

## GENEZA NIEKTÓRYCH MACERAŁÓW WĘGLI HUMUSOWYCH W ŚWIETLE STATYSTYCZNEJ ANALIZY STRUKTURALNEJ

Jak podaje Mackowsky (7), w ostatnich 30 latach w pracach badawczych nad węglem dominuje zagadnienie pełnego wyjaśnienia tak skomplikowanego problemu, jakim jest przemiana pierwotnego materiału roślinnego w węgiel kamienny. Ogólnie wiadomo, że w procesie tworzenia się węgla wydziela się dwa okresy: diagenezę zwaną też fazą biochemiczną i metamorfizm, czyli fazę geochemiczną. Diagenеза obejmuje przemiany biologiczne i biochemiczne, natomiast metamorfizm przemia-

ny geologiczne i geochemiczne. Istnieją poglądy, że dzisiejsze węgle kamienne nie musiały koniecznie przechodzić przez stadium węgla brunatnego i że tylko warunki środowiska sedymentacyjnego prowadzą do wytworzenia węgla brunatnego lub kamiennego. W świetle tych poglądów, węgiel brunatny tworzył się w warunkach redukcyjnych, natomiast węgiel kamienny w warunkach utleniających.

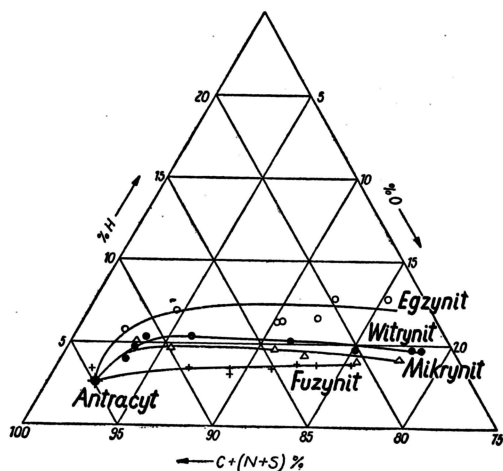
Opierając się na badaniach Stadnikowa

można dojść do wniosku, że ponieważ antracyt zajmuje specjalne miejsce w węglu kamiennym, powinien powstawać w innych warunkach niż węgiel brunatny i kamienny. Mackowsky dowodzi, że prawie wszystkie przemiany, jakie zachodzą w węglu kamiennym, wywodzą się z materiału roślinnego, a kończą na graficie. W pierwszym okresie przemian dominują reakcje chemiczne, które przez okres węgla brunatnego prowadzą do wysoko skondensowanych utworów aromatycznych w węglu kamiennym. Pod koniec okresu węgla brunatnego pierwotna masa roślinna przechodzi w koloid dwufazowy. Jedną fazą tego koloidu przedstawia zdyspergowany, wysoko skondensowany system pierścieniowy, druga faza jest natury dyspergującej, chemicznie bliżej nieokreślonej. Podczas metamorfizmu, który Mackowsky rozdziela na strefy epi-, mezo- i kata-, strefa epi obejmuje okres od dojrzałego węgla brunatnego do chudego węgla kamiennego, strefa mezo obejmuje okres od chudego węgla kamiennego do antracytu, a strefa kata okres od antracytu do grafitu. W strefie epi i mezo następuje przejście zoli w żele. Natomiast w strefie katametamorfizmu następuje przejście żelu węglowego w stan krystaliczny, czyli grafit. Tu trzeba zaznaczyć, że między stanem wysoko skondensowanego żelu a grafitem istnieje stan pośredni metamorfizmu, którego produktem jest szungit.

Materiał roślinny niezależnie od gatunku roślin i ich organów zawiera średnio ok. 50% C. Analiza różnych roślin wykazuje, że wprawdzie zawartość C w poszczególnych rodzajach roślin lub tkanek jest różna, jednak nigdy różnica nie sięga wyżej niż 2—4%. Wobec tego wydaje się, że przyjęcie pierwotnego materiału roślinnego jako jednorodnego (homogenicznego) o średniej zawartości C ok. 50% jest całkowicie usprawiedliwione. Przez rozkład pierwotnego materiału roślinnego powstają petrograficzne składniki strukturalne węgla — macerały, zróżnicowane między sobą pod względem fizycznym i chemicznym. W dalszym procesie przemian w fazie metamorficznej różnice we własnościach fizycznych i chemicznych macerałów ponownie zacierają stopniowo zanikać, aby w antracycie sprowadzić się prawie do zera. Według Mackowskiego skład elementarny antracytu jest w przybliżeniu tak równomierny (homogeniczny) jak skład elementarny wyjściowego materiału roślinnego.

