

31863

50/XII

31863

1008

KAROL BOHDANOWICZ.



50/XII

Wstęp do geologii węgla.



Odbitka z „Przeglądu Górniczo-Hutniczego”.

SOSNÓWIEC
Druk. Edmund Mirek i S-ka
1931.

20 CZER 1969

23.4.77

10.8.73,

28. LIS 1975

28 LIS 1978

30 CZER 1988

1993-01-14

1994-01-1

22 LIP. 1996

T R E Ś Ć.

Przedmowa.	Str.	
I. Węgłe jako skały	3	V. Szkoła francuska 40
§ 1. Chemiczne własności węgla	3	§ 1. Marcel Bertrand, Ch. Barrois 40
§ 2. Klasyfikacja węgla	9	§ 2. Główne wyniki prac Duparque'a 41
§ 3. Wietrzenie węgla	12	§ 3. Program badań petrograficznych węgli 47
II. Złóża węglowe	13	VI. Petrograficzna nomenklatura węgla 48
§ 1. Charakterystyczne cechy złóż pochodzenia autochtonicznego	13	§ 1. Według Thiessen'a, Duparque'a, Stoppes, Bode 48
§ 2. Charakterystyczne cechy złóż pochodzenia allochtonicznego	13	§ 2. Krytyczne uwagi 50
§ 3. Teorie Fayol'a, Grand' Eury, Ochsenius'a	13	VII. Odgazowanie czyli uszlachetnienie węgla w świetle badań geologicznych.
§ 4. Złóża paraliczne i limniczne	15	§ 1. Teoria carbon-ratio. 52
§ 5. Warunki tektoniczne powstawania złóż węglowych	16	§ 2. Prawo Hilt'a 53
§ 6. Zmniejszenie objętości materiału roślinnego przy owęgleniu	16	§ 3. Czynniki tektoniczne 55
§ 7. Stratygrafia złóż węglowych	17	§ 4. Destylacja węgla. 57
§ 8. Wielkość i rozciągłość zagłębi węglowych; ich typy	19	§ 5. Antracytyzacja węgla 58
§ 9. Stosunek warstw węglowych do płonnych w różnych zagłębiach	20	§ 6. Odgazowanie węgla w świetle badań petrograficznych 59
§ 10. Petrografia skał węglowych	22	§ 7. Streszczenie 61
§ 11. Wpływy różnych czynników na jakość węgla	23	VIII. Zdolność węgla do koksovania się w świetle badań geologicznych.
§ 12. Tektonika zagłębi węglowych	24	§ 1. Teorie chemiczne 62
§ 13. Erozja pokładów węgla	24	§ 2. Teoria petrograficzna 64
III. Kilka głównych momentów rozwoju poglądów na budowę fizyczną węgla i ich genezę	24	§ 3. Porowatość węgla 66
§ 1. Guembel, Renault, Bertrand	24	§ 4. Streszczenie wyników 67
§ 2. Lemièrre, teoria bakterjalna	25	§ 5. Badania prof. Świętosławskiego 69
§ 3. Teorie metamorficzne	26	§ 6. Górny Śląsk 70
§ 4. Poglądy chemików	27	§ 7. Krańcowe teorie 73
§ 5. Potonienie	28	§ 8. Ogólne wyniki 75
IV. Nowoczesne dążenia do poznania chemicznej i fizycznej budowy węgla kopalnych	29	IX. Złóża węglowe i warunki ich powstawania.
§ 1. Szkoła niemiecka	29	§ 1. Sposób nagromadzenia się materiału roślinnego 75
§ 2. Szkoła angielska	31	§ 2. Charakter roślinności 79
§ 3. Szkoła amerykańska	33	§ 3. Streszczenie 81
		X. Zakończenie.
		Objaśnienie tablic.



50 / XII

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
w KRAKOWIE
BIBLIOTEKA

III 3A 863

NrB 8048

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH



1000300339

Akc. Nr 1565/53

KAROL BOHDANOWICZ

Warszawa.

Wstęp do geologii węgla.

Przedmowa.

Literatura geologiczna tycząca się węgla jest stosunkowo dobrze uporządkowana; we wszystkich językach istnieją dzieła, podające usystematyzowane wyniki badań geologicznych, paleofitologicznych i chemicznych w zakresie ogólnej wiedzy o węglach kopalnych i ich złożach¹⁾. We wszystkich tych dziełach znajdujemy streszczenie poglądów na genezę węgla i tworzenie się złóż węglowych, które panowały wśród geologów i paleobotaników w r. 1905 — t j. od czasu pierwszego wydania książki H. Potoniégo.

Węgle powstają przez rozkład materiału roślinnego podobnie jak na dzisiejszych torfowiskach, miejscami przy nieznacznym przemieszczeniu materiału. Humusowa lub mniej więcej bitumiczna, jak gnijący il na bardziej otwartych częściach torfowisk, masa roślinna przechodzi przez stadium torfowe, brunatnego węgla i różnych gatunków węgla kamiennego aż do antracytu. Czynnikiem rozkładu są procesy biochemiczne, czynnikami zaś owęglania

czyli mineralizacji pierwotnej masy roślinnej są procesy geochemiczne, zachodzące pod wpływem przeważnie tektonicznego ciśnienia i towarzyszącego mu podwyższenia temperatury. Krytyczne ustosunkowanie się niektórych geologów, jak Lemiére, Joh Walter, Strahan oraz chemików, jak Donath do ogólnie przyjętej teorii przemiany szeregu węglowego od torfu do antracytu (Umwandlungstheorie) nie znalazło ogólnego uznania, a nowsze doświadczenia chemików, jak Bergius i Fischer nad otrzymaniem sztucznego węgla i różnych produktów z węgla kamiennego, zdawały się potwierdzać teorię istnienia jednego tylko szeregu węglowego od torfu do antracytu.

Dopiero w ostatnich latach nastąpiło w literaturze węglowej pewne ożywienie, spowodowane ogłoszeniem przez Wheeler'a i Stopes w r. 1918 pracy¹⁾, w której ze szczególnym naciskiem zostaje podniesiona konieczność badań petrograficznych samego węgla. Pierwszym skutkiem tej pracy była rewizja dotychczasowych metod badania budowy węgla. W latach 1920—1925 ogłoszono, przeważnie w St. Zjednoczonych, dużo drobnych przyczynków do znajomości budowy różnych gatunków węgla i zaczęto żywo rozważać zagadnienia tworzenia się zarówno węgla, jak i jego złóż²⁾, często w związku z rozmieszczeniem złóż ropy (teoria carbonatio). Następnie w Niemczech uporządkowano i uprzystępniono³⁾ metody badania węgla,

¹⁾ Potonié H., Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt. Berlin, 1920 (6 Auflage).
Stutzer O., Kohle. Allgemeine Kohlengeologie Berlin 1923 (2 Auflage).

Dannenbergh A., Geologie der Steinkohlenlager. Berlin 1915—1930.

Pietssch K., Die Braunkohlen Deutschlands Berlin 1925.

Klein G., Handbuch für den Deutschen Braunkohlenbergbau. I B. 3 Auflage. Halle. a S., 1927.

Petrasschek W., Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten Wien 1922-4

Petrasschek W., Apfelbeck H., Tropsch H., Entstehung, Veredlung u. Verwertung der Kohle. Berlin 1930.

Grand'Eury F. C., Mémoire sur la formation de la houille. Ann. des Mines, Paris 1882.

Grand'Eury F. C., Recherches géobotaniques sur les forêts et sols fossiles et sur la végétation et la flore houillère, Paris 1912

Stevenson J., The formation of coal beds. Proceed. of the Amer. Phil Soc 1911-13.

White D. a Thiessen R., The origin of coal. Bureau of Mines, Bull. 38. Washington, 1913.

Zalessky M., Essai sur l'origine de la houille (po ros.). Mémoires du C. Géol. Russe, 139, Petrograd 1914.

Stadnikoff G., Die Entstehung von Kohle und Erdöl. Schr. a. d. Gebiet der Brennstoff-Geologie, herausgeb. von Prof. dr. Otto Stutzer, Stuttgart 1930.

¹⁾ Stopes M. a. Wheeler R., Monography on the constitution of coal, London 1918.

²⁾ Trans. of the Amer. Inst. of Min. a. Metall. Eng. New. York Meeting 1925

³⁾ Potonié R., Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin 1924.

Stach Er., Der Kohlenreliefschliff, ein neues Hilfsmittel für die angewandte Kohlenpetrographie. Preuss. Geolog. Landesanstalt Mit. 2, Berlin 1927.

Bode H., Die Mazerationsmethode in der Kohlenpetrographie Berg-Technik 1928 12.

Stach Er., Kohlenpetrographisches Praktikum, Berlin 1928.

Stach Er., Neuere Untersuchungsverfahren der Kohlenpetrographie. Preuss. Geolog. Landesanstalt, Mitt 4, 1928.

Bode H., Zur Nomenklatur in der Kohlenpetrographie. Kohle u. Erz. 1928, 18.

próbując zastosować niektóre z nich, jak przedtem w Anglii, do celów praktycznych przy sortownictwie węgla¹⁾. Odgłosy ożywienia, zapoczątkowanego przez pracę Stopes, dotarły w r. 1926 do Rosji, gdzie przy opracowaniu materiałów z węglowych zagłębi Syberyjskich (kuźnieckiego i innych) zostały uwzględnione studia nad budową różnych części pokładów węgla. Prace, wykonane od r. 1925 w węglowym Instytucie przy uniwersytecie w Lille, we Francji, nie zwróciły na siebie większej uwagi zarówno Amerykanów i Niemców. Prace Francuzów ustaliły jednak właściwie po raz pierwszy naukową petrograficzną metodę badania składników, a nie odmian węgla, które są czasem podobne do siebie, lecz składają się ze składników niejednakowych. „Petrografia węgla” została uznana w Niemczech za odrębną dziedzinę naukową, w rzeczywistości jednak do r. 1930 w bardzo licznych petrograficznych pracach autorów niemieckich tylko tyle było petrografii, że stosowano badania mikroskopowe, bo właściwie nie było ujęcia zagadnienia z punktu widzenia petrografii, jako jednej z gałęzi geologii. W Polsce, gdzie prace Stopes i Wheeler'a po raz pierwszy zostały uwzględnione w r. 1928 przez chemików²⁾, a przez petrografów dopiero w r. 1930³⁾, była wykonana przed 20 laty przez Karczewskiego⁴⁾ jedna z niewielu wtedy prac w dziedzinie budowy węgla.

Metody opracowania węgla były wówczas jeszcze nieudoskonalone i trudne; o możliwości zastosowania ich do rozwiązania zagadnień praktycznego górnictwa jeszcze nie myślano i doskonałe studjum Karczewskiego nie znalazło naśladownictwa.

Zasługa Wheeler'a polega na jasnym ujęciu zagadnień chemii i budowy węgla, praca zaś Stopes wskazała kierunek, w jakim należy dążyć do rozwiązania tych zagadnień. Jednocześnie z ożywieniem zainteresowania do tych problemów, od których rozwiązania oczekiwano wyników praktycznych, nastąpiło

jednak pewne pomieszanie pojęć, istniejące niestety i do dzisiaj a stojące na przeszkodzie prawidłowemu zastosowaniu metody petrograficznej w kopalnictwie i chemii węgla. Pisano i mówiono tak dużo o praktycznym zastosowaniu petrografii węgla, a wyniki otrzymane od r. 1923 są tak jeszcze praktycznie nikłe, że nastąpiło nawet pewne rozczarowanie, gdyż to, co otrzymano, było właściwie znanym już od dawna. Zaczęto podkreślać, że za główny wynik całego ożywienia można jedynie uważać udoskonalenie metod mikroskopowego badania węgla, co też starają się stosować w sortownictwie węgla dla badania w nim nieorganicznych domieszek (popiołu). Tak źle jednak nie jest. Liczni badacze, zwłaszcza niemieccy, prawie do dziś dnia ześrodkowali swoją uwagę w stosunku do węgla na tem, co nazywają w petrografi strukturą i teksturą (Gefüge), a nie na istotnych składnikach węgla (Bestandteile), t. j. na szczątkach roślinnych, masie zasadniczej i domieszkach nieorganicznych, jak to zapoczątkował Wheeler i Stopes (szkoła angielska), a następnie rozwinął Duparque (szkoła francuska).

Właściwe petrograficzne ujęcie węgla, t. j. litologiczne i chemiczne badania składników węgla, przy jednoczesnym rozwiązaniu praw sedimentacji tego materiału i praw jego przetwarzania podczas osadzania i później — dopiero teraz zaczyna się krystalizować. Węgiel, jako skała, i jego złoża, jako obiekt w przestrzeni i czasie, stanowią jedną całość, do której zrozumienia potrzebne są studia prowadzone równolegle nad skałą i złożem. Chemiczne badania węgli błyszczących, matowych i innych dadzą odpowiedź co do chemicznej i fizycznej budowy węgla, jeżeli jednocześnie będą ustalone natura i przetwarzanie się składników w każdym z tych węgli, a rozmieszczenie tych węgli w granicach danego zagłębia doprowadzi do wytworzenia obrazu tworzenia się złoża w przestrzeni i czasie, t. j. do obrazu geologicznego.

Petrografia i chemia węgli, stratygrafia i tektonika zagłębi węglowych są tylko poszczególne cegiełkami, czasem większymi bryłami, z których musi dopiero powstać gmach geologii węgla; zespolone w jedną harmonijną całość mogą i muszą dać one odpowiedź i na te praktyczne zagadnienia, przed którymi badania dotychczasowe stają jeszcze bezradnie. Jak przy budowie każdego gmachu połączenie cegieł musi być wykonane według przewodniej idei, tak i w nauce, nie tylko zestawienie (korelacja) faktów już zdobytych, ale często również i poszukiwanie ich musi być ujęte w pewien system, chociażby czasowo tylko o znaczeniu t. zw. hipotezy roboczej (working hypothesis). Zrozumienie takiego systemu zaoszczędza sił do wykonania poszczególnych cegiełek i nadaje im wartość, pod warunkiem, aby nie zostały one tylko balastem naukowym.

Niniejszy wstęp do geologii węgla stanowi serię wykładów w Akademii Górniczej,

¹⁾ Lange Th., Zur Kohlenpetrographie Oberschlesiens. Zeitschr. der Oberschl. Berg- u. Hütten Vereins zu Katowice, 1926.

Lange Th., Die stoffliche Zerlegung der Kohle durch Schwimm- u. Singanalyse, Zeitschr. der Oberschl. Berg. u. Hütten. Verein zu Katowice, 1928, 4—5.

Lange Th., Die Bestimmung der Gefügebestandteile in Kohlenstauben Ibid. 1928, 4.

Lessing R., Die Mineralbestandteile der Steinkohle. Ibid. 1928, 4.

²⁾ Świętosławski W. i Chorąży M., O chłonności par pirydyny przez odmiany górnośląskiego węgla kamiennego. Przemysł Chemiczny. Chemiczny Instytut Badawczy, Warszawa 1928, 10.

Pfanhäuser J., Badania nad zawartością wilgoci w odmianach petrograficznych węgli polskich. Przemysł Chemiczny 18, 1929.

³⁾ Zerndt J., Petrograficzne badania węgla z pokładu Izabella w Trzebini.

Rozen Z., Kilka słów o petrografii węgla. Przegląd Górn.-Hutn. 1930.

⁴⁾ Karczewski St., O budowie mikroskopowej węgla kamiennego z Dąbrowy Górniczej. Pam. Fizjograf. XIX, Warszawa 1906.

w których główne zagadnienia węgla są podane nie z punktu widzenia poglądów krańcowych, lecz w krytycznym zestawieniu główniejszych wyników dotychczasowych

I. Węgle jako skały.

Węgle są skałami osadowymi pochodzenia organicznego i stanowią stałe kopaliny palne. Grupa takich kopaliny obejmuje szereg utworów od napół kopalnego torfu doby dzisiejszej, przez węgiel brunatny i węgiel kamienny do antracytu i czystego węgla w postaci grafitu.

§ 1. Chemiczne własności węgla. W skład każdego węgla wchodzi pierwiastki: węgiel (C), wodór (H) i tlen (O); w mniejszej ilości wszystkie węgle zawierają siarkę (S) i azot (N), oraz składniki niepalne (nieorganiczne), pozostające po spalaniu węgla w postaci popiołu. Wszystkie składniki węgla wchodzi również w skład materii roślinnej (azot znajduje się w większej ilości w liściach i owocach, niż w drewnie), przez owęglenie której powstaje węgiel kopalny. Proces owęglenia (Inkohlung, coalification, houillification), czyli przekształcenia materiału pierwotnego w węgiel, polega na zwiększeniu się zawartości pierwiastku węgla i zmniejszeniu zawartości wodoru i tlenu (tlenu w większym stopniu). Uwidacznia się to przez porównanie przeciętnego składu chemicznego drewna, torfu i węgla, i stąd też zwykle wnioskują, że pomiędzy wymienionymi materiałami palnymi zachodzi stosunek genetyczny:

	C	H	O	N
Włókna drzewne (drewno)	50	6	43	1
Torf	59	6	33	2
Węgiel brunatny .	69	5,5	25	1,8
Węgiel kamienny .	82	5	13	0,8
Antracyt	95	2,5	2,5	ślady

Zawartość różnych pierwiastków w różnych gatunkach węgla jest niejednakowa, wskutek niejednakowych zmian, którym podlegał materiał pierwotny, podczas tworzenia się węgla, wskutek pewnych zmian następnych, a również i wskutek innego chemicznego składu materiału pierwotnego, jak dla bogheadu i węgla kennelskiego.

Natura chemiczna węgla nie jest jeszcze dostatecznie wyświetlona. Przekonano się jedynie, że nie zawierają one czystego pierwiastku węgla, lecz są mieszaniną bardzo złożonych, o wysokiej cząsteczkowej budowie, związków węglowych, w skład których wchodzi razem z pierwiastkiem węglem, wodór i tlen, a częściowo też azot i siarka. Bliższe zbadanie tych związków nie udaje się, gdyż nie znamy takiego ciała, w którym można byłoby przeprowadzić w stan rozpuszczalny całą lub większą część organicznej substancji węgla, nie zmieniając jej budowy chemicznej.

Gdyby można było otrzymać taki roztwór, to byłoby nietrudno zapomocą stopniowego frakcjonowania, lub w jaki inny sposób wyodrębnić poszczególne części składowe, które tworzą mieszaninę organicznej masy węgla. Dla badania budowy chemicznej węgla stosują albo frakcjonowaną suchą destylację węgla przy różnych temperaturach i ciśnieniach, albo ekstrakcję z węgla poszczególnych związków zapomocą różnych rozpuszczalników, albo traktowanie węgla różnymi odczynnikami (hydratyzacja i utlenienie węgla); wszystkie te sposoby pozwoliły wyeliminować z węgla znaczną część związków chemicznych, jednak przy żadnym z tych sposobów niema pewności, że związki te rzeczywiście znajdowały się w węglu, a nie powstały podczas samego zabiegu chemicznego z jakichś innych związków; w wielu przypadkach to drugie pochodzenie otrzymywanych związków jest pewniejszym.

Badaniu chemicznemu¹⁾ poddają zwykle węgiel uprzednio wysuszony na powietrzu; przez takie wysuszenie usuwa się z węgla wilgoć, związaną mechanicznie z węglem, i pozostaje tylko wilgoć hygroscopijna, której zawartość zależy od gatunku węgla (przy jednakowych warunkach wilgotności powietrza i stopnia rozkruszenia węgla).

Wilgoć hygroscopijna może być usunięta z węgla przez zupełne wysuszenie go, do czego istnieją różne metody, z których najprostszymi są: trzymanie węgla w eksykatorze nad stężonym kwasem siarkowym co najmniej w przeciągu 3—4 dni przy zwykłej temperaturze pokojowej lub wysuszenie węgla na powietrzu przy temperaturze 105°C—110°C. Zawartość wilgoci w węglu wysuszonym na powietrzu waha się w szerokich granicach, zależnie od zawartości składników lotnych w organicznej masie węgla. W miarę zmniejszania się ilości lotnych składników w organicznej masie węgla, zmniejsza się i ilość wilgoci w węglach wysuszonych. Przy wietrzeniu węgla zawartość wilgoci wzrasta w zależności od jego hygroscopijności, t. j. wewnętrznej budowy fizycznej (jej charakter i porowatość).

Węgle płomiennogazowe mają hygroscopijność od 1,2% do 8%; najmniejszą hygroscopijność wykazują węgle tłuste koksownicze; z przejściem do węgla chudych i antracytów hygroscopijność ich znowu nieco zwiększa się. Węgle brunatne są więcej hygroscopijne niż węgle kamiennych; słaba hygroscopijność węgla kamiennego przeszkadza stosowaniu zwilżania pyłu węglowego, jako środka zapobiegawczego przeciw wybuchom pyłu w kopalniach, ponieważ woda pozostaje w pyłach w postaci kulek. Fizyczne własności węgla, jak jego porowatość, zależne są od budowy tkanek roślinnych w węglu i systemu naczyń włoskowatych, mają więc duże znaczenie dla zabiegów technicznych.

¹⁾ Strache H. u. Lant. R., Kohlenchemie. Leipzig 1924.

Techniczna analiza (Immediatanalyse) węgla daje trzy bezpośrednie wyniki: wilgoć, nielotną masę węglową (koks) i popiół; przez odjęcie sumy tych wyników analizy od stu otrzymuje się ilość składników lotnych. Sumę koksu i składników lotnych nazywają też czystym węglem (Reinkohle), czyli substancją palną, a sumę koksu i popiołu — surowym koksem. Ilość składników lotnych, t. j. tych części węgla, które wydzielają się z niego przy nagrzewaniu bez dostępu powietrza, jest jedną z najbardziej charakterystycznych cech dla różnych gatunków węgla.

Analiza techniczna daje dla węgla wyniki z wilgocią i popiołem, a dla charakterystyki węgla koniecznym jest określenie składników lotnych i nielotnej masy w organicznej części węgla, t. j. bez wody (w) i popiołu (p), czyli w tej części, którą nazywają czystym węglem. Dla otrzymania tych ilości w organicznej części węgla, wyniki technicznej analizy — ilość lotnych składników (bez wody) (a) i ilość koksu (b) mnożą przez 100 i dzielą przez $100 - (w + p)$. Ilość koksu w organicznej części węgla nazywają „węglem stałym” (fixed carbon, carbon fixe). W Stanach Zjednoczonych ilość tej nielotnej części węgla w organicznej masie biorą za podstawę do klasyfikacji węgli. Nazwy „stały węgiel” nie trzeba rozumieć, jako ilości pierwiastku węgla, bo w tej nielotnej części zawsze jest C, H, O, N i S.

Analiza pierwiastkowa (elementarna) węgla daje zawartość w węglu C i H; ilości te są otrzymywane bezpośrednio przy zupełnym spalaniu węgla w powietrzu i tlenie (t. j. przez określenie ilości powstających przy tym CO_2 i H_2O). Bezpośrednio otrzymują też zawartość siarki i rzadziej — azotu. Siarkę określa się albo sposobem Eschka (przez powolne spalanie węgla w mieszaninie z magnezem i sodą), albo jednocześnie z określeniem kalorycznej wartości węgla sposobem Langbein'a. Siarka nieszkodliwa zwykle stanowi nieznaczną część całej ilości siarki, natomiast ilość siarki organicznej często jest większa, niż pirytowej. Ilość tlenu zwykle obliczają, jak dopełnienie do 100% sumy wody, C, H, N, S i popiołu; ilość popiołu przyjmują z wyników albo analizy technicznej, albo elementarnej. Przy analizie elementarnej często ilość popiołu otrzymuje się większą, niż w wynikach analizy technicznej, wskutek większego utlenienia popiołu, i zwykle też ograniczają się do wyniku analizy technicznej.

Wyniki analizy elementarnej pozwalają określić pierwiastkowy skład organicznej części węgla, w tem przypuszczeniu, oczywiście, że ta część jest złożona tylko z C, H, O, N; dlatego obliczają zawartość każdego z tych składników na 100 części ich sumy bez wody, popiołu i siarki. Zawartość wody poleca się określać dla każdej próbki przy każdej analizie, t. j. technicznej, pierwiastkowej i przy

bezpośrednim określeniu wartości cieplikowej; zwykle zawartość wody ulega wahaniom nieznacznym.

Ilości C, H, O i N dla pierwiastkowego składu organicznej części otrzymują przez pomnożenie liczb otrzymanych wyników elementarnej analizy przez $\frac{100}{100 - (w + p + s)}$.

Część wodoru zwykle przyjmują, jako związaną z tlenem w formie wody; woda zawiera na 16 wagowych cząsteczek tlenu 2 wagowe cząsteczki wodoru, więc po związaniu całego tlenu pewna część wodoru może być wolna. Tę pozostałą część wodoru w ilości $\text{H} - \frac{0}{8}$ nazywają wolnym, czyli pożytecznym wodorem (disponibler Wasserstoff); wolny wódor ma zwłaszcza znaczenie dla własności różnych gatunków węgla, bo ilość wolnego H obniża ilość nielotnego węgla w masie organicznej. Przy spalaniu węgla na koks, tlen łączy się z węglem w postaci CO_2 i CO, obniżając ilość C w nielotnej części. W miarę zużycia tlenu zwiększa się też ilość wolnego H, a wolny wódor przy nagrzewaniu węgla bez dostępu powietrza tworzy lotne węglowodory, obniżając również zawartość C w nielotnej pozostałości, t. j. w koksie.

Stosunek O/H jest miernikiem stopnia utlenienia węgli; ten stosunek tak samo jak i zawartość tlenu, zmniejsza się przy przejściu od węgli niższego rzędu do węgli rzędu wyższego (płomiennogazowych do chudych).

