszańskiego II;

dla próbek J-3, J-2, J-9, zlokalizowanych na wschodnim skrzydle nasunięcia mszańskiego II,
 azymuty R_{max} przyjmują wartości w zakresie 6⁰-14°, które odpowiadają kierunkowi przebiegu
 tego nasunięcia .

Przeprowadzone na płaszczyźnie H pomiary w próbce J-12 wykazały wyjątkowo duże odchylenie standardowe azymutu R_{max} , dochodzące do 10⁰, podczas gdy dla pozostałych próbek nie przekraczały 5° (tab.11). Bardziej szczegółowa analiza orientacji R_{max} z wykorzystaniem diagramu rozetowego wykazała istnienie co najmniej dwóch kierunków, przypuszczalnie reprezentujących możliwe kierunki naprężeń, związane z tworzeniem się obu nasunięć (rys. 28).

Kierunki R_{max} , zmierzone na płaszczyźnie pionowej (A), równoległej do azymutów R_{max} , są w większości próbek poziome. Jedynie w próbce J-12, zlokalizowanej w najbardziej na południe wysuniętym miejscu, inklinacja R_{max} posiada kierunek na S. Tendencja ta jest zgodona ze zwiększaniem się amplitudy przemieszczeń w tym kierunku w nasunięciach orłowsko-boguszowickim i mszańskim II.

Najmniej wydłużona oś indykatrysy (R_{min}) posiada podobną orientację we wszystkich próbkach, świadczącą o jej ukształtowaniu (w większym lub mniejszym stopniu) pod wpływem wypadkowej maksymalnych naprężeń, wywołanych przez główne czynniki tektogenetyczne tego rejonu: ruchy pionowe i poziome bloków podłoża oraz poziomo

Rys. 27. Orientacja głównych osi indykatrysy refleksyjności w rejonie nasunięcia mszańskiego II (część południowa)

a) wycinek mapy strukturalnej; wartości azymutów kierunku R_{max} , b) schematyczny przekrój; na płaszczyźnie A liczby oznaczają wartość inklinacji, na płaszczyźnie B - odchylenie od kierunku pionowego, powierzchnia uławicenia zaznaczona linią przerywaną, strzałki przerywane na diagramie 1.20 *D*

próbki J-2 wyjaśnione w tekście, $\frac{1,20}{22,86} - \frac{R_o}{V^{dy}}$

1- kierunek naprężeń maksymalnych (o), 2 - wypadkowa naprężeń maksymalnych

Fig. 27. Orientation of the principal reflectance axes from Mszana II overthrust area (part S) a) structural map; azimuths of R_{max} - the numerals in the H plane indicate degrees from north, b) cross section; on the axial plane - the numerals indicate angle of plunge, in the right section (B) - divergence from vertical, the trace of bedding is indicated by the broken lines, the broken arrows

that appear in the diagram of the sample J-2 are discussed in the text, $\frac{1,20}{22.86} - \frac{1}{V}$

1 - maximum stress direction (σ), 2 - resultant of maximum stress direction



J-2

J-12

J-10

J-9

J-3

skierowaną kompresję wschodniosudecką. W poszczególnych próbkach występują różnice w wielkości odchylenia osi R_{min} od kierunku pionowego. Próbki J-10 i J-12, biorąc pod uwagę ich azymuty R_{max} , posiadają orientację R_{min} w płaszczyźnie prostopadłej do przebiegu nasunięcia orłowsko-boguszowickiego. W pozostałych próbkach płaszczyzna z kierunkiem R_{min} jest prostopadła do kierunku nasunięcia mszańskiego II.



Rys. 28. Diagram rozetowy azymutów kierunku R_{max} próbki J-12, mierzonych na płaszczyżnie poziomej (H) Fig. 28. Rose diagram of reflectance azimuths of R_{max}, measured in the H plane

Kierunek R_{mun} w próbce J-10 jest odchylony od kierunku pionowego o 26° i prawie prostopadły do uławicenia, co wskazywałoby na niewielki wpływ naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania. Z drugiej jednak strony pozycja próbki J-10 na wykresie

stosunków osiowych (zbliżona do prostej k=1) wskazywałaby na wpływ naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania. Stosunkowo niewysoka anizotropia optyczna (R –0.23%), przy dość wysokiej wartości R_{max} =1.41%, wskazywałaby raczej na zmiany orientacji kierunków naprężeń, zachodzącej etapowo podczas procesu uwęglania (rys. 29). Nie można również wykluczyć jednoczesnego wpływu temperatury na proces uwęglania. Zbliżoną do próbki J-10 orientację R_{min} stwierdzono w próbce J-12. W tym przypadku jednak charakter optyczny dwuosiowy ujemno-dodatni stwierdzony zarówno w próbce orientowanej, jak i nieorientowanej oraz reorientacja kierunku R_{min} w stosunku do uławicenia świadczą o decydującym wpływie naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania.



- Rys 29. Schematyczne przedstawienie zmiany kierunku naprężenia (strzałki) o 90⁰ i ich wpływ na orientację R_{max} (Stone, Cook, 1979)
 - Etap I początkowy kierunek R_{max} i R_{int} wynikający z istniejącego pola naprężenia
 - Etap II zmiana kierunku naprężenia o 90° i wzrost R_{int} do wartości $R_{int} = R_{max}$
 - Etap III końcowe wartości i orientacje $R_{\rm max}$ i $R_{\rm int}$, wynikające ze wzrostu uwęglenia w istniejącym polu naprężenia
- Fig. 29. Schematic representation of a 90° shift in the stress field direction. (arrow) and its effect on R_{max} orientation (Stone, Cook, 1979)

Stage I - initial Rmax directions in existing stress field

Stage II - 90° change in stress field direction and subsequent rease in R_{int} until $R_{int} = R_{max}$

Stage III - continued coalification in the same stress field gives the final R_{max} i R_{mt} orientation and values

W próbce J-2 stwierdzono największe odchylenie średniego kierunku R_{min} od kierunku pionowego. Jednakże stosunkowo wysokie odchylenie standardowe wyników pomiarów (około 8%) spowodowało konieczność dokładniejszej analizy uzyskanych wyników pomiarów z wykorzystaniem diagramu rozetowego (rys. 30). Wskazuje ona na obecnośc dwóch różnych populacji wielkości wyników pomiarów. Pierwsza populacja, o orientacji poziomej, może być odczytana jako relikt kierunku związanego z kompresją poziomą. Populacja druga może być odczytana jako kierunek równoległy do wypadkowej naprężeń,

których skutkiem jest nasunięcie mszańskie II, będące stromym uskokiem odwróconym (rozdz.3). Istnienie reliktowych ktorunkow osi R_{min} w tej samej próbce bywa niekiedy rejestrowane w zaburzonych tektonicznie pokładach węgla [37]. Druga populacja kierunków R_{min} w próbce J-2 jest zbliżona do orientacji R_{min} w próbce J-3, wskazując na taki sam przebieg uwęglania obu próbek. Jednocześnie dwuosiowy dodatni charakter optyczny próbki J-3 świadczy o istotnym wpływie naprężeń tektonicznych na proces uwęglania. Orientacja optyczna R_{min} próbki J-9 wskazuje na niezbyt wysoki udział naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania.



7.3. Obszar faldów warstw stojących i północny rejon nasunięcia mszańskiego II (rys. 31)

69

Orientacja kierunku optycznego R_{max} w tej części obszaru Jastrzębia nie jest jednorodna. Próbka J-7 zlokalizowana we wschodnim skrzydle nasunięcia mszańskiego II posiada azymut R_{max} zbliżony do orientacji R_{max} w próbkach J-9, J-2 i J-3, położonych w tym samym skrzydle nasunięcia, a omawianych w rozdz. 7.2 (rys. 25). Próbki J-17, J-8 i J-8a, położone pomiędzy nasunięciami posiadają azymuty R_{max} zbliżone do kierunku przebiegu nasunięcia orłowsko-boguszowickiego, a zatem podobne do orientacji R_{max} próbki J-10, wskazując na regionalną zgodność orientacji optycznej.

Zupełnie inną orientację indykatrysy refleksyjności posiada próbka J-18, pochodząca z części przegubowej fałdu, będącego w zasięgu dodatniej anomalii uwęglenia. Pomiary refleksyjności na płaszczyźnie poziomej wykazały tak słabą anizotropię (bliską izotropii), że nie można było wyznaczyć wartości i kierunku R_{max} i R_{min} (rys. 32). Oś R_{min} indykatrysy posiada kierunek pionowy, wskazujący na dominujący wpływ naprężeń, wynikających z nacisku litostatycznego. Lokalizacja tej próbki w obszarze dodatniej anomalii uwęglenia i stosunkowo niska anizotropia optyczna wskazują na istnienie hipotetycznego źródła ciepła intensyfikującego proces uwęglania. Reorientacja R_{min} w stosunku do uławicenia wskazuje, że proces metamorfizmu termalnego zachodził w fazie postorogenicznej.

Orientacja R_{min} pozostałych próbek jest do siebie zbliżona i potwierdza zgodność z kierunkiem równoległym do kierunku wypadkowych naprężeń.