Wiadomo, że w pierwotnym materiale roślinnym, z którego wywodzą się węgle kopalne, obok czystej substancji drzewnikowej (lignino-celulozowej) występowały mikrospory, makrospory, kutikule, żywice, woski, szczątki grzybów itp., które w mniejszym lub większym stopniu także były zbudowane z ligniny. Jeśli chodzi o żywice, woski i szczątki grzybów, to występowały one w bardzo nie-

wielkich ilościach w pierwotnej roślinności, z której powstał węgiel karboński. Stąd ich geneza i charakter przemian od pierwotnego materiału roślinnego do wytworzenia odpowiednich macerałów nie mogły mieć wpływu na przemiany a stąd i na charakter wytworzonego produktu, jakim jest węgiel kamienny. Natomiast podstawowym materiałem pierwotnej roślinności, z której powstały węgle kamienne, jest substancja drzewnikowa (lignino-celulozowa) i egzynowa (mabłonki mikrospor, makrospor, kutikule). Geneza macerałów wywodzących się właśnie z wymienionych substancji, tj. lignino-celulozowej i egzynowej, jest przedmiotem niniejszego artykułu, który oczywiście nie wyczerpuje skomplikowanych zagadnień genezy macerałów. Ogranicza się wyłącznie do omówienia genezy wityrynytu, mikrynytu, fuzynytu i egzynitu z polskich węgli humusowych w świetle statystycznej analizy strukturalnej, tak jak to dla węgla zachodnioeuropejskich przeprowadził Krevelen (6). Opracowanie z tego punktu widzenia genezy macerałów daje jednocześnie pewien pogląd na chemiczną naturę podstawowych macerałów z polskich węgla, co przecież ma znaczenie nie tylko genetyczne, ale i praktyczne.



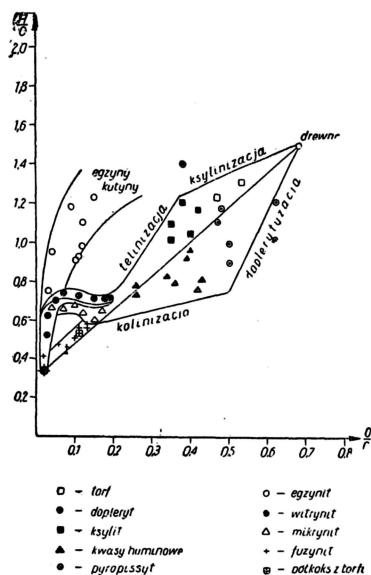
Ryc. 1. Zmiana składu elementarnego macerałów w miarę postępującego ich stopnia metamorfizmu w trójskładnikowym wykresie naturalnych paliw stałych

Fig. 1. Change of the elemental composition of macerals along with the increasing metamorphism degree in three-componential diagram of natural solid fuels

Na ryc. 1 wykreślono w trójskładnikowym wykresie naturalnych paliw stałych wartości analizy elementarnej wityrynytu, mikrynytu, fuzynytu i egzynitu pochodzących z węgla o różnych stopniach metamorfizmu, tzn. od węgla płomiennych do antracytu. Oczywiście antracyt potraktowano jako węgiel homogeniczny, ponieważ wydzielenie z niego poszczególnych macerałów nie jest możliwe. Jak widać z tej ryciny, różnice w składzie elementarnym między poszczególnymi macerałami za-

Tabela I

	C	H	O(N—S)	H/C	O/C
Torf	54,56	6,02	39,42	1,31	0,53
"	55,78	5,38	34,81	1,24	0,47
Dopleryt	56,87	4,30	38,83	0,94	0,51
Ksylit	59,30	5,87	34,83	1,17	0,42
"	60,82	5,53	33,65	1,05	0,40
"	61,09	6,20	32,21	1,21	0,38
"	62,45	5,76	31,79	1,10	0,35
"	63,45	5,40	31,15	1,02	0,35
Kwasy humusowe z węgla brunatnego	66,25	4,67	29,68	0,84	0,34
	62,69	4,87	32,44	0,93	0,39
	61,87	5,03	33,10	0,97	0,40
	64,75	4,35	30,90	0,80	0,36
	61,40	3,97	34,63	0,77	0,42
	60,86	4,22	34,93	0,82	0,43
	70,82	4,67	24,51	0,79	0,26
Piripissyt	71,00	4,32	24,68	0,74	0,26
	59,25	6,99	33,76	1,40	0,38
Półkoks z torfu	84,31	3,79	14,30	0,54	0,11



Ryc. 2. Torę powstawania macerałów w diagramie stosunków atomowych H/C do O/C. (Oprócz jednej własnej analizy doplerytu pozostałe są usytuowane wg danych Krevelena, 6)

Fig. 2. Trajectories of the maceral formation in diagram of atomic relations H/C:O/C. (Besides one own analysis of dopplerite, the others are arranged after the data of Krevelen, 6)