Wartość cieplikową węgla określa się albo zapomocą obliczenia (według formuł Dulong'a, Mendielejewa i innych¹⁾), albo bezpośrednio w bombie kalorymetrycznej (według Berthelot—Krocker'a). Wartość cieplikowa (kalorymetryczna) jest właściwie wielkością teoretyczną, czyli wykazuje górną granicę cieplikowej wartości węgla wraz z popiołem i wodą. Wartość cieplikowa węgli zależy od zawartości w nich wody i popiołu, które ją obniżają. Przy spalaniu węgla część ciepła traci się w odpadkach opałowych, t. j. w popiole, a obecność wody prowadzi do zużycia części ciepła na wytworzenie z niej pary. Jeden procent wody naogół potrzebuje 6 jednostek cieplikowych przy spalaniu jednego kg węgla. Obliczenie cieplikowej wartości według formuł Dulong'a i Mendielejewa daje zwykle wyniki wyższe, niż określenie kalorymetryczne.

Dla praktyki jest ważniejszym określenie dolnej granicy wartości cieplikowej, t. j. wartości pożytecznej, trzeba więc od wartości ka-

¹⁾ Formuła Dulong'a:

$$Q = 81,4 C + 342 \left(\text{H} - \frac{\text{O}}{8} \right) + 25 S;$$

formuła Mendielejewa:

$$Q = 81 C + 300 H - 26 (\text{O} - S)$$

gdzie C, H, O i S są procentowymi ilościami tych pierwiastków według analizy.

lorymetrycznej odjąć ilość ciepła (q), potrzebnego do wyparowania wody z węgla i tej wody, która powstaje przez spalanie H [$q = 600 (w + 9H)$].

Dla charakterystyki węgla trzeba też znać wartość cieplikową organicznej masy węgla, co otrzymuje się przez obliczenie:

$$\text{Ciepl. wart. org. części} = \frac{\text{Ciepl. wart. kalor.} \times 100}{100 - (w + p)}$$

t. j. przez przeliczenie na węgiel bez wody i popiołu.

Różnica pomiędzy kalorymetryczną a użyteczną cieplikową wartością węgla z popiołem i wodą wynosi około 250—300 kalorii. Dla wartości cieplikowej organicznej części ma znaczenie zawartość H, która ilościowo zmniejsza się dla węgla bardziej chudych.

Wartość cieplikowa węgla zależy przede wszystkim od zawartości w węglu pierwiastku C i również wolnego H, bo tylko te pierwiastki przy spalaniu dają związki z tlenem, powstające z wydzielaniem ciepła. Zamiana każdego procentu C przez procent H prowadzi do podwyższenia wartości cieplnej o 260,6 kalorii, gdyż spalanie jednego grama czystego węgla daje 8140 kalorii, a spalanie jednego grama H daje 34200 kalorii, czyli $342 - 81,4 = 260,6$ kalorii. Obecność siarki, która przy spalaniu daje 2200 kalorii, obniża cieplikową wartość węgla, jeżeli jeden procent C jest zastąpiony przez jeden procent siarki.

Ilość tlenu wpływa na cieplikową wartość węgla obniżając ilość wolnego H (bo wolny $H = H - \frac{O}{8}$), przez co obniża się i wartość cieplikowa. Jest ona naogół tem wyższa, im więcej w węglu jest C i wolnego H a mniej siarki. Wskutek znacznego spadku ilości H w węglach chudych i antracytach ich wartość cieplikowa (8200), mimo wysokiej zawartości C (do 98%), jest mniejsza od cieplikowej wartości węgla na pół chudych (8800 kal. przy C = 90%).

Przy koksowaniu węgla większa część C pozostaje w nielotnej części masy organicznej, a dla H i O, przeciwnie, większa ich część przechodzi w składniki lotne. Skład części lotnych różnych węgla waha się bardzo znacznie, a skład części nielotnej zmienia się w stopniu daleko mniejszym. Stąd można przyjąć do wniosku, że różnica pomiędzy różnymi gatunkami węgla zależy przeważnie od różnicy w składzie składników lotnych. Stosunek ilości H, pozostającej w koksie, do ilości jego uchodzącej z lotnymi składnikami, wzrasta w miarę obniżania ilości lotnych składników od węgla suchych do chudych (przeciętnie w $2\frac{1}{2}$ razy). Lecz przy tem stosunek C nielotnego do C lotnego wzrasta więcej niż pięciokrotnie, a że sama ilość składników lotnych jest znacznie mniejsza, więc procentowa zawartość H w lotnej części w węglach chudych jest większa, niż w węglach płomien-

nych. Dla koksu określa się jego cieplikową wartość temi samymi sposobami, co i dla węgla; wartość cieplikowa części organicznej koksu jest wielkością prawie stałą dla wszystkich gatunków węgla, więc różnice tej wartości dla węgla zależą od wahań się wartości cieplikowej ich składników lotnych.

Przy zestawianiu analiz węgla należy zawsze pamiętać, że liczby porównawcze muszą należeć do wyników albo analizy technicznej, albo pierwiastkowej, do węgla z popiołem i wodą, albo tylko do organicznej (palnej) substancji (Reinkohle). Liczby, odnoszące się do węgla z popiołem i wodą, są liczbami analizy bezpośredniej (technicznej, Immediate analyse), a liczby odnoszące się do substancji organicznej, są wynikiem przeliczenia.

Tabela I pokazuje zależność wartości cieplikowej węgla od zawartości pierwiastku węgla i wodoru w węglu z popiołem i wodą i wzrost wartości cieplikowej węgla bez wody i popiołu.

Użyteczna wartość cieplikowa różnych węgla (z popiołem i wodą) wyraża się w liczbach następujących (pierwsze należą do węgla o wysokiej zawartości składników lotnych, a drugie do węgla z małą ich zawartością):

W ę g i e l

Angielski	— 6800—8200	kalorii
Westfalski	— 7800—8000	"
Górnośląski	— 6600—7700	"
Saary	— 6500—7600	"
Saksonji	— 5900—7400	"
Doniecki	— 6924—8124	"
Brunatny Czech naj-		
lepszy gatunek	— 5500—7200	"
Brunatny Czech		
zwyczajny	— 4000—5600	"
Brun. Saksonji	— 2000—3200	"
" Lausitz	— 1800—2500	"
" Zawiercia	— 4123—5002	(węgl. pow. such— 5107—6019)
" Wielkopól.	— 3999	kalorii

Węgla brunatne Niemiec mają naogół wartość cieplikową $2\frac{1}{2}$ do 3 razy mniejszą od wartości ciepl. węgla kamiennych. 2 tony węgla westfalskiego są ekwiwalentem 9 ton węgla brunatnego środkowych Niemiec i 3 ton brykietów brunatno-węglowych (ciepl. wart. — 5000 kal.).

Ciężar gatunkowy węgla waha się od 1,16 do 1,60 w zależności od zawartości popiołu i gatunku (rzędu) węgla. Zawartość popiołu zwiększa ciężar gatunkowy tak znacznie, że w kopalni zawsze można odróżnić węgiel czysty od wkładek nieczystych. Dla czystego węgla ciężar gatunkowy jest tem większy, im więcej dany węgiel zawiera pierwiastku węglowego:

antracyt	— 94% C	— C. g. 1,46—1,34
węgiel chudy	— 91% C	
" tłusty	— 89% C	— c. g. 1,33—1,26
" płomienny	— 78% C	

T a b l i

		A n a l i z a t e c h n i c z n a				A n a l i z a		
		Wilgoć	Popiół	Część nielotna (koks)	Części lotne	Wilgoć	Popiół	Węgiel
Śląsko-Polskie zagłębie	Warstwy Łaziskie (Łaziska)						5,9	75,4
	Warstwy Orzeskie (Orzesze)						4,4	79,2
	Warstwy Rudzkie (Dąbrowa)						9,7	59,65
	Warstwy Siodłowe (Zabrze, Pochhammer)						2,1	85,3
	Warstwy Brzeźne (Rybnik)						6,9	77,9
	Warstwy Brzeźne (Ostrawa Morawska)							79,5
	Grodziec	13,06	4,45	55,37	27,12	13,06	4,45	65,88
	Saturn	7,53	5,36	54,03	33,08	7,53	5,36	68,67
	Yorkshire	3,46	8,12	57,18	31,24	3,46	8,12	73,64
	Newcastle	6,60	7,79	56,25	29,36	6,60	7,79	71,52
Donieckie zagłębie	Pokł. Almazny (Krymsko-Doniecka kop.) .	2,48	7,19	49,83	40,50			
	Pokł. Almazny (Irmińska kop.) . . .	0,91	7,30	59,04	32,75	0,94	7,30	75,23
	Pokł. Almazny (Kadijewska kop.) . . .	1,33	5,25	68,36	25,06	1,12	5,25	81,44
	Pokł. Almazny (Kadijewska kop.) . . .	1,59	1,69	71,76	24,96	1,69	1,69	83,86
	Pokł. Almazny (Brjanska kop.) . . .	0,41	1,48	80,37	17,74	0,41	1,48	87,12
	Pokł. Tołstyj (Brjanska kop.) . . .	0,25	4,54	79,50	15,71	0,78	4,54	82,80
	Pokł. Bokowski (Iszczenko)	2,79	5,07		1,45		5,21	90,58
Moskiew. zagł.	Pobiedinska kop.					31,79	11,55	39,15
	„ boghead					12,9	7,0	57,3
Poręba	Kop. Jan Karol					7,87	9,93	60,88
	Kop. Zygmunt					9,57	10,61	57,33
Kujawy	Koło Nr. 1						2,47	51,91
	„ Nr. 2						6,50	49,72

c a l.

p i e r w i a s t k o w a				W części organicznej węgla bez popiołu i wody			Wartość cieplikowa		Typ węgla
Wodór H	Siarka lotna S	Azot N	Tlen O	$\frac{O+N}{H}$	Części lotne	Część nielotna (koks fixed karbon	Teoretycz- na (całkowita)	Uży- teczna	
5,2	0,4	0,9	12,2				6 743		suchy
5,4	0,5	0,6	9,9				7 151		"
3,84	1,7	1,39	12,8				5 597		"
5,6	0,4	1,2	5,4				7 797		koksowy
5,3	1,0	1,2	7,7				7 084		suchy
4,9	0,3	1,3	8,7				7 557		"
3,76	0,94	0,75	11,16	3,2	32,88	67,12	6 258	5 977	suchy
4,25	0,66	0,90	12,63	3,2	37,97	62,03	6 609	6 334	"
4,63	1,77	1,15	7,23	1,8	35,33	64,67	7 388	7 117	suchy
4,60	1,34	1,16	6,99	1,8	34,29	65,71	7 079	6 791	"
				$\frac{O}{H}$	44,82	55,18			długopło- mienny
4,80	5,23	1,50	5,00	1,4 (1,0)	35,68	64,32	7 539	7 274	gazowy
5,22	0,28	1,82	4,87	1,3 (0,9)	26,83	73,17			kuzienny
4,76	0,71	1,79	5,50	1,5 (1,2)	25,81	74,19	8 185	7 898	koksowy
4,40	0,93	1,82	3,84	1,3 (0,9)	18,07	81,93	8 489	8 249	"
4,07	3,06	1,36	3,39	1,2 (0,8)	16,50	83,50	8 081	7 857	suchy
2,32	0,87	—	1,02	—	1,51	98,49			antracyt
3,01	4,21	0,61	9,68	—	25,65	—	3 834	—	kennelski
8,4	5,8	—	—	1,32	—	—	7 480	6 950	boghead
5,8	3,13	0,62	12,49	—	—	—	6 019	5 002	brunatny
4,29	3,60	0,69	13,91	—	—	—	5 792	4 890	brunatny
3,65	1,85	1,09	23,62	—	—	—	—	4 012	brunatny
3,29	1,60	0,81	21,09	—	—	—	—	3 999	"

węgiel brunatny — 64% C — c. g. 1,25—1,10
 torf — 59% C — c. g. 1,5
 drzewo — 50% C — c. g. 1,0 —0,70

Rysa węgla jest tem czarniejsza, im więcej węgiel zawiera pierwiastku węgla.

Siarka. Zawartość siarki, chociaż na ogół nieznaczna, ma duże praktyczne znaczenie, jako składnika szkodliwego przy wszystkich zastosowaniach węgla na opał. Niektóre zwłaszcza zastosowania węgla zupełnie wykluczają możliwość używania węgla zawierającego chociażby ślady siarki, np. przy spawaniu (zwarzaniu) żerdzi wiertniczych węgiel kamienny musi być absolutnie czystym. Do tej czynności używa się w Borysławiu i innych zagłębiach naftowych specjalnego gatunku węgla kamiennego (doppelt gewaschte Schmiedekohle) z Karwiny (Gabriela Zeche), gdyż na Górnym Śląsku takiego węgla nie mamy.

Siarka może znajdować się w trojakiem postaci: a) pirytu i markazytu, b) związków organicznych, c) gipsu. W największej ilości siarka jest zwykle w postaci pirytu lub markazytu, tworzącego wtrącenia, konkrety, lub rozdrobnionego w postaci bardzo drobnych cząsteczek, niewidocznych gołym okiem. Piryty jest w węglu ciałem wtórnym, nie mającym związku z pierwotną materią roślinną. Przez redukcję wód siarczanych podczas osadzania się samego pokładu, lub później siarczek żelaza zostaje wprowadzony do węgla.

Analizy niektórych węgli i ich popiołu wykazują znacznie mniejszą zawartość żelaza, niż to jest koniecznem dla związania siarki w FeS_2 i tę nadwyżkę siarki uważają za wchodzącą w związki organiczne.

Oprócz tych szkodliwych form siarki w węglu, siarka w postaci siarczanów, a zwłaszcza gipsu, nie jest szkodliwą, bo przy spalaniu węgla pozostaje w popiole. Węgiel górnośląski zawiera takiej siarki w popiole do 1,73%, a węgiel z Newcastle do 8,21%.

Stosunek zawartości całej siarki do takiej nieszkodliwej jest bardzo zmienny, i w praktyce opałowej należy zawsze określać taką nieszkodliwą siarkę.

Popiół. Popiół węgla może pochodzić z nieorganicznych składników pierwotnego materiału roślinnego, w większej zaś ilości od wprowadzenia materiału nieorganicznego z zewnątrz podczas procesu osadzania się danego pokładu węgla, lub nawet później już po utworzeniu się węgla w stanie stałym. Takie wprowadzenie może nastąpić mechanicznie (piasek, szlam), lub chemicznie (wapień, krzemionka). Znane są wszystkie przejściowe formy od węgla czystego do łupków i piaskowców, zawierających materiał węglowy. Najczystsze węgle zawierają 2%—3% popiołu, a są takie węgle, które zawierają tyle materiału ilastego, że załedwie połowa materiału jest palną. Takie węgle mogą być używane tylko na miejscu do opału kotłów.

Wskutek ulatniania się C i H i wzbogacania się w C podczas procesu owęglania zmniejsza się objętość węgla, a jednocześnie zwiększa się i procentowa zawartość popiołu; tak niektóre antracyty, np. amerykańskie, zawierają więcej popiołu, niż węgle kamienne tej samej serii pokładów. Naogół jednak węgle wyższych rzędów zawierają popiołu zwykle mniej, np. antracyty Poł. Walji.

Chemiczny skład popiołu jest różny i ma pewien wpływ na wartość węgla. Tak niektóre popioły dają żużle, co znacznie szkodzi spalaniu się węgla. Taka zawartość żużli w popiole pochodzi od ilości tlenków żelaza, które przy redukcji mogą dawać z krzemianami łatwo topliwe stopy.

Popiół węgla Górnego Śląska zawiera nieco Mn, Zn, Pb, Cd. Popiół brunatnego węgla w Argentynie zawiera wanad. Niektóre węgle zawierają kwas fosforowy, szczególnie zaś węgle kennelskie, które zawierają wiele takich części roślinnych, jak spory i pyłek kwiatowy. Nie jest wykluczonem, że zawartość fosforu w węglu kennelskim zależy również od domieszki materiału pochodzenia zwierzęcego. Specjalne badania węgla zagłębia Donieckiego, wykazały, że nie można ustalić żadnego związku pomiędzy chemicznym składem popiołu, a składem skał stropu; popiół różnych części jednego pokładu może różnić się znacznie.

W sortownictwie węgla jest konieczne ustalenie stopnia rozkruszenia węgla najodpowiedniejszego dla oczyszczenia go od popiołu przed koksowaniem; zależy to nie tylko od ilości popiołu w węglu, co wykazuje rozbiór techniczny węgla, lecz również od sposobu rozmieszczenia popiołu w poszczególnych warstewkach błyszczących i matowych, z których składa się zwykły węgiel. Stwierdzono, że czysty węgiel jest przenikliwym dla promieni X, a materiał zanieczyszczony popiołem traci przenikliwość w mniejszym lub większym stopniu. Fotografia, otrzymana zapomocą promieni X z płytki węgla grubości mniejszej od $\frac{1}{4}$ cala, pokazuje czysty węgiel czarnem zabarwieniem, a zanieczyszczenia pozostają jaśniejsze w różnym stopniu w zależności od ich zgęszczenia. Taka fotografia, pokazująca bardzo dokładnie rozmieszczenie i charakter zanieczyszczenia węgla, pozwala osądzić, jaki stopień rozkruszenia węgla trzeba przyjąć przy jego płukaniu¹⁾. Forma popiołu w węglu i jego rozmieszczenie mogą być określone metodą mikroskopową; ta metoda pozwala również ustalić i charakter mineralogiczny popiołu, czego nie daje analiza

¹⁾ Stach Er., Kohlenstaub-Reliefschliff und Kohlen-Röntgung. Mitt. Abt. f. Gest., Erz, Kohle-u. Salz-Unters. Preuss. Geol. Landesants., H. 4, 1928

Kemp C. Norman, The X-ray analysis of coal; the radiographie variables and their control. Trans. Inst. Min. Eng., 77, 175-185; May, 1929.

Briggs Henry, A note on the mineralogy of coal as suggested by X-ray examination. Trans. Inst. Min. Eng., 77, 5-10; March, 1929

chemiczna, określająca tylko ilościową zawartość w popiole różnych tlenków, zaś mineralogiczny charakter popiołu, naprz. zanieczyszczenie węglanami może prowadzić do zmniejszenia wartości opałowej węgla¹⁾.

Węgłe mające procentowo jednakowy skład chemiczny, mogą mieć zupełnie inne własności fizyczne i chemiczne (ilość i jakość koksu, wartość cieplikowa, ilość czystego węgla); węgle nie są więc jednolitemi chemicznymi związkami, które można byłoby przedstawić za pomocą formuł chemicznych, lecz raczej są mieszaninami różnych związków węglowodorowych ubogich w tlen i wodór. Należy jednak chemiczny pierwiastkowy skład węgla dawać wskazówki co do pewnych własności węgla, służące do ustalenia niektórych gatunków węgla.

§ 2. Klasyfikacja węgla. Klasyfikacja węgla może być przeprowadzona z różnych punktów widzenia: 1) stratygraficznego, na węgle różnych okresów geologicznych, 2) chemiczno-fizycznego, na węgle o różnych własnościach technicznych, 3) petrograficznego czyli morfologicznego na węgle o różnych własnościach zewnętrznych, 4) genetycznego na węgle różnego pochodzenia²⁾.

1) Węgłe kamienne i brunatne.

Typowych przedstawicieli obydwu gatunków można ustalić z łatwością. Brunatne wę-

¹⁾ Lessing R., Coal ash and clean coal. Royal Society of Arts. 1926. — Die Mineralbestandteile der Steinkohle. Z. d. Oberschl. B. u. H. Ver. zu Katow., 4, 1928.

Stach Er., u. Kühlwein F. L., Die mikroskopische Untersuchung feinkörniger Kohlenaufbereitungsprodukte im Kohlenreliefschliff. Glückauf, 25, 1928.

Langé Th., Z. d. Oberschl. B. u. H. Ver. zu Katowice, 1928, 4-5 i inne prace.

²⁾ Klasyfikacje węgla mogą być bardzo różne; w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej rozróżniają do 12 klasyfikacji, każda z innego punktu widzenia (Classification of Coal. Amer. Inst. Min. a. Met. Eng. Techn. Publ., 156, 1928):

- 1) według przybliżonej (technicznej) analizy i wartości cieplikowej;
- 2) według pełnej analizy węgla;
- 3) geologiczna;
- 4) paleobotaniczna;
- 5) z punktu widzenia budowy fizyko-chemicznej;
- 6) według ilości czystego pierwiastku węgla (nie-
lotne części);
- 7) handlowa;
- 8) według zastosowania węgla na opał na kolejach
żelaznych;
- 9) według zastosowania w gazownictwie;
- 10) według otrzymywanych półproduktów koksowania;
- 11) według zapotrzebowania w gospodarce cieplnej;
- 12) statystyczna.

Patrz też — Fieldner A. C., Constitution and classification of. coal. Fuel. 36 - 45; Jan. 1929.

gle mają barwę mniej więcej brunatną i rysę brunatną, a przy sproszkowaniu mają brunatne zabarwienie. Typowe węgle kamienne mają barwę czarną, rysę czarną i dają proszek także czarny.

Stojąc na punkcie widzenia związku genetycznego pomiędzy temi węglami musimy przyjąć pomiędzy nimi formy przejściowe dowolnie określane jako węgiel kamienny, czy też brunatny. Pierwotnie kładziono wielki nacisk na wiek węgla i uważano wszystkie węgle trzeciorzędowe za brunatne, a starsze, zwłaszcza karbońskie — za kamienne; jednak znane wyjątki nie pozwalają ściśle trzymać się takiego stratygraficznego podziału. Węgłe zagłębia moskiewskiego, wieku dolno-karbońskiego, mają cechy zewnętrzne i własności chemiczne węgli brunatnych i należą właściwie do gatunków specjalnych. Węgłe Japonii i Sachalinu wieku trzeciorzędowego i kredowego mają wszystkie własności węgli kamiennych. Węgłe górnej kredy w zachodnich Stanach Zjednoczonych (grupa Laramie) mają typowe cechy obydwu gatunków, przyczem węgle kamienne o cechach antracytu są wyraźnie związane z wpływami tektonicznymi. Węgłe jurajskie na Kaukazie mają wszystkie fizyczne i chemiczne cechy węgli kamiennych.

Chemicznie węgle brunatne i kamienne różnią się swoim zachowaniem w stosunku do roztworu alkalicznego, a fizycznie — niejednakową zdolnością do koksowania, ciężarem gatunkowym, większym dla kamiennego węgla, oraz własnością absorbowania wody, mniejszą dla kamiennego węgla. Niektóre węgle, zewnętrznie podobne do kamiennego, na podstawie takich fizycznych i chemicznych własności należy zaliczyć do węgli brunatnych.

2) Podział węgla techniczny według stosunku ich do nagrzewania.

Pierwszy Karsten w r. 1836 podzielił węgle na podstawie własności koksu, t. j. pozostałości otrzymywanej po nagrzewaniu sproszkowanego węgla bez dostępu powietrza, na węgle spiekające się (Backkohle), niespiekające się (nadtopione — Sinterkohle) i piaszczyste (Sandkohle).

W praktyce opierają się nie tylko na własnościach tej pozostałości, lecz również i na charakterze płomienia, wydzielającego się przy nagrzewaniu węgla, co pozwala rozróżnić węgle krótkopłomienne i długopłomienne.

Gruner w r. 1873 podzielił węgle według własności koksu i pierwiastkowego ich składu na pięć grup: (Tablica na str. następnej).

W Westfalji grupy Gruner'a odpowiadają gatunkom: 1) suchym gazowym; 2) gazowo-płomiennym; 3) tłustym i koksującym; 4) nawpół tłustym (Esskohle); 5) chudym węglem.

Węgłe tłuste (grasses) francuskiej klasyfikacji Gruner'a odpowiadają więc gazowym węglem niemieckiego podziału, a czwarta grupa (grasses à coke) odpowiada koksującym węglem według niemieckiej klasyfikacji.

	Skład pierwiastkowy			O + N	K O K S	
	C	H	O + N	H	%	Własności
1. Suche węgle z długim płomieniem (Houilles flambantes)	75—80	5,5—4,5	19,5—15,0	4—3	55—60	proszkowaty lub nieco stopiony
2. Tłuste węgle z długim płomieniem (h. grasses à gaz)	80—85	5,8—5,0	14,2—10,0	3—2	60—68	stopiony ale spękany
3. Tłuste węgle właściwe (h. grasses proprement dites)	84—89	5,0—5,5	11,0—5,5	2—1	68—74	stopiony lecz nie silnie spojony
4. Tłuste węgle z krótkim płomieniem (koksujące) (h. grasses à coke)	88—91	5,5—4,5	6,5—5,5	1	74—82	stopiony, silnie spojony i nie spękany.
5. Chude węgle, albo antracytowe (h. maigres et antraciteuses)	90—93	4,5—4,0	5,5—3,0	1	82—90	proszkowaty lub słabo stopiony

Stopień i charakter odgazowania węgla określa się badaniem płomienia przy spalaniu węgla; antracyt i węgle chude dają płomień krótki, jasny i bezdymny; węgle koksujące i kuzienne dają płomień jasny i kopcący; węgle gazowe i płomienne (suche) spalają się długim, jasnym i kopcącym płomieniem.

Zwykle nazwy, jak węgle koksujące, kuzienne, płomienne, gazowe, obejmują w każdym zagłębiu niejednakowe gatunki węgla; zwłaszcza wyraża się to w bardzo wahającej się dla każdego gatunku ilości składników lotnych. Według podziału przyjętego w Westfalii (według Hilt'a) zawierają węgle płomienne — 32—45% lotnych składników, węgle gazowe 28—32% lotnych składników, węgle koksujące (tłuste) — 19—28% lotnych składników i węgle chude — 4—19% lotnych składników.

We Francji węgle koksujące zagłębia północnego zawierają składników lotnych 18—26%, są więc zbliżone do koksujących węgli Westfalii; w zagłębiu Donieckim węgle koksujące odpowiadają mniej więcej czwartej grupie G r u n e r'a i zawierają lotnych składników 18—26%. Na Górnym Śląsku węgle koksujące zawierają składników lotnych od 18 do 33%. W zagłębiu Ostrawsko-Karwińskim węgle koksujące dolnych grup zawierają części lotnych około 25%, górnych zaś od 32% do 37%. W zagłębiu Kuźnieckim węgle koksujące zawierają składników lotnych 22—36%, a najlepsze — pomiędzy 25% i 28%. W Stanach Zjednoczonych węgle koksujące należą do rzędów wysoko-bitumicznych (high-rank bituminous i nisko-półbitumicznych (low-rank semi-bituminous) z zawartością części lotnych od 32,2% do 22%.