7.4. Rejon uskoku centralnego (rys. 33)

Azymuty kierunku R_{max} próbek zlokalizowanych w rejonie uskoku centralnego są zróżnicowane, ale zgodne dla próbek pochodzących z tego samego skrzydła uskoku. Próbki pochodzące ze skrzydła zachodniego (J-14 i J-15) posiadają orientację N-S, odpowiadającą kierunkowi kompresji wschodniosudeckiej. Próbki ze skrzydła wschodniego (J-13 i 13a, J-16) wykazują orientację NEE - SWW (65° - 77°), odpowiadającą kierunkowi naprężeń wywołanych ruchem przesuwczym uskoku centralnego. Na płaszczyźnie pionowej (A) kierunki inklinacji są także różne, ale zgodne dla próbek, zlokalizowanych po obu stronach, przebiegającej równoleżnikowo strefy zaburzonej. Na północ od tej strefy, a więc w kierunku

Średnie wartości wielkości i orientacji R³_{max} i R³_{min} na płaszczyznach II, A, B uzyskane na podstawie pomiarów na próbkach orientowanych

Plaszczyzna	Nr próbki	A ₁ max	s	A ₂ max	s	R max	S max	A ₁ min	s	A ₂ nun	s	R min	S min
	-			-	REJO	ANTYKL	INY JAS	TRZEBIA	-	1	1		
	1-1	350	3,1	171	2,6	1,29	0,04	79	4.2	257	34	1 17	0.02
	J-4	15	4,3	195	5,0	1,27	0,02	104	3,6	284	41	1.06	0,03
	1-5	49	2,9	232	3,3	1,23	0,02	139	2,8	321	3,7	1,16	0.03
	I-11	140	4,6	164	4,9	1,27	0,03	74	3,9	253	4,3	1,08	0.04
	1-1-1	- 21	3,1	210	5,8	1,27	0,03	117	4,2	300	5,0	1.09	0.03
	J-4	43	3,4	222	4,2	1,31	0,03	87	3,7	269	4,4	1,14	0,04
А	J-5	1	40	177	2.0	1,30	0,02	134	4,2	314	3,8	1,24	0,02
	J-6	37	2.9	217	3.5	1,30	0,02	87	3,9	265	3,1	1,10	0,03
0.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1	J-11	5	6.0	187	51	1 37	0,01	128	5,5	307	3,7	1,17	0,02
	J-1	134	3.6	310	40	1.21	0.02	90	3,4	275	4,9	1_20	0.06
	J-4	88	4,2	266	4.9	1.22	0.04	356	2,9	100	3,7	1,10	0,03
В	J-5	179	1,9	0	2,6	1.20	0.03	90	3 (1	268	4,/	1,03	0,04
	J-6	61	3,5	235	4,1	1,24	0.01	145	37	325	2,4	1,04	0,02
	J-11	50	4,1	229	2,8	1,32	0,02	139	4.0	315	33	1,05	0,02
	1.2			REJON	NASUN	TECIA MS	ZANSKII	GO II (REJO	ON S)	1 515	1 0 10	1 1,07	0.03
	J-2 L-3	0	3,6	182	1,9	1,39	0,01	91	3,7	272	3,2	1,20	0.01
н	J-9	14	53	192	3,2	1,39	0,02	101	4,1	278	3,7	1,22	0,02
C (Ligger	J-10	68	4.2	245	3,5	1,27	0,02	101	5,4	287	4,0	1,21	0,03
	J-12	32	9.5	214	9.0	1,39	0,01	159	3,7	340	3,9	1,27	0,01
1000	J-2	2	1.6	180	21	1.41	0.03	97	8,8	305	9,0	1,18	0.04
	J-3	0	3,2	177	3.6	1.41	0.01	86	1,9	267	2,6	1,29	0,01
A	J-9	5	4,3	180	5.7	1.29	0.02	00	3,3	266	3,0	1,24	0,02
	J-10	357	3,8	176	4,2	1,41	0.01	86	4.0	2/3	4,3	1,13	0,02
	J-12	338	2,7	158	2,4	1,34	0,02	68	33	746	2.8	1,23	0,01
1000 million (172	J-2	81	3,2	259	2,6	1,34	0,02	172	80	351	7.8	119	0.03
D	J-3	68	4,3	247	5,0	1,30	0,01	140	4.1	320	46	1,10	0,02
ы	J-9	15	2,7	196	3,2	1,24	0,01	107	4,0	280	3.1	1.08	0,01
	J-10	26	4,1	205	4,6	1.30	0,02	116	3,8	296	4.1	1.18	0.03
		REION	5,5 FALDO	198	2,8	1,23	0,02	110	3,7	287	2,9	1,13	0.04
1	J-7	9	46	101	5 2	1.20	ASUNI	CIA MSZAN	NSKIEG	D II (REJON	IN)	1.11.11.11.1	11172
	J-8	46	5.8	227	1.9	1,30	0,02	99	4,1	280	4,7	1,23	0,01
H	J-8a	45	7.0	228	77	1,60	0.03	134	5,0	314	4,2	1,48	0,04
	J-17	56	5,0	247	3.9	1.36	0,03	150	3,0	322	7,1	1,43	0,03
	J-18			-		1,50	0,01	1.14	4,0	337	4,0	1,26	0,02
	J-7	176	2,9	357	1,8	1.33	0.02	86	27	266	2.0	1.20	0.00
	J-8	173	3,3	353	3,7	1,79	0.02	88	29	2.10	3,0	1,20	0,02
A	J-8a	182	2,9	4	3,6	1,68	0,02	92	3.3	274	4.0	1,50	0,02
	J-17	130	4,1	315	4,9	1,45	0,03	42	3,8	219	4.2	121	0,02
	J-18	184	3,2	5	3,7	1,99	0,04	94	3,6	274	4.0	1.84	0.03
-	19	21	4,1	200	3,0	1,29	0,02	108	4,2	289	4,0	1.17	0.02
в	1.80	22	1,8	185	9,1	1,55	0,03	100	11,0	282	10,5	1,46	0.03
	J-17	47	3.2	224	4,3	1,48	0,03	106	4,5	290	4,6	1,30	0,03
	J-18	4	31	182	2,9	1,55	0,02	135	3,6	312	3,2	1,17	0,03
			- 214 1	102	REJON	USKOKUU	U,03	89	2,9	269	3,8	1,54	0,06
	J-13	77	7,6	252	8.3	1 46	0.03	163	52	212	<u> </u>		
inter and	J-13a	65	7,8	246	7.3	1.45	0.02	156	5.2	342	6,0	1,32	0,02
H	J-14	1	1,9	177	3,2	1,50	0.02	88	21	266	20	1,30	0,02
	J-15	2	3,3	180	2,6	1,52	0,01	89	3.0	270	27	1,30	0,02
	J-16		4,5	259	3,9	1,39	0,01	166	4,2	348	3.8	1.20	0,01
	1-13	17	1,9	203	3,0	1,42	0,02	111	2,4	290	2,9	1.19	0.01
A	J-13a	0	2,1	200	2,9	1,46	0,01	114	3,1	297	3,4	1,21	0.01
~	1-14	172	3,3	189	4,2	1,54	0,02	97	3,7	278	4,0	1,22	0,02
030300	I-16	155	3.4	332	1,4	1,57	0,01	83	1,9	265	2,0	1,37	0,03
	1-13	146	21	337	2.9	1.48	0,01	66	3,5	248	3,0	1.29	0,02
1 million	J-13a	156	4.1	324	1,6	1,37	0,02	55	2,2	232	1,5	1,16	0.03
B	J-14	139	27	314	4,5	1,35	0,03	63	3,8	244	3,9	1,15	0,04
	J-15	60	30	238	2,1	1,4/	0,02	50	2,6	227	2,6	1,22	0,02
No. of the local distribution of the local d	J-16	50	2.8	235	33	1,41	0,03	144	3,2	328	2,8	1,19	0,02
			-,-		210	1,40	0.02	141	27	370	20	1.1.4	0.03

zwiększania się zrzutu uskoku centralnego (J-14, J-13 i J-13a), inklinacja posiada kierunek na N. W skrzydle południowym (J-15, J-16) inklinacja posiada kierunek na S. Zaznacza się w ten sposób ich bliższe położenie w stosunku do antykliny Jastrzębia. Podobnie parzystą orientację wykazuje najkrótsza oś indykatrysy refleksyjności R_{min}. W próbkach J-15 i J-16 orientacja R_{min} odchyla się od kierunku pionowego w stronę zachodniego skrzydła antykliny Jastrzębia. Orientacja ta wynika zapewne z wypadkowego kierunku naprężeń tektonicznych związanych z procesem formowania się antykliny Jastrzębia pod wpływem pionowych ruchów podłoża oraz przesuwającego się z N na S skrzydła zrzuconego uskoku centralnego. Wpływ tego ruchu przesuwczego zaznaczył się niewątpliwie zmianą przebiegu osi antykliny Jastrzębia. Przeciwna orientacja R_{min} w próbkach J-13 , J-13a i J-14 położonych bardziej na północ może wynikać z większego wpływu wcześniejszych naprężeń tektonicznych, które wywołały ruch pionowy uskoku centralnego. W kierunku północnym wzrasta bowiem wielkość zrzutu tego uskoku do około 100 metrów.

7.5. Związek orientacji optycznej węgla i stopnia uwęglenia z deformacjami tektonicznymi pokładów

Pomiary przeprowadzone na próbkach orientowanych pozwoliły na określenie orientacji przestrzennej głównych osi indykatrysy refleksyjności. Orientacja ta, wynikająca z kierunków naprężeń, które występowały w procesie uwęglania, wykazała zgodność z kierunkami geometrycznymi struktur tektonicznych obszaru Jastrzębia. Wpływ naprężeń tektonicznych na stopień uwęglenia zaznaczył się w różnym zakresie w poszczególnych strukturach tektonicznych.