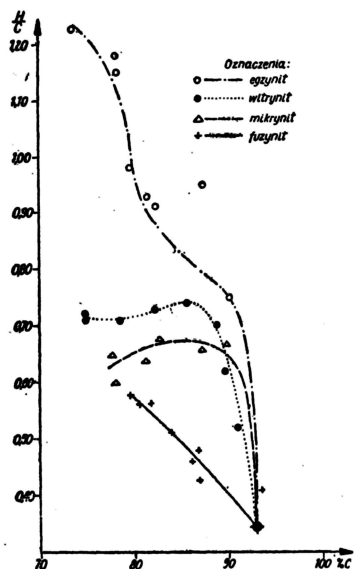
nikają w miarę wzrastającego ich stopnia metamorfizmu, osiągając w antracycie jednowartościowe wartości.

Ryc. 2. przedstawia na podstawie tabeli I stosunki atomowe (H/C — rzędna i O/C —

Tabela II

Macerał	Analiza elementarna					Wskaźniki statystycznej analizy strukturalnej						
	C	H	O	N	S	H/C	O/C	2R/C	2Fa/C	C <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>	Ca
Egzynit	73,51	7,71	15,32	2,54	0,92	1,23	0,15	0,10	0,68	0,34	0,13	8
	78,19	7,96	9,84	1,31	0,27	1,18	0,09	0,26	0,56	0,32	0,14	9
	78,21	7,57	12,55	1,36	0,31	1,15	0,12	0,14	0,72	0,30	0,15	9
	79,58	6,54	12,34	1,22	0,32	0,98	0,12	0,30	0,72	0,19	0,21	14
	81,41	6,33	10,59	1,18	0,49	0,93	0,11	0,32	0,76	0,16	0,23	16
	82,16	6,30	10,10	1,13	0,31	0,91	0,10	0,36	0,74	0,15	0,24	16
	87,27	6,98	4,60	0,87	0,28	0,95	0,04	0,44	0,62	0,19	0,24	17
90,10	5,64	2,52	1,18	0,56	0,75	0,03	0,56	0,70	0,07	0,32	24	
Witrynit	74,88	4,55	18,63	1,67	0,27	0,72	0,19	0,30	0,98	0,06	0,22	14
	74,92	4,84	18,07	1,57	0,60	0,71	0,18	0,26	1,00	0,06	0,23	14
	78,48	4,70	15,18	1,23	0,41	0,71	0,15	0,38	0,92	0,06	0,35	23
	82,20	5,06	11,50	0,79	0,45	0,73	0,11	0,42	0,86	0,06	0,33	23
	85,62	5,28	6,10	2,13	0,87	0,74	0,07	0,48	0,78	0,07	0,33	25
	88,87	5,25	3,88	1,44	0,56	0,70	0,05	0,52	0,78	0,05	0,35	26
	89,73	4,66	3,54	0,70	1,37	0,62	0,03	0,62	0,76	0,01	0,39	29
90,94	4,00	3,76	0,65	0,95	0,52	0,03	0,68	0,80	0,00	0,48	36	
Mikrynit	77,65	4,23	17,58	0,08	0,46	0,65	0,17	0,38	0,98	0,03	0,38	25
	77,89	3,90	15,50	2,36	0,35	0,60	0,15	0,42	0,98	0,00	0,40	26
	81,16	4,35	12,62	1,39	0,48	0,64	0,12	0,46	0,90	0,02	0,38	26
	82,67	4,73	10,89	1,15	0,56	0,68	0,10	0,46	0,86	0,04	0,36	25
	87,42	4,87	5,31	1,70	0,70	0,66	0,07	0,50	0,84	0,06	0,40	29
89,94	5,08	3,41	0,96	0,61	0,67	0,04	0,56	0,78	0,04	0,37	28	
Fuzynit	79,56	3,87	15,21	1,16	0,20	0,58	0,13	0,50	0,92	0,00	0,42	28
	80,50	3,79	13,61	1,65	0,45	0,56	0,13	0,50	0,94	0,00	0,44	29
	81,78	3,86	12,46	1,42	0,48	0,56	0,11	0,52	0,92	0,00	0,44	30
	83,89	3,53	11,39	0,74	0,41	0,51	0,10	0,62	0,78	0,00	0,49	34
	86,19	3,36	9,13	0,88	0,44	0,46	0,08	0,62	0,92	0,00	0,54	39
	86,76	3,47	7,11	2,24	0,42	0,48	0,06	0,62	0,90	0,00	0,52	38
	86,99	3,16	9,34	0,12	0,39	0,43	0,08	0,66	0,92	0,00	0,57	41
	93,52	3,26	1,89	1,02	0,31	0,41	0,02	0,74	0,86	0,00	0,59	47
Półkoks z torfu	84,31	3,79	13,00	1,20	0,10	0,54	0,11	0,55	0,91	0,00	0,46	32
Antracyt	92,78	2,65	2,55	1,03	0,99	0,34	0,02	0,78	0,88	0,00	0,66	51