Pomiędzy zdolnością węgla do koksowania, a ilością zawartych w nim C, H, O niema stałego stosunku; można przypuszczać, że ta właściwość zależy od obecności w węglu pew-

nych związków chemicznych; przy utlenianiu ich wskutek wietrzenia węgla zdolność do koksowania zmniejsza się, jak również po ekstrakcji ich zapomocą chloroformu.

W Stanach Zjednoczonych przyjęto podział węgla na rzędy (ranks) w zależności od zawartości w nich fixed carbon, t. j. nielotnego węgla otrzymanego z analizy technicznej, lecz przeliczonego na czystą organiczną masę (bez wody i popiołu). Dalej poznamy bliżej zasady tej klasyfikacji, a trzeba pamiętać, że w Stanach Zjednoczonych angielski termin bituminous coal obejmuje wszystkie węgle od półantracytu do węgla brunatnego, i bynajmniej nie oznacza, że węgle takie zawierają jakie bituminy. W Anglii oprócz antracytu i węgla bitumicznego w sensie powyższym rozróżniają jeszcze steam coal, co odpowiada węglom chudym. W Rosji wszystkie węgle poza antracytem i półantracytem nazywają „kurnym“ węglem, co znaczy dymiący węgiel. Węgłe kennelskie i boghead należą do węgli o własnościach specjalnych.

3) Na podstawie zewnętrznych cech węgla kamiennego rozróżniają dwie odmiany: a) węgiel błyszczący, b) węgiel matowy.

Błyszczący węgiel (Glanz Kohle. houille brillante, bright coal) jest najczęściej rozpowszechniony; jest to węgiel kruchy, czarny i błyszczący o przełomie muszlowym, zwykle pozostawia mniej popiołu od węgla matowego. W stosunku do zdolności koksowania przedstawia on wszystkie gatunki od suchego do spiekającego się. Badanie mikroskopowe stwierdza, że błyszczący węgiel powstał z materiału roślinnego (humusowego), roślin wodnych i lądowych, które uległy procesowi otorfienia i owęglenia (Inkohlungsprocess).

Antracyt jest jednym z gatunków błyszczącego węgla o metalicznym połysku, twardy (2—2,5) bogaty w węgiel (90—95%) i o wysokim

cięż. gatunk. (1,4—1,7). Spala się słabym płomieniem tylko przy silnym dopływie powietrza; w stosunku do koksu jest to węgiel suchy, czyli piaszczysty.

Węgiel matowy (Matkohle, houille mate, dull coal) ma barwę od szarej do aksamitno-czarnej o przełomie nierównym; wytrzymałość na ciśnienie jest większą niż kruchego błyszczącego węgla; ciężar gatunkowy jest mniejszy. Chemicznie różni się mniejszą ilością pierwiastku węgla, a większą ilością wodoru, jest więc gazowym i spala się jasnym płomieniem. Pomimo, że jest to dobry węgiel gazowniczy, jednak zupełnie nie koksuje się.

Węgiel matowy w złożach tworzy odrębne pokłady tylko w wyjątkowych przypadkach; zwykle stanowi on soczewki i cienkie warstewki pośród węgla błyszczącego. Długi czas przyjmowano, że genetycznie jest to utwór powstały z gnijącego łu. Pomiędzy węglami matowymi rozróżniają specjalne gatunki: węgiel kennelski (Cannel coal, skażona nazwa od Candle coal), zawierający tak wiele wodoru, że zapalony pali się jak świeca (candle), zostawiając dużo popiołu. Częściej i ten gatunek stanowi tylko warstewki w błyszczącym węglu, w jego stropie lub spągu, rzadziej pośrodku. Drugim specjalnym gatunkiem węgla jest boghead, nazwany tak od miejscowości Boghead w Szkocji; megaskopowo trudno go odróżnić od węgla kennelskiego. Inne specjalne gatunki węgla otrzymały nazwy torbanit i łupek kerosinowy (kerosenshale), czyli brunatny węgiel kennelski. Od zwykłego, szaro-czarnej barwy kennelskiego węgla gatunki te różnią się więcej brunatnem zabarwieniem. Kerosenshale Now. Poł. Walji i torbanit Szkocji są właściwie łupkami bitumicznymi.

Węgla błyszczące i matowe, poza kennelskim i bogheadem, znajdują się najczęściej razem, tworząc pasemkowaty węgiel (Streifenkohle, band coal, houille rayée), do którego należy przeważna część węgli. Zwykle taka pasemkowatość jest bardzo delikatna, lecz zupełnie wyraźna i w tym przypadku nawet na kopalniach określają węgiel jako pasemkowaty, bo obie formy, błyszcząca i matowa, są dobrze wyodrębnione. Taki węgiel przypomina pasemkowaty torf, t. j. torf, w którym znajdują się warstewki iłowate tak zwanego sapropelu, czyli gnijącego łu. Taką przejściową formę przedstawia pseudo-kennelski węgiel, w którym matowy i błyszczący węgiel bardzo gęsto przerastają się wzajemnie.

Łupek palny węglowy jest to węgiel bogaty w popiół, łupkowaty i mało błyszczący, który przechodzi w zwykły łupek ilasty zmieszany z substancją węglową. Po spaleniu takiego łupku pozostaje część nieorganiczna, zachowująca kształt pierwotnego kawałka w postaci czerwono zabarwionej masy.

Węgiel włóknisty (kopalny węgiel drzewny, Mineral charcoal, Faserkohle, fusain i houille mate fibreuse), o barwach szarej do aksamitno-czarnej, czasem o połysku jedwab-

stym ma dobrze zachowaną budowę drzewa. Zwykle tworzy cienkie nieprawidłowe wkładki bardzo często bogate w piryt. Zazwyczaj gatunek ten w niewielkiej ilości towarzyszy innym węglom. Ten węgiel uważają za produkt nie owęglania masy drzewnej, lecz zwęglania, jak zwykłego drzewnego węgla. Jedni (Bode, Grund, R. Potonié) uważają ten węgiel za wynik leśnych pożarów w czasie nagromadzenia materiału roślinnego, inni (jak Dawson, Grand'Eury, D. White, Duparque) za wynik innego chemicznego procesu rozkładu materiału roślinnego przy dostępie powietrza. Naturalny węgiel drzewny jest spotykany w pokładach węgla kamiennego częściej, niż w złożach węgla brunatnego, lub torfu.

Gagat jest to węgiel bitumiczny, zwięzły, przyjmujący politurę i nadający się do różnych wyrobów. Zwykle spotyka się pośród łupków jurajskich, naprz. posidoniowych, bogatych w substancję bitumiczną.

Węgla brunatne można podzielić na dwie grupy:¹⁾

A. Węgla z wkładkami wyraźnej budowy drzewnej, czyli miękkie węgle brunatne (Weichbraunkohlen).

1. Ziemiste węgle, mające przełom nierówny, ziemisty; spójność luźna, lub mocna; łatwo dają pył, rozsypują się i barwią przy dotknięciu. Węgla brunatne środkowych Niemiec, Wielkopolski, północno - zachodnich Czech.

2. Łupkowaty ziemisty węgiel, mający przełom łupkowaty, trudniej rozsypuje się w proszek. Węgla niektórych alpejskich złóż w Tyrolu i Styrii.

B. Węgla niemające wkładek o budowie drzewnej, czyli twarde węgle brunatne (Hartbraunkohlen).

1. Matowy węgiel. Zbity zwięzły węgiel na przełomie matowy, czasem o przełomie muszlowym. Węgla Dux - Brux w Czechach, Zawiercia.

2. Błyszczący węgiel (Pechkohle czyli smolisty węgiel), o zewnętrznych cechach zbliżonych do cech węgla kamiennego, barwy czarnej, rzadziej brunatnej. Węgla górnej Bawarii, alpejskie trzeciorzędowe.

Pomiędzy typowymi węglami tych grup istnieją wszelkie możliwe przejściowe formy. Jako szczególne gatunki węgla brunatnego rozróżniają:

1. Lignit, czyli zwyczajny, drzewiasty węgiel; zwykle tworzy tylko część pokładu węgla brunatnego, zwłaszcza miękkiego.

2. Pyropissyt, węgiel z materii przeważnie bitumicznej (żywicznej) barwy czerwonożółtej do brunatnej. Zwykle tworzy tylko domieszkę w brunatnym węglu ziemistym, który otrzymuje w tym wypadku nazwę pyropissy-

¹⁾ Gothan, Pietzsch und Petraschek, Die Begrenzungen der Kohlenarten und die Nomenklatur der Braunkohlen. Braunkohle, 1927, str. 669-674.

Erich Stach, Kohlenpetrographisches Praktikum. Berlin 1928, str. 155-159.

towego, czyli Schwelkohle, t. j. węgla nadającego się do destylacji na parafinę, oleje. Czystym pyropissytem można nazywać węgiel dający conajmniej 50 % substancji rozpuszczalnej w benzolu.

3. Dysodyl, czyli Papierkohle, również obfity w substancje bitumiczne, budowy listkowanej, albo papierowej.

Przy ocenie węgla brunatnego, należy rozróżniać węgle nadające się do:

1. otrzymania tak zwanego Montanwachs (wosk) zapomocą ekstrakcji (benzolem) przy temperaturze umiarkowanej. Montanwachs ma różne zastosowanie — do izolacji, na świece, na tłuszcze i przedstawia substancje bitumiczne. Surowy wosk może być rozdzielony zapomocą zimnego alkoholu na Montanwachs i Montanharz (smołę). Czysty Montanwachs daje 66 % smoły, która zawiera do 47% parafiny.

2. otrzymania smoły przez destylację (Schwelerei) lub w generatorach;

3. tylko do fabrykacji brykietów;

4. uszlachetnienia przez zwęglenie przy niskiej temperaturze (tak zwane Bertinierungsverfahren);

5. tylko do spalania pod kotłami na miejscu odbudowy lub w mniejszym promieniu przewozu. Węgle, nadające się do pierwszych dwóch operacji, nazywają bitumicznymi, a resztę — węglami na zużycie bezpośrednie.

4) Różne gatunki węgla zwykle dzielią również na grupy genetyczne: węgle humusowe, węgle sapropelitowe, czyli sapropelity kopalne, i utwory liptobiolitowe (smolne).

Węgle humusowe.

Materiałem do tych węgla są szczątki roślin lądowych i błotnych, które ulegały procesowi rozkładu przy dostępie tlenu w wodzie, czyli otorfieniu i następnie powolnemu owęgleniu, czyli wzbogaceniu w węgiel kosztem wszystkich innych składników przy jednoczesnym zubożeniu w wodór. Do tej grupy zaliczają typowe węgle brunatne i kamienne błyszczące; stwierdzono teraz, że i matowy węgiel jest węglem humusowym.

Sapropelity.

Materiałem pierwotnym jest szlam czyli il, złożony ze szczątków organizmów wodnych tak zwierzęcych (skorupiaki), jak i roślinnych (spory, pyłek kwiatowy, wodorosty), zbierający się na dnie wód stojących. Taki il przyjmuje z czasem wygląd galarety, a następnie masa ta, o ile proces odbywa się bez dostępu tlenu, ulega rozkładowi z wydzielaniem się CH_4 i innych produktów lotnych, przy równoczesnym wzbogaceniu w węgiel, wodór i substancje tłuszczowe. Produktem takiego rozkładu są sapropelity trzeciorzędowe, czyli dysodyl i karbońskie — czyli węgle kennelskie; do tejże samej kategorii zaliczano niesłusznie i zwykły węgiel matowy.

Obecność różnego materiału i kolejność tego, czy też innego procesu prowadzi do wspólnego utworzenia się węgla błyszczącego i matowego, również do przewarstwienia węgla humusowych i sapropelitowych.

Liptobiolity są to utwory przeważnie z materiałów smolistych i woskowych, które jednak spotykamy tylko w związku z węglami brunatnymi. Rośliny trzeciorzędowe prawdopodobnie zawierały substancje smolne w większej ilości, z których powstały węgle smoliste, pyropissyty i bursztyn.

§ 3. Wietrzenie węgla. Węgle kopalne narówni z innymi skałami ulegają w odkrywkach na powierzchni ziemi i przy magazynowaniu na powierzchni zmianom, które nazywamy wietrzeniem. Głównym czynnikiem takich zmian jest tlen powietrza, a proces polega na utlenieniu czyli powolnym spalaniu się węgla.

Węgiel przy leżeniu na powierzchni ziemi ulega zmianom chemicznym i fizycznym, traci bowiem własności opałowe, zdolność do koksovania i własności gazowe. Duże odłamy węgla rozsypuje się w drobne kawałki, a nawet w pył węglowy i wartość węgla zmniejsza się.

Zmiany chemiczne polegają na utlenieniu części węgla i wodoru w dwutlenek węgla i wodę. Węgiel absorbuje tlen częściowo bezpośrednio, a przy podwyższeniu temperatury chemiczna działalność tlenu zwiększa swoją energię. Proces ten nie jest jednak natyle szybkim, aby skutki jego można było zauważyć już w przeciągu roku.

Wilgoć jest czynnikiem szkodliwym tylko w obecności markazytu, którego utlenianie w stanie wilgotnym prowadzi do nagrzewania węgla prędzej, aniżeli w stanie suchym.

Znaczna zawartość wilgoci w węglu naogół zmniejsza niebezpieczeństwo samozapalności, bo cząsteczki wody zapełniają pory w węglu i zabezpieczają od krążenia powietrza. Samozapalność zależy również od wielkości kawałków węgla i zwiększa się dla węgla drobnego, a zwłaszcza dla pyłu węglowego; obecność mineralnego węgla drzewnego (włóknisty węgiel) bardzo porowatego i skłonnego do tworzenia pyłu węglowego zwiększa niebezpieczeństwo samozapalności węgla.

Fizyczne własności węgla (opałowe, koksownicze i inne) zmieniają się przy wietrzeniu prawdopodobnie wskutek zmniejszenia ilości węgla i wodoru, a zwiększenia ilości tlenu.

Węgle brunatne wskutek swojej większej porowatości łatwiej wchłaniają tlen powietrza, a więc wietrzeją prędzej od węgla kamiennych i samozapalność ich jest łatwiejsza.

Węgiel brunatny na powierzchni przyjmuje ciemniejsze barwy, do brunatno-szarej, a na powierzchniach szczelin nabiera metalicznego połysku (Wetterkohle).

II. Złoża węglowe.

Nagromadzenia materiału organicznego, z którego utworzyły się dzisiejsze złoże węgla, mogą powstawać na tem samym miejscu, na którym rosła roślinność (autochtonicznie), lub przez przeniesienie tego materiału w inne miejsce (allochtonicznie).

§ 1. Charakterystyczne cechy złożeń pochodzenia autochtonicznego (teoria nagromadzenia materiału in situ).

W spągu pokładu węgla znajdują się często ślady korzeni i innych podziemnych organów roślin. Za takie korzenie roślin okresu karbońskiego uważają tak zwane stygmarje (Stigmarie), których położenie i rozmieszczenie pod pokładem węgla zupełnie odpowiada rozmieszczeniu korzeni roślin żyjących. Poszczególne odgałęzienia takich korzeni mają często układ promienisty, który nie mógłby pozostać, gdyby rośliny zostały przeniesione skądinąd na miejsce ich osadzenia. Poziom stygmarjowy pod podkładem węgla przyjmują za poziom tego gruntu, na którym żyły rośliny, które wytworzyły dzisiejszy pokład. W kopalni taki poziom ze stygmarjami można poznać po sposobie pęknięcia skały. Łupek gliniasty pęka wskutek obecności takich korzonków nie równolegle do powierzchni łupkowatości, lecz nieprawidłowo. Jeżeli zbadamy przyczynę takiego sposobu pęknięcia, to nietrudno znaleźć rozmieszczone w różnych kierunkach stygmarje i ich rozgałęzienia (Appendices), które często oplatają partje łupku.

Węgla autochtoniczne młodszego wieku mają również analogiczne utwory bezpośrednio pod pokładami; jest to tak zwany Röhrichtboden (rurkowaty grunt) pod pokładami węgla brunatnego i torfu. Niektóre pokłady węgla brunatnego leżą na glinach i piaskach, poprzecinanych korzonkami przekształconymi w węgiel. Takie korzenie na głębokości 20—30 cm. przecinają warstwę gliny w poziomym kierunku a głębiej rozgałęziają się. Podobne rurkowate utwory znajdują się często pod torfem.

Dowodem autochtonicznego powstawania złożeń węglowych są również lasy kopalne, w postaci licznych stojących pni i pniaków drzew w spągu, stropie lub pośrodku pokładu węgla. Słynny jest taki las w Whiteinch około Glasgow w Szkocji, stanowiący jeden zabytków przyrody; pnie takie rozgałęziają się ku dołowi w stygmarje. Częściej znajdowane są pnie i ich korzenie w kopalniach węgla brunatnego; około Lausitz w Prusach pomiedzy takimi drzewami określono drzewa iglaste Taxodium i Sequoia, do dziś jeszcze żyjące w błotnistych lasach południa Ameryki północnej. Rozmiary pni tych drzew wynoszą często 2—4 m. w przekroju, a wiek ich, sądząc po pierścieniach rocznych, wypada na więcej niż tysiąc lat; odpowiednio do tego wysokość tych drzew dochodzi do 60 m. Drzewa te rosły dosyć gęsto, bo na 1000 m² wypada niemniej

niż 30 takich olbrzymów, które swojemi konarami tworzyły zupełnie ciemne bory. Partje złożeń węglowych wolne od takich drzew odpowiadają dużym polanom w lasach, a powalone w nieładzie lub równolegle leżące pnie — partjom, zwalonym przez wiatry.

Następnie jako dowód autochtonicznego pochodzenia złożeń może służyć doskonały stopień zachowania bardzo delikatnych części roślin, znajdujących bezpośrednio w stropie pokładów, często w takim stanie, jak w herbarjum. Taka konserwacja byłaby niemożliwą w przypadku przeniesienia roślin przez wodę bieżącą.

Nakoniec nader równomierna i często bardzo znaczna rozległość wielu nadzwyczaj czystych pokładów węgla przemawia również za autochtonicznym pochodzeniem złożeń. Przykłady takich pokładów znajdujemy na Górnym Śląsku, w Westfalji, w zagłębiach Belgji i północnej Francji, Anglii i Stanów Zjednoczonych.

§ 2. Charakterystyczne cechy złożeń pochodzenia allochtonicznego (teoria nagromadzenia materiału przeniesionego, czyli drift'u).

Złoże tego rodzaju mają rozciągłość raczej nieznaczną, miąższość pokładów nader wahającą się, oraz większą zawartość popiołu. Szczątki roślinne w tych złożeń rzadko są zachowane w dobrym stanie. Części roślin spotykają się przeważnie w postaci luźnych szczątków, rozkruszonych na małe cząsteczki wskutek połamania części roślin podczas przenoszenia ich. Pozostają tylko części odporniejsze, znajdujące w takiej „sieczone” (Häcksel).

Często jako dowód allochtonji, przytacza się uwarstwienie samego węgla, jednak uwarstwienie czyli łupkowatość można zauważyć również i w torfie, powstałym bezwątpienia na miejscu znajdowania się roślinności.

Złoże allochtoniczne są przeważnie niewielkie, jak n. p. złoże Döhlener Becken w Saksonji, którego węgiel o znacznej zawartości popiołu przechodzi w łupki węglowe. Taka mieszanina materiału węglowego i okruchowego jest charakterystyczną dla złożeń allochtonicznych.

Na torfowiskach częstym zjawiskiem jest, że już gotowy torf zostaje przeniesiony przez wodę i na nowo uwarstwiony w innym miejscu. Takiemu wtórnemu złożeń torfu (Bröckel-torf — kruchy torf) odpowiadają niektóre złożeń węgla brunatnego, który w tym przypadku nazywają węglem zmytym (Rieselkohle). Większe odłamki węgla w takich pokładach są otoczone ziemistą masą węglową, lecz prawdziwe otoczaki węgla są jednak rzadkie.

Wskutek takiej powtórnej allochtonji węgiel otrzymuje więcej zanieczyszczeń, a końcem stadjum takiego transportu są tylko twardsze odłamki węgla w glinach lub piaskach.

§ 3. Nieckowata budowa wielu zagłębi, np. St. Étienne, Blanzey—Creusot, Autun—Epinaç, Commentry, Decazeville i innych w środ-

kowej Francji, bardzo nieprawidłowa rozciągłość pokładów, grubo-okruchowy skład osadów służyły zawsze za główne dowody allochtonicznego pochodzenia samych złóż; przypuszczano, że nietylko płonne warstwy, lecz i pokłady węgla powstały przez zniesienie materiału roślinnego z otaczającego lądu w śródlądowe jeziora lub zatoki; Fayol¹⁾ rozwinął na podstawie takich spostrzeżeń t. zw. teorię delt. W zagłębiu Commentry stwierdzono, że główny pokład górnego oddziału karbonu produktywnego, tak zw. Grande Couche, zaczynając się na południowo-wschodnim krańcu niecki w postaci pokładu grubości kilku cm. ku zachodowi gwałtownie grubieje do miąższości 10—12 m, utrzymuje taką grubość na przestrzeni $2\frac{1}{2}$ km, a następnie wyklinowuje się, rozdzielając się na sześć wachlarzowato rozchodzących się odnog. Produktywny górny oddział karbonu nie jest tu jedną serią warstw, leżących na spagowym konglomeracie granitowym, lecz tworzy dwie strefy, przedzielone strefami konglomeratów dolnych; o stosunku warstw górnego oddziału (miąższości 200—300 m) do serii dolnej (miąższości 500—800 m) stanowi nietylko nawarstwienie, ile boczne przewarstwienie. Według teorii delt, do głębokiego wodnego zbiornika wlewały się z otaczających gór potoki, przynoszące obfity materiał okruchowy, który osadzał się w formie utworów deltowych, stopniowo wypełniających zbiornik. Pierwotny zbiornik stopniowo przekształcał się w dwa mniejsze; energia transportu zmniejszała się, wody mogły przynosić materiał tylko cieńszy i drobniejszy a razem z nim i materiał roślinny, który tworzył nagromadzenia na miejscu tych mniejszych zbiorników. Nieprawidłowe uwarstwienie skał okruchowych, ciągłe zmiany miąższości i składu, upad takich warstw, odpowiadający kierunkowi biegu wody—stwierdzają ich deltową naturę i tłumaczą zależność petrograficzną takich utworów od składu otaczających części gór. Deltowa natura grubo-okruchowego materiału może być przyjęta bez zastrzeżeń; na korzyść takiego samego powstawania samych pokładów węgla przez zniesienie materiału najwięcej przemawia przewarstwienie i wzajemne przejścia między pokładami węgla i okruchowych osadów; obecność kawałków węgla od drobnych kawałków do znacznych brył i kry w piaskowcach, może być wytłumaczona tylko na drodze osadu mechanicznego.

Dla pokładów węgla może być jednak dane i inne wytłumaczenie. W stopniowo wypełnianym zbiorniku wodnym, mogła na pewnych przestrzeniach rozwijać się roślinność karbońska; periodyczne wahania lądu ku dołowi mogły skutkiem tego periodycznie grzebać

masę organogeniczną pod nawałem nowych osadów mechanicznych. Nagromadzenie kawałków węgla wśród piaskowców może świadczyć tylko o tem, że przed osadzeniem się ich już były gotowe pokłady węgla w następstwie zburzone i przeniesione. Zbiornik częściowo wypełniony utworami deltowymi, a płytszy mógł przedstawiać warunki pomyślne dla opanowania go przez roślinność błotnistą i niziną, która mogła tu rozwijać się tak jak na bagnach i torfowiskach, dając materiał częściowo ulegający przeniesieniu i przewarstwieniu z osadami okruchowymi. Nawet przy miąższości osadów 700 m, jak w Commentry, a tembardziej przy miąższości kilku tysięcy m jak w St. Étienne, byłoby trudnem do zrozumienia stopniowe wypełnienie takich głębokich zbiorników. Raczej można przypuszczać, że każdy taki zbiornik pozostaje zawsze płytki i w miarę narastania osadów ulega stopniowemu osunięciu ku dołowi. Okresy erozji i sedymentacji grubego materiału odpowiadają właśnie takim okresom obniżania, a okresy sedymentacji drobnego materiału, zabagnienia i osadzania masy roślinnej odpowiadają okresowi względnego spokoju. Jako dowód przemawiający na korzyść rozwoju roślinności na miejscu, można uważać znajdowanie się mniej więcej pionowych pni, których obecność Fayol tłumaczył przeniesieniem drzew o korzeniach obciążonych.

Grand'Eury¹⁾ zebrał w zagłębiu Loire fakty, które do pewnego stopnia godzą krańcowe poglądy o tworzeniu się pokładów węgla in situ i przez przeniesienie. Flora karbonu należała do drzewnej, rozwijającej się na bagnach, jak to dziś jeszcze można spotkać na bagniskach (swamps) Am. Północnej, lecz roślinność ta była lądowa, a nie wodna; drzewa te miały oprócz stygmaryj dodatkowe korzonki, które słały się po dnie bagna. Takie dodatkowe korzonki znajdują się na pniach kalamitów i lepidodendronów na różnej wysokości, prawdopodobnie wskutek stopniowego zasypanywania dolnej części rośliny. W tych przypadkach, gdzie kilka pokoleń drzew rośło na jednym miejscu, korzenie górnych pni przenikają pomiędzy korzenie dolnych. Razem z różnymi częściami roślin, jak gałęzie, kora, liście które znajdują się w samych pokładach węgla nigdzie nie były jednocześnie spotykane szczątki korzeni i korzonków dodatkowych. Kopalne lasy ze stojącymi i leżącymi pniami i pniakami nie mają znacznej rozciągłości; przedstawiają one raczej poszczególne grupy drzew, rozrzucone około krańców większych zagłębi węglowych. Prawdopodobnie drzewa karbońskie były umocowane w glebie stosunkowo

¹⁾ Fayol H., Études sur le terrain houiller de Commentry, Lithologie et Stratigraphie. Bull. Soc. Ind. Minér. St. Étienne, 2 sér., XV, 1887.

Résumé sur la théorie des deltas. Bull. Soc. Géol. de France, 3 sér., XVI, 1890.