7.5.1. Orientacja R_{max}

Kierunek R_{max} jest generalnie równoległy do osi struktur tektonicznych obszaru Jastrzębia (rys. 25). Jest to zgodne z tezą, prezentowaną w rozdziale dotyczącym genezy anizotropii optycznej, że kierunek R_{max} w obszarach fałdowych jest równoległy do osi fałdów, czyli prostopadły do kierunku maksymalnych naprężeń ściskających.

Analiza orientacji azymutów R_{max} w poszczególnych strukturach tektonicznych obszaru badań pozwala na następujące stwierdzenia:

- w rejonie antykliny Jastrzębia, której oś wykazuje znaczne zmiany kierunku, azymuty R_{max} wykazują dużą zgodność z kierunkiem tej osi. Odmienna orientacja R_{max} w niektórych próbkach jest wynikiem oddziaływania naprężeń, których rezultatem jest także obecność uskoków radialnych, w pobliżu których pobrane były te próbki;

- w zachodniej części obszaru badań (rejon nasunięcia mszańskiego II) azymuty R_{max} wykazują wyraźne dwa kierunki. Dla próbek zlokalizowanych pomiędzy nasunięciem orłowsko-boguszowickim a nasunięciem mszańskim II azymut R_{max} odpowiada generalnemu przebiegowi nasunięcia orłowsko-boguszowickiego. Dla próbek zlokalizowanych po wschodniej części nasunięcia mszańskiego II azymut R_{max} odpowiada generalnie kierunkowi tego nasunięcia. Próbka, znajdująca się w strefie przynasunięciowej, posiada dwa kierunki azymutu R_{max}, związane z tworzeniem się obu nasunięć. Zwraca uwagę próbka (J-18), zlokalizowana w obrębie dodatniej anomalii uwęglenia, brakiem anizotropii refleksyjności na płaszczyźnie poziomej. Świadczy to o wpływie innych, niż tektonicznych, czynników na proces uwęglania;

- w rejonie uskoku centralnego trudniej jest ściśle zinterpretować orientację kierunków R_{max}. W jego skrzydle zachodnim azymut R_{max} posiada kierunek N-S, natomiast w skrzydle wschodnim kierunek prawie równoleżnikowy. Orientacja R_{max} w skrzydle wschodnim, zrzuconym, jest prostopadła do kierunku naprężeń, wywołanych ruchem przesuwczym uskoku centralnego. Rzeczywisty kierunek R_{max}, określony jest na płaszczyźnie pionowej (Axial plane), równoległej do azymutu R_{max}. Świadczą o tym pomierzone wartości R_{max}, które są rzeczywiście największe.

Rys. 31. Orientacja głównych osi indykatrysy refleksyjności w rejonie fałdów warstw stojących i nasunięcia mszańskiego II (część północna)

a) wycinek mapy strukturalnej; wartości azymutów kierunku R_{maxs}, b) schematyczny przekrój; na plaszczyźnie A liczby oznaczają wartość inklinacji, na płaszczyźnie B - odchylenie od kierunku pionowego, powierzchnia uławicenia zaznaczona linią przerywaną, , 1,89/12,39 - R_o/V^{daf}
1- kierunek naprężeń maksymalnych (σ), 2 - wypadkowa naprężeń maksymalnych

Fig. 31. Orientation of the principal reflectance axes from strongly deformed (steep) coal seams and Mszana II overthrust area (part N)

a) structural map; azimuths of R_{max} - the numerals in the H plane indicate degrees from north, b). cross section; on the axial plane - the numerals indicate angle of plunge, in the right section (B)

- divergence from vertical, the trace of bedding is indicated by the broken lines, $\frac{1,89}{12,39}$

1 - maximum stress direction (σ), 2 - resultant of maximum stress direction



Orientacja R_{max} w analizowanym obszarze wykazuje generalny związek z trendami lokalnego przebiegu osi struktur (elewacji, depresji). Ulega ona wychyleniu od kierunku poziomego (inklinacja), zgodnie z undulacjami osi struktur. Niektóre próbki wykazują inklinację, której kierunek trudno jest wyjaśnić.

W rejonie antykliny Jastrzębia orientacja R_{max} jest w większości pozioma, co jest zgodne z przebiegiem osi tej struktury. Duże odchylenie w stosunku do poziomu orientacji R_{max} (J-6) wynika z położenia R_{max} w płaszczyźnie uławicenia. Potwierdza to wykres stosunków osiowych, gdzie próbka ta znajduje się najbliżej osi poziomej (k=0,11). Stąd można wnioskować, że wpływ naprężeń tektonicznych na proces uwęglania tej próbki był niewielki.

W zachodniej części obszaru badań orientacja R_{max} wykazuje tendencje do zanurzania się w kierunku południowym, co jest zgodne ze zwiększaniem się w tym kierunku amplitudy przemieszczeń w nasunięciach mszańskim II i orłowsko-boguszowickim. W rejonie uskoku centralnego orientacja R_{max} jest jednakowa w próbkach, znajdujących się na południe od przebiegającej równoleżnikowo strefy zaburzonej, ale różni się od orientacji próbek, które znajdują się w północnym skrzydle tej strefy.

7.5.2. Orientacja R_{min}

Kierunek R_{min} w przestrzeni jest równoległy do maksymalnych naprężeń ściskających, powodujących wzrost uwęglenia. Proces kształtowania się struktur obszaru Jastrzębia zachodził wielofazowo, powodując dużą zmienność układów naprężenia. Zasadnicza tektogeneza przejawiała się przede wszystkim ruchami pionowymi i przesuwczymi bloków podłoża oraz naciskiem, skierowanym od zachodu (rozdz.3).

Orientacja R_{min} w obszarze Jastrzębia jest generalnie zgodna z wypadkowymi kierunkami maksymalnych naprężeń zaznaczonymi schematycznie na przekrojach

Rys. 33. Orientacja głównych osi indykatrysy refleksyjności w rejonie uskoku centralnego a) wycinek mapy strukturalnej; wartości azymutów kierunku R_{uuxy}, b) schematyczny przekrój; na płaszczyżnie A liczby oznaczają wartość inklinacji, na płaszczyżnie B - odchylenie od kierunku pionowego, powierzchnia uławicenia zaznaczona linią przerywaną, , $\frac{1.40}{21.55} - \frac{R_o}{V^{-daf}}$ Fig. 33. Orientation of the principal reflectance axes from central fault area a) structural map; azimuths of R_{max} - the numerals in the H plane indicate degrees from north, b) cross section; on the axial plane - the numerals indicate angle of plunge, in the right section (B) - divergence from vertical, the trace of bedding is indicated by the broken lines, $\frac{1.40}{21.55} - \frac{R_o}{V^{-daf}}$





geologicznych (rys. 26, 27, 31, 33). W rejonie antykliny Jastrzębia kierunki R_{min} posiadają orientację różną dla obu skrzydeł antykliny, ale równoległą do wypadkowego kierunku naprężeń maksymalnych.W rejonie nasunięcia mszańskiego II orientacja R_{min} wykazuje kierunek zgodny z wypadkową naprężeń maksymalnych, potwierdzając genezę nasunięcia jako stromego uskoku odwróconego. Jednak nie we wszystkich próbkach zaznaczył się wyraźnie wpływ naprężeń tektonicznych na proces uwęglania. Pionowa orientacja R_{min} próbki J-18 wskazuje na istnienie dominujących naprężeń wywołanych obecnością nadkładu. Lokalizacja tej próbki w rejonie dodatniej anomalii uwęglenia oraz stosunkowo niska anizotropia optyczna węgla wskazują na istnienie hipotetycznego źródła ciepła, które zintensyfikowało proces uwęglania w jego końcowej fazie. Reorientacja kierunku R_{min} w stosunku do uławicenia wskazuje, że proces uwęglania zachodził w fazie postorogenicznej, a więc po ukształtowaniu się struktur fałdowych pomiędzy nasunięciem orłowskoboguszowickim a nasunięciem mszańskim II. Przyczyna orientacji R_{min} w rejonie uskoku centralnego nie została w pełni wyjaśniona. Na orientację R_{min} próbek pochodzących z obszaru południowego tego rejonu miało wpływ kształtowanie się antykliny Jastrzębia, natomiast orientacja R_{min} w obszarze północnym związana była z naprężeniami powodującymi powstawanie uskoku centralnego.

7.5.3. Stopień uwęglenia w strukturach tektonicznych

Związek stopnia uwęglenia i naprężeń tektonicznych, których przejawem jest orientacja optyczna węgla w pokładach, ze strukturami tektonicznymi jest różny w antyklinie Jastrzębia, rejonie nasunięcia mszańskiego i rejonie uskoku centralnego.

Orientacja optyczna węgla w antyklinie Jastrzębia układa się generalnie zgodnie z osią tej struktury. Stopień uwęglenia różnicuje się odwrotnie proporcjonalnie do wielkości amplitudy i kąta nachylenia jej skrzydeł. Można przyjąć, na podstawie danych o refleksyjności i zawartości części lotnych, że materia organiczna w partiach przegubowych antykliny posiada niższy stopień uwęglenia niż w obu skrzydłach. Oznaczałoby to, że energia zużytkowana była w różnym stopniu na deformacje i na uwęglenie. W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić,że proces uwęglania w antyklinie Jastrzębia został ostatecznie ukształtowany w trakcie tworzenia się tej struktury. Uwęglenie ma więc tutaj charakter synorogeniczny.