odcięta) charakteryzujące procesy przemian, jakim podlegała substancja drzewnikowa (lignino-celulozowa) w stadium torfowym i stadium węgla brunatnego na drodze do wytworzenia odpowiednich macerałów, oraz tor przemian egzyn i kutyn do egzynitu. W tabeli II oraz na ryc. 1—7 zestawiono i wykresiono wartości analizy elementarnej oraz wskaźników statystycznej analizy strukturalnej metodą Krevelen (5) macerałów w miarę wzrastającego ich stopnia metamorfizmu.



Ryc. 3. Zmiana wskaźnika wodorowego  $H/C$  poszczególnych macerałów w miarę wzrostu ich stopnia metamorfizmu

Fig. 3. Change of the hydrogen coefficient  $H/C$  of the individual macerals along with increasing of their metamorphism degree

Ryc. 4. Zmiana wskaźnika kondensacji pierścieniowej  $2R/C$  poszczególnych macerałów w miarę wzrostu ich stopnia metamorfizmu

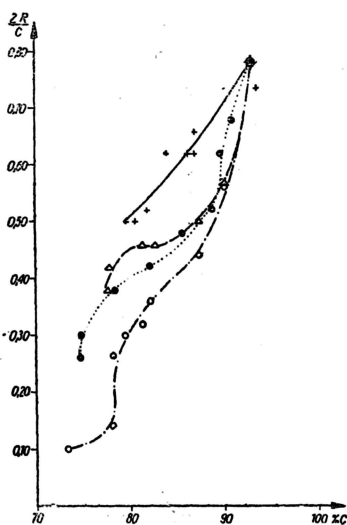
Fig. 4. Change of the ring condensation coefficient  $2R/C$  of the individual macerals along with increasing of their metamorphism degree

Na podstawie powyższych danych, to znaczy analizy elementarnej i wskaźników statystycznej analizy strukturalnej oraz obecnego stanu wiedzy, będzie tu omówiona geneza wityrynytu, fuzynytu, mikrynytu i egzynitu.

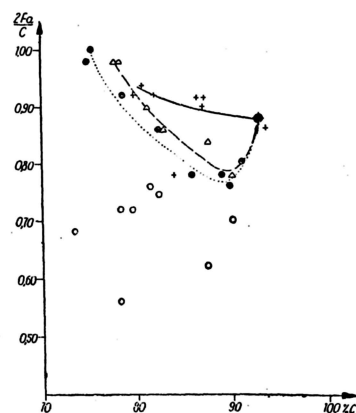
WITRYNYT — jak wynika z ryc. 2 i co jest dzisiaj ogólnie przyjmowane, jest tkanką drzewną, z której oprócz niego wywodzi się także fuzynyit i prawdopodobnie mikrynyit. Tkanka ta zbudowana jest głównie z ligniny i celulozy. Jak wiadomo, celuloza jest mniej odporna na rozkład pod wpływem czynników biochemicznych niż lignina. Z tego wniosek, że podczas biochemicznego rozkładu tkanki drzewnej następuje zanikanie celulozy i stopniowy rozkład znacznie odporniejszej ligniny. W konsekwencji prowadzi to do powstania różnych form pośrednich z ligniny i celulozy.

Pierwszy proces rozkładu substancji lignino-celulozowej polega na całkowitym hydro-

litycznym rozkładzie i przejściu w roztwór koloidalny. Jest to proces tworzenia się kwasów humusowych przy małym przepływie powietrza, co w konsekwencji prowadzi do stanu żelowego. Forma żelowa znanych kwasów humusowych w stadium torfowym nazywana jest doplerytem, który jest jednym ze składników torfu i węgla brunatnego. Przyjmuje się więc, że dopleryt jest pierwotną odmianą wityrynytu — kolinitem występującym w stadium torfowym węgla w formie koloidów zdy-



Ryc. 4



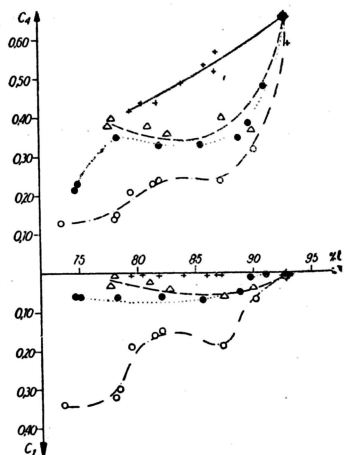
Ryc. 5. Zmiana wskaźnika aromatyzacji  $2Fa/C$  poszczególnych macerałów w miarę wzrostu ich stopnia metamorfizmu

Fig. 5. Change of the aromaticity degree  $2Fa/C$  of the individual macerals along with the increasing of their metamorphism degree

spergowanych w wodzie. Ligninowe części drzewnika, które nie przeszły w stan koloidalny, uległy skamienieniu i znane są jako ksylity. Jako składniki węgla brunatnego wykazują one strukturę komórkową ligniny, w której często zachowana jest jeszcze reliktowo celuloza. Przyjmuje się, że ksylit formował się z ligniny po uprzednim hydrolytycznym odzieleniu od niej celulozy.