¹⁾ Grand'Eury, Du bassin de la Loire, sur les tiges debout et souches enracinées, les forêts. Congr. géol. Intern. VII session, C. R., 1901.

Grand'Eury, Recherches géobotaniques sur les forêts et sols fossiles et sur la végétation et la flore houillère. Paris, Béranger, 1913.

słabo i lekko padały, zostawiając na miejscu swego wzrostu tylko korzenie z rozgałęzieniami i korzonkami. Po kilku pokoleniach drzew ziemia na tem miejscu zostawała przekształcona w rodzaj humusowej gleby (czarnoziem), która przedstawia się dziś w spągu pokładów węglowych w postaci gliny lub łupku iglastego z korzonkami (under clay). Korzenie trzonów w stropie pokładu węglowego nie przenikają przez niego, lecz ścielą się po powierzchni. Masa roślinna nie mogła służyć za glebę dla żywych roślin i pomiędzy korzeniami in situ, a węglem znajdującym się pod nimi niema żadnego związku, natomiast często można stwierdzić związek pomiędzy pniami z korzonkami, a węglem nad nimi. Często takie korzenie przechodzą bezpośrednio w węgiel, w którym można stwierdzić nawet zwalone pnie, gałęzie i liście, należące do drzew, których korzenie pozostały na miejscu. Zachowanie pni stojących na miejscu powstania takich drzew jest zupełnie jasne i nie potrzebuje tłumaczenia, jakie dawał temu zjawisku F a y o l. Nie znaczy to jednak, aby cały materiał, z którego powstał pokład węgla, był nagromadzony na miejscu powstania takich drzew i innych roślin. Również i dzisiaj na bagnach i zatopionych przestrzeniach błotnisk padające drzewa i krzewy są znoszone w części bagnisk bardziej odkryte i tylko otoczone wyspami porośniętymi roślinami, których liście, gałęzie i pnie nagromadzają się w środkowych lagunach. Części roślin, które padają do wody, są w takim stanie zachowania, jak zwykle na bagniskach; te części roślin nie ulegają przetarciu i zdruzgotaniu w takim stopniu, jak części roślin ładowych po dalekim przeniesieniu przez wody bieżące. Stopień mechanicznego rozkruszenia takich części roślin świadczy, że uległy one przeniesieniu na nieznaczną odległość. Zupełnie równoległe uwarstwienie węgla i skał płonnych w spągu i stropie przemawia raczej za sedymentacją w środowisku wodnym, chociażby w takich warunkach jak na torfowiskach, a nie na lądzie. Obecność laguny z mnóstwem wysepek i znacniejszych przestrzeniami wodnymi daje nieco inny obraz, autochtonicznego nagromadzenia materiału roślinnego niż dzisiejsze nawet brzeżnomorskie torfowiska. Nie jest wykluczeniem, że nagromadzenie materiału roślinnego może powstawać w jeziorach lub zatokach rzecznych i przez przeniesienie tego materiału przez wodę bieżącą, jak tego wymagają teorie F a y o l'a i O c h s e n i u s'a. Sposób nagromadzenia materiału może być innym dla każdego poszczególnego złoża węglowego. Złoża węgla brunatnych zwłaszcza trzeciorzędowych gdzieś są wyraźnie związane z dolinami rzek i Karol Ochsenius, jeden z niemieckich badaczy o wybitnie krytycznym umyśle, dawno już rozwinął teorię zniesienia F a y o l'a, stosując myśl o możliwości wpływu na segregację osadów wałów (bar), czyli barjer, odcinających zakole rzeki od główne-

go nurtu.¹ Według tego autora miejscem nagromadzenia materiału roślinnego mogą być przeważnie boczne jeziorne rozszerzenia wielkich rzek, co jest zwykłym w deltach. Takie obszerne zakola są odcięte od rzeki wałem (bar), ponad którym przy dostatecznej wysokości poziomu wody materiał roślinny jest swobodnie przenoszony; jeżeli takie szerokie zakole jest zamknięte, razem z materiałem roślinnym będzie osadzać się materiał nieorganiczny, i może ostatecznie powstać pokład masy roślinnej o większej zawartości popiołu, jak to często bywa z pokładami węgla brunatnego. Przy znacznej różnicy w szybkości osadzania cięższego materiału drzewnego i delikatnego materiału zawieszonego w wodzie, może nastąpić pełniejsza ich segregacja. Jeżeli takie zakole ma ujście niżej, może się zdarzyć, że przez dolne połączenie z głównym nurtem rzeki znaczna część materiału zawieszonego zostanie wyniesiona, a cały materiał drzewny może wytworzyć pokład czystego węgla. Jeżeli poziom wody w rzece obniży się, w zakole nie może być zniesiony materiał drzewny, lecz osadza się tylko il stropu pokładu. Kiedy taka przegroda zostanie zupełnie przzerwana, w zakole dostaje się również gruby materiał okruchowy. Takie wahania poziomu wody i zmiana stanu przegrody może tłumaczyć zarówno nagromadzenie czystego materiału drzewnego, jak i ilów i piaskowców stropu, oraz materiału mieszanego.

§ 4. Złoża paraliczne i limniczne, czyli powstałe około brzegu morza i daleko od niego (śródlądowe).

Analogiczne utwory można rozróżnić i pośród złóż torfu; złoża ciągnące się wzdłuż podnóża gór, jak nasze podkarpackie, a także u północnego stoku Alp są utworami limnicznymi, złoża zaś znajdujące się wzdłuż brzegu morza są paralicznymi.

Podstawą dla odróżniania tych dwóch typów są skały towarzyszące, zawierające bądź skamieliny morskie, bądź będące utworami słodkowodnymi. Przewarstwienie pokładów węgla osadami morskimi, jak w zagłębiach angielskich, belgijsko-francuskich, westfalskiem, górnośląskiem stwierdza ich typ paraliczny. Typ limniczny charakteryzuje przewarstwienie podkładów węgla osadami lądowymi i grubymi warstwami konglomeratów, co dowodzi utworzenia się ich z materiału przyniesionego wodą bieżącą. Limniczny typ złóż węgla ma zwykle mniejszą rozciągłość; ilość i miąższość pokładów węgla i warstw towarzyszących zmienia się w tym typie na niewielkiej odległości. Do tego rodzaju należą zagłębia dolno-śląskie, czeskie i saskie oraz małe złoża środkowej Francji (Commentry, St. Étienne i inne).

Roślinność karbońska musiała być nieco inną około brzegów morza i daleko od niego,

¹) Ochsenius K., Die Bildung der Kohlenflötzen. Z. d. d. geol. Gesellsch., XLII, 1892.

co rzeczywiście potwierdzają szczątki roślinne napotymane w złożach paralicznych (rodzaj *Lonchopteris*) i limnicznych (rodzaj *Linopteris*).

Swoją drogą muszą istnieć i pewne przejściowe utwory w kierunku pionowym i poziomym pomiędzy obydwoma typami. W zagłębiu górnośląskim warstwy płonne między pokładami łękowymi (*Muldengruppe*) i siodłowymi (*Sattelflöze*) zawierają w niektórych miejscach szczątki fauny słonawo-słodkowodnej i słodkowodnej (*Unio* i *Antracomya*); natomiast warstwy płonne pomiędzy pokładami dolnej grupy (warstwy podredenowskie — czyli brzeżne *Randgruppe* i warstwy ostrawskie) zawierają tylko morskie skamieliny. Jako całość zagłębie jest paraliczne, lecz ku końcowi jego tworzenia się brzeg morza został już znacznie odsunięty.

§ 5. Warunki tektoniczne powstawania złóż węglowych. Największe złoża węgla należą do czasów karbonu i trzeciorzędu. Podczas tych okresów zachodziły największe górotwórcze i wulkaniczne zjawiska, których następstwem była spotęgowana działalność czynników erozujących powierzchnię ziemi, a więc i szczególnie pomyślne warunki dla odżywiania roślinności i jej rozwoju. Rozmieszczenie geograficzne złóż węglowych, ich wiek, litologiczne cechy skał węglowych oraz ich miąższość potwierdzają istnienie takiej zależności pomiędzy procesami górotwórczymi, a tworzeniem się złóż węglowych.

Proces nagromadzenia materiału roślinnego zależał od zjawisk oscylacji brzegu morskiego. Znaczną miąższość pokładów węgla i znaczną ich ilość w jednej serii, dochodzącą setki i więcej, można wytłumaczyć tylko przez długotrwałe i powolne obniżanie się dna morskiego, jak to widzimy i na dzisiejszych torfowiskach brzeżnych. Jeżeli zanurzanie się brzegu postępuje prędzej od nagromadzenia materiału roślinnego, następuje przerwa w tem nagromadzeniu i osadzenie materiału nieorganicznego. Następstwem zmniejszenia szybkości zanurzania się lub ruchu przeciwnego jest ponowny rozwój roślinności i nagromadzenie materiału roślinnego. Takie wahania szybkości obniżania dna morskiego czyli oscylacje brzegu prowadzą do osadzania warstw płonnych pomiędzy pokładami węgla.

W obecnej przyrodzie takie zjawiska zatopionych lasów znane są około Charleston'u w Poł. Carolinie, a torfowiska pod poziomem morza — na brzegach morza Północnego.

Obniżanie ładu idące w tym samym tempie co rozwój roślinności prowadzi do znacznego zwiększenia miąższości pokładu węgla, jak to widzimy na złożu brunatnego węgla w okolicach Kolonji, gdzie grubość pokładu węgla zmienia się od 50—100 m (na zachodnim stoku gór Reńskich) do normalnej grubości 30—40 m (na wschodnim stoku tych gór)

Obniżanie brzegu morskiego prowadzi do zjawiska transgresji lub ingresji morza. Ślady takich ruchów w postaci otoczków skał na pewnych poziomach serii węglowej stwierdzono, np. w zagłębiu północnej Francji.

W zagłębiu Saary miąższość serii węglowej wynosi 2500 — 3000 m. Ilość pokładów węgla dochodzi tu do 400, z których 150—160 mają przeciętną grubość 0,3 m, a więc nadają się do odbudowy. Dolna partja tej serii (piętro Saarbrückenskie) zawiera pokłady znacznie grubsze na zachodzie niż na wschodzie zagłębia. W górnej partji serii (piętro Ottweiler) stosunki są odwrotne; przemawia to za nierównomierną oscylacją w różnych częściach zagłębia.

Na Górnym Śląsku stwierdzono znaczne zmniejszanie się miąższości całej serii węglowej w kierunku z południowego zachodu na północny wschód. Siodłowa grupa pokładów ma na zachodzie miąższość 270 m i 27 pokładów węgla, na wschodzie zaś zaledwie 15 m i 12 m węgla w jednym pokładzie. Zmniejszenie grubości serii nastąpiło tu głównie kosztem warstw płonnych.

Co zaś do samej szybkości zanurzania dna morskiego podczas powstawania złóż, to stopień jej można ocenić po pniach drzew, które sterczą w nadkładzie ponad pokładem węgla. Takie pnie służą za dowód, że drzewo zostało zasypane przez piasek i glinę jeszcze w stanie żyjącym. Pnie takie w Anglii nazywają *Coal pipes*, we Francji — *cloches* (dzwony), w Niemczech — *Sargdeckel* (wieko trumny). Często są one powodem nieszczęśliwych wypadków, kiedy wałęsa się przy odbudowie odkrywkowej, gdyż cienka kora węglowa nie wytrzymuje ciśnienia luźnego materiału (głina, piasek), którym taki pień jest wypełniony.

§ 6. Zmniejszenie objętości materiału roślinnego przy owęgleniu. Materiał roślinny, mający ciężar gatunkowy mniejszy od węgla, ulega znacznej zmianie objętości podczas procesu owęglenia. Zmniejszenie objętości zależy nie tylko od ciśnienia nadkładu i rozkruszenia mniej trwałych części roślinnych, lecz również od procesów chemicznych, które w znacznej części wyrażają się w uwolnieniu wody i gazów, więc w utracie materiału, a zatem i zmniejszeniu objętości. Poszczególne tkanki roślinne, jak naczynia, komórki, spory, które mogą być stwierdzone w węglu, zwykle mają takie same wymiary, jak i w roślinach żyjących, nie ulegały zatem żadnemu skurczeniu lub większej deformacji.

Według wykonanych badań torf przy owęgleniu traci jedną trzecią część swej wagi wskutek uwolnienia wody i jedną trzecią część wskutek uwolnienia składników lotnych; więc pokład węgla 1 m. grubości musiał mieć pierwotnie około $3\frac{1}{2}$ grubości w postaci masy roślinnej. O zmianie objętości masy roślinnej przy jej owęgleniu można sądzić przez porównanie pokładów węgla z pokładami skał otaczających, które uległy znacznie mniejszej zmianie obję-

tości. Te i inne metody wykazały, że przeciętnie 9 m torfu mogą dać około 3 m węgla kamiennego, typu Pittsburg'skiego w Pensylwanii.

W węglu znajdują się też wtrącenia sferosyderytu, np. w okręgu ostrawskim takie sferosyderyty leżą w pokładach partii węgla koksowych. Około sferosyderytów pokłady węgla w zależności od wielkości sferosyderytu są mniej lub więcej wygięte. Z wielkości takiego wygięcia można również wnioskować o stopniu zmniejszenia się objętości materiału pierwotnego.

Wtrącenia wapieni dolomitycznych w węglu są utworami, które powstały w czasie pierwszego torfowego stadium powstawania złoża węglowego. Takie dolomity (Dolomit Knollen, Coallballs) w niektórych miejscach w zagłębiu Ruhr'y skupiają się w znacznej ilości; miąższość pokładu w tem miejscu znacznie wzrasta w porównaniu z jego normalną grubością. Około szybu Karl pokład Katarzyna ma, naprz., w takim przypadku miąższości 1,55, z których na węgiel przypada tylko 0,55 m. Jeżeli normalną miąższość pokładu 1 m. porównamy z miąższością 0,55 m., otrzymamy, że 1 m. — 0,55 m. = 0,45 m. węgla są równoważnikiem grubości 1 m. skał, czyli stopień zmniejszenia objętości wypadnie na 100 : 45 = 2,22.

Zmniejszenie objętości masy roślinnej wskutek jej przeistoczenia w węgiel było przyjmowane według Renault'a do $\frac{1}{12}$ i nawet $\frac{1}{17}$, a H. Potonié przyjmował jeszcze większe zmniejszenie objętości. Badania konkretności dolomitowych z pokładów węglowych nie potwierdzają takiego stopnia zmniejszenia objętości i pozwalają przyjmować dla niego stosunek nie większy, niż $\frac{1}{2}$ do $\frac{1}{4}$. Zmniejszenie objętości polega przeważnie na rozkładzie szczątków roślinnych, których poszczególne części, jak różne tkanki, spory i t. d., nie zmniejszają się przy tem, ulegając najwyżej pewnemu skurczeniu. Jak w każdej skale osadowej, tak i w węglu największe zmniejszenie objętości następuje jeszcze przed ostatecznem zestaleniem osadu w skałę.

Przy chemicznem przetworzeniu materiału roślinnego w węgiel i następem ściśnięciu i wysuszeniu osadu zmniejsza się waga i objętość materiału pierwotnego, następuje znaczna kondensacja materji, a więc i podwyższenie opałowego efektu węgla w porównaniu np. z drzewem.

Dla węgla brunatnego przyjmują, że zmniejszenie objętości masy roślinnej jest w stosunku 1,8 : 1. Wskutek tego procesu na terenach węgla brunatnego powstają nad złożami wklęsnięcia, t zw. „Gieser“ (leje), których rozmieszczeniem można kierować się przy poszukiwaniach węgla brunatnego.

§ 7. Stratygrafia złóż węglowych. Rośliny lądowe są spotykane w utworach geologicznych od czasu syluru; przed tym okresem znane są tylko szczątki morskich wodo-

rostów; rozwój życia roślinnego podczas syluru i dewonu był nader ubogi. Pokłady węgla, nadające się do odbudowy, spotykane są dopiero w warstwach wieku karbońskiego a wyjątkowo w zagłębiu Moskiewskiem w warstwach leżących na pograniczu dewonu i karbonu. W warstwach starszych spotykane są tylko poszczególne cienkie pokłady, jak w sylurze Czech i dolnym dewonie Eifel

Ogólne pojęcie o położeniu stratygraficznem węgla w różnych zagłębiach może dać następné zestawienie:

Karbon — Węgle kamienne Górnego Śląska (Polski, Westfalji, Francji, Belgji, Anglii, Stanów Zjednoczon., Chin i innych.

Perm — Pokłady węgla okolic Drezna (Döhlener Becken).

Trias — W Alpach (Lauzer Schichten): Richtmond w Wirginji, Półn. Karolina; brunatny węgiel w okolicach Zawiercia.

Jura — Alpy (Grestener Schichten), Transylwanja (Fünfkirchen); znaczne zagłębia w Syberji wschodn. (Czeriomchowskie) i innych częściach Azji; zagłębia Tkwibuli i Twarcheli na połudn. stronie Kaukazu.

Kreda — Północne Niemcy (Wealden), Austria (Styrja), węgle serji Laramie w Zachodnich Stanach Zjednoczonych; wyspa Sachalin.

Trzeciorzęd — Brunatny węgiel w eocenie: Alzacja, Saksonja, Turynja; w oligocenie: Alzacja, Bawaria, wielkie zagłębia Czeskie (Brux, Komotau; w miocenie dolnym: Prusy; w miocenie górnym: Górny Śląsk, Wielkopolska.

W Europie największe złoża węgla kamiennych są w górnym karbonie, a węgle brunatnych w górnym oligocenie i miocenie (Niemcy, Czechosłowacja). W Ameryce Północnej węgiel brunatny znajduje się przeważnie na pograniczu kredy i eocenu.

W Rosji i Chinach węgle kamienne są częściowo starsze (dolny karbon) od węgla zachodniej Europy (górný karbon), częściowo zaś młodsze. Również w Indochinach, Indjach Wschodnich, Ameryce Południowej i Australji węgle są wieku permo-karbońskiego i triasowego, częściowo jurajskiego.

Pokłady węgla w serji węglowych utworów karbonu nie są rozmieszczone równomiernie; leżą one w pewnych poziomach, przeważnie w górnej lub dolnej partji, a znaczna część warstw karbońskich nie zawiera pokładów węgla. Oddawna już zaczęto w utworach karbońskich odróżniać warstwy produktywne i nieproduktywne.

Na podstawie badań zachodnio-europejskich zagłębi węglowych został oddawna ustalony podział karbonu na dolny płonny, czyli wapien węglowy, i górny — produktywny.

W niektórych miejscach cały oddział wapienia węglowego jest zastąpiony przez łupki i piaszczowce t. zw. kulmu, jak np. na Górnym Śląsku. W Anglii i północnej Francji pokłady kulmu zastępują tylko dolną partję wapienia węglowego. Dalsze badania w Rosji stwierdziły, że w zagłębiu Moskiewskim i na Uralu warstwy produktywne leżą w dolnym karbonie, a nawet częściowo jak w Moskiewskim zagłębiu, na pograniczu z dewonem, górny zaś oddział karbonu jest wykształcony w postaci wapieni, które otrzymały tam nazwę górnego wapienia węglowego (wapienie fuzulinowe i szwagerynowe); utwory morskie przechodzą bez przerwy i wyżej, tworząc t. zw. utwory permokarbońskie. W zagłębiu Donieckim pokłady węgla w takiej samej serii morskich utworów powtarzają się znowu w górnym karbonie.

W zachodniej Europie dolny karbon traci swój wybitnie morski charakter tylko w niektórych miejscach, np. w Saksonji (Heinischen-Eberdorf), a zwłaszcza w Szkocji. Co zaś się tyczy wapieni fuzulinowych górnego karbonu Rosji, to w zachodniej Europie nie napotymano ich nawet w największych zagłębiach paralicznych.

Roślinność karbońska rozwijała się bardzo szybko, a poszczególne rośliny zwłaszcza ku górze; obfite ulistnienie zostawało na pniach i gałęziach i opadało tylko razem z niemi; system korzeniowy był dobrze rozwinięty, lecz korzenie nie przenikały zbyt głęboko. Wszystko to są cechy, zbliżające typ flory karbońskiej do roślin, żyjących w wodzie, i może Joh. Walther słusznie przypuszczał, że flora karbońska pochodzi od roślin wodnych, które stopniowo przystosowały się do życia lądowego i opanowały wybrzeża. Okres geologiczny końca ery paleozoicznej, kiedy zakończyła się taka migracja roślin i opanowanie przez nie lądu, przy jednoczesnym ciąglem wahaniu się granicy pomiędzy lądem a epikontynentalnymi morzami, był właśnie czasem, kiedy procesy tworzenia się węgla kamiennego osiągnęły swe najwyższe napięcie.

Flora mezozoiczna, np. jurajskich złóż węglowych Kaukazu, posiada wybitne cechy flory Gondwany, w której już nie ma paproci, skrzypów i widłaków karbońskich. W trzeciorzędowych złóżach węglowych, np. Niemiec, przeważają szczątki drzew iglastych (*Taxodium* i *Sequoia* pokrewnych amerykańskim gatunkom tych rodzajów) prawdopodobnie wskutek większej ich odporności na procesy rozkładu, niż drzew liściastych o małej zawartości składników żywicznych. Pośród drzew liściastych w tych złóżach stwierdzono obecność palm, magnolji, mirtów, drzew wawrzynowych i innych, dziś już nie spotykanych w tej szerokości, przytem razem ze szczątkami wszystkich rodzajów roślin, znanych dziś w Niemczech, chociaż w innych gatunkach. W złóżach eoceńskich przeważają rośliny zwrotnikowe i podzwrotnikowe, a w miocেনskich spotykają się

tylko rośliny zbliżone do żyjących obecnie w warunkach klimatycznych szerokości Niemiec, i na liściach tych roślin stwierdzono już ślady działalności mrozu.

Złóża trzeciorzędowe węgla brunatnego na obszarze Niemiec leżą na południe od granicy zasięgu epikontynentalnych mórz tego czasu. Złóża węglowe eoceńskie, oligoceńskie i miocенskie, jak w Wielkopolsce, przesuwają się ku północy razem z granicami zasięgu morza odpowiedniego okresu; jedne złóża leżą bliżej brzegu morza, inne dalej, jednak i dla złóż położonych blisko morza niema żadnej zależności pomiędzy morzem a nagromadzeniem roślinności, jak to wyraźnie zaznacza się dla złóż paralicznych okresu karbońskiego. Rozległa brunatno-węglowa prowincja środkowych i wschodnich Niemiec, razem z Wielkopolską, powstała na miejscu obniżenia powierzchni prawdopodobnie wskutek przyczyn tektonicznych i związanych z tem zjawisk zabagnienia obszernych przestrzeni; można przypuszczać, że pewne sortowanie materiału roślinnego, przynajmniej przeniesienie na niewielką odległość, według interpretacji Grand'Eury'ego mogło w takich warunkach mieć miejsce, i w poszczególnych zagłębiach można rozróżnić strefy węgla o mniejszej i większej zawartości składników bitumicznych¹⁾; co do przyczyn takiego zróżniczkowania węgla brunatnych zdania niemieckich autorów są jednak jeszcze rozbieżne (rozdz. IX, 1).

Zespół roślin z czasu końca ery paleozoicznej pozwala wyróżnić dwa paleobotaniczne typy utworów węglowych.

A) Typ północny (Europa i Ameryka Północna), cechuje bardzo szerokie rozpowszechnienie geograficzne jednych i tych samych form roślin (*Lepidodendron*, *Calamites*, *Sigillaria*, *Cordaites*, *Sphenophyllae* i paprocie). Serie węglowe tworzą części strefy, stwierdzonej na różnych szerokościach w Europie, półn. Ameryce i Azji, a sama rozciągłość strefy jest uzależniona od orogenezy (przejawów górotwórczych) wieku przedkarbońskiego i z końca karbonu.

B) Typ Gondwana, czyli Indo-Australijski, w Indiach Wschodnich, Afryce południowej, Ameryce południowej i Australji, cechują paprocie innego typu (*Glossopteris*, *Gangamopteris*); których rozwój łącznie z sagowcami i iglastymi następuje jednocześnie z powszechnym zanikiem wymienionych form flory karbońskiej typu północnego. Zmiana typu flory idzie w parze z kilkakrotnym zlodowaceniem lądu Gondwana w czasie górnokarbońskim i częściowo mezozoicznym; może również ze stopniowym obniżeniem temperatury na północy.

Utwory węglowe niektórych bardziej południowych krajów zawierają flory mieszane obydwóch typów. Taka mieszana flora, o wy-

¹⁾ Pietzch, Die Braunkohlen Deutschlands, str. 83-86

Stutzer, Kohle, str. 246.

rażnych cechach mezozoicznych, właściwa jest pewnym zagłębiom typu północnego, jak np. Kuźniekiemu i niektórym w Chinach (Shansi, Hunan). Jeden z wybitniejszych geologów rosyjskich (Łutugin) już dawno wypowiedział myśl, czy np. flora karbońska zagłębia Kuźnieckiego i chińskich zagłębi nie jest macierzystą dla indo-australijskiej flory Gondwany i dla permskiej flory glossopterysowej, znanej z północnej Rosji (Dżwina Północna).

Mimo szerokiego rozpowszechnienia geograficznego typów roślinnych i rodzajów wieku karbońskiego, flory lokalne, zwłaszcza w zagłębiach limnicznych, mają też pewne odrębne cechy, pozwalające na przeprowadzenie bardzo drobnego miejscowego podziału serii węglowych i wyodrębnienia pokładów węgla. Niektóre gatunki roślin osiągają największy rozwój i wymierają w różnych zagłębiach niejednocześnie, co utrudnia zestawienie przekrojów; niektóre formy przewodnie dolnej grupy węgla w Westfalii zachowują się na Górnym Śląsku na poziomach daleko wyższych.

§ 8. Wielkość i rozciągłość zagłębi węglowych; ich typy.

Mniejsze zagłębia węglowe, jak w środkowej Francji i Czechach, mają dokładnie określone granice; większe zagłębia takich określonych granic nie posiadają.