Orientacja optyczna węgla w rejonie nasunięcia mszańskiego II wykazuje zgodność z przebiegiem nie tylko tego nasunięcia, lecz także z nasunięciem orłowsko-boguszowickim. W rejonie południowym nasunięcia mszańskiego II stopień uwęglenia jest taki sam w obu jego skrzydłach i nie jest zależny od odległości strefy nasunięciowej. Zasadnicza faza procesu uwęglania kończyła się równocześnie z ukształtowaniem tej struktury, a więc proces uwęglenia przebiegał synorogenicznie. W części północnej nasunięcia mszańskiego II, w jego skrzydle zachodnim, a więc w rejonie fałdów warstw stojących, wyrażnie zaznacza się postorogeniczny charakter uwęglenia. W rejonie tym zarówno podwyższony stopień uwęglenia (dodatnia anomalia), jak i niezgodne ułożenie osi indykatrysy w stosunku do kierunków tektonicznych wskazują na postorogeniczność uwęglenia.

W rejonie uskoku centralnego orientacja optyczna węgla nie wykazuje jednoznacznej zgodności z orientacją tektoniczną. Stopień uwęglenia jest tu nieco wyższy w skrzydle zachodnim wiszącym niż w skrzydle wschodnim, zrzuconym i przesuniętym. Charakter przesuwczy tego uskoku wskazuje na to, że pochłonął on część energii kosztem energii uwęglania, które wystąpiło synorogenicznie.

contrataryo na balan ja paka sejamana na ormaniy 6, groot porosinget organ polaisionena (igo ayana malo ayb a locianseme ay mixidus anamalas secondari construction (igo a base o polainen you availante fola a mightaniam secondariament secondaria adalah datarang

Zverace d'arrie recebera i barrieri internencie liberch pressone int recences regione delle pole delle militariari testoricario il jua dare o antrelina testorica recencie annoca marricherio (recence allaba constituento)

Orrentede encretes segis to much carry correcte a delate of presentation encrete encourter struktury fragent angebras returned; construint propresentation an extinctuamplitudy i much letter (go depend fragent) factors grapher to excitative damper of much letter provide many single fragents for an extinct encrete encourter of the damper of much letter provide many supplet for an extinct encrete encrete encourter of the encrete much letter provide many supplet for an extinct encrete encrete encrete much letter provide many more encrete and a second encrete for encrete and deleter many encrete many and a second many is a much letter encrete with the many encrete deleter presed of the letter of the provide encrete interaction of the encrete encrete encrete encrete and the provide encrete encrete encrete deleter encrete encrete

Orientucja opryczna wegła w rejewie naurospie roznaniczyc U wykrzugo zgodność z wieruszy, na tylko wso naurotech, korz tekte z naurozowe orienwicz-bernaczwechter

8. KRYTYCZNA OCENA WYNIKÓW POMIARÓW

Po dokonanej, po raz pierwszy w warunkach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, próbie powiązania wyników pomiarów własności optycznych węgli w pokładach z deformacjami tektonicznymi, z uwzględnieniem stopnia uwęglenia, konieczne było przeprowadzenie oceny krytycznej uzyskanych wyników pomiarów. Obejmując badaniami struktury tektoniczne o zasięgu lokalnym, jakie występują w obszarze Jastrzębia, który można uważać za swego rodzaju węzeł geologiczno - strukturalny, zdawano sobie sprawę, że zastosowane metody badań mogą dać wyniki o różnym stopniu dokładności, a ich interpretacja może budzić dyskusję.

8.1. Porównanie wyników pomiarów uzyskanych na próbkach orientowanych i nieorientowanych

Wyniki pomiarów refleksyjności uzyskane na próbkach orientowanych węgla oraz próbkach nieorientowanych koncentratów witrynitu z tego węgla pozwoliły na ich porównanie (tab.12) w celu wykazania stopnia poprawności wyznaczenia orientacji płaszczyzn pomiarów optycznych. Rezultaty R_{max} różnią się średnio o 0,52 %. Oszacowane metodą Kilby'ego wartości R_{int} są średnio mniejsze o różnicę równą 0,31 % w stosunku do próbek orientowanych. Również średnie wartości R_{min} uzyskane na próbkach orientowanych są wyższe od średnich wartości R_{min} oszacowanych dla koncentratu witrynitu. Różnica ta wynosi 0,37 %. Stwierdzone systematyczne różnice wartości R_{min} mogą wynikać z pewnego błędu orientacji płaszczyzny B w próbkach orientowanych. Niewielki błąd w orientacji tej płaszczyzny mógł spowodować określenie R_{min} większe niż jego rzeczywista wartość. Pomierzona na próbkach nieorientowanych tendencja w różnicowaniu się wyników pomiarów jest zgodna z danymi literaturowymi, a uzyskany stopień dokładności nieco mniejszy [39].

Tabela 12

Porównanie wartości głównych osi indykatrysy refleksyjności uzyskanych na próbkach orientowanych i nieorientowanych

Lp.	Nr próbki	Rb _{max}	Rz max	Różnica	Rb _{unt}	Rz unt	Różnica	Rb _{min}	Rz min	Różnica
1	J-1	1.34	1.31	+0.03	1.25	1.21	+0.04	1.15	1.10	+0.05
2	J-2	1.35	1.41	-0.06	1.25	1.34	-0.09	1.03	1.18	-0.15
3	J-3	1.43	1.41	+0.02	1.31	1.30	+0.01	1.19	1.21	-0.02
4	J-4	1.33	1.30	+0.03	1.24	1.22	+0.02	1.02	1.03	-0.01
5	J-5	1.30	1.30	0.00	1.19	1.20	-0.01	1.03	1.04	-0.01
6	J-6	1.33	1.27	+0.06	1.21	1.24	-0.03	1.03	1.05	-0.02
7	J-7	1.34	1.33	+0.01	1.24	1.29	-0.05	1.11	1.17	-0.05
8	J-8	1.78	1.79	-0.01	1.58	1.55	+0.03	1.38	1.46	-0.08
9	J-8a	1.70	1.68	+0.02	1.44	1.48	-0.04	1.25	1.30	-0.05
10	J-9	1.30	1.29	+0.01	1.20	1.24	-0.04	1.04	1.08	-0.04
11	J-10	1.36	1.41	-0.05	1.21	1.30	-0.09	1.06	1.18	-0.12
12	J-11	1.35	1.37	-0.02	1.24	1.32	-0.08	1.01	1.07	-0.06
13	J-12	1.38	1.34	+0.04	1.21	1.23	-0.02	1.06	1.13	-0.07
14	J-13	1.55	1.42	+0.13	1.35	1.37	-0.02	1.14	1.16	-0.02
15	J-13a	1.48	1.46	+0.02	1.35	1.35	0.00	1,18	1.15	+0.03
16	J-14	1.54	1.54	0.00	1.41	1.47	-0.06	1.20	1.22	-0.02
17	J-15	1.54	1.57	-0.03	1.42	1.41	+0.01	1.27	1.19	+0.08
18	J-16	1.59	1.48	+0.11	1.44	1.46	-0.02	1.18	1.14	+0.04
19	J-17	1.54	1.45	+0.09	1.39	1.33	+0.06	1.20	1.17	+0.03
20	J-18	2.11	1.99	+0.12	1.95	1.88	+0.07	1.66	1.54	+0.12
		Sr. ré	bżnica	+0.52	Sr. r	óżnica	-0.31	Sr. ró	żnica	-0.37

8.2.Dokladność pomiarów

Dzięki ograniczeniu pomiarów refleksyjności do pasemek witrynitu odchylenie standardowe wartości R'_{max} i R'_{min} jako wyników uzyskanych na płaszczyźnie pomiarowej nie przekroczyło 0,06 %, a dla większości pomiarów wahało się w zakresie 0,02 \div 0,03 %.

Różnice w wartościach R'_{max} i R'_{min} mogą być związane także ze zmiennym stopniem aromatyczności w różnych częściach pasemka witrynitu [37]. Wzrost wartości odchylenia standardowego następujący ze wzrostem uwęglenia związany jest z poszerzaniem zakresu zmian refleksyjności witrynitu w miarę wzrostu stopnia uwęglenia.

Systematyczne prowadzenie kalibracji mikroskopu przyczyniło się do uzyskania wyników pomiarów par R'_{max} i R'_{min} na poszczególnych płaszczyznach pomiarowych dla 2-3 zgładów z tej samej próbki orientowanej, różniących się jedynie o kilka setnych procent. Odchylenia standardowe orientacji R'_{max} i R'_{min} mieściły się w większości pomiędzy $4 \div 8^{\circ}$

dla serii 20 ÷ 30 pomiarów na jednej płaszczyźnie pomiarowej. Należy także stwierdzić, że generalnie wartości odchylenia standardowego wzrastały wraz ze zmniejszaniem się anizotropii optycznej. Przypadki, kiedy odchylenia standardowe orientacji osi refleksyjności przekraczały 10°, zostały zinterpretowane w rozdziale 7. Wynikały one z lokalnych zmian kierunków naprężenia w pokładach węgla. Wśród 20 próbek orientowanych dwie pary (J-8 i J-8a, J-13 i J-13a) zlokalizowane były w różnych punktach tego samego profilu pionowego pokładu. Poniżej zestawiono ich wartości R_{max} i R_{min} oraz orientacje tych osi.