W dalszym procesie przemian ksylitu dochodzi się do strukturalnej odmiany wityrynytu zwanej telinitem. Ponieważ te dwa procesy, to jest doplerytyzacji i ksylinizacji, przebiegają równoległe (ryc. 2), zrozumiąły będzie fakt, że strukturalna odmiana wityrynytu zwana telinitem jest całkowicie impregnowana (wymieszana) bezstrukturalną koloidalną odmianą wityrynytu zwaną kolinitem. Tu trzeba zaznaczyć, że oprócz typowych telinitów i kolinitów występują w wityrynicie także telinity z utajoną strukturą, której w normalnych badaniach mikroskopowych nie można stwierdzić. Takie telinity bardzo często są błędnie oznaczane jako kolinity. W celu wyjawienia utajonej struktury telinitów trzeba preparat poddać wytrawieniu. Krevelen (6) na podstawie diagramu  $H/C$  do  $O/C$  tłumaczy, że proces chemiczny uwęgle-

nia tkanki ligniny przebiegał na ogół biorąc nieprzerwanie. Pierwszą reakcją w tym procesie stanowił rozkład hydrolityczny substancji lignino-celulozowej polegający na tym, że jedna część — celuloza niearomatyczna — zanikała, a lignina aromatyczna traciła swą grupę metoksyłową. Jest to początkowy proces powstawania kwasów humusowych. Oddzielenie ligniny od celulozy poprzedzające utlenienie wiąże się z powstawaniem z celulozy kwasu węglowego oraz wody i jest uwarunkowane przez potencjał redoksyowy, tj. przez warunki panujące w środowisku prze-



Ryc. 6. Zmiana ilości węgla alifatycznego  $C_1$  i aromatycznego skondensowanego  $C_4$  poszczególnych maceratów w miarę wzrostu ich stopnia metamorfizmu

Fig. 6. Change of the quantity of aliphatic coal  $C_1$  and aromatic condensed coal  $C_4$  of the individual macerals along with the increasing of their metamorphic degree

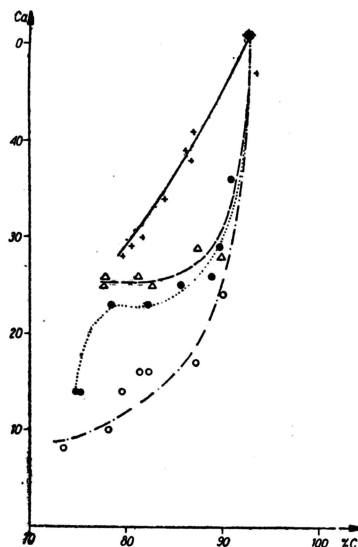
mian. W stadium późniejszym reakcja uwęglenia tkanki ligniny jest odtworzona na ryc. 2 przez dość wąskie pasmo nazywane pasmem uwęglenia.

**FUZYINIT.** Powstanie fuzynitu tłumaczy się pożarami lasów a także procesem mikrobiologicznym w obecności grzybów lub egzotermicznym, który byłby podobny do spontanicznego zapalania się siana. Niektórzy badacze są zdania, że fuzynit w kontakcie wityrynit utworzył się z tych fragmentów tkanki drzewnej, które po wysuszeniu na wolnym powietrzu stały się nieprzepuszczalne dla zolu kwasów humusowych.

Grigorjew (2) powstanie fuzynitu tłumaczy w następujący sposób. Pierwotny materiał roślinny w warunkach grubej pokrywy wodnej i przy intensywnych obiegach wodnych ulegał hydrolizie, przy czym produkty hydrolizy jak węglowodany i białka były wymywalne, następowało więc wzbogacenie pierwotnego materiału roślinnego w ligninę. Część ligniny przemieniała się w kwasy humusowe, a następnie przechodziła w wityrynit. Masa podstawowa traciła swoje grupy funkcjonalne przekształcając się w fuzynit. Jak podaje

Pietrowski (8), udało mu się w warunkach laboratoryjnych w piecu muflowym w temperaturze 300, 400, 450, 500 i 550° przemienić w ciągu 10 min. strukturalną odmianę wityrynit w fuzynit. Na tej podstawie twierdzi, że fuzynit powstaje nie w warunkach wilgotnych lub w suchych leśnych torfowiskach, lecz tylko wskutek metamorfizmu pod wpływem czynników termodynamicznych, wyszczególniając jako główny czynnik metamorfizm termiczny.