Jako najlepszy przykład tego może służyć zagłębie Górnego Śląska czyli polskie, którego nieco dokładniej znana jest tylko granica zachodnia, pozostająca obecnie poza obrębem Państwa Polskiego. Na południowym wschodzie utwory węglowe zanurzają się pod utwory młodsze, są poprzecinane uskokami i granica ich zasięgu nie jest jeszcze stwierdzona, nawet wierceniami. Przypuszczalnie pomierzchnia całego zagłębia obejmuje obszar około 5757 km².

Drugim przykładem może być zagłębie Westfalii (Niederheinisch-westfälische, inaczej Ruhry). Znane są jego granice od strony południowej, częściowo i południowo-zachodniej, gdzie górny karbon produktywny występuje na powierzchni. Nowe wiercenia powoli rozszerzają granicę zagłębia ku północy i zachodowi. Można rozróżnić tu strefę szybów, której granice są zbadane wyrobiskami podziemnymi, strefę otworów wiertniczych i strefę jeszcze nie zbadaną. Granice dwu ostatnich stref stale przesuwają się ku północy. Wiercenia po lewej stronie Renu pozwalają przypuszczać, że Zagłębie Westfalskie razem z zagłębiem Akwizgrańskim (Aachen) stanowią tylko część znacznie większego zagłębia, obejmującego zagłębia belgijsko-francuskie i południowo-angielskie.

Cechy geologiczne i paleogeograficzne pozwalają pośród utworów węglowych ustalić cztery typy wykształcenia zagłębi węglowych:

1. Rosyjski, właściwie Doniecki; wielokrotnie przewarstwienie utworów morskich (wapienia) i lądowych (produktywnych), jako wynik stałego obniżania dna morza; utwory wę-

glowe odpowiadają czasowym przerwom tego ruchu. Serja węglowa przechodzi tu bez przerwy w morskie utwory permo-karbońskie. Do tego typu, oprócz złóż rosyjskich (Donieckie, Moskiewskie, Uralskie), należą serje węglowe środkowej części północnej Ameryki (Indiana, Illinois, Missouri, Kansas, Nebraska), północnych Chin (Shantung) i krajów arktycznych (Szpicberg). W Szkocji do tego typu należą tylko utwory dolnego karbonu.

2. Zachodnio-europejski; przewarstwienie utworów morskich i lądowych w okresie najobfitszego tworzenia się węgla wieku górnego karbońskiego zaznacza się tylko w dolnych partjach, a ku górze przechodzi w faciesy wyłączone okruchowe, stopniowo wypełniające obszerne nieckowate przestrzenie, których granice stopniowo zwężają się. Nie przerwy w stałym obniżaniu dna morskiego, lecz raczej, odwrotnie, krótkotrwałe inwazje morza na wybrzeża bagniste są charakterystyczne dla dolnych grup utworów węglowych tego typu, jak w zagłębiach węglowych Anglii, francusko-belgijskim, westfalskim, Pensylwanii. Ten typ brzeżnych zagłębi w miarę zwięźniania się ich granic, wskutek przewlekłej orogenezy, może przechodzić w typ następny.

3. Śródlądowy, wcześniej lub później tracący połączenie z morzem, jak zagłębia Saary, Dolnośląskie, Górnego Śląska, Kuźnieckie.

4. Zagłębia limniczne w odległych od brzegu morskiego izolowanych nieckach mniejszych rozmiarów, jak jeziorne zapadliska i szerokie doliny, otoczone już wykształconymi morfologicznie górkami grzbietami. Środkowa Francja, Czechy, Saksonja.

Petraschek¹⁾ zwrócił uwagę, że można rozróżnić dwa typy pokładów węgla. Jeden odznacza się tem, że pokłady węgla są zgodne uławiczone z innymi warstwami tegoż okresu, jak to ma miejsce we wszystkich zagłębiach paralicznych. Innego typu są pokłady węgla w zagłębiach limnicznych, gdzie na nierównej powierzchni podłoża leży zwykle pokład spągowy (Grundflötz, Basisflötz) bardzo niejednakowej miąższości w różnych miejscach; w zagłębiach podłoża miąższość takiego pokładu wzrasta, a ku wypiętrzeniom zmniejsza się. Dla ilościowej oceny takiego pokładu trzeba zbadać przede wszystkim morfologię podłoża, jak to było wykonane w zagłębiach Kładna i Pilzna w Czechach. Pokłady węgla w wyraźnie ograniczonych nieckach, jak w śródlądowych zagłębiach środkowej Francji, mają bardziej stałe rozprzestrzenienie tylko w pobliżu krańców niecki, wyklinowując się ku jej środkowi. Jednak, jak to np. stwierdziły wiercenia w środkowej części niecki Kładna, od zasady tej są wyjątki. W zagłębiach paralicznych, jak np. w Anglii, Westfalii, Donieckim, pokłady węgla mają związek z brze-

¹⁾ Petraschek, Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten. Wien 1924, str. 33.

giem ówczesnego ładu, wyklinowując się dalej od brzegu morza, co nie posiada jednak większego praktycznego znaczenia, gdyż strefa brzeżna, zajęta przez pokłady węgla może zajmować bardzo znaczną powierzchnię. Pokład Pittsburgh w Pensylwanii zajmuje powierzchnię około 20.500 km²; obecność pokładu Katarzyna w Westfalii stwierdzono na powierzchni około 5.400 km². W zagłębiach Górnośląskiem i Kuźnieckim, które morfologicznie są bardzo podobne do siebie, gdyż przedstawiają wyraźnie przestrzenie śródlądowe, ograniczone prawie ze wszystkich stron starszymi wypiętrzeniami, dolne grupy serji węglowej (brzeżna na Górnym Śląsku, H₁ w Kuźnieckim zagłębiu) otaczają brzegi niecek na znacznej szerokości, przedłużenie ich ku środkowi zagłębia nie jest jeszcze zbadane, a grupy górne (łękowa na Górnym Śląsku, H₃₋₄ i H₅₋₇ w zagłębiu Kuźnieckim) zajmują tylko środkowe części niecek wskutek stopniowego z biegiem czasu zwężenia przestrzeni sedymentacyjnej.

§ 9. Stosunek warstw węglowych do płonnych w różnych zagłębiach.

Zwykle w zagłębiach węgla kamiennego ilość pokładów jest znaczna, natomiast w zagłębiach węgla brunatnego często jest tylko jeden lub kilka pokładów. W zagłębiu Saary, serja węglowa zawiera do 600 pokładów, z których 160 nadaje się do odbudowy.

W zachodniej części Górnego Śląska znamy 477 pokładów węgla, a miąższość całej serji dochodzi do 6878 m.

Poszczególne pokłady przewarstwione skałami płonnymi o stosunkowo niewielkiej grubości łączą zwykle w grupy, które są podzielone serjami płonnymi o większej miąższości. Często takie grupy różnią się i gatunkiem węgla.

W zagłębiach północnej Francji wyróżniają do 8 takich grup.

Na Górnym Śląsku rozróżniają trzy grupy: łękową (Muldengruppe), siodłową (Stattelgruppe) i brzeżną (Randgruppe). W Dąbrowskiej części zagłębia te grupy noszą nazwy nadredenowej, redenowej i podredenowej. Każda z tych grup posiada jeszcze miejscowy podział na wiązki (paczki) pokładów. W zagłębiu Westfalskiem rozróżniają poszczególne grupy od stropu do spągu na podstawie gatunku węgla: 1) węgiel gazowo płomienny, 2) węgiel gazowy, 3) węgiel tłusty, 4) węgiel chudy. Każdą z tych grup cechują pewne typy roślin. W zagłębiu Saary rozróżniają trzy grupy (od góry: 1) węgle chude, 2) węgle stropowe i spągowe płomienne, 3) węgle tłuste. Jednak nazwy te nie odpowiadają ściśle istotnym gatunkom węgla.

Procent wydajności serji węglowej jest to stosunek ogólnej miąższości serji do sumarycznej grubości pokładów węgla. W zagłębiu Ruhry (Westfalskiem) na 3000 m serji węglo-

wej pokłady węgla mają 69 m grubości, a więc procent wydajności wynosi 2—2,5%. Procent wydajności poszczególnych grup może być również inny, jeżeli będziemy brać pod uwagę tylko pokłady nadające się do odbudowy i to nie wszystkie. Tak np. dla grupy 2 Westfalii z pokładem Katarzyna procent wydajności pokładów nadających się do odbudowy wynosi 3,7%, z wszystkich zaś pokładów — 4,9%.

W zachodniej części Górnego Śląska przy grubości serji 6878 m, miąższość 477 pokładów wynosi 270,60 m węgla, z tych pokładów 124 nadające się do odbudowy mają sumaryczną grubość 172,3 m, czyli procent wydajności jest 2,5%.

W Zwikau procent wydajności wynosi około 9%; w zagłębiach połudn. Walii i Newcastle procent wydajności — około 2,5%; w zagłębiu Loire we Francji na 1400 m grubości serji 28 — 30 pokładów węgla mają grubość 57—78 m i procent wydajności sięga do 5%.

Pokłady węgla brunatnego mają naogół miąższość większą od pokładów węgla kamiennego. Węgiel brunatny w Czechach ma grubość pokładów dochodzącą do 30 m, w Saksonii pokłady węgla brunatnego mają grubość 12 — 14 i więcej m; w Poznańskim pokłady węgla brunatnego posiadają również znaczną grubość (do 9 m).

W złożach węgla kamiennego grubość pokładów tylko wyjątkowo przekracza 2 m, jak np. w zagłębiu St. Etienne, gdzie grubość pokładu dochodzi do 60 m. Większa grubość pokładów jest przeważnie wynikiem procesów tektonicznych.

Grubszymi, a przytem normalnie ukształtowanymi pokładami odznacza się zagłębie Górnego Śląska. Grupa siodłowa przy 200 m grubości całej serji ma 6 pokładów węgla o sumarycznej grubości 28,19 m:

pokłady Einsiedel	3,55 m
„ Schuckmann	8,36 „
„ Muldenflötz	1,28 „
„ Heinitz	4,17 „
„ Reden	4,60 „
„ Pochhammer	6,35 „
Razem	28,19 m

W kierunku ku wschodowi pokłady te łączą się ze sobą w jeden gruby pokład Reden 12,03 m.

Najmniejsza grubość pokładu, nadająca się do odbudowy zależy od górniczych warunków złoża, a więc od głębokości, na jakiej leży pokład, grubości nadkładu, kosztów eksploatacji, jakości węgla i t. d. Dziś na Górnym Śląsku nie odbudowują jeszcze pokładów grubości mniejszej od 1,2 m. W zagłębiu Ruhry odbudowują obecnie pokłady grubości 50 cm a nawet mniejszej; w zagłębiu Saary odbudowują pokłady grubości 0,40 — 0,50 m; w północnej Francji odbudowują pokłady do 40 cm grubości; w Anglii przeciętna grubość

pokładów w odbudowie wynosi 2,7 m a w St. Zjednoczonych — 1 m.

Około Liège odbudowuje się pokład grubości 25 cm., lecz węgiel tego pokładu jest wyjątkowo wysokiego gatunku.

Wyklinowanie pokładów węgla wyraża się albo w rozbiciu pokładów na kilka warstewek, albo w zanieczyszczeniu pokładu do stopnia łupku węglowego (węgiel przechodzi w płoną skałę — kamienieje).

Poszczególne pokłady węgla nie są złożone w całej swojej grubości z czystego węgla; zawierają one często wkładki ilaste lub nawet piaskowe, a więc miąższość czystego węgla w pokładzie nie zawsze odpowiada miąższości całego pokładu. Miąższość określa wymiary wyrobisk i ilość podsadzki, a grubość czystego węgla określa wydajność pola.

Na Górnym Śląsku często daje się zauważyć stopniowe zwiększanie grubości płonnych warstewek w węglu, a również zmianę w grubości węgla i takich wkładek. Około Zabrza pokład Einsiedelflötz jest złożony z dwóch partii, grubości 1,19 i 1,18 m., lub 1,63 i 1,38, albo 1,64 i 2,04. Również i grubość wkładek płonnych waha się znacznie: od 0,98 m. do 3,67 m.

Warstwy stropowe są zwykle jednorodne, drobno uwarstwione i ciemno zabarwione; szczątki roślinne są dobrze zachowane. Warstwy spągowe są mniej jednorodne, mniej ciemno zabarwione w porównaniu ze stropem, szczątki roślinne są gorzej zachowane, lecz często znajdują się tu szczątki korzeni i pni drzewnych.

Przy odbudowie węgla skały stropowe łamią się na równoległe płyty, spągowe zaś na nieprawidłowe odłamy. Jednak każdy pokład ma swój charakterystyczny strop i spąg. Dawno już zwrócono uwagę na to, że serie węglowe zawsze są przewarstwieniem piaszczystych i łupków, naogół z przewagą pierwszych. Łupki ilaste stanowią częściej bezpośredni spąg i strop pokładów węgla, lecz nie tworzą całej serii utworów węglowych, należących we wszystkich zagłębieniach do osadów w środowisku wodnym o wyraźnych śladach ruchu samej wody.

Na Górnym Śląsku łupki w serii utworów węglowych przyjmują udział w 55%, — piaszczyste w 40%, a węgiel w 5%. W poszczególnych częściach zagłębi stosunek węgla i piaszczystych waha się znacznie.

Pokłady węgla są osadami organogenicznymi lądowymi; warstwy podkładu i nadkładu są osadami, zwłaszcza w przypadku złóż paralicznych — subakwalnymi, t. j. utworzonymi w środowisku wodnym, więc można byłoby oczekiwać niezgodności pomiędzy pokładami węgla i otaczającymi warstwami. W rzeczywistości jednak pokład i nadkład leżą przeważnie zupełnie zgodnie z pokładami węgla, co świadczy o tem, że nie było żadnej dłuż-

szej przerwy w procesie sedymentacji, a więc oscylacja dna musiała następować bardzo szybko.

Przykładem pokładów leżących na podkładzie niezgodnie jest główny pokład w zagłębiu Kładno—Rakonice w Czechach i niektóre pokłady węgla brunatnego w północnych Czechach.

Niezgodność węgla z nadkładem jest zwykle wynikiem następnej erozji.

Dawno już zwrócono uwagę, że skały podkładu i nadkładu pokładów węgla mają szare lub naogół ciemne zabarwienie. Obecność warstw o barwie czerwonej jest oznaką niepomyślną dla możliwości znalezienia pokładów wśród takich warstw. W zagłębiu Kładno—Rakonice warstwami podkładu są szare piaszczyste, a w stropie serii węglowej są rozwinięte płonne czerwone łupki ilaste, wyżej idą znowu ciemno szare łupki i pośród nich jeden pokład węgla (Schlaner Hangendflötz), jeszcze wyżej leżą czerwone łupki płonne.

W zagłębiu Saary czerwono zabarwione warstwy rozpoczynają się nie na poziomie spągowca permu (Rothligendes), lecz już w górnym karbonie powyżej serii produktywnej.

Na Dolnym Śląsku warstwy poziomu Ottweiler, czyli górnej partii górnego karbonu, z konglomeratami, piaszczystymi i łupkami mają intensywną barwę czerwoną, zmieniającą się bezpośrednio około pokładów węgla kolejno na szarą i czarną.

Zmianę czerwonych i szarych warstw w serii węglowej tłumaczą zmianą klimatycznych warunków odpowiednich okresów, wilgotnych i suchych. Jednak prawdopodobniejszym jest, że zmiana barwy w pobliżu węgla zależy od redukcji utlenionych związków żelaza, tak podczas samego osadzania jak i później; jakkolwiek znaczna część szarych i czarnych warstw już pierwotnie otrzymała swoją barwę.

Poszczególne pokłady węgla i towarzyszące im warstwy płonne, mające charakterystyczne cechy, zachowywane na znacznej rozciągłości, mogą służyć za pokłady przewodnie (Leitschichten, Leitflötze), zapomocą których można utożsamiać pokłady i ich grupy. Takim przewodnim pokładem może być pokład węgla, odznaczający się swoją grubością, czy też swoim składem chemicznym. W zagłębiu Ruhry są niemi takie pokłady, jak np. Katarzyna dla grupy tłustych węgli, Bismark dla — gazowo-płomiennych. W zagłębiu Saary przewodniami warstwami są charakterystyczne i łatwo poznawalne pokłady żelaziaków gliniastych (Toneisensteinschichten). Również mogą służyć do tego celu i skupienia dolomitowe (Knollen), zwykle rozpowszechnione w pewnych stałych poziomach, jak np. w Westfalii. Takie konkretne dolomitowe pozwalają na identyfikowanie pewnych grup pokładów zagłębia Ruhry z pokładami zagłębi belgijsko-francuskich.

Warstwy płonne zcharakteryzowane paleontologicznie służą jako najlepsze pokłady przewodnie, np. pokłady z fauną morską, jak *Aviculopecten* i *Nautilus*, lub słodkowodną, jak *Anthracosia*.

Na Górnym Śląsku służą do tego celu również warstwy, zawierające szczątki poszczególnych gatunków roślin, gdyż warstwy brzeżne i siodłowe zawierają inne formy roślinne.

Jednak zmiana charakteru pokładów w kierunku rozciągłości utrudnia często identyfikację pokładów; tak np. w Westfalii zachodnia i wschodnia część zagłębia znacznie różni się ilością pokładów, miąższością ich i warstwami płonnymi pomiędzy pokładami. Czasem tylko przez zestawienie różnych dowodów można ustalić tożsamość pewnych pokładów, a więc i tożsamość pewnych części ogólnego przekroju.

Łącznie z pokładami węgla najczęściej są spotykane złoża sferosyderytu, żelaziaków gliniastych, kaolinu i glin ogniotrwałych. Te ostatnie spotykane są przeważnie w spągu pokładów węgla, jako wynik działalności wód humusowych na skały podłoża, często jeszcze podczas stadjum torfowego tworzenia się odpowiedniego złoża.

§ 10. Petrografia skał węglowych.

Pokłady węgla zawierają bądź jeden jego gatunek (antracyt, węgiel błyszczący, brunatny węgiel ziemisty), bądź kilka różnych: węgiel matowy wspólnie z błyszczącym, węgiel brunatny drzewiasty razem z ziemistym; jednak zawsze jakiś gatunek nadaje do pewnego stopnia dominujący charakter całemu pokładowi.

Jeżeli węgiel matowy i błyszczący są uwarstwione grubo, to węgiel matowy, a również i kennelski, rzadko posiada znaczną rozciągłość poziomą; przeważnie ma on kształt soczewek, które odpowiadają wodnym przestrzeniom prastarych torfowisk; w takich zbiornikach wodnych mógł osadzać się inny materiał roślinny, niż na głównej przestrzeni torfowiska. Zmiana warstw matowego i błyszczącego węgla odpowiada wahaniom poziomu wody; il, który dał początek węglowi matowemu, pozostawał wyżej od torfu, z którego powstawał węgiel błyszczący.

W innych przypadkach węgiel błyszczący tworzy rozgałęzienia wśród matowego, które odpowiadają korzeniom wysokich roślin błotnych, rozwijających się na błotnistym mule, spotykanym dziś pod postacią węgla kennelskiego.

Kopalny węgiel drzewny rzadko tylko znajdujemy w większej ilości wśród węgla innego gatunku, np. w t. zw. *Russkohlen* (sadza) *Zwickau*.

Obecność różnych gatunków węgla w jednym pokładzie jest przyczyną bardzo niejednakowych wyników analiz węgla tego po-

kładu. Takie odchylenia, jako wynik różnicy w pierwotnym materiale pokładu, można uważać za różnice pierwotne. Podobne stosunki zauważono i w pokładach węgla brunatnego.

Węgiel łupie się zwykle na odłamki o kształtach równoległościennych lub rombów, wskutek istnienia płaszczyzn równoległych do uwarstwienia i biegnących do niego pod pewnym kątem (t. zw. *Schlechten*, *Gare*). Przez późniejsze ciśnienia tektoniczne węgiel może przybierać budowę druzgotową. Np. *Augenkohle* nazywają błyszczący węgiel, który ma budowę koncentryczną, powstałą prawdopodobnie również wskutek ciśnienia. Rzadziej spotyka się węgiel o budowie kulistej.

Otoczaki skał w węglu trafiają się rzadko. Największa ilość takich otoczaków, znalezionych np. w węglu północnej Francji, należy do skał otaczających pokład. Na Górnym Śląsku w kopalni *Hohenlohe* koło Katowic znajdowano w węglu otoczaki gnejsu i granulitu, widocznie przyniesione zdaleka. Prawdopodobnie takie otoczaki zostały zawleczone przez korzenie roślin¹⁾.

Inny charakter mają t. zw. gruzelki dolomitowe, czyli *Torfdolomite* (*coalballs*), często znajdowane w węglach Anglii, Westfalii, *Akwizgranu*, Górnego Śląska i zagłębia Donieckiego; a więc w złożach typowo paralicznych. Rozmiary ich wahają się od wielkości grochu do wielkości głowy, często są one ze sobą połączone; charakterystyczną ich cechą jest to, że zawierają one szczątki roślin o doskonałym zachowaniu najdelikatniejszej ich budowy. Samą skałą tych utworów jest dolomit, zawierający mangan i żelazo. Szczątki roślinne są częściowo zastąpione przez dolomit, częściowo zaś zwęglone, a więc procesy owęglania i kamienienia przebiegały jednocześnie. Gruzelki te są często rozmieszczone w pokładzie albo nieprawidłowo, albo pewnymi strefami ukośnie do płaszczyzn uwarstwienia. Przeciwnie allochtonicznemu pochodzeniu tych gruzelków przemawia fakt, że często dwa obok siebie leżące gruzelki zawierają nieprzerwane części jednej rośliny; również przez gruzelki przechodzą *appendices Stigmarij* i inne korzonki. Samo utworzenie dolomitu musiało odbyć się w czasie, kiedy części roślin nie uległy jeszcze zniszczeniu, a więc gruzelki muszą być uważane za utwory konkrecyjne w masie torfowej, a przytem przykrytej słoną wodą morza, konserwującą materiał roślinny.

Z minerałów organicznych znajdowane są w węglu smoły (żywice) i materiał ropny. Nieorganicznego pochodzenia są różne siarczki miedzi, żelaza, szczególnie markazyt, a również baryt, sól glauberska, alunit, gips. Te minerały są zwykle pochodzenia wtórnego, jako wynik redukującego wpływu węgla na roztwory. Takim procesem muszą być wytłu-

¹⁾ W. Żelechowski, Otoczaki znalezione w węglu z Grodzca i Królewskiej Huty. *Rocznik Polsk. Tow. Geol.*, tom III, r. 1926.

maczone piękne okazy błyszczą ołowiu, spotykane w węglu koło Bytomia i na kopalni Jowisz.

Wskutek zwiększenia w węglu domieszki materiału nieorganicznego pokład węgla może przejść w pokład nienadający się do odbudowy i staje się „płonny” (versteint). Taka zmiana może być pierwotną i wtórną. Ten drugi przypadek, spowodowany znaczną infiltracją wód mineralizowanych, spotykamy rzadziej. Pierwotna zmiana częściej jest spotykana w węglach pochodzenia allochtonicznego.

§ 11. Wpływy różnych czynników na jakość węgla.

Można przyjąć za prawo ogólne, że im wiek węgla jest starszy, tem węgiel jest bogatszy w pierwiastek węgiel; prawo to jednak może być stosowane tylko do węgli, które nie uległy późniejszym procesom tektonicznym.

Różne procesy mogą przyspieszyć lub przeciwnie opóźnić proces owęglania. Wiek geologiczny nie stanowi jedynie o charakterze węgla; węgle jednego wieku mogą być różnymi.

Według zdania niektórych geologów i chemików przeistoczenie materiału od węgla brunatnego do antracytu jest rodzajem procesu destylacji frakcjonowanej, która koniecznie wymaga nagrzewania. Ten czynnik może być wprowadzony lokalnie przez skały wybuchowe, lub zastąpiony przez czas reakcji, a zwłaszcza przez warunki geotermiczne. W tym ostatnim przypadku charakter skał nadkładu może proces przyspieszyć w zależności od tego, czy pozwalają one na ulatnianie się gazów, czy też nie. W przypadkach ogólnych szczeliny mogą służyć, jako drogi dla gazów, i węgle leżące pośród utworów szczelinowatych muszą być bogate w pierwiastek węglowy, czyli chudsze niż leżące pośród utworów niezaburzonych.

W wielu zagłębiach zawartość gazu w pokładach zwiększa się od dołu ku górze, a zawartość pierwiastku węgla w tym samym kierunku zmniejsza się; zjawisko to jest znane pod nazwą prawa Hilt'a. Prawo to stwierdza się na liczbach przeciętnych, charakteryzujących np. węgle zagłębia Westfalskiego i innych. W Westfalii grupy pokładów węglowych od stropu do spągu serji są: gazowo-płomienne, gazowe, tłuste i chude.

To prawo sprowadza się nie do pierwotnych warunków zróżniczkowania węgli, lecz do wpływów zachodzących podczas procesu owęglania, ciśnienia i temperatury, które musiały być większe dla dolnych pokładów. Następne zjawiska tektoniczne mogą doprowadzić do jednego poziomu węgle różnych gatunków. Porowaty nadkład może przyspieszyć odgazowanie węgli, które w innym miejscu przy nadkładzie nieporowatym mogą zawierać więcej gazu. Tak np. w zagłębiu Akwizgranu partje głębsze i zakryte mają węgiel tłusty, mniej zaś zakryte węgle odgazowane i chude.

Zjawiska dynamiczne mają również wpływ na proces owęglania i odgazowania. Partje niezaburzone, ułożone poziomo, mają zawsze węgiel więcej gazowy, aniżeli partje zaburzone. W zagłębiu Ruhry zawartość gazu w węglach stopniowo zwiększa się od zachodu ku wschodowi. Na zachodzie zaburzenie serji węglowej jest znacznie większe i wywołuje odgazowanie węgli.

Węgiel Piesberg około Osnabrück w Westfalii mimo wysokiego poziomu stratygraficznego ma cechy antracytu (96,14%—97,77%C), przypuszczalnie wskutek nadzwyczaj silnego zaburzenia tektonicznego tej partji i nieobecności odpowiedniego nadkładu.