Nr i lo pr	kalizacja obki	R _{max}	S	Azymut R _{max}	S	R _{min}	S	Orient. R _{min}	S
J-8		1,79	0,02	46	5,8	1,46	0,03	11	11,0
J-8a	0,4 m poniżej	1,68	0,02	45	7,2	1,30	0,03	18	4,6
J-13	_	1,42	0,02	77	8,3	1,16	0,03	38	5,4
J-13a	0,1 m poniżej	1,46	0,01	65	7,8	1,15	0,04	26	6,9

Dla tych par próbek różnice zarówno orientacji, jak i wartości R_{max} i R_{min} przekraczają znacznie wartości odchylenia standardowego. Tak duże zróżnicowanie wyników wytłumaczyć można niejednakowym stopniem uwęglenia w profilu pionowym pokładu oraz lokalnymi zmianami kierunków naprężeń. Potwierdza to rozkład wartości azymutu R_{max} dla próbki J-8 (rys. 34). Podobne zjawiska obserwowano nawet w obrębie jednej próbki orientowanej [58].

Trudna do wytłumaczenia jest natomiast orientacja R_{max} i R_{min} próbki J-4, pobranej z zachodniego skrzydła antykliny Jastrzębia. Odbiega ona od pozostałych orientacji próbek, zlokalizowanych w tej strukturze. Nie można wytłumaczyć tego odchylenia błędem w orientacji płaszczyzn pomiarowych, gdyż wartości zmierzone na próbkach orientowanych i nieorientowanych są wyjątkowo zgodne.

Trudna do jednoznacznej interpretacji jest również orientacja osi indykatrysy refleksyjności próbek, pochodzących z rejonu uskoku centralnego. Trudności wynikają przede wszystkim z tego. że uskok centralny jest uskokiem przesuwczym wtórnym, którego kształtowało zmienne pole naprężeń. Większą możliwość interpretacji można by było uzyskać zapewne zwiększając liczbę próbek orientowanych.



Rys. 34. Diagram rozetowy orientacji Rmin próbki J-8 na płaszczyźnie B

Fig. 34. Rose diagram of Rmin orientation of sample J-18 in the B plane (right section)

Mimo krytycznej oceny wyników pomiarów, przeprowadzonych w obszarze fałdowym objętym metamorfizmem regionalnym i termalnym, uzyskane wyniki pozwoliły na wykazanie zależności pomiędzy orientacją optyczną węgla w pokładach a sposobem ich ułożenia w strukturach tektonicznych. Stosunkowo niskie odchylenie standardowe i wysoka powtarzalność wyników pomiarów pozwalają uznać uzyskane rezultaty za wiarygodne i wystarczająco dokładne.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone na próbkach orientowanych i nieorientowanych badania optyczne pozwoliły na dokonanie pełnej charakterystyki indykatrysy refleksyjności węgli w pokładach (tzn. jej symetrii i orientacji w przestrzeni), umożliwiającej prześledzenie tektogenezy i scharakteryzowanie pola metamorfizmu w badanym obszarze.

2. Pomiary refleksyjności wykazały dwuosiowy charakter optyczny węgla, świadczący o wpływie naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania. Wartości pośrednie refleksyjności w większości próbek są bliskie wartości maksymalnych dając w efekcie charakter dwuosiowy ujemny. Niektóre próbki w rejonie nasunięcia mszańskiego II wykazały charakter optyczny dwuosiowy dodatni, co wskazuje na decydujący wpływ naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania.

3. Orientacja głównych osi indykatrysy, wynikająca z kierunków naprężeń występujących w procesie uwęglania, wykazała zgodność z kierunkami geometrycznymi struktur tektonicznych obszaru Jastrzębia. Orientacja osi R_{max} na płaszczyźnie poziomej wykazała zgodność z generalnym przebiegiem osi antykliny Jastrzębia i nasunięć: mszańskiego II i orłowskoboguszowickiego. Wartości R_{max} na płaszczyźnie osiowej (A) potwierdziły pogląd, że jest to najdokładniejsze odwzorowanie maksymalnej osi indykatrysy. Orientacja R_{min} na płaszczyźnie B wskazała, że refleksyjność wywołana naprężeniami tektonicznymi zatarła przedorogeniczny układ indykatrysy, bowiem kierunki osi R_{min} są równoległe do wypadkowej maksimum naprężeń ściskających powodujących kształtowanie się struktur tektonicznych obszaru Jastrzębia, oraz wykazują reorientację w stosunku do powierzchni uławicenia węgla w pokładach.

4. Orientacja indykatrysy refleksyjności w poszczególnych strukturach obszaru Jastrzębia potwierdziła wcześniejsze obserwacje zjawisk tektonicznych, że kształtowały się one w zmiennym polu naprężeń, wywołanym przede wszystkim ruchami pionowymi i przesuwczymi podłoża oraz naciskiem bocznym skierowanym poziomo od zachodu.

LITERATURA

5. W rejonie uskoku centralnego orientacja optyczna węgla w pokładach nie wykazuje jednoznacznej zgodności z orientacją tektoniczną tej deformacji. Wynika to niewątpliwie z faktu, że uskok centralny, który jest uskokiem przesuwczym wtórnym, był kształtowany w zmiennym polu naprężenia. Wypadkowa naprężenia, która występowała w okresie formowania się tego uskoku, nie jest możliwa do wyznaczenia.

6. Rezultaty badań optycznych wskazały na to, że pole metamorfizmu substancji organicznej w obszarze Jastrzębia ukształtowało się już w trakcie inwersji tektonicznej, a więc postorogeniczne tzw. przegrzanie utworów węglonośnych miało znacznie mniejszy wpływ, niż się to dotychczas przyjmowało. Obserwowana dodatnia anomalia uwęglenia w obszarze fałdów warstw stojących i północnego rejonu nasunięcia mszańskiego II jest rezultatem metamorfizmu termalnego, a orientacja indykatrysy refleksyjności wskazała, że ma on charakter postorogeniczny. Wartość refleksyjności i anizotropii optycznej ma szeroki zakres uwęglenia, reprezntowany przez typy węgla od 35 do 41, z lokalnie występującym nietypowym układem głębokościowym następstwa typów węgla.

7. Uzyskane rezultaty badań anizotropii optycznej węgla w pokładach dostarczyły nowych danych, pozwalających na uzupełnienie stanu wiedzy o historii i rozwoju tej części GZW oraz na uściślenie poglądów na przyczyny i przebieg procesu metamorfizmu węgla. Jednocześnie można uznać, że stanowić one mogą zalążek dla nowego działu tektonofizyki, jakim może być tektonooptyka zaangażowanych tektonicznie formacji węglonośnych. Tektonooptyka może być zastosowana do rozpoznawania lokalnych struktur geologicznych jako uzupełnienie metod badań warunków geologiczno-górniczych w kopalniach węgla kamiennego.

8. Zapis oddziaływania czynników metamorfizujących na pokłady węgla, który został odczytany na podstawie wyników badań ich własności optycznych pozwala uznać węgiel za tektonit, którym to terminem nazywa się zdeformowane skały, w których siły tektoniczne spowodowały reorientację tekstury oraz osi optycznych minerałów skałotwórczych (głównie kwarcu). Węgiel posiada bowiem, podobnie jak skały, ale w stopniu znacznie czytelniejszym, zapisany stan naprężenia, w którym był formowany, a jego odczytanie umożliwiają badania anizotropii optycznej.

1. Agroskin, A.A. - Fizika ugla, Izd. Niedra, Moskwa 1965.

 Bend, S.L. - The origin, formation and petrographic composition of coal. Fuel, vol. 71, 1992, p. 851-867.

 Bogacz, W. - Tektonika utworów karbonu produktywnego okolic Jastrzębia w Rybnickim Okręgu Węglowym. Rozprawa doktorska AGH, Kraków 1978, nie publ.

- Bogacz, W., Krokowski, J. Rotation of the basement of the Upper Silesian Coal Basin. Annales Soc. Geol. Polonaise, vol. 51-3/4, 1981, p. 361-381.
- Bustin, R. M., Ross, J.V., Rouzaud, J.-N. Mechanisms of graphite formation from kerogen: experimental evidence. Int. Journal of Coal Geology 28, 1995, p. 1-36.
- Chruściel, Z. Zdolność odbicia światła witrynitów polskich węgli kamiennych i jej korelacja z innymi wskaźnikami stopnia uwęglenia. Przegląd Górniczy, nr 12, 1976, s. 547-551.
- Cook, A.C., Murchison, D.G., and Scott, E. Optically biaxial anthracitic vitrinites: Fuel, vol. 51, 1972, p. 180-184.

8. Diessel, C.F.K. - Coal - Bearing Depositional Systems. Springel - Verlag, 1992.

- Dieterich, J.M, Carter, N.L. Stress-history of folding. American Journal of Science, vol. 267, 1969, p. 129-154.
- Ergun, S., Mc Cartney, J.T. Reflectance of coals, graphite and diamond. Fuel, vol. 39, 1960, p. 449-454.
- Gabzdyl, W. Rola i znaczenie wskaźników petrograficznych w międzynarodowej klasyfikacji węgla. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 132, 1985, s. 31-40.
- 12. Gabzdyl, W., Hanak, B., Komorek, J. Próba charakterystyki optycznej średnio
 - i wysokozmetamorfizowanych węgli polskich. Sbornik X Uhelne Petrologiceske Konference Cs Petrografii Uhli, Ostrava 1990, p. 30 - 37.
- Gabzdyl, W., Hanak, B., Komorek, J. Characteristics of reflectance anisotropy of coals from Upper Silesian Coal Basin, Int. Conf. on Structure and Properties of coal, Wrocław 1991, p. 17 - 19.