**MIKRYNIT.** Jak podaje Teichmüller (9), są dwie hipotezy na temat powstawania mikrynit. Stach i jego szkoła tłumaczy genezę mi-



Ryc. 7. Zmiana liczby atomów węgla „aromatycznego” w średniej jednostce strukturalnej  $C_a$  poszczególnych maceratów w miarę wzrostu ich stopnia metamorfizmu

Fig. 7. Change of the quantity of „aromatic” coal atoms in the average structural unit  $C_a$  of the individual macerals along with the increasing of their metamorphism degree

krynit adsorbującą szczątków roślinnych bardziej rozłożonych przez mniej rozłożone składniki roślinne (np. mikro- i makrospory otulone mikrynit). Natomiast Thiessen tłumaczy powstanie mikrynit rozkładem wewnętrznych ścianek komórek roślin. Różnice w poglądach na powstawanie mikrynit między szkołą niemiecką i amerykańską wypływają niewątpliwie z różnych metod badań, jakimi posługują się obydwie szkoły. Jak podaje Hacquebard (3), na międzynarodowym Kongresie Stratygrafii Karbonu w Heerlen w 1951 r. na wniosek badaczy niemieckich podzielono mikrynit na ziarnisty i jednolity. Hacquebard podaje, że geneza mikrynit Thiessena i Sprunka dotyczy mikrynit ziarnistego, natomiast geneza mikrynit jednolitego jak dotychczas jest nieustalona i jest przedmiotem różnych spekulacji.

Jak stwierdza Gillet (1), w węglu kamiennym występują produkty odwodornione zwane poliantracytem. Produkty te mogą istnieć w poszczególnych macerałach, szczególnie zaś w wityrynicie jak i samoistnie w stanie mikrokryształicznym. Gillet stwierdza, że właś-

nie mikrynit — lub jak go nazywa Thiessen ziarnista substancja opakowa — jest takim produktem odwodornionym zwanym poliantracytem, występującym w węglu kamiennym samoistnie jako mikrynit. Kreulen i Kreulen van Selms (4) na podstawie ostatnich badań dochodzą do wniosku, że kwasy humusowe nie są pośrednim produktem normalnego procesu uwęglania, ale że są produktem ubocznym, który w dalszym procesie uwęglania daje produkt różniący się swym składem od normalnego węgla. Zakładając, że kwasy humusowe są pierwotną substancją mikrynitową, przypuszczają, że genetyczne podobieństwo między wityrynitem a mikrynitem jest takie jak między ksylytem a wyekstrahowanymi z niego kwasami humusowymi.

**EGZYNIT.** Skład chemiczny składników egzynitu (kutikul, nabłonków spor) i tkanki korkowej znajduje się między woskami i żywicami roślin a ligniną. Jak podaje Krevelen (5), składniki egzynitu są zbudowane z wyższych alkoholi wosku i ligniny w taki sam sposób jak drewno z ligniny i celulozy. Krevelen podaje, że potwierdza to także hiszpański badacz Ribas-Marques badając skład chemiczny korka, który jest chemicznie bardzo spokrewniony z epidermą (naskórkiem) liści. Stwierdził on, że korek jest substancją makromolekularną, gdzie po rozkładzie hydrolytycznym produkt zawiera około 25% ligniny, 50% wosków i kwasów tłuszczowych, 5% węglowodanów i 20% taniny. Uwęglanie egzynitu według Krevelena (3) przebiega więc inaczej niż uwęglanie tkanki lignino-celulozowej drzewa. Jednak, jak wynika z tabeli II oraz z ryc. 2, różnica między składem chemicznym wityrynit, który wywodzi się z tkanki lignino-celulozowej, a składem egzynitu systematycznie się zmniejsza i jak wynika z ryc. 2, w antracycie nie będzie już różnic między ich składem chemicznym. Wiadomo, że woski i żywice roślin występujące w węglach kopalnych określa się mianem rezynitu, stanowią one składniki bitumiczne węgla, oraz że są bardzo odporne na działanie czynników biologicznych i biochemicznych, zachowując w węglach swój pierwotny skład chemiczny. Jednak w procesie metamorfizmu składniki te bardzo powoli się polimeryzują i aromatyzują, w miarę postępującego metamorfizmu zbliżając się chemicznie coraz bardziej do egzynitu. Egzynit więc jest produktem pośrednim między substancją lignino-celulozową a woskami i żywicami.