Okóło Akwizgranu, w rewirze Wurm, serja węglowa jest zebrana w kilka ostrych fałd i zawiera węgiel chudy, zbliżony do antracytu. W zagłębiu Donieckiem te same pokłady we wschodniej części dają antracyt, a w zachodniej zwykły węgiel gazowy i koksujący się.

Węgiel Creusot w zonie uskokowej zmienia się od tłustego do antracytu.

W Stanach Zjednoczonych, węgiel we wschodniej części Pensylwanji jest nieco antracytowy; ku zachodowi zmienia się on w bitumiczny, a ku wschodowi, w miarę większego zaburzenia, — w antracyt i grafit. W zagłębiu Dakota zawartość pierwiastku węgla zwiększa się w miarę zbliżania się do gór Black-Hills; węgiel przechodzi tu od stanu węgla brunatnego do czarnego bitumicznego węgla; w Rocky Mountains ten sam węgiel zmienia się w antracyt, a nawet i grafit.

Na Górnym Śląsku węgiel różnych pokładów zmienia się naogół w ten sposób, że od spągu do stropu serji węglowej ilość pierwiastku węgla w pokładach zmniejsza się przy równoczesnym wzrastaniu zawartości części lotnych. Najgłębsze pokłady, a mianowicie grupy Ostrawskiej na Śląsku Cieszyńskim, a także warstwy Rybnickie dają dobry koksujący się węgiel. Takimi pozostają jeszcze trzy dolne pokłady grupy siodłowej, górne zaś jak Einsiedel i Schuckmann muszą już być zaliczone do węgli niekoksujących się (Sinterkohle) i gazowych. Węgla grupy łękowej są najuboższe w pierwiastek węgla i należą do Sandkohle. W kierunku rozciągłości węgle tracą zdolność koksowania się w kierunku od zachodu ku wschodowi. Dolny pokład grupy siodłowej okóło Zabrze daje jeszcze węgiel spiekający się, koło Królewskiej Huty ten węgiel jest Sinterkohle, a jeszcze dalej w zagłębiu Dąbrowskiem — Sandkohle, suchy węgiel. Na Górnym Śląsku próbują ustalić zależność zdolności do koksowania się od bliskości zony większego zaburzenia (Orłowsko-Michałkowskiej) a więc przeciwnie niż w Westfalji i w innych zagłębiach, gdzie w takich przypadkach węgiel przechodzi w chudy.

Pod wpływem wysokiej temperatury w kontaktach ze skałami wybuchowymi węgle

nawet brunatne, przeistaczają się w antracyt, koks i grafit.

§ 12. Tektonika zagłębi węglowych.

W każdym obszarze pofałdowanym, a więc i w przypadkach serji węglowej, zwykle można rozróżnić siodła i łęki główne oraz drugorzędne, które często nazywają fałdami specjalnymi. W zagłębiu Ruhry jest pięć głównych łęków i sodeł. W kierunkach zarówno upadu, jak i rozciągłości poszczególne fałdy znikają i zjawiają się nowe.

W zagłębiu Donieckim na południe od głównej antykliny, przechodzącej przez całe zagłębie od zachodu ku wschodowi, zaznacza się w południowo-zachodniej części zagłębia duża kotlina (niecka), tak zwana „Kalmius-Torecka“; w jej wschodniej części pojawiają się dwie podrzędne niecki: północna — Czys-tiakowska i południowa — Makiejewska. Jeszcze dalej ku wschodowi przedłużeniem niecki Czys-tiakowskiej jest niecka Gruszewsko-Nie-svietajewska. Na północ od „głównej anty-kliny“ symetrycznie do tej ostatniej niecki leży obszerna niecka, zwana „główną synkliną“ zagłębia; na zachodzie nosi ona nazwę „Bach-mutskiej“ i „Bokowo-Chrustalskiej“ muldy, na wschodzie „Dołżańsko-Sadkińskiej“. Budowa zagłębia warunkuje wystąpienie pokładów w poszczególnych grupach, które są ośrodkami przemysłu, jak Juzowski i Griszyński (w niecce Kalm.-Toreckiej), Czys-tiakowski, Gorłowski, Ał-mazny (w Bachmutskiej), Lisiczanski, Bokowo-Chrustalski, Dołżańsko-Sulinowski (w Dołżańsko-Sadkińskiej), na południu — Gruszewski (antracytowy).

Węgiel pod ciśnieniem i przy podwyższonej temperaturze staje się do pewnego stopnia plastycznym i pokłady jego w miejscach największego ciśnienia ulegają znacznym zmianom grubości. W siodłach grubość wzrasta, a na skrzydłach fałdy pokłady mogą być zupełnie wyciśnięte.

Pokłady węgla brunatnego często podlegały ciśnieniu zarówno górnemu jak i bocznemu pod wpływem mas lodowcowych, i różne zaburzenia w pokładach węgla brunatnego w północnych Prusach mogą być wytłumaczone takim wpływem lodowców.

Największe znaczenie dla praktyki mają uskoki, przecinające warstwy węglowe. Wskutek obecności uskoków wartość pola węglowego może ulec znacznym zmianom, a przy robotach poszukiwawczych zapomocą otworów świdrowych uskoki mogą dać zupełnie fałszywy obraz stosunków rzeczywistych.

§ 13. Erozja pokładów węgla.

Pokłady mogą ulec rozmyciu bezpośrednio po nagromadzeniu materiału organicznego, lub też znacznie później. Wskutek erozji powstają w pokładach węgla większe lub mniejsze doły, lub koryta wypełnione warstwami płonnymi, tak

np. na Górnym Śląsku istnieją pokłady rozmyte jeszcze podczas karbonu; np. na kopalni „Gieschen“ 4 m pokład został rozmyty kanałami o szerokości sięgającej do wieluset metrów; tak samo pokład Fanny na polach Hohenlohe, Laurahütte i Max. Pokłady leżące niżej znajdują się w warunkach normalnych. Większemu zniszczeniu ulegają pokłady węgla przez zjawiska transgresji morza, lub przez erozję spowodowaną wodami bieżącymi. Ostatni przypadek zachodzi wtedy, gdy pokłady znajdują się niegłęboko pod powierzchnią ziemi. Jednym z dowodów takiej erozji mogą być otoczaki węgla w utworach stropowych, leżących niezgodnie na serji węglowej.

III. Kilka głównych momentów rozwoju poglądów na budowę fizyczną węgla i ich genezę.

§ 1. Węgiel kopalny jest twardą substancją mineralną, powstałą z masy roślinnej; rozpuszczalne produkty humusowe torfu i węgla brunatnego stopniowo przetwarzają się w nierozpuszczalną mineralną masę węgla kamiennych i antracytu. Pierwsze stadja takiego procesu mineralizacji można zbadać na torfie; przetworzenie w nim masy roślinnej w substancję węglową jest bardzo niezupełne i niejednakowe dla różnych części roślin w jednym i tym samym torfie. Niektóre szczątki roślinne pozostają zupełnie bez zmiany, np. kora. Tkanki mało zmienione tworzą coś w rodzaju pilśni, w której wolne przestrzenie pomiędzy włóknami są wypełnione produktami rozkładu materji organicznej w postaci proszkowatej masy brunatnej barwy. Miejscami ta masa przetwarza się w humusowe spoiwo o budowie koloidalnej, tak zwany dopplerit. Węgiel kamienny jest napozór skałą o bardzo jednolitej budowie, złożoną z nierozpuszczalnej stwardniałej masy, wypełniającej wszystkie pory i wolne przestrzenie w tych tkankach roślinnych, które zachowały się jeszcze w węglu, czasem w bardzo małej ilości, jak różne tkan-ki paproci, sygilarij, kalamitów i spory.

Pełniejsze wyodrębnienie (metodą mace-racji) szczątków roślinnych z jednolitej masy węgla i zbadanie ich było wykonane przez Guembel'a w r. 1883¹⁾. Stwierdził on, że różne gatunki węgla są złożone z różnych rodzajów roślin i różnych tkanek; tak np. węgle kennelski i boghead odróżniają się od zwykłego węgla kamiennego swoistą naturą składającego ich materiału (spory i wodorosty), węgiel błyszczący zawiera przeważnie szczątki kory i drewna drzew, a węgiel matowy — przeważnie liście. Guembel przyszedł do wniosku, że powstawanie każdego gatunku węgla zależy od składu chemicznego szczątków roślinnych, a w mniejszym stopniu od takich czynników, jak ciśnienie, które nie zmienia

¹⁾ Guembel C., Beiträge zur Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitzungsber. Bayr. Akad. d. Wissensch., II clas, XIII, Münschen 1883.

w węglach ani objętości, ani formy tkanek roślinnych.

Następnie Renault i Bertrand¹⁾ zastosowali szerzej badanie węgla w cienkich płytkach, przeważnie jednak węgla kennelskich i bogheadu.

Według tych badaczy boghead składa się z masy brunatnej barwy w postaci galarety, w której tkwią szczątki przeważnie ciała wodorostów; w węglu kennelskim przeważają spory (t. j. naskórek, nabłonnik — exines) roślin skrytopłciowych, zarodnie (sporangium, wielokomórkowe utwory), częściowo pyłek kwiatowy roślin nagonasiennych, zawsze pogrążone w jednorodnej masie humusowej. Bertrand miał zauważyć nawet, że boghead z różnych miejscowości zawiera wodorosty niejednakowego gatunku, tak francuski boghead z Autun składa się z *Pila bibractensis*, szkocki torbanit — z *Pila scotica*, australijski (kerosine shale) — z *Reinschia australis*. Zasadnicze ciasto (miazga) tych węgla otacza szczątki roślinne znajdujące się w stanie zawieszenia; ta masa jak gdyby podtrzymywała szczątki roślinne przy ich powolnym pogrążeniu się i chroniła je od zupełnego rozkładu. Według zdania Bertrand'a pomiędzy bogheadem a łupkiem bitumicznym zachodzi różnica tylko w ilości domieszki materiału nieorganicznego do ciasta zasadniczego. Bertrand pozostawił otwartym pytanie, jaka jest natura tej koloidalnej masy (galarety) i skąd ona pochodzi; utworem analogicznym do tej masy jest ciemna woda humusowa dzisiejszych torfowisk; sam proces utworzenia się warstw bogheadu, lub węgla kennelskiego Bertrand tłumaczył, jako przenikanie takiego gęstego roztworu do zbiorników, gdzie stale odbywała się sedimentacja różnego materiału. Jako dowód, że konsystencja tej masy zasadniczej była gęsta, Bertrand przytacza przypadek znajdowania się otoczaka granitu, zachowanego w stanie niestącej równowagi w kontakcie łupku i bogheadu; w takim samym stanie często znajdują się w masie bogheadu i łuski ryb. Ta masa koloidalna nie powstała z tych różnych ciał organicznych, które otacza; przeciwnie, ta substancja koloidalna była dostarczona z zewnątrz i wypełniła wszystkie wolne przestrzenie w tkankach roślinnych i innych szczątkach, np. koprolitach, kościach, znajdujących również w ma-

sie bogheadu. Zasadnicza myśl Bertrand'a była ta, że koloidalna masa bogheadu i węgla kennelskiego została osadzona nie na miejscu swego tworzenia się, lecz tylko wchłaniała inne organiczne produkty rozkładu na miejscu ich sedimentacji. Renault w inny sposób tłumaczy genezę zasadniczej masy tych węgla; według niego jest ona produktem maceracji (rozmiękczenia) i następnej fermentacji, która przetworzyła celulozę (błonnik) w masę koloidalną, przenikającą wszystko, co jeszcze pozostało w stanie organizowanym. Renault sądził, że udało mu się dowieść obecności w masie koloidalnej i w szczątkach organicznych kolonij mikrokokków i pałeczkowatych drobnoustrojów, oraz grzybków. Najnowsze badania potwierdzają wyniki analiz Bertrand'a i Renault'a, za wyjątkiem jedynie istnienia szczątków drobnoustrojów, co do dziś pozostaje jeszcze wątpliwem.

Bez udziału bakterij w procesie przetworzenia masy roślinnej nie można jednak zrozumieć samego procesu tworzenia się węgla.

§ 2. Pierwszym, który bardzo logicznie zastosował teorię bakterjalną do procesów tworzenia się węgla, był francuski inżynier górniczy Lemièr¹⁾.

Proces owęglania (Inkohlung, houillification, coalification²⁾) prawdopodobnie musi składać się z dwóch faz — biochemicznej i geochemicznej. Pierwsza faza doprowadza pierwotny roślinny materiał do stanu mniej lub więcej zupełnego rozkładu, a czynnikami tego procesu są enzymy, czyli nieustrojowe fermenty organizmów roślinnych, bakterje, czyli żywe fermenty, i antyseptyki.

Roślina wyrwana z gleby, nie umiera w tej chwili, lecz żyje jeszcze czas pewien, gdyż zawarte w niej fermenty (enzymy) w dalszym ciągu wywołują procesy chemiczne, potrzebne dla życia tkanek roślinnych. Taka roślina pozostawiona na powietrzu ginie ostatecznie pod wpływem fermentów żywych (bakterij) i przetwarza się w odpadki mineralne (popiół) i gazy, wydzielające się w miarę ich tworzenia. Ten proces stopniowego utleniania nazywamy zniszczeniem (destruction); w masie roślinnej, otoczonej środowiskiem antyseptycznym, niepozwalającym na życie bakterij, np. pod pokryciem słonej wody morskiej, elementy antyseptyczne wstrzymują czynność zarówno enzymów, jak i bakterij, które częściowo mogły już rozpocząć swoją pracę. Wiemy, że drzewo może pozostawać w stanie niezmienionym pod wodą morską czas nieokreślony. Masa roślinna, nie znajdująca się w warunkach antyseptycznych, lecz izolowana od wpływu powietrza, np. pod warstwą wody słodkiej lub

¹⁾ Bertrand C. Eg. et Renault B., *Pila bibractensis et le boghead d'Autun*. Soc. d'histoire naturelle d'Autun. Bull. 5, 1892 — *Reinschia Australis*. Ibid. Bull. 6, 1893.

Renault B., *Sur quelques organismes des combustibles fossiles*. St. Étienne, 1899, 1900.

Renault B., *Du rôle de quelques bactéries fossiles au point de vue géologique*. VIII Congr. géol. intern. Paris 1901.

Bertrand C. Eg., *Charbons géologiques et charbons humiques*. VIII. Congr. géol. intern. I, 1901.

— *Ce que les coupes minces des charbons de terre nous ont appris sur leurs modes de formation*. Congr. intern. des mines etc. section géol. appl., Liege 1905.

¹⁾ Lemièr, *Sur la transformation des végétaux en combustibles fossiles*. Congr. intern. VIII session. Comptes rendus I. Paris 1901 i w Bull. de la Soc. de l'Industrie Minérale, 3 ser. 1907.

²⁾ Zwęglanie, czyli Verkohlung, jest przetworzenie drzewa czyli każdej masy roślinnej w węgiel przy niepełnym spalaniu jej.

pośród osadów, w dalszym ciągu pozostaje pod wpływem obydwóch fermentów i przetwarza się albo w torf, albo w węgle brunatne i kamienne.

Protoplasma, czyli substancja żywych tkanek roślinnych, oprócz złożonych substancji białkowych zawiera fermenty; głównym ośrodkiem tych fermentów (enzymów) są owoce i nasiona, i każde skupienie masy roślinnej zawiera tem więcej takich fermentów, im więcej w niej jest owoców i nasion w stanie dojrzałości. Drobnoustroje (bakterje), zwykle obfite w powietrzu, wodzie, glebie, wydzielając enzymy, przetwarzają węglowodany celulozy, ligniny, krochmalu, tłuszczów, proteinów i t. d. w stan rozpuszczalny i następnie wywołują fermentację masy. Ferment (diastaza i inne), zawarty w owocach, nasionach lub uwolniony przez bakterje (żywe fermenty), stopniowo przetwarza węglowodany masy roślinnej w ciasto humusowe, które, jak stwierdzają badania węgli pod mikroskopem, jest zasadniczą masą koloidalną wszystkich węgli. Proces poprzedzający fermentację zwykle nazywają maceracją (rozmiękczeniem); w czasie jego wszystkie fermenty rozmieszczają się zupełnie równomiernie w całej masie, i ilość żywych fermentów stale się zwiększa.

Z początku proces jest aerobnym, t. j. odbywającym się przy udziale powietrza, a więc jest to proces utleniania. W miarę jak środowisko przechodzi w stan anaerobny (pod wodą, pod warstwami osadów) fermenty żywe rozkładają węglowodany na węglowodór (CH_4), dwutlenek węgla (CO_2), wodę (H_2O). Dla utworzenia po jednej cząsteczce H_2O , CO_2 i CH_4 potrzebne są dwa atomy C, trzy O i sześć H. Kosztem zużycia tlenu i wodoru masa pierwotna wzbogaca się w pierwiastek węgiel przy jednoczesnem wydzielaniu gazów i wody.

W miarę zwiększania się w środowisku ilości węglowodoru lub innych produktów aseptycznych proces takiej fermentacji musi być wstrzymany. Fermentacja ustaje sama przez się bądź wskutek tego, że produkty jej nie mogą podtrzymać życia bakteryj, bądź że drobnoustroje zużyją już całą substancję, zdolną do przyswojenia, bądź też wreszcie że temperatura wzrośnie powyżej pewnej granicy. Od tego momentu przerywają się dalsze zmiany materiału pierwotnego, jakkolwiekby był długim czas następny, chyba że nastąpią jakieś nowe przyczyny zewnętrzne (geochemiczne). Działalność fermentów rozpuszczalnych i żywych zdążyła już doprowadzić materiał do stanu rozkładu wszystkich tkanek, przetworzyła materiał w stan żelatynowy i wzbogaciła masę w węglowodory i węgiel. Nastąpiła pewna „karbonizacja” materiału, lecz jeszcze nie owęglenie jego (houillification). Jednocześnie z takimi chemicznymi i mikrobiologicznymi procesami wzrasta ciśnienie masy pod ciężarem narastającego nadkładu; ciśnienie doprowadza do bliższego zetknięcia się masy z fermentami (diastazą), powoduje pewne uwar-

stwienie masy i ostatecznie przetwarza ją w węgiel kopalny.

Diastazy (enzymy) rozpuszczalne są czynnikiem maceracji; żywe fermenty są czynnikiem karbonizacji, a antyseptyki są czynnikiem zachowania części rozmiękczonego materiału od zupełnego rozkładu.

W węglach antracytowych żywe fermenty wykonały maksimum roboty i kopalina zawiera do 95% węgla. Dla węgli kamiennych charakter kopaliny zależał więcej od przewagi diastazy, co mogło być związane z typem flory okresu węglowego.

Przy tworzeniu się węgli brunatnych często warunki antyseptyczne następują wcześniej i węgiel pozostaje tylko w stanie lignitu, czyli węgla drzewiastego.

W torfowiskach fermentów rozpuszczalnych prawie niema, przeważa działalność drobnoustrojów, która jednak wstrzymuje się przedwcześnie wskutek nastąpienia warunków (obfitość kwasów humusowych), nieodpowiednich dla życia tych żywych drobnoustrojów.

Różny charakter kopalin palnych od torfu do antracytu można byłoby wytłumaczyć niejednakową zawartością diastaz w roślinach różnego wieku geologicznego i niejednakowym stopniem udziału czynników maceracji, fermentacji i antyseptyki. Zawartość gazów (CO_2 i CH_4) w węglach mogła zależeć od natury pierwotnego materiału, a może nawet od niejednakowej natury bakteryj. Lemière wykłuchał możliwość jakiegokolwiek znacznego wpływu zewnętrznego, fizycznego lub chemicznego, na proces tworzenia się węgli po tem, jak materiał organiczny został pogrzebany. Każdy typ węgla, jak antracyt, węgiel kamienny, brunatny, torf znajduje się w stanie stałym od czasu utworzenia się, skoro znikły diastazy i żywe bakterje; torf zawsze pozostanie torfem, brunatny węgiel nigdy nie zmieni się w kamienny, a ten ostatni w antracyt. Czas geologiczny nie może doprowadzić do żadnych większych zmian w materji martwej bez udziału innych czynników.

Taka teoria bakterjalna w swojej krańcowej pierwotnej formie jest teorią wyłącznie diagenetyczną, opartą na bardzo rzeczowych badaniach Renault'a i Bertrand'a, obejmujących jednak tylko kilka specjalnych gatunków węgla, jak boghead i kennelski, a nie zwyczajnych węgli kamiennych i antracytów, o których naturze było wiadomo jeszcze bardzo niewiele.

§ 3. Inna teoria, metamorficzna, szuka czynników przetworzenia torfu i brunatnego węgla w kamienne i antracyty przeważnie w ciśnieniu i temperaturze, a więc w fazie geochemicznej.

Pierwszy Spring¹⁾ wykonał doświadczenia z torfem, poddając go ciśnieniu do 600

¹⁾ Spring W., Recherches sur la propriété, qui possèdent les corps de se souder sous l'action de la pression. Ann. de la chimie et de physique. Ser. 3, XXII 1881.

atmosfer; torf przetworzył się w czarną masę o błyszczącym połysku, zupełnie stracił budowę roślinną, a po spaleniu go w zamkniętej rurce dawał szary koks z połyskiem metalicznym. Jednak otrzymany czarny produkt nie jest jeszcze węglem kamiennym, jak to dowiódł Zeiller na węglu z kopalni Towarkowskiej (zagł. Moskiewskie) i na torfie¹⁾. Węgiel Towarkowski (boghead) poddany ciśnieniu do 6000 i do 10000 atmosfer, tak samo rozpuszcza się w amonjaku jak i przed ciśnieniem; ilość substancji humusowej bynajmniej nie zmniejsza się w nim po takim ciśnieniu; ilość lotnych składników i twardego węgla pozostały takimiż, jak i przed doświadczeniem. Ciśnienie wpływa przedewszystkiem na fizyczne właściwości węgla jak twardość, połysk, ciężar gatunkowy; zmian chemicznych, jak przetworzenia substancji humusowych, można oczekiwać pod wpływem podniesienia temperatury.

Göppert poddał szczątki roślinne nagrzewaniu do 60—80°C w wodzie w przeciągu 5 miesięcy i otrzymał produkt, zewnętrznie podobny do węgla brunatnego²⁾.

Doświadczenia Cagniard Latour'a i Violette'a nad nagrzewaniem różnych gatunków drzewa i Fremy (1879) nad nagrzewaniem różnych materiałów roślinnych (cukier, krochmal, chlorofil) dały produkty podobne do węgla, lecz nie węgle. obrońcy hipotezy metamorficznej powołują się na ciągłe zmiany w węglu kamiennym w jego złożach, co wyraża się w tworzeniu się w nim gazu CH_4 (gazy wybuchowe, grisou). Prawdopodobniejszym jest jednak, że węglowodory, wydzielające się z węgla, były zatrzymane w nich mechanicznie i uwalniają się wskutek zmniejszenia ciśnienia w złożu i rozkruszenia węgla. Pod wpływem wysokiej temperatury, np. w zjawiskach metamorfizmu kontaktowego, węgiel brunatny przetwarza się w koks, lecz nie w węgiel kamienny lub antracyt. Węgle kamienne i antracyt dają pod wpływem metamorfizmu kontaktowego grafit i takie odmiany, jak Kniesterkohle, Stengelkohle z podwyższoną zawartością gazu wybuchowego. Proces karbonizacji musiałby dawać również CO_2 , którego obecność np. w zagłębiu Allais, Waldenburskim i w Ostrawie zależy jednak raczej od przyczyn wulkanicznych, a nie od metamorfizmu węgla. Natomiast w węglach o słabym stopniu owęglenia, jak w brunatnych, proces owęglenia wyrażał się w wytworzeniu przeważnie H_2O i CO_2 , i w kopalniach węgla brunatnego jest spotykany gaz węglowy (CO_2), lecz nie metan (CH_4), jak w kopalniach węgla kamiennego.

Późniejsze doświadczenia Bergius'a nad nagrzewaniem torfu i celulozy do 340°C w spe-

cialnych bombach (autoklawach, a więc pod ciśnieniem) w obecności wody dały produkt bardzo zbliżony do zwykłego tłustego węgla z 84,8 C; proces odbywał się z wydzielaniem CO_2 . Dalsze nagrzewanie tego produktu pod ciśnieniem do 5000 kg na 1 cm^2 dało masę podobną do antracytu z 87,2% C, i ten proces odbywał się z wydzielaniem przeważnie CH_4 w ilości do 70—80%¹⁾. Te doświadczenia przytaczają również jako dowód, że celuloza, ten główny składnik każdej masy roślinnej, jest źródłem substancji węglowej w węglach brunatnych i kamiennych.

Geologiczne warunki złóż węglowych warunkują jednak odgazowanie węgla, t. j. przetworzenie węgla płomienno w węgle tłuste, chude i nawet antracyt, czyli stopniowe zmniejszenie w węglu lotnych składników, a gazy uwalniane w ten sposób zachowują się albo w samym węglu, albo ulatniają się w skały otaczające, o ile są one szczelinowate.

§ 4. Chemicy twierdzą, że mineralizacja materiału roślinnego może być procesem fermentacji tylko w pierwszej fazie mineralizacji, a następna jest karbonizacją (owęglaniem) bez fermentacji²⁾.

Rozkładu węglowodanów masy roślinnej nie można otrzymać przez fermentację przy temperaturze zwykłej; początek takiego procesu następuje przy 130°C, co już wyklucza bezpośredni udział bakterii; fermentacja bakterienna może być jedynie jednym z powodów stopniowego zwiększenia temperatury w całej masie. Następna faza może być wynikiem samonagrzewania masy, jak to bywa z sianem, mąką, lnem, i t. d., przyczem taki proces może odbywać się i bez dostępu powietrza, gdyż tlen potrzebny dla takiego samonagrzewania otrzymuje się z samego materiału. Przeciwno tej hipotezie samonagrzewania przemawia owęglenie do stanu węgla nieznacznych warstewek materiału roślinnego, nawet poszczególnych szczątków roślinnych w utworach osadowych.