- 86
- Gabzdyl, W., Probierz, K., Pozzi, M. Aspects of volcanism in the western part of the Upper Silesian Coal Basin (Poland) and its influence on coal. Acta Montana, seria B, No 2 (86) Praha 1992, p. 24-34.
- 15. Gabzdyl, W., Probierz, K. The occurrence of anthracites in an area characterized by lower rank coals in the Upper Silesian Coal Basin of Poland. Int. Journal of Coal
 - Geology, vol. 7, 1987, p. 209-225.
- 16. Hanak, B., Pozzi, M., Probierz, K. Geological conditions for occurrence of anthracites and anthracite coals in the Jastrzębie coal mine. XVI Symp. Geol. Formacji Weglonośnych Polski, Kraków 1993, s. 35-41.
- Herbich, E. Analiza tektoniczna sieci uskokowej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Rozpr. Doktorska. Arch. Bibl. UW, Warszawa 1978, s. 1-118.
- 18. Hills, E.S. Elements of Structural Geology. Chapman a. Hall, London 1972.
- Hower, J.C. Anisotropy of vitrinite reflectance in relation to coal metamorphism for selected United States coals (Ph.D. thesis): University Park, The Pensylvania State University, Pensylvania 1978, p. 339.
- Hower, J.C., and Davis, A. Application of vitrinite reflectance anisotropy in the evaluation of coal metamorphism: Geological Society of America Bulletin, Part I, vol. 92, 1981, p. 350-366.
- 21. ICCP System Vitrinite Classification, Aachen 1995.
- 22. International Classification of Seam Coals (Final Version), Economic Commission for Europe, Committee on Energy, Genewa 1995.
- 23. Jaroszewski, W. Tektonika uskoków i fałdów, Wyd. Geol., Warszawa 1981.
- Jones, J.M., Murchison, D.G., and Saleh, S.A. Reflectance and anisotropy of vitrinites in some coal measures of Northumberland: Yorkshire Geological Society Proceedings, vol. 39, 1973, p. 515-526.
- 25. Kempa, S., Makowski, A., Probierz. K. Próba określenia częstości występowania uskoków w kopalniach południowej części ROW. Przegląd Górniczy, nr 4, 1979, s. 148-153.
- Kempa, S., Makowski, A., Probierz, K. Zuskokowanie Rybnickiego Okręgu Węglowego. Przegląd Górniczy, nr 11-12, 1983, s. 443-449.
- 27. Kilby, W.E. Recognition of vitrinite with non-uniaxial negative reflectance characteristics. Int. Journal of Coal Geology, vol. 9, 1988, p. 267-285.

- Kilby, W.E. Vitrinite reflectance measurement Some technic enhancements and relationships. Int. Journal of Coal Geology, vol. 19, 1991, p. 201-218.
- 29. Komorek, J. Zmienność niektórych cech fizycznych węgla typów 31-42 z GZW.
 - Archiwum Katedry Geologii Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice 1992.
- 30. Komorek, J., Morga, R., Pozzi, M. Optical anisotropy of vitrinite in coal seams from the fold area in the Upper Silesian Coal Basin (Poland). Abstracts of the XIII Int. Congress on Carboniferous-Permian, Kraków 1995, p. 78.
- 31. Kotas, A., Buła, Z., Gądek, S., Kwarciński, J., Malicki, R. Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. cz. II. Mapy jakości węgla. Wyd. Geol., Warszawa 1983.
- Kotas, A. Uwagi o ewolucji strukturalnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Mat. Symp. Tektonika Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Sosnowiec 1985.
- 33. Kotas, A. Coal-bed metan potential in the USCB. Prace PIG CXLVI, Warszawa 1994.
- 34. Krylova, N.H. Optical properties of coal as indicators of tectonic stress, in Sediment accumulation in the genesis of the Carboniferous of the USSR : Soviet Union, Nauka Press, Moscow 1971, p. 239-249.
- 35. Langenberg, W., Kalkreuth, W. Reflectance anisotropy and syndeformational coalification of the Jewel seam in the Cadomin area, Alberta, Canada. Int. Journal of Coal Geology, vol. 19, 1991, p. 303-317.
- 36. Langenberg, W., Kalkreuth, W. Tectonic controls on regional coalification and vitrinite-reflectance anisotropy of Lower Cretaceous coals in the Alberta Foothills, Canada. Bull. Soc. Geol. France, nr 2, vol. 162, 1991, p. 375-383.
- 37. Levine, J.R., and Davis, A. Optical anisotropy of coals as an indicator of tectonic deformation, Broad Top Coal Field, Pensylwania : Geological Society of America Bulletin, vol. 95, 1984, p. 100-108.
- 38. Levine, J.R., and Davis, A. The relationship of coal optical fabrics to Alleghanian tectonic deformation in the central Appallachian fold-and-thrust belt, Pennsylvania. Geological Society of America Bulletin, vol. 101, 1989, p. 1333-1347.
- Levine, J.R., and Davis, A. Reflectance anisotropy of Upper Carboniferous coals in the Appalachian foreland basin, Pennsylvania, U.S.A. Int. Journal of Coal Geology, vol. 13, 1989, p. 341-373.

- Mastalerz, M., Wilks, K., Bustin, R.M., Ross, J.V. The effect of deformation on the carbonization of high volatile bituminous and anthracite coals. Org. Geochem., vol. 20, 1993, p. 247-277.
- Middleton, M.F. Tectonic influence on vitrinite reflectance. Int. Journal of Coal Geology, vol. 16, 1991, p. 235-237.
- 42. Moore, A.W. Highly oriented pyrolitic graphite. In Walker, P.L., and Thrower, P.A., eds., Chemistry and physics of carbon, vol. 11, N. York 1991, p. 69-187.
- Murchison, D.G. Petrographic aspects of coal structure: reactivity of macerals in laboratory and natural environments. Fuel, vol. 70, 1991, p. 296-315.
- Pozzi, M. Tektonika fałdu Jastrzębie w świetle najnowszych danych. Archiwum IGS Pol. Śl., BK/93 (nie publikowana).
- 45. Pozzi, M. Anizotropia optyczna węgla jako przejaw naprężeń tektonicznych. XVII Symp. Geol. Formacji Węglonośnych Polski, Kraków 1994, p. 99-100.
- 46. Pozzi, M. The relationship of coal optical fabrics to tectonic deformation in the Jastrzębie anticline field, Upper Silesian Coal Basin, Poland. Seminar "The coal and organic petrography, recent state and perspectives", Uniwersytet im. Karola i AN Rep. Czech, Praga, 23 listopad 1993 (nie publikowane).
- 47. Pozzi, M. Anizotropia optyczna węgla w pokładach. Podstawy teoretyczne i wstępne wyniki. Seminarium naukowe Inst. Mech. Górotworu PAN, Kraków, styczeń, 1995 (nie publikowane).
- Pozzi, M., Probierz, K. Zmienność stopnia zuskokowania złoża z głębokością w obszarze kopalni Jastrzębie (GZW). XVII Symp. Geol. Formacji Węglonośnych Polski, Kraków 1994, p. 101-104.
- Price, L.C. Geologic time as a parameter in organic metamorphism and vitrinite reflectance as an absolute paleogeothermometer : Journal of Petroleum Geology, vol. 6, 1983, p. 5-38.
- 50. Probierz, K. Zdolność odbicia światła i mikrotwardość jako wskaźniki klasyfikacyjne wysokozmetamorfizowanych węgli z kopalni "Moszczenica" (ROW). Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 132, Gliwice 1985, s. 43-53.
- 51. Probierz, K. Wpływ metamorfizmu termalnego na stopień uwęglenia i skład petrograficzny pokładów węgla w obszarze Jastrzębia (ROW). Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 176, Gliwice 1989.