Wskaźniki statystycznej analizy strukturalnej macerałów i produktów pośrednich, przez jakie przechodziła substancja lignino-celulozowa i egzynowa na drodze do wytworzenia odpowiednich macerałów, przedstawione są na ryc. 2, gdzie widzimy stosunki atomowe H/C (rzędna) do O/C (odcięta). Wityrynit i fuzynit a najprawdopodobniej także mikrynit wywodzą się więc z substancji drzewnikowej

(lignino-celulozowej). Na ryc. 2 wyraźnie zaznaczają się dwie fazy przemian substancji lignino-celulozowej, a mianowicie: faza koloidalna, która przez dopływ i kwasy humusowe prowadzi do wytworzenia bezstrukturalnej odmiany wityrynit zwanego kolinitem, i faza stała, która przez wszelkie odmiany ksylytów prowadzi do wytworzenia strukturalnej odmiany wityrynit zwanego telinitem. Cały ten okres od substancji drzewnikowej do dojrzałych węgla brunatnych, kończący się na ryc. 2 przy wartościach stosunków atomowych O/C około 0,2 nazywa się okresem diagenety; w okresie tym przebiegają procesy biologiczne i biochemiczne. Okres ten, jak ogólnie wiadomo i co także potwierdza ryc. 2, w zależności od miejscowych warunków biologicznych i biochemicznych prowadzi do powstania z substancji drzewnikowej (lignino-celulozowej) różnych macerałów węglowych o zupełnie różnych właściwościach fizycznych i chemicznych.

W strefie epimetamorfizmu, która rozpoczyna się od wartości O/C około 0,2, występują już określone macerały węglowe, które są zróżnicowane pod względem fizycznym i chemicznym (10, 11). W strefie tej przebiega więc proces metamorfizmu wytworzonych już i określonych macerałów. Jak wynika z toru uwęglania mikrynit, który przebiega równoległe i poniżej toru uwęglania wityrynit, a także z pozycji wyjściowej tego toru, rozpoczynającego się przy O/C około 0,2 (ryc. 2), jak również z ostatnich badań Kreulena i Kreulena van Selms (4) — stwierdzenie, że mikrynit wywodzi się z tkanki lignino-celulozowej nie powinno nastęrczać wątpliwości. Pozostaje tylko pytanie, czy o powstaniu mikrynit ziemistego lub jednolitego decydowały różne morfologiczne części roślin, z których on się wywodzi, czy różne warunki środowiska? Oczywiście w okresie diagenety w procesie humifikacji, który prowadził do wytworzenia bezstrukturalnej odmiany wityrynit zwanego kolinitem lub mikrynit, musiały istnieć zupełnie różne warunki biologiczne i biochemiczne. W przypadku wityrynit, według Mackowskiego (7) musiały to być aerobowe warunki rozkładu pierwotnej roślinności, natomiast w przypadku mikrynit — początkowo bardzo krótki okres warunków aerobowych a następnie mocno anaerobowy rozkład materiału.

Usytuowanie fuzynitów na ryc. 2, ich najniższe spośród analizowanych macerałów wartości wskaźnika wodorowego H/C, ilości węgla alifatycznego C<sub>1</sub> oraz najwyższe wartości takich wskaźników, jak: wskaźnik kondensacji pierścieniowej 2R/C, wskaźnik aromatyzacji 2Fa/C, ilości węgla aromatycznego skondensowanego C<sub>4</sub> i liczby atomów węgla „aromatycznego” w średniej jednostce strukturalnej Ca (tab. II, ryc. 3—7) już w fuzynitach o niskim stopniu metamorfizmu świad-

czą, że przebieg diagenety od pierwotnego materiału roślinnego do określonego macerału był gwałtowny. Mogą to w pewnym stopniu potwierdzić wyniki analiz zaznaczonych gwiazdkami na tabeli I, gdzie jedna przedstawia analizę torfu, a druga analizę tego samego torfu gwałtownie spólkoksowanego w temperaturze 450°. Jeżeli z kolei porównać wartości analityczne analizy elementarnej i wskaźników statystycznej analizy strukturalnej spólkoksu otrzymanego z torfu z tymi samymi wskaźnikami fuzynitów, to widać, że są one tego samego rzędu co wskaźniki fuzynitów o stosunkowo niskim stopniu metamorfizmu (ryc. 2 oraz tabl. I i II). Eksperyment ten przeprowadzony w Laboratorium Petrografii Stosowanej GIG potwierdzały więc teorię pożarową powstania fuzytów lub teorię metamorfizmu termicznego Pietrowskiego (8).