Myśl Hofmanna jest w pewnym związku z twierdzeniem Höfera i innych³⁾, że sam proces owęglenia może być źródłem ciepła potrzebnego dla przetworzenia węgla niższych rzędów w węgle — wyższych. Twierdzenie to opiera się na tem, że w złożach węglowych, co do których można przypuszczać, iż jakiegokolwiek wpływy zewnętrzne na obniżenie lub podwyższenie temperatury (krążenie wody, powietrza, charakter nadkładu, procesy utlenienia) są wykluczone, stopień geotermiczny zwykle jest mniejszy, niż w warunkach takiegoż układu geologicznego lecz bez pokładów węgla, inaczej mówiąc, pokłady węgla większej grubości mają temperatu-

¹⁾ Zeiller R., Note sur la compression de quelques combustibles fossiles. Bul. de la Soc. géol. de France. Sér. 3. XII, 1884.

²⁾ Muck, Die Chemie der Steinkohle, 1891.

¹⁾ Bergius, Die Anwendung hoher Druck bei chemischen Vorgängen und eine Nachbildung der Entstehungsprozesses der Steinkohle Knapp, Halle a. S. 1913.

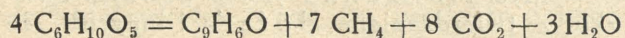
²⁾ Hofmann, Zur Theorie der Steinkohlenbildung Zeitschr. für angewandte Chemie, 1902, Heft 33, str. 821—831.

³⁾ Petraschek, Kohlengologie, str. 48—49.

rę wyższą, niż skały otaczające. Fakty zanotowane na różnych kopalniach i przy wierceniu są jednak bardzo sprzeczne. Dokładne badanie nad zmianą węgla w pobliżu skał wybuchowych doprowadza do wniosku, że piaskowce i łupki, zwykłe skały otaczające pokłady węgla, są lepszymi przewodnikami ciepła od węgla, i to od dwóch do czterech razy¹⁾; jest więc bardzo wątpliwym, aby ciepło procesu owęglenia mogło nagromadzać się w pokładach węgla bez wyładowania w skały boczne.

§ 5. Dwadzieścia pięć lat temu H. Potonié w znakomitem swym dziele²⁾ streścił poglądy na tworzenie się różnych gatunków węgla.

Źródłem pierwiastku węgla jest dwutlenek węgla, znajdujący się w olbrzymiej ilości w atmosferze. Część dwutlenku węgla powietrza stale zużywają rośliny zielone, pochłaniające swoim ulistnieniem CO₂, który działalnością promieni słonecznych i chlorofilu rozkłada się na węgiel i tlen. Węgiel wstępuje w związki z wodą i odżywczymi roztworami, które roślina otrzymuje z gleby zapomocą korzeni; w ten sposób powstają różne węglowodany, tłuszcze i białka, idące na budowę ciała roślin, a tlen wraca z powrotem w powietrze. Gdy roślina umiera zaczynają się procesy rozkładu. Protoplasma, czyli żywa materia żelatynowa rozkłada się przedewszystkiem; błonnik (celuloza C₆H₁₀O₅), z którego różnych przetworów zbudowane są organy roślinne, ulega częściowej dezoksydacji i dehydrogenizacji, wytwarzając CO₂ i CH₄; ilości C i H niezużyte przy tym procesie, wstępują w nowe związki w formie kwasów humusowych i węglowodorów; pierwsze są rozpuszczalne w wodzie, węglowodory dają produkty gazowe, płynne i stałe, a produkt ostateczny zawiera w stosunku do H i O więcej węgla, niż materiał pierwotny, co zwykle wyraża się równaniem:



gdzie C₉H₆O odpowiada chemicznemu składowi węgla z 83,1% C, 4,6% H i 12,3% O. Rośliny zielone wytwarzają więc tlen powietrza, węglowodany jako pokarm dla świata zwierzęcego i dają w pozostałości węgiel.

Przy różnych warunkach procesy rozkładu przechodzą niejednokrotnie, dając inne produkty.

1. Przy wolnym dostępie tlenu powietrza, np. na powierzchni przepuszczalnej gleby, materiał roślinny przetwarza się działalnością bakterij w wodę i kwas węglowy, nie pozostawiając żadnych pozostałości stałych, oprócz

części popiołu mineralnego. Jest to proces zniszczenia (Verwesung, destruction).

2. W środowisku wilgotnym i przy znacznej ilości materiału, tworzącego na glebie pewną powłokę, stale nasyconą wodą, ilość tlenu może być niedostateczna dla pełnego zużycia materiału roślinnego, np. na glebie leśnej, i proces bakterjalny (aerobny) nie może dobiegać końca. Materiał roślinny przetwarza się w wodę i CO₂ kosztem części węgla materiału pierwotnego, a pozostająca masa stosunkowo wzbogaca się w węgiel; taka masa nosi nazwę ziemi zbutwiełej, gnijącej (Moder, terreau, peregronj po rosyjsku). Ten proces butwienia, (Vermoderung, tworzenia się terreau), prowadzi do tworzenia się humusu (próchnicy) o reakcji alkalicznej lub neutralnej.

3. W środowisku wodnym, kiedy materiał roślinny skupia się pod warstwą wody, zlekka jednak aerowanej, a więc nie grubej, ilość tlenu może być jeszcze mniejsza i proces tworzenia się wody, CO₂ i CH₄ może być wolniejszy. Działalność bakterij przechodzi w stan anaerobny, a w miarę rozwoju pozostałości humusowej (w tym przypadku kwasnej) proces bakterjalny wstrzymuje się zupełnie, jak w środowisku aseptycznym. Pozostałość jest bogatsza w węgiel, niż ziemia zbutwieła, i nazywa się torfem (proces otorfienia, Vertorfung, tourbification).

4. W środowisku zupełnie pozbawionem tlenu, więc pod warstwą wody znacznie większą, lecz stojącą bez ruchu, np. w środkowych częściach jezior i bagien, materiał organiczny, nagromadzający się w takich warunkach, ulega pod wpływem bakterij anaerobnych bardzo powolnemu procesowi rozkładu (fermentacji, Fäulniss, putrefaction). Sam materiał jest inny, niż w poprzednich przypadkach, bo przeważnie pochodzący z organizmów wodnych roślinnych (wodorosty) i zwierzęcych (drobne skorupniaki, mięczaki, łuski i kości ryb, kołpaki). Taki płynny gnijący materiał organiczny otrzymał nazwę sapropelu (z greckiego saps — zgniły i pelos — il); z części roślin lądowych przyjmują w nim udział tylko organy lekkie, jak spory i pyłek kwiatowy. Materiał ten jest obfity w tłuszcze i białka.

Odpowiednio do różnych procesów rozkładu materiału pierwotnego, a również i samego materiału, Potonié podzielił skały palne (Kaustobiolithe) na trzy klasy.

I. Skały humusowe, powstałe przez butwienie i otorfienie, które, przy specjalnych warunkach, mogą doprowadzić do utworzenia się węgla humusowych, powstałych ze szczątków roślin lądowych. Nagromadzanie następuje, jak w dzisiejszych torfowiskach, przez stopniowe wymieranie roślin w miarę grzebania ich warstw dolnych i rozwoju nowych form na wolnym powietrzu. Proces otorfienia doprowadza do wzbogacenia pierwotnego materiału w węgiel czyli do owęglenia (Inkohlung, houillification); tego procesu nie na-

¹⁾ Mc Farlane George C., Igneous Metamorphism of Coal Beds Econ. Geol., 1, 1929.

²⁾ H. Potonié, Die Entstehung der Steinkohle und verwandter Bildungen einschliesslich des Petroleums. Berlin 1905.

leży mieszać z innym — z węglaniem (Verkohlung, carbonisation), t. j. przetworzeniem roślinnego materiału w węgiel na powierzchni ziemi (np. przy niezupełnym spalaniu drzewa). Do węgli humusowych należą wszystkie gatunki zwykłych błyszczących węgli, od płomienno do antracytu. Przez zwiększenie ilości domieszek nieorganicznych takie węgle mogą dawać wszystkie formy przejściowe do łupków węglowych.

II. Skały sapropelitowe powstałe przy warunkach gnicia z materiału organicznego roślin, częściowo zwierząt, przeważnie wodnych, czyli z sapropelu; nagromadzenie jego w czystym stanie może doprowadzić do utworzenia się węgli sapropelitowych, jak boghead i kennelski. Przy zwiększeniu ilości domieszek nieorganicznych (ilu gliniastego, wapiennego lub nawet szczątków organizmów wapiennych) powstają skały sapropelitowe jak łupki bitumiczne, wapienie cuchnące i inne. Takie skały i węgle zależnie od pierwotnego materiału są wzbogacone w wodór czyli w węglowodory i sam proces otrzymał nazwę bituminizacji. Do węgli sapropelitowych zaliczył Potonié nie tylko boghead i węgiel kennelski, lecz także i węgiel matowy z większą zawartością składników lotnych.

III. Liptobiolity (od leptos - porzucony)

W skład materiału roślinnego wchodzi też substancje bardzo odporne na rozkład, jak wosk, żywica czyli smoła, naskórek; chociaż są to substancje w składzie roślin stosunkowo mniej rozpowszechnione, mogą one też dawać skupienia mineralogiczne, jak bursztyn, lub nagromadzenia naskórka, jak tasmanity w permskich utworach Australji i inne.

Proces owęglania (Inkohlung) jest według Potoniégo, tylko przedłużeniem otarwienia i między nimi nie można przeprowadzić żadnej granicy; czynniki geologiczne (ciśnienie, ciepło) tylko przyspieszają ten proces, prowadząc do utworzenia się różnych gatunków węgla tak pośród humusowych, jak i sapropelitowych, o niejednakowym stopniu owęglania.

Dzieło Potoniégo obejmowało w swoim czasie mniej więcej całą naszą wiedzę o węglach, i jeszcze w r. 1924 R. Potonié¹⁾ powtarza bez zmiany tezy swego ojca. Dopiero w ostatnich latach od r. 1918 chemiczne i petrograficzne badania węgli wnoszą nowe poglądy w stosunku do chemicznej i fizycznej budowy i łącznie z tem do genezy węgli.

Do ostatniego czasu utrzymywało się przekonanie, że tylko węgle błyszczące są węglami humusowymi, a węgle matowe są węglami sapropelitowymi; wyrazy błyszczący i humusowy, matowy i sapropelitowy, używano jako jednoznacznych. Oprócz dwóch gatun-

ków węgla — błyszczącego i matowego, różniano w węglach kamiennych jeszcze węgiel włóknisty (Faserkohle, mineral charcoal), który ma wszystkie cechy zwykłego węgla drzewnego, i zjawia się tylko w postaci domieszki do węgla przeważnie błyszczącego. Te trzy odmiany węgla mogą być odróżnione gołym okiem (megaskopowo czyli makroskopowo).

IV. Nowoczesne dążenia do poznania chemicznej i fizycznej budowy węgli kopalnych.

Każdy węgiel kopalny jest minerałem złożonym z pierwiastków węgla, wodoru, tlenu, azotu, siarki w różnych ilościowych stosunkach z domieszką popiołu i wody. Analiza chemiczna nie daje jednak obrazu budowy węgla, gdyż węgiel jest właściwie mieszaniną różnych związków chemicznych, często bardzo złożonej budowy, a fizycznie węgiel jest złożonym konglomeratem szczątków roślinnych, które w różnym stopniu¹⁾ uległy rozkładowi i wpływom wzajemnym.

Analiza chemiczna węgla, bardzo ważna naukowo i technicznie, daje tyle tylko pojęcia o liczbie i rodzaju związków chemicznych w węglu, ile dałby pojęcia o słowach i myślach zawartych w jakiejś książce procentowy stosunek ilości znajdujących się w niej liter. Jak czytelnik musiałby umieć połączyć litery w słowa, a te ostatnie w zdania, tak i chemik musi łączyć atomy w cząsteczki, a cząsteczki w odpowiednim stosunku — w składniki węgla, aby otrzymać właściwy obraz jego budowy²⁾. Dzisiaj usiłują oprzeć badania chemji węgla albo na podstawach biochemji roślin i na przemianach chemicznych odbywających się podczas procesów rozkładu i fermentacji, albo na otrzymaniu bezpośrednio z węgla różnych związków chemicznych; odpowiednio do tego wyraźnie zaznaczają się dwie szkoły — niemiecka i angielska.

§ 1. Szkoła niemiecka. W Niemczech Franz Fischer i jego współpracownicy z Instytutu badania węgla w Mühlheim rozpoczęli badania budowy chemicznej węgla kamiennego i brunatnego, posilkując się ekstrakcją poszczególnych składników węgla za pomocą różnych rozpuszczalników, stosując reakcję z różnymi odczynnikami, rozkładając węgiel przez ciepło i ciśnienie, i porównywali otrzymywane wyniki z badaniem stosunków biochemicznych dwóch głównych składników roślin — ligniny i celulozy.

Jedną z metod wydzielania z węgla grup różnych składników jest poddawanie go działaniu rozpuszczalników organicznych, jak piry-

¹⁾ A. C. Fieldner a. J. D. Davis, Modern Views of the Chemistry of Coals of Different Ranks as Conglomerates. Trans. Amer. Inst. of Min. a. Metal. Eng. N. 1453 — F, 1925.

²⁾ Franz Fischer, Ueber den Stand der Kohlenforschung. Schriften der Brennkrafttechnischen Gesellschaft. N. 1, Wilh. Knapp, Halle am Saale 1919.

¹⁾ R. Potonié, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin 1924.

dyna, benzol, fenol, chloroform, eter i t. d. Materiał wyciągany z węgla w taki sposób bardzo łatwo utlenia się i polimeryzuje, a więc niema pewności, że składnik otrzymany ostatecznie rzeczywiście istnieje w węglu jako taki. Nie mniej jednak otrzymywanie wyciągów za pomocą rozpuszczalników obojętnych jest może najwłaściwszą metodą; do takich rozpuszczalników należą pirydyna i benzol pod pewnym ciśnieniem. Ilość wyciągu pirydynowego waha się od zera dla antracytu, do 40% dla węgla gazowego. Wyciągi otrzymane na przód przy pomocy wrzącej pirydyny, a następnie chloroformu można podzielić, według angielskiego chemika Wheeler'a, na trzy grupy, nazwane składnikami: alfa, beta i gamma.

Produkt Alfa — nierozpuszczalny w pirydynie, jest proszkiem barwy brunatnej, który przy destylacji destruktywnej nie topi się, daje gaz i niewielką ilość smoły złożonej z fenoli. Z części rozpuszczalnej można otrzymać — produkt Beta — rozpuszczalny w pirydynie i nierozpuszczalny w chloroformie; jest on podobny do produktu alfa. Produkt Gamma rozpuszczalny w pirydynie i chloroformie, podobny do żywicy lub laku, topi się przy 100°C. Destylacja destruktywna daje gaz i smoły złożone z olefinów, parafinów i naftenów. Pozostałość stapia się i daje koks.

Wheeler wywnioskował, że produkty α i β pochodzą z celulozy, a produkt γ — z żywicowych składników węgla.

Fischer i Schrader, którzy dalej rozwinęli metodę Wheeler'a, twierdzą, że celuloza skutkiem działalności bakterjalnej przetwarza się w metan, CO_2 i wodę podczas biologicznej fazy rozkładu materiału, a główną część węgla stanowią produkty przetworzenia ligniny. Według tych chemików węgiel humusowy (kamienny i brunatny) ma budowę chemiczną benzolową (aromatyczną) i z tej przyczyny przy destylacji daje fenole. Smoły węgla kamiennego zawierają do 50% fenoli, smoły zaś węgla brunatnego znacznie mniej, bo węgle te są stosunkowo bogatsze w bituminy, dające węglowodory. Budowę związków aromatycznych ma właśnie lignina, podczas gdy celuloza ma budowę zasadniczo inną, alifatyczną (tłuszczową), lub furanową, i można z niej otrzymać tylko ślady kwasów benzolowych. Jeżeli produkty, otrzymywane z węgla znajdują się w związku z materiałem pierwotnym, trzeba by było uznać, że węgle humusowe powstają przeważnie z ligniny. Chemicy ci nie mogą się zgodzić na to, aby wskutek procesu owęglenia produkt o budowie aromatycznej, t. j. węgiel humusowy, mógł powstać z produktów o budowie celulozy. Inny chemik, Donath, sądzi jednak, że stosowaniem gwałtownych środków w laboratorium można doprowadzić do tego, że węglowodany o budowie furanowej giną i zjawiają się związki rzędu aromatycznego.

Botanicy i geologowie, jak Gothan¹⁾ i R. Potonié²⁾ są jednak odmiennego zdania, a mianowicie tego, że główna część pierwotnego materiału węgli pochodzi z celulozy, podobnie jak i w torfie czasu dzisiejszego, w którym można stwierdzić obecność materiału drzewnego (ligninowego) i celulozy, tembardziej, że tkanki drzewne są właściwie zbudowane z celulozy w pewnym stanie jej przetworzenia. Joh. Walther sądził, że wśród flory czasów paleozoicznych właściwe formy drzewne posiadały znaczenie drugorzędne, ustępując ilościowo formom krzewiastym; badania botaniczne coalballs nie potwierdzają tego zapatrywania, gdyż conajmniej trzecia część form, znajdujących się w tym skamieniałym torfie należy do roślin drzewnych. Według Gothana i Potoniégo, nie różnica w typie flory powodowała różnorodność węgla, lecz właściwie zależało to raczej od niejednakowych warunków paleogeograficznych czasów paleozoicznych i nowszych. Torfy z czasów węgla brunatnego powstawały prawdopodobnie w warunkach bardziej suchego klimatu w porównaniu z klimatem karbonu, więc rozkład celulozy w węglu brunatnym odbywał się w warunkach dalej posuniętego butwienia (Vermoderung): więcej znikało celulozy, oraz więcej pozostawało ligniny. Zasadniczej różnicy w ilości tkanek drzewnych pomiędzy roślinnością karbonu a trzeciorzędu nie było i naogół drzewne części roślin przyjmowały ilościowo mniejszy udział w tworzeniu się węgla, podobnie jak i dzisiejszego torfu, niż krzewy z ich budową przeważnie celulozową.

Fischer i Gluud³⁾ zastosowali dla rozdzielenia węgla na poszczególne składniki metodą ekstrakcji zapomocą benzolu przy temperaturze 275°C i ciśnieniu 55 atm. Pozostałość nie mająca zdolności do koksowania, jest podobna do produktów α i β , natomiast składniki wyciągnięte są czynnikami koksowania i pęcznienia węgla przy jego destylacji destruktywnej. Te rozpuszczalne składniki autorzy nazywają „bitumicznymi” (ciała żywicowe); przez następne działanie benzyny dają one produkty olejowe, które właśnie nadają koksovi zdolność do spiekania się (cementowania), oraz produkty nierozpuszczalne, podobne do wosku, nadające koksovi zdolność do pęcznienia.

W koksującym się węglu te bitumiczne składniki topią się przy temperaturze 300 — 350°C i stopniowo rozpadają się, dając gazy i pozostałość o stale wyższym punkcie topienia; ta pozostałość ostatecznie twardnieje, prowadząc razem z cząsteczkami węgla do utworzenia zbitego koksu. Węgle z większą zawartością składników lotnych mają tą właściwość, że wskutek destylacji znacznej części zawar-

¹⁾ Glückauf, 1923, str. 389.

²⁾ R. Potonié, Einführung in die allg. Kohlenpetrogr. 1924, str. 88-9.

³⁾ Gesam. Abhandl. zur Kenntnis d. Kohle, 1917—1922.

tych w nich bituminów przechodzą bezpośrednio w materię lotną bez jej poprzedniego rozkładu i dają tylko koks porowaty i słaby. Węgłe chude nie dają zupełnie koksu, bo związki bitumiczne, znajdujące się w nich już w małej ilości, ulegają rozkładowi jeszcze przed tem, niż zostaną one nagrzane do temperatury ich topnienia.

Węgiel przy nagrzewaniu bez dostępu powietrza rozpada się na wchodzące w skład tego konglomeratu związki chemiczne, które prawdopodobnie działają jedne na drugie, dając produkty gazowe, płynne i stałe. Stosunkowe ilości tych produktów i ich natura zmienia się zależnie od rzędu i gatunku samego węgla i również zależnie od temperatury i ciśnienia. Przy destylacji powolnej w vacuo (próżni) i przy stopniowym podwyższaniu temperatury, otrzymywane pary mniej ulegają wtórnym reakcjom, niż to ma miejsce przy wysokiej temperaturze (1000 — 1200°C), którą stosują przy zwykłym koksowaniu węgla.

Destylacja przy niskiej temperaturze stanowi więc również jedną z metod do badania chemicznego składu węgla, lecz i w tym przypadku produkty otrzymywane są raczej wynikiem reakcji w samym konglomeracie i wynikiem nagrzewania, a nie stopniowej destylacji, czyli wydzielenia tych składników z samego węgla.

Oddzielna destylacja przy niskiej temperaturze produktów α , β i γ , wykazała, że α i β dają mało płynnych produktów, złożonych przeważnie z fenoli; natomiast γ daje 40—50% destylatów, które poniżej 400°C składają się z parafinów, olefinów i naftenów. Destylacja węgla przy niskiej temperaturze uzyskała znacznie sposobu technicznego dla otrzymania z węgla węglowodorów płynnych.

Opierając się na wynikach doświadczeń Fischer'a, przypuszczają ogólnie, że naturalne procesy metamorfizmu (ciśnienie i ciepło) prowadzą nietylko do stopniowego odgazowania węgla, t. j. do wydzielenia z nich pewnej ilości produktów rozpadu, jak CH_4 , CO_2 i H_2O , lecz również do jakościowego przegrupowania związków (np. do stanu tych związków, które Fischer nazywa bitumicznymi) w organicznej masie węgla; przy takim przegrupowaniu z węgla gazowych mogą powstać węgle koksujące się, a te ostatnie przy dalszym posunięciu metamorfizmu stopniowo tracą swoją zdolność do koksowania, zbliżając się ostatecznie do węgla chudych i antracytów.

Znakomite wyniki techniczne prac Fr. Fischer'a i Bergius'a usunęły w cień skromne dążenia geologów do wyjaśnienia natury węgla. Bergius wysunął na pierwszy plan badania laboratoryjne i techniczne, dążące do syntezy sztucznego węgla i dopiero od roku 1914 w Niemczech można zauważyć niejaki ożywienie w kierunku zainteresowania się petrograficznymi badaniami węgla, uznanymi przez praktykę górnictwa za potrzeb-

ne przy niektórych zagadnieniach sortownictwa węgla.

§ 2 Szkoła angielska. Zadaniem badania przyrody węgla jest dokładne poznanie morfologii tkanek pierwotnych roślin w węglu i ustosunkowanie się do takich tkanek specjalnych substancji chemicznych, które znajdują się w węglu, lub mogą być z niego otrzymane. Każda grupa czystych tkanek, wolnych od substancji węglowej i otrzymanych z węgla w ilości dostatecznej dla zbadania ich przy różnych warunkach nagrzewania i dla określenia przyrody produktów ich destruktywnej destylacji, dałaby materiał do rzeczywistego poznania przyrody węgla.

W Anglii Wheeler, Tideswell, Marie C. Stopes i inni starają się wyodrębnić poszczególne składniki, lub grupy podobnych składników w węglu i porównać ich własności z własnościami podobnych składników znajdujących się w roślinach dzisiejszych.

Wnikanie w istotę każdej grupy szczątków roślinnych, albo produktów ich rozpadu w węglu było przyjęte za podstawę badania budowy i składu węgla w Anglii w Safety in Mines Research Board przy wydziale Fuel Technology uniwersytetu w Sheffield¹⁾. Przedewszystkiem zwrócono uwagę na bezpostaciowy produkt rozkładu roślin, który można otrzymać w postaci brunatnych skupień przez osadzenie alkalicznego wyciągu ze spróchniałego drewna wiązu zapomocą kwasu; od łacińskiej nazwy wiązu (ulmus) pochodzi i nazwa tej substancji „ulmina“, czyli jak nazywają w Niemczech i Francji = „humus“ (próchnica). Obecność tej substancji można stwierdzić w każdym materiale roślinnym, który uległ rozkładowi, jak np. w glebie, torfie, węglu brunatnym i kamiennym. Chemiczny skład humusu jest zawsze mniej więcej jednakowy — 50 — 60% C, 4,5 — 6% H, 30—40% O i 0,5—2,0% N. Substancje podobnego typu były otrzymywane także sztucznie z materiału roślinnego, cukru, fenolu, a również przez utlenienie ligniny w obecności alkaliów. Jednak dokładna budowa (constitution) humusu pozostaje nieznana. Większość chemików przychodzi dziś do wniosku, że humusowa substancja powstaje zarówno z ligniny, jak i z celulozy roślin; destruktywna destylacja humusu wykazuje jego podobieństwo zarówno do ligniny, jak i do celulozy. Humus torfu, uważany za produkt rozkładu celulozy, ligno-celulozy i proteinów, według niektórych badaczy angielskich zdaje się być wynikiem raczej chemicznych, niż bakterialnych czynników. Co do stopnia udziału humusu w budowie węgla, to istnieją różne zdania; można uważać, że humus przyjmuje szeroki udział w budowie węgla, czemu bynajmniej nie przeczy fakt, że w węglu znajdu-

¹⁾ F. V. Tideswell a. R. V. Wheeler, The Constitution of Coal Trans. Am. Ins. Min. a. Metal. Eng. Nr. 1429-L, 1925.

jemy sporo szczątków roślinnych, widocznych w każdym przekroju węgla; nie bacząc jednak na ilość takich szczątków, ich udział wagowy w węglu nie jest znaczny.

Pierwotny materiał roślinny węgla i te produkty, które w węglu są źródłem związków organicznych, można podzielić na trzy grupy:

1) Materiał opierający się rozkładowi. Najważniejszymi są tu: a) nabłonnik (exiny) spor i tkanki kutynowe; b) żywice.

2) Materiał łatwiej ulegający rozkładowi. Do tej grupy należą: a) tkanki zorganizowane, jak celuloza i lignina, albo b) substancje bezpostaciowe, jak zawartość komórek roślinnych (protoplasma i jej produkty).

3) Produkty rozkładu — humus (ulmina).