- 52. Probierz, K., Pozzi, M. Pozycja węgli warstw siodłowych obszaru Jastrzębia w Międzynarodowej Klasyfikacji Węgla w Pokładzie. XVII Symp. Geol. Formacji Węglonośnych Polski, Kraków 1994, p. 122-126.
- 53. Rantitsch, G. Coalification and graphitization of graptolites in the anchizone and lower epizone. Int. Journal of Coal Geology, vol. 27, 1995, p. 1-22.
- Reinhardt, M. Vitrinite reflectance, illite crystallinity and tectonics: results from the Northern Apennines (Italy). Org. Geochem., vol. 17, nr 2, 1991, p. 175-184.
- Robert, P. Histoire geothermique et diagenese organique. Bulletin des Centres de Recherches Exploration - Production Elf-Aquitain, Mem. 8, Pau 1985.
- 56. Solih, M.R., Lisle, R.J. Optical fabrics of vitrinite and their relation to tectonic deformation at Ffos, South Wales Coalfield. Ann. Tectonicae, vol. 2, 1988, p. 98-106.
 57. Stach, E. et al. Stach's Textbook of Coal Petrology. Gebr. Borntraeger. Berlin -
- Stuttgart 1982.
- Stone, I.J., and Cook, A.C. The influence of some tectonic structures upon vitrinite reflectances: Journal of Geology, vol. 87, 1979, p. 497-508.
- Teichmüller, M., and Teichmüller, R. Geological causes of coalification, in Gould, R.F., ed., Coal science : Advances in Chemistry Series, 55 : American Chemical Society, Washington, D. C. 1966, p. 133-155.
- 60. Ting, F.T.C. Uniaxial and biaxial vitrinite reflectance models and their relationships to paleotectonics. In: J. Brooks (Editor), Organic Maturation Studies and Fossil Fuel Exploration, Academic Press, London 1981, p. 379-392.
- 61. Ting, F.T.C., Lo H.B. New techniques for measuring maximum reflectance of vitrinite and dispersed vitrinite in sediment, Fuel, vol. 57, 1978, p. 717-721.
- Ting, F.T.C. Review of vitrinite reflectance techniques and applications. Org. Geochem., vol. 17, nr 2, 1991, p. 269-270.
- Tsai, L.L.Y. A study of the reflectance indicatrix of vitrinite. Int. Conf. on Coal Science. Proc., 16-20 Sept. 1991, Oxford 1991, p. 127-130.
- Waples, D. Time and temperature in petroleum formation Application of Łopatin's method to petroleum exploration : American Association of Petroleum Geologist Bulletin, vol. 64, 1980, p. 916-926.
- Yu, F.T.S., Khoo, I.G., 1990 Principles of optical engineering. , John Wiley and Sons, N. York 1990.

STRESZCZENIE

Witrynity węgli kamiennych posiadają w pokładzie zorientowany i zapisany system optyczny, wyrażony indykatrysą refleksyjności. Symetria i orientacja w przestrzeni indykatrysy zmienia się w procesie metamorfizmu (uwęglania) pod wpływem temperatury i ciśnienia. Anizotropia refleksyjności witrynitu, wynikająca z orientacji struktur (lamel) aromatycznych kształtuje się głównie pod wpływem ciśnienia litostatycznego i tektonicznego. Maksymalna wartość refleksyjności pojawia się w kierunku równoległym do minimum naprężeń ściskających, natomiast minimum refleksyjności - w kierunku równoległym do maksimum naprężeń ściskających.

Wykorzystując pamięciowe własności materii organicznej, przyjęto założenie, że istnieje możliwość zbadania zależności pomiędzy orientacją optyczną węgla w pokładzie a sposobem ułożenia pokładów w strukturach geologicznych, w celu rozpoznania przejawów naprężeń tektonicznych w złożach węgla. Badania przeprowadzono w obszarze Jastrzębia, jednostce geologiczno-strukturalnej, znajdującej się w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, uformowanej wielofazową i różnorodną w skutkach działalnością tektoniczną. Przedmiotem badań były węgle (typy 35, 37, 41 wg PN) z pokładów warstw siodłowych (502, 503, 505, 510).

Badania optyczne przeprowadzone na próbkach orientowanych i nieorientowanych pozwoliły na dokonanie pełnej charakterystyki indykatrysy refleksyjności (symetrii i orientacji w przestrzeni), umożliwiającej prześledzenie tektogenezy i scharakteryzowanie pola metamorfizmu w badanym obszarze.

Pomiary refleksyjności na próbkach orientowanych wskazały na różny stopień uwęglenia badanych próbek oraz optycznie dwuosiowy charakter węgla (R_{max} = 1,27 ÷ 1,99 %, R_{int} = 1,20 ÷ 1,98 %, R_{min} = 1,03 ÷ 1,54 %). Anizotropia refleksyjności, wyrażona wzorem R_{bi} = R_{max} - R_{min} , zwiększa się generalnie ze wzrostem uwęglenia w zakresie 0,16 ÷ 0,45 %. Opisana poprzez wykresy stosunków osiowych ("axial ratio diagrams") symetria indykatrysy wskazuje na dwuosiowy charakter optyczny ujemny (B.), ujemno-dodatni (B_{./+}) i dodatni (B₊), co świadczy o wpływie naprężeń tektonicznych na przebieg procesu uwęglania. Wartości parametrów $R_{am}=0,029 \div 0,06$ i $R_{st}=-13,61 \div 5,13$, oszacowane na podstawie pomiarów refleksyjności na próbkach nieorientowanych (koncentratach witrynitu) metodą Kilby'ego wskazują na niezbyt wysoką (poniżej 0,1 %) anizotropię i potwierdzają charakter optyczny od dwuosiowego ujemnego do dodatniego.

Orientacja głównych osi indykatrysy, wynikająca z kierunków naprężeń występujących w procesie uwęglania, wykazała zgodność z kierunkami geometrycznymi struktur tektonicznych. Azymuty R_{max} na płaszczyźnie poziomej (horizontal plane - H) wykazały zgodność z generalnym przebiegiem osi antykliny Jastrzębia i nasunięć: mszańskiego II i orłowsko-boguszowickiego. Orientacja R_{max} na płaszczyźnie pionowej (axial plane - A) odchylała się od kierunku poziomego (inklinacja) generalnie zgodnie z lokalnymi undulacjami osi struktur. Orientacja R_{min} na płaszczyźnie B (right section) wskazała, że refleksyjność wywołana naprężeniami tektonicznymi zatarła przedorogeniczny szablon indykatrysy, ponieważ kierunki osi są równoległe do wypadkowej maksimum naprężeń ściskających, kształtujących struktury tektoniczne obszaru Jastrzębia oraz wykazują reorientacje w stosunku do powierzchni uławicenia węgla w pokładach.

Orientacja przestrzenna indykatrysy refleksyjności potwierdziła wcześniejsze obserwacje zjawisk tektonicznych, że obszar Jastrzębia kształtował się w zmiennym polu naprężenia, wywołanym przede wszystkim ruchami pionowymi i przesuwczymi podłoża oraz naciskiem bocznym skierowanym poziomo od zachodu (kompresja wschodniosudecka).

Rezultaty badań optycznych wskazały na to, że pole metamorfizmu substancji organicznej w obszarze Jastrzębia ukształtowało się już w trakcie inwersji tektonicznej, a więc postorogeniczne tzw. przegrzanie utworów węglonośnych miało znacznie mniejszy wpływ, niż się to dotychczas przyjmowało. Obserwowana dodatnia anomalia uwęglenia w obszarze fałdów warstw stojących i północnego rejonu nasunięcia mszańskiego II jest rezultatem metamorfizmu termalnego, a orientacja indykatrysy refleksyjności wskazała, że ma on charakter postorogeniczny.

Uzyskane rezultaty badań anizotropii optycznej węgla w pokładach dostarczyły nowych danych, pozwalających na uzupełnienie stanu wiedzy o historii i rozwoju tej części GZW oraz na uściślenie poglądów na przyczyny i przebieg procesu metamorfizmu węgla. Jednocześnie można uznać, że stanowić one mogą zalążek dla nowego działu tektonofizyki, jakim może być tektonooptyka zaangażowanych tektonicznie formacji węglonośnych. Tektonooptyka może być zastosowana do rozpoznawania lokalnych struktur geologicznych jako uzupełnienie metod badań warunków geologiczno - górniczych w kopalniach węgla kamiennego.

Zapis oddziaływania czynników metamorfizujących na pokłady węgla, który został odczytany na podstawie wyników badań ich własności optycznych pozwala uznać węgiel za tektonit, którym to terminem nazywa się zdeformowane skały, w których siły tektoniczne spowodowały reorientację tekstury oraz osi optycznych minerałów skałotwórczych (głównie kwarcu). Węgiel posiada bowiem, podobnie jak skały, ale w stopniu znacznie czytelniejszym, zapisany stan naprężenia, w którym był formowany, a jego odczytanie umożliwiają badania anizotropii optycznej.

and the second second

OPTICAL ANISOTROPY OF COAL IN SEAMS OF JASTRZĘBIE AREA AS A SYMPTOM OF TECTONICAL STRESSES

SUMMARY

Vitrinites of coals have an oriented in the seam and saved optical system expresed by reflectance indicatrix. Symmetry and space orientation of indicatrix changes during the coalification processus under influence of temperature and pressure. Vitrinite-reflectance anisotropy resulting from orientation of aromatic structures (lamellae) forms mainly under influence of lithostatical and tectonical stress. Maximum value of reflectance appears in the direction parallel to the minimum compressive stress, however minimum reflectance - in the direction parallel to the maximum compressive stress.

Using the specific of organic matter's memory, there was supposed, that exist a possibility of researching the dependence between optical coal orientation in seams and the way of arrangement of seams in geological structures, for recognizing the symptoms of tectonical stress in coal seams. The researches were carried out in Jastrzębie area, geologically-structural unit, that can be found in the south-western part of Upper Silesian Coal Basin, founded by a multiphased and various in effects tectonical activity. The subjects of researches were coals (type 35, 37, 41 according to Polish Standard) from (502, 503, 505, 510) Anticlinal Beds' seams (Upper Silesian Sandstone Series - Namurian B). Optical researches, conveyed on the oriented and non-oriented samples, allowed for accomplishing full characteristic of vitrinite-reflectance indicatrix (VRIS - vitrinite-reflectance indicatrix surface), that allows to investigate the tectogenesis and characterize the metamorphism field in this area.