Geneza egzynitu także ma swoje uzasadnienie we wskaźnikach statystycznej analizy strukturalnej, a mianowicie powstawał on zupełnie inaczej niż witynit, mikrynit i fuzynit (ryc. 2). Dowodzą tego, najwyższe spośród analizowanych macerałów wskaźniki wodorowe H/C i ilości węgla alifatycznego C<sub>1</sub> oraz najniższe wskaźniki kondensacji pierścieniowej 2R/C, aromatyzacji 2Fa/C, ilości węgla aromatycznego skondensowanego C<sub>4</sub> i liczby atomów węgla „aromatycznego” w średniej jednostce strukturalnej Ca (tabl. II, ryc. 3—7).

Jak wynika więc z zestawionych i wykreślonych wartości analizy elementarnej i wskaźników statystycznej analizy strukturalnej, rozkład substancji lignino-celulozowej w procesie diagenety w zależności od warunków środowiska prowadził do powstania różnych macerałów o zupełnie różnych właściwościach. W okresie metamorfizmu a właściwie w jego strefie epi występują określone macerały. W miarę jednak postępującego stopnia metamorfizmu (tabl. I i II oraz ryc. 1—7) różnice między poszczególnymi macerałami stopniowo zanikają, osiągając w strefie meta-metamorfizmu jednoznaczne wartości.

Statystyczna analiza strukturalna macerałów potwierdza więc pogląd, że proces powstawania węgla, który wywodzi się głównie z substancji drzewnikowej (lignino-celulozowej) i egzynowej (egzyny, kutyny), czyli z substancji stosunkowo homogenicznych, podlega w okresie diagenety rozkładowi, a następnie w okresie metamorfizmu poszczególne utwory petrograficzne węgla — macerały powtórnie ulegają stopniowej homogenizacji, osiągając w antracycie jednoznaczne wartości.

Dziękuję prof. dr Janowi Kuhlowi za okazaną pomoc przy redagowaniu niniejszej pracy oraz mgr inż. Tadeuszowi Kruszewskiemu za udostępnienie mi chemicznych analiz ksyliitów.

#### LITERATURA

1. Gillet A. — Die Entwicklung der Humine aus verholzter Materie. Von der Zellulose zum Anthrazit. „Brennstoff-Chemie” 1955, nr 7.

2. Grigoriew M. J. — K woprosu o chemicznej suszczności processa metamorfizma iskopaemych uglej. „Trudy laboratorii geologii ugla AN SSSR” 1956, wypusk 6.
3. Hacquebard P. A. — Opaque matter in coal. „Economic Geology” 1952, nr 5.
4. Kraulen D. J. W., Kreulen van Selms F. G. — Neuere Untersuchungen über Huminsäuren und ihre Rolle in der Kohlegenese. „Brennstoff-Chemie” 1956, nr 1/2.
5. Krevelen D. W. — Einige neuere Einsichten and die chemische struktur der Steinkohle betreffend. „Brennstoff-Chemie” 1952, nr 15/16.
6. Krevelen D. W. — Origine, structure, propriétés et valorisation de la houille. „Annales des Mines de Belgique” 1954, nr 4.
7. Mackowsky H. Th. — Probleme der Inkohlung. „Brennstoff-Chemie” 1953, nr 11/12.
8. Pietrowskij G. D. — Priedstawlenije o suszczności processa fuzenizacji i pricinach wyzywajuszczich jego. „Izwestija AN Turkmenskoj SSR” 1956, nr 4.
9. Teichmüller M. L. — Der Feinbau amerikanischer Kohlen im Anschliff und Dünnschliff. Berlin 1941. Sonderdruck aus den Jahrbuch der Reichsstelle für Bodenforschung für 1940.
10. Ziółkowski J. — Fizyczne i chemiczne własności petrograficznych składników strukturalnych węgla. Część I. Praca Głównego Instytutu Górnictwa. Komunikat nr 229 Seria B. Ministerstwo Górnictwa i Energetyki 1959.
11. Ziółkowski J. — Własności koksoownicze macerałów węgla humusowych. Prace Głównego Instytutu Górnictwa. Komunikat 237 Seria A. Ministerstwo Górnictwa i Energetyki 1959.

#### SUMMARY

In the investigation works on the coal, the problem of a whole explanation of question concerning the transformation of the vegetable material into the mineral coal plays a dominant part there.

The article deals with genesis of some humus coal macerals in the light of the investigations of such investigators as Mackowsky, Teichmüller, Krevelen, Thiessen, Hacquebard, Gillet, as well as in the light of the author's investigations carried out on the Polish coals.

#### РЕЗЮМЕ

В исследовательских работах по углям доминирует стремление к полному выяснению проблемы преобразования исходного растительного материала в каменный уголь. Статья посвящена генезису некоторых компонентов гумусовых углей согласно взглядам таких исследователей, как Маковский, Тайхмюллер, Крэвелен, Тиссен, Гаккебард, Жилле и др., а также на основании исследований польских углей проведённых автором.