The measurement of reflectance on oriented samples shown a different coalification degree (rank) of measured samples and optically biaxial coal character ($R_{max} = 1.27 \div 1.99$ %, $R_{int} = 1.20 \div 1.98$ %, $R_{min} = 1.03 \div 1.54$ %). Reflectance anisotropy, expressed by the equation $R_{bi} = R_{max} - R_{min}$, increases generally with the increase of coalification in range 0.16 \div 0.45 %. Presented by the axial ratio diagrams VIS indicates biaxial negative optical character (B_), biaxial even (B_./+) and biaxial positive (B_+), what proves the influence of

tectonical stress on the course of coalification processus. Values of the parameters $R_{am} = 0.029 \div 0.06$ and $R_{st} = -13.61 \div 5.13$, estimated on basis of reflectance measurements on the non-oriented samples (vitrinite concentrates) using Kilby's method (cross plots), indicate not all too high (below 0.1 %) anisotropy and confirm optical character from biaxial negative to biaxial positive.

Orientation of main indicatrix axis, resulting from directions of stresses appearing in coalification processus, proved the compliance with geometric directions of tectonical structures. R_{max} azimuths in horizontal plane (H) proved the compliance with the general course of Jastrzębie's anticline axis and overthrusts: Mszana II and Orlova-Boguszowice. R_{max} orientation in axial plane (A) deviated from horizontal direction (inclination) generally according to local undulations of structure axis. R_{min} orientation in plane B (right section) proved, that reflectance evoked by tectonical stresses rubbed off preorogenic indicatrix pattern, because the axis directions are parallel to the resultant of maximum compression stresses, forming tectonical structures of Jastrzębie area and they demonstrate reorientation in relation to the bedding surface of coals in seams.

Space orientation of reflectance indicatrix proved earlier observations of tectonical visions, that Jastrzębie area was forming in variable stress field, evoked mainly by the vertical and shift moves of basement, and lateral pressure directed horizontally from west (Easter Sudetic compression).

Resuts of optical researches proved that metamorphic field of organic matter in Jastrzębie area was formed during tectonic inversion, therefore postorogenic so called "overheating" of carboniferous coal-bearing strata had smaller influence that it was admitted till today. Positive anomaly of coalification observed in the area of strongly deformed (steep) coal seams and northern region of Maszana II overthrust is the result of thermal metamorphism and the orientance of reflectance indicatrix proved that it has a postorogenic character.

Obtained results of measurement of optical coal anisotropy in seams provided new data, allowing to supply the condition of knowledge about history and evolution of this part of the Upper Silesian Coal Basin and precise the opinions about causes and course of the metamorphism of coal. We can acknowledge that they can establish a new section of tectonophysics called tectonooptics of tectonically engaged carboniferous coal-bearing formations. Tectonooptics may be useful in recognizing the local geological structures as a supplement of methods of geologically-mining researches' conditions in coal mines.

The registration of metamorphic factors' influence on coal seams, read in support of their optical properties' researches results allows to acknowledge coal for a tectonite, what means a deformed rock in which tectonical forces caused the reorientation of texture and optical axis of rock-forming minerals (mainly quartz). The coal possesses for, as the rocks, but in considerably legible degree, saved the condition of compression, in which he was formed, and its recalling is permitted by the studying of optical anisotropy.

L'ANISOTROPIE OPTIQUE DE CHARBON DANS DES COUCHES DE LA REGION DE JASTRZĘBIE COMME UN SYMPTOME DES CONTRAINTES TECTONIQUES

RESUME

Les vitrinites de charbon possèdent, un systeme optique orienté dans une couche et enregistré, exprimé par une ellipsoide de réflectance. La symétrie et l'orientation spatiale de l'ellipsoide de réflectance (angl. VRIS - vitrinite-réflectance indicatrix surface) change pendant la houillification sous l'influence de la température et de la pression. L'anisotropie de la réflectance de la vitrinite, résultant d'orientation des structures (lamellae) aromatiques se forme principalement sous l'influence de la pression lithostatique et tectonique. La valeur maximale de la réflectance se manifeste dans la direction parallèle aux contraintes compressives minimales, au contraire, la réflectance minimale - dans la direction parallèle aux contraintes compressives maximales. En exploitant les propriétés mémorielles de la matière organique, une thèse a êté acceptée, qu'il existe une possibilité d'examiner la dependance entre l'orientation optique de charbon dans des couches et de la façon d'arrangement des couches dans des structures géologiques, pour reconnaître des symptomes des contraintes tectoniques dans les gites de charbon. Les recherches ont êté conduites dans la region de Jastrzębie, l'unité géologico-structurale, qui se trouve dans la partie sud-ouest du Bassin Houiller de la Haute Silèsie, formée par une activité tectonique polyphasée et hétérogène dans des effets. Comme le sujet des recherches étaient les charbons (type 35, 37, 41 suivant le Standard Polonais) des "Couches d'Anticlinal" (La Serie de Grès de la Haute Silèsie - Namurian B) (502, 503, 505, 510).

Les recherches optiques conduites sur les echantillons orientés et non-orientés ont permis à faire une pleine caractèristique d'ellipsoide de réflectance (la symétrie et l'orientation spatiale) facilitant surveiller la tectonogenèse et caractèriser le champ de metamorphisme dans la region etudiée.

Les mesures de la réflectance sur les echantillons orientés ont indiquée un different degré d'houillification des echantillons examinés et caractère optiquement biaxe de charbon (R_{max} =

1.27 ÷ 1.99 %, $R_{int} = 1.20 \div 1.98$ %, $R_{min} = 1.03 \div 1.54$ %). L'anisotropie de réflectance exprimée par un formule $R_{bi} = R_{max} - R_{min}$, agrandit génerallement avec le "rank" - 0.16 ÷ 0.45 %. La symétrie d'ellipsoide de réflectance decrite par les diagrammes des relations axiales ("axial ratio diagrams") indique le biaxial caractère optique negatif (B_), egale (B_/+) et positif (B_+), ce qu'est la preuve d'influences des contraintes tectoniques sur le processus d'houillification. Les valeurs de parametre $R_{am} = 0.029 \div 0.06$ et $R_{st} = -13.61 \div 5.13$, estimées sur la base des measurements de la réflectance sur les echantillons non-orientés (concentrés de la vitrinite) a l'aîde de la méthode de Kilby indiquent l'anisotropie pas trop elevée (< 0.1 %) et confirment le caractère optique de biaxial negatif à biaxial positif.

L'orientation des axes principales d'ellipsoide de réflectance, résultant de directions des contraintes paraissant dans le processus d'houillification a prouvé la coincidence avec les directions géometriques des structures tectoniques. Les azimuts de R_{max} sur la plaine horizontale (horizontal plane - H) ont prouvé l'accord avec l'orientation génerale des axes d'anticlinal de Jastrzębie et de chevauchements: Mszana II et Orlova-Boguszowice. L'orientation de R_{max} sur la plaine verticale (axial plane - A) se redressait de la direction horizontale (inclination) génerallement accordant avec des undulations locales des axes des cettes structures. L'orientation de R_{min} sur la plaine B (right section) a indiquée, que la réflectance causée par les contraintes tectoniques a effacée le modele pre-orogènique d'ellipsoide de réflectance, parce que les directions des axes sont parallèles à la résultante de maximales contraintes compressives, formant les structures tectoniques de la region de Jastrzębie et indiquent la reorientation dans la relation à la surface du charbon dans des couches.

L'orientation spatiale d'ellipsoide de réflectance a prouvé les observations precoces des apparitions tectoniques, que la region de Jastrzębie formait dans un variable champ de contrainte, provoqué surtout par les mouvements verticales et deplacant de socle et la compression laterale orientée horizontalement de l'ouest (compression orientale de Sudety). Les resultats des recherches optiques ont indiqué, que le champ de metamorphisme de la matière organique dans la region de Jastrzębie s'est formé pendant l'inversion tectonique, alors le post-orogènique "surchauffage" des sediments houillièrs a eu considerablement moindre influence qu'il etait admit jusqu'a aujourd'hui. L'anomalie positive d'houillification observée dans la zone des plies des couches forcement deformées et dans la region du nord de chevauchement de Mszana II est le résultat du metamorphisme thermal, et l'orientation d'ellipsoide de réflectance a indiquée, qu'il a le caractère post-orogènique.

Les resultats obtenu des recherches d'anisotropie optique de charbon dans des couches ont apporté des nouvelles données, permettant à completer l'etat de science sur l'histoire et le developpement de cette partie de Bassin Houillier de la Haute Silesie et à préciser les opinions sur les causes et le deroulement de metamorphisme du charbon. En même temps on peut estimer, qu'ils peuvent constituer un germe pour une nouvelle domaine de tectonophysique, laquelle peut être la tectonooptique des formations houillieres tectoniquement engagées. La tectonooptique peut être approprée pour reconnaître les structures géologiques locales comme un supplement des méthodes des recherches des conditions géologico-minières dans des mines de charbon.

Le registre d'influence des facteurs metamorphiques sur des couches du charbon, qui a êté lit en support sur des resultats des recherches de leurs proprietés optiques permet à prendre le charbon comme un tectonite, c'est-à-dire une roche deformée, dans laquelle des forces tectoniques ont provoquée la reorientation de la structure et des axes optiques des mineraux roche-formant (principalement quartz). Le charbon possède, comme les autres roches, mais dans un degré considèrablement lisible, un etat de contrainte enregistré dans lequel il a êté formé et sa lecture est permite par les recherches de l'anisotropie optique.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA Politechniki Ślęskiej P. 3351 96 229