Nagromadzenie szczątków roślinnych na jednym z pierwszych stadiów ich rozkładu składa się przeważnie z materiału dwóch pierwszych grup, lecz pewne zmiany zaczynają już zaznaczać się nawet w torfie w jego dolnych warstwach. Materiał pierwszej grupy znajduje się w formie prawie niezmienionej; celuloza i lignina albo już ulegają pewnym zmianom, jak dehydratyzacja i humusowanie, zwłaszcza razem z protoplazmą komórek, albo zupełnie giną. Humusowanie jest głównym procesem chemicznym, zachodzącym podczas rozkładu materiału roślinnego i proces ten postępuje tem dalej, im starsze są utwory. Młody torf daje tylko 10—20% materiału rozpuszczalnego w alkaliach, a ze starego (dojrzałego) torfu można wyciągnąć do 70—80%.

W osadzie tak starym, jak węgiel kamienny, materiał każdej z tych trzech grup nie mógł pozostać w stanie niezmienionym. Naskórek spor, nabłonnik i żywica nie ulegają wielkim zmianom, lecz celuloza razem z bardziej oporną ligniną i zawartością komórek zostaje przetworzona w bezpostaciowy humus, albo w produkty pochodne. Materiał grupy 2a, złożony ze zmienionych, lecz jeszcze nie zhumusowanych tkanek drzewnych, znajduje się w lignitach i węglach kamiennych. Znajdujący się w węglu materiał o wyraźnej budowie komórkowej (tkanki) z grupy 2a chemicznie nie różni się znacznie od bezpostaciowego humusu, w przeciwieństwie z materiału grupy 1.

W osadach dzisiejszych, jak torf, materiał rozpuszczalny w alkaliach stanowi znaczną część; w węglu znajdujemy już inne stosunki; ilość rozpuszczalnego materiału stopniowo zmniejsza się w węglach należących do grup wyższych (węgle tłuste i antracyty). Stąd można byłoby wyciągnąć różne wnioski; nieobecność rozpuszczalnego humusu w węglach może być wynikiem tego, że ich sposób powstawania jest inny, niż torfu, albo można przypuszczać, że następują z czasem zmiany w naturze humusu wskutek zgęszczenia cząsteczek, dehydratyzacji ich i utraty grupy karboksylowej (CO—OH, charakterystycznej dla kwasów organicznych), co ostatecznie prowa-

dzi do tego, że humus traci swą zdolność do rozpuszczania się w roztworach alkalicznych. Nasuwa to przypuszczenie, że bezpostaciowy materiał, który łączy (cementuje) obfite szczątki roślinne w węglu, był pierwotnie humusem rozpuszczalnym, podobnie jak ta humusowa materia, która otacza i przenika roślinne szczątki w torfie, tembardziej, że ilościowo ten materiał bezpostaciowy znajduje się w węglu w takim samym stosunku do organizowanych szczątków, jak to widzimy w dzisiejszych starszych pokładach torfu.

Od czasu r. 1905—1910, kiedy w stosunku do budowy i genezy węgla zyskały szerokie rozpowszechnienie poglądy H. Potoniégo, do r. 1917—1918 zostały osiągnięte duże postępy w samych metodach badania węgla pod mikroskopem; w Anglii praca Lomax'a,¹⁾ a w Stanach Zjedn. prace D. White, Thiessen²⁾ i Jeffrey³⁾, przygotowały już podstawę do rozróżnienia w węglu składników o różnej budowie morfologicznej i niejednakowej przyrodzie. W r. 1918 Wheeler i Stopes⁴⁾ dali program badania węgla i opublikowali pierwsze wyniki swoich badań petrograficznych.

Wheeler i Stopes zaproponowali wyróżnianie w paskowatym węglu (banded bituminous coal) czterech składników: vitrain, clarain, durain i fusain, wyraźnie widocznych pod mikroskopem. Vitrain jest masą błyszczącą i jednorodną, zupełnie nie zawierającą szczątków roślinnych; clarain zawiera w podobnej błyszczącej zasadniczej masie dużo takich szczątków; durain zawiera również dużo organizowanych części w zasadniczej masie o niejednorodnej i ziarnistej budowie; fusain zaś przedstawia wyłącznie szczątki drzewnych tkanek naczyniowych.

Dla badania przyrody węgla, mówią Stopes i Wheeler, koniecznym jest jednak wykształcenie takich paleobotaników, którzy mogliby w najmniejszych szczątkach roślinnych rozróżnić budowę tkanek. Samo badanie węgla ma na celu określenie tkanek roślinnych, z których powstał węgiel; główne tkanki, jak drewno, kutyna, kora, naskórek, różnią się składem chemicznym i odpornością przeciw rozkładowi, i badanie ma na celu poznanie, czy można na podstawie ustalonych szczątków wnioskować o samych tkankach, które dały węgiel i o ich wpływie na skład samego węgla i jego właściwości. Koniecznym jest również

¹⁾ Lomax James, The microscopic examination of coal and its use in determining the inflammable constituents present therein. Trans. Inst. Min. Eng., 42, 1912.

²⁾ White a. Thiessen, Origin of coal. Bull 38. Bureau of Mines, 1914.

³⁾ Jeffrey, Edw. C., On the composition and qualities of coal. Econ. Geol., vol. 9, 1914 — The mode of origin of coal. Journ. Geol., vol. 23, 1915.

⁴⁾ Wheeler R. V. a. Stopes Marie, Monograph on the Constitution of coal. Dep. of scientific a. industrial Research. London, 1918.

Stopes, On the four visible ingredients in banded bituminous coal. Proc. Roy. Soc., vol. 90, 1919.

poznanie natury tych procesów biochemicznych i chemicznych, które doprowadziły roślinne tkanki do ich dzisiejszego stanu w węglu. Trzeba zastanawiać się, np. nad takimi pytaniami, jak: 1) Dlaczego w jednych przypadkach budowa tkanek zachowała się, w innych natomiast zanikła? 2) W jakich przypadkach zawartość stwierdzona w komórkach jest pierwotną (np. smoły); kiedy jest skutkiem zgrubienia ścianek komórki za życia (sklerenchyma); a w jakich przypadkach takie zapelnienie komórek jest pośmiertne? Czy mamy do czynienia z pierwotną substancją komórek i ich wypełnieniem, czy też może ze zjawiskiem wtórnego zastąpienia (replacement), czyli metasomatyizmu? Dlaczego jedne tkanki np. drzewne, zachowują swoją budowę (fusain), a inne nie?

Trzeba zauważyć, że określenie fusain, vitrain, clarain, durain, jako czterech składowych części węgla (ingredients, constituents) nie odpowiada istocie rzeczy. Składowymi częściami są właściwie tkanki w różnym stopniu ich przetworzenia i otaczająca ich masa koloidalna; natomiast clarain i durain są właściwie pewnymi kompleksami tych czy innych składowych części w różnym stopniu ich przetworzenia. Na błędne rozumienie pod nazwami durain i clarain składowych części węgla pierwszy zwrócił uwagę Dav. White¹⁾.

Wheeler stwierdził też, że chemiczna budowa humusu w torfie i w vitrainie węgla jest podobna; najczystsza forma humusu jest „dopleryt”, znajdujący zwykle w dolnych partjach torfu. Podobieństwo morfologiczne doplerytu do vitrainu jest oczywiste, a chemicznie stanowią one substancje zbliżone; destylacja destruktywna jednej i drugiej substancji daje smoły jednego typu i jednakowe gazy, chociaż dopleryt daje znacznie większe ilości CO₂ i H₂O. To ostatnie wskazuje, że w doplerycie znajdują się grupy karboksylowe (CO.OH) i hydroksylowe (OH), które łatwo ulegają rozszczepieniu; różnica w składzie vitrainu i doplerytu może być wytłumaczona właśnie takim odszczepieniem poszczególnych grup. W miarę utraty takich utlenionych grup substancja traci zdolność rozpuszczania się w alkaliach i można oczekiwać dla vitrainu mniejszej rozpuszczalności w alkaliach i większej rozpuszczalności w rozpuszczalnikach organicznych, gdyż pozostałość stopniowo zbliża się budową do węglowodorów.

Humusową naturę substancji węglowej potwierdza również to, że węgiel przez utlenienie w przeciągu dłuższego czasu rozpada się na rozpuszczalny humus i szczątki roślinne²⁾, przyczem w odpadkach po rozpuszczeniu

otrzymują się tkanki o charakterze clarain, durain i fusain, a vitrain zupełnie przechodzi w rozpuszczalny humus.

Produkty gazowe otrzymywane przy różnych warunkach z vitrainu, clarainu i durainu są jednakowe, lecz ilościowo zmniejszają się w stosunku 1:0,9:0,7; w takim samym stosunku zmienia się dla tych składników i ich zdolność do reakcji (reactivity). Można przypuszczać, że każdy z tych składników składa się z dwóch typów substancji — czynnej (nietrwałej) i obojętnej (trwałej). Substancja czynna w każdym składniku jest prawdopodobnie humusowej natury; natomiast szczątki roślinne należą do substancji odpornej, obojętnej. Jakież są funkcje tych szczątków we własnościach węgla? Na to pytanie szkoła angielska nie daje jeszcze odpowiedzi. Wheeler i Clark przypuszczają, że różnice pomiędzy gatunkami węgla zależą od ilościowych stosunków składników trwałych i nietrwałych; antracyt zawiera tych ostatnich najmniej.

§ 3. Szkoła amerykańska. Węgiel jest utworzony z materiału roślinnego; chemia roślin jest nam lepiej znana, niż chemia węgla i zupełnie jest logicznem opierać się na chemii składników roślin i na badaniu produktów, otrzymywanych przy różnych warunkach rozkładu podczas tworzenia się torfu. Na takim paleobotanicznym i biochemicznym punkcie widzenia, stoją badacze amerykańscy, jak Dav. White i Thiessen¹⁾, którzy starają się ustalić pierwotne składniki roślinne we wszystkich stopniowych stadiach tworzenia się węgla w jego różnych rzędach (ranks) od torfu do antracytu.

Wychodząc z założenia, że geneza węgla jest podobną do genezy torfu, uważają oni, że najodpowiedniejszą metodą do poznania węgla jest badanie budowy chemicznej, składu i fizycznych własności torfu. Podstawą do znajomości torfu jest chemia roślin, oraz prawa rozkładu i przetwarzania się masy roślinnej w torf. D. White i Thiessen przyjmują za oczywiste, że: 1) torf powstaje jedynie w warunkach obecności odpowiedniej wilgoci; 2) rośliny rosną na tem samym miejscu, gdzie tworzy się torf; 3) wszystkie substancje roślinne przechodzą w podścielające je bagno; 4) wszystkie substancje podlegają całej serii faz rozkładu: a) na powietrzu powyżej poziomu wody, lecz w warunkach stosunkowo wilgotnych, b) powyżej poziomu wody, lecz pod pokrywą nagromadzonych szczątków roślinnych, c) pod zupełną pokrywą wody i nagromadzonych szczątków roślinnych.

Rozkład materiału roślinnego. Wśród bardzo różnorodnych składników ciała roślin w stosunku do ich roli w życiu rośliny można wyróżnić kilka grup:

¹⁾ White, Environmental Conditions of Deposition of Coal. Trans. Amer. Inst. Min. a. Metal. Eng. N. 1402 — J. 1925.

²⁾ Francis a. Wheeler, The Resolution of Coal by Oxidation. Trans. Am. Inst. Min. a. Met. Eng. N. 1430 — J. 1925.

¹⁾ Reinhardt Thiessen, The Constitution of Coal. Trans. Am. Inst. Min. a. Met. Eng. N. 1438 — L. 1925.

- 1) materiał kształtujący formy zewnętrzne (drewno);
- 2) materiał podtrzymujący życie (żywno — protoplazma);
- 3) materiał pokarmowy (cukier, soki, klej, skrobia);
- 4) materiał ochraniający różne organy (kora, naskórek);
- 5) materiał nieużyteczny (gumy).

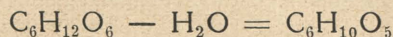
Z punktu widzenia chemicznego są to przeważnie węglowodany, najobfitsze w pierwiastek węgla i dające największą część tego, co nazywamy węglem, oraz ciała białkowe, jak protoplazma. Jedne z nich, jak cukry, są łatwo rozpuszczające się w wodzie, łatwo fermentują i służą jako materiał pokarmowy. Inne, jak gumy, bardzo trudno hydrolizują się i nie mogą służyć za pokarm ani dla zwierząt, ani dla mikroorganizmów. Kleje, wydzielane przez organy podobne do włosków na skórze liści i owoców, pektyny (cukry) zwykle w owocach i świeżych roślinach, jak marchew, brukiew — łatwo rozpuszczają się w wodzie; niektóre z nich hydrolizują się przez enzymy, wytworzone przez bakterje. Gumy (żywica) i oleje stanowią też część tkanek drzewnych.

Celuloza należy do najważniejszych składników roślin; odznacza się ona trudną rozpuszczalnością i znaczną odpornością na działania odczynników chemicznych. Wszystkie młode komórki powstające w żywej roślinie w jej tkankach twórczych (miazga czyli cambium) składają się z czystej celulozy. Z protoplazmy i soków zostają następnie wydzielone około celulozy tworzącej ścianki komórek i inne substancje; następuje proces inkrustacji, czyli lignifikacji tkanek i zespół takich tkanek nazywa się drewnem. Z drewna zapomocą ekstrakcji różnemi rozpuszczalnikami można wydzielić smoły, воск, tłuszcze, oleje etc.; pozostają nietkniętymi tylko celuloza i lignina, czyli to co nazywają lignocelulozą.

Według zdania jednych chemików celuloza ulega przemianie w ligninę; według innych — celuloza i lignina dają osobne połączenie; według jeszcze innych lignina jest produktem kondensacji celulozy z niewielką ilością cukrów (pentoz). Wreszcie niektórzy chemicy uważają ligninę za produkt koloidalnej absorpcji przez tkanki celulozy różnych substancji z twórczej miazgi roślin; celuloza i lignina tworzą więc mieszaninę koloidalną, a nie związek chemiczny.

Mogą być one rozdzielone w ten sposób, że, albo celulozę, albo ligninę można rozpuścić w tym czy innym odczynniku; np. celulozę można hydrolizować zapomocą kwasów, a ligninę zaś — rozpuścić w chlorku potasowym.

W stosunku do celulozy przyjmują, że podobnie jak skrobia, jest ona bezwodnikiem glikozy:



Można więc przypuszczać, że tworzy się ona przez odszczepienie wody z glikozy, t. j.

cukru. Chemicy nie są jednak zgodni, co do istnienia jednej celulozy, czy też rozmaitych w różnych grupach roślin.

Rozkład celulozy może odbywać się w drodze hydrolizy zapomocą kwasów, suchej (destruktywnej) destylacji i skutkiem działalności bakterji i grzybów. Przy tłumaczeniu genezy torfu zwykle mówi się tylko o trzecim sposobie rozkładu — biochemicznym.

Budowa chemiczna ligniny również nie jest ostatecznie ustalona; produkty rozkładu ligniny świadczą, że w skład jej wchodzi związki aromatyczne, jak fenol i inne, a również związki tłuszczowe (alifatyczne), pochodne metanu. Zdrewnienie tkanek można stwierdzić zapomocą różnych odczynników, czem właśnie i posługiwano się przy odkryciu ligniny w węglach kopalnych. Lignina słabo ulega działalności bakterji i grzybów; od grzybów zabezpiecza ją szczepionka, chociaż niektóre grzyby, zwłaszcza *Trametes pini*, działają na ligninę i nie działają na celulozę.

Kora, naskórek (kutyna) są tkankami ochraniającymi organy roślin; skład ich (suberyna w korze) nie jest dobrze znany; prawdopodobnie jest on zbliżony do tłuszczów, wosku i żywicy. Z olejów w tkankach roślinnych najwięcej rozpowszechnione są terpeny razem z żywicą (smoły), zwłaszcza w drzewach iglastych. Znajdują się one w specjalnych komórkach i zbiornikach w drzewie, korze i liściach. Oleje należą zwykle do węglowodorów nienasyconych. Żywice (smoły) są nierozpuszczalne w wodzie i kwasach, lecz łatwo w rozpuszczalnikach organicznych (benzol, eter, chloroform); bakterje nie działają na smoły i oleje, i te substancje mogą służyć jako środek antyseptyczny. Thiesen stwierdził, że zapomocą odpowiednich reakcji mikrochemicznych można ustalić obecność żywicy wśród innych składników w torfie i w węglu brunatnym, natomiast nie udaje się stwierdzić chemicznie, czy niektóre składniki, znajdujące się jako wypełnienie komórek nawet w znacznej ilości w węglu kamiennym, należą rzeczywiście do grupy substancji żywicznych.

Chemia roślin żyjących nie daje ostatecznie wiele danych do zrozumienia tego, co rośliny oddają węglowi, bo martwe rośliny nie wchodzi w skład węgla w ich stanie pierwotnym i nie wszystkie produkty roślinne wchodzi w skład węgla. Materiał roślinny przed rozpoczęciem się istotnego procesu owęglenia (coalification), ulega rozkładowi, czyli przetworzeniu biochemicznym.

Rozkład materji organicznej jest wynikiem działalności mikroorganizmów, czyli bakterji. Potrzebują one pokarmu dla budowy swego ciała i dla zaopatrzenia się w energję. Suma tych procesów, prowadzących do przemiany żywej materji, otrzymała nazwę metabolizmu i składa się z kilku poszczególnych faz: właściwej budowy czyli syntezy ciała organicznego-anabolizmu, zużycia czyli rozpadu jego

katabolizmu, zaopatrzenia w energię — fermentacji. Tylko ten ostatni proces może być odtworzony doświadczalnie bez udziału mikroorganizmów, a właściwa synteza ciał organicznych jest nam znana bardzo mało. Wiele organizmów żyje w celulozie, skrobi, tłuszczach, żelatynie i innych w wodzie nierozpuszczalnych, pokarmowych substancjach. Jednak proces rozwoju tych organizmów zależy od pokarmu rozpuszczalnego w wodzie, czyli takich substancji, które mogą przenikać (dyfundować) przez ścianki komórek i wstępować w zetknięcie z protoplazmą, w której właściwie i odbywają się procesy metabolizmu. Nierozpuszczalne substancje nie mogą przenikać przez ścianki komórek i pierwszym procesem działalności bakterji jest przetworzenie nierozpuszczalnych substancji w rozpuszczalne. To przetworzenie osiąga się na skutek wydzielania przez organizm innych substancji, które rozczepiają nierozpuszczalne produkty na rozpuszczalne składniki; te substancje noszą nazwę — enzymów (fermentów nieustrojowych). Rozpuszczalne produkty przenikają wskutek dyfuzji do komórek organizmów, gdzie zużywają się, czyli ulegają fermentacji zapomocą innych enzymów; w ten sposób przyswaja się materiał dla ciała tych organizmów i nagromadza się energia. Procesy metabolizmu składają się więc z dwóch faz — przygotowania pokarmu i jego spożycia, czyli fermentacji; nierozpuszczalne produkty tylko stopniowo przetwarzają się w rozpuszczalne.

Skrobia np. przetwarza się zapomocą enzymów grzybów w maltozę (cukier słodowy), maltoza rozszczepia się zapomocą innych enzymów na glikozę; tę ostatnią wchłaniają komórki grzybów, gdzie ostatecznie przetwarza się ona zapomocą znowu innego enzymu (cymase) na alkohol i kwas węglowy. Tylko ten ostatni proces jest żywotnym, a pierwsze stadia są tylko przygotowawczymi.

Bakterje, rozwijające się na celulozie, na przód ją hydrolizują zapomocą enzymów (celulaze) i rozszczepiają ją na celobiozę, która przetwarza się w glikozę; ta przenika do komórek i fermentuje zapomocą enzymu (cymase) na alkohol i kwas węglowy; to ostatnie stadium jest właściwie stadium dostarczenia energii.

Te dwa przykłady są najprostrzemi; przy takich procesach rozkładu mogą tworzyć się również kwasy organiczne, które razem z alkoholem ulegają dalszym przetworzeniom przez bakterje, grzyby lub drożdży.

Zwykle taki rozkład prowadzi do zupełnego utlenienia na kwas węglowy i wodę.

Dwoma grupami reakcji składających się na rozkład materji organicznej są więc — hydroliza i fermentacja, a chemicznie do tego dochodzą jeszcze utlenienie i redukcja. Każda z tych grup potrzebuje innych enzymów i przytem niejednakowych dla różnych węglowodanów, jak tłuszcze, proteiny (białka), cukry (glukozydy). Przyjmują, że wszystkie mi-

kroorganizmy wytwarzają rozmaite enzymy; kilka enzymów jest potrzebnych dla hydrolizy materji organicznej; niektóre organizmy, jak *Aspergillus niger* i *Penicillium camemberti*, wytwarzają wszystkie enzymy, jakie były dotychczas poznane. Wiele organizmów rozwija się na produktach wytwarzanych przez inne (symbioza).

Przy hydrolizie i fermentacji węglowodanów, zawierających siarkę, jak proteiny, rozkład prowadzi do wydzielania się nieprzyjemnych zapachów, skąd i powstała nazwa gnicie, właściwie jako synonim hydrolizy i fermentacji. Trzeba zauważyć, że rozkład materji organicznej odbywa się wskutek działalności bakterji zarówno aerobnych, jak i anaerobnych, przeważnie jednak pierwszych.

Rośliny tworzą węglowodany procesem fotosyntezy zapomocą chlorofilu i promieni światła. Z węglowodanów tworzą rośliny następnie proteiny przez dołączenie pewnej ilości grupy NH_2 , otrzymywanej z nitratów w sposób zupełnie nieznan. Ta synteza ciała roślinnego jest procesem anabolizmu; zużycie ciała rośliny podczas życia prowadzi do katabolizmu, czyli otrzymania różnych produktów nieużytecznych. Suma tych funkcji jest metabolizmem.

Życie zwierząt zależy całkowicie od roślin. Rośliny razem z ich częściami, przetwarzanymi w ciało zwierzęce, stanowią właściwy, pierwotny materiał organiczny globu ziemskiego. Organizmy żyją, rosną i zużywają się. Pierwiastki węgla, wodór, tlen, azot, siarka łączą się dziś w główne cząsteczki materji organicznej, podobnie jak łączyły się one w takie cząsteczki od początku istnienia życia. W miarę jak zielone rośliny wytwarzają związki organiczne, bakterje niszczą je; bez mikroorganizmów świat byłby wypełniony organiczną materją nierozkładającą się i nowe życie byłoby niemożliwe. Materja wchodząca w skład ciała organizmów obiega cyklicznie, tworząc np. cykl węgla i azotu.

Z najprostszych związków węgla, jak kwas węglowy powietrza, dzięki działalności zielonych roślin, powstają złożone węglowodany, jak celuloza, lignina, cukier, krochmal, tłuszcze, proteiny i t. d.; przez rozkład tych substancji wracają w powietrze kwas węglowy i woda. Wodór i tlen są tak ściśle związane z węglem, że właściwie przechodzą wspólnie z nim ten sam cykl.

Cykl azotu składa się również z kilku faz przetworzenia azotu zapomocą bakterji. Źródłem azotu w roślinach są nitraty i amonjak, który przetwarza się zapomocą roślin w proteiny i amidy.

Dla tworzenia się węgla najważniejszym jest proces rozkładu złożonych związków, które wchodzą w skład drzewa; ostatecznie z tych związków powstają CO_2 , H_2O , CH_4 i H_2 . Ten rozkład prędzej obejmuje celulozę, niż ligninę.

Porównanie analiz drzewa zdrowego i spróchniałego stwierdza, że celuloza niknie

przytem prawie zupełnie; po 6-ciu miesiącach butwienia z 60% celulozy drzewa pozostaje tylko 26,8%, po roku — 10,9%, a po 3 latach — 6,05%. Lignina natomiast po 3 latach zmniejsza się tylko o 3% i dalej pozostaje bez zmiany. Takie doświadczenia wykonane były w Forest Products Laboratory, Madison, Wisc.¹⁾ nad drzewem zakażonym czystymi kulturami specyficznych organizmów. Trudno jednak sądzić, o ile te doświadczenia mogą być przekonywujące i mogą potwierdzać znaną opinię Fischera i Schradera.

Wszyscy badacze są jednak zdania, że lignina ulega rozkładowi prawdopodobnie powolnie i stopniowo. Zupełnie jednak nie wiemy, jak lignina przetworza się w t. zw. humus (ulmine),

O wytwarzaniu humusu właściwie nic nie wiemy²⁾, a stwierdzamy jedynie obecność tej substancji w produktach rozkładu materiału roślinnego (gleba, torf, węgiel brunatny). Nie wiemy nawet, czy ten produkt jest wynikiem procesów czysto chemicznych, czy też bakterjalnych.

Otorfienie. Rośliny, w miarę wzrostu, wytwarzają nowe organy i tracą ich część, jako naturalne następstwo procesów życiowych, lub wskutek przyczyn zewnętrznych; inne rośliny padają na ziemię, nie będąc w stanie utrzymać się w luźnej glebie. Równowaga między wzrostem a zamieraniem roślinności może zachowywać się czas dłuższy i obumarłe szczątki roślin nagromadzają się w postaci stopniowo narastającej pokrywy.

Materiał roślinny, dopóki pozostaje niepokryty wodą, ulega szybkiemu rozkładowi pod działalnością naprzód grzybów, a następnie grzybów i bakterij. Grzyby przetwarzają drzewo w zbutwiałą masę i przygotowują ją do działalności bakterij. Materiał roślinny wystawiony na działalność powietrza, albo rozkłada się zupełnie, albo częściowo. W tem stadium znaczna część materiału kruszy się, przetwarzając się w drobny gruz, czyli w szczątki roślinne (debris). Prędzej czy później ta masa zostaje pokryta nagromadzonym następnie materiałem roślinnym i zanurza się pod poziom wody. W tych warunkach bakterjalny rozkład masy roślinnej może postępować bardzo powoli, wskutek braku powietrza i wskutek warunków aseptycznych, powstających w samej masie przez jej rozkład. Od góry do dołu w torfie można stwierdzić przejścia od torfu świeżego do torfu dojrzałego: żyjące bakterie stwierdzono na wszystkich głębokościach dzisiejszych torfowisk, gazy zaś, jak metan, stale wydzielają się z torfowisk. Działalność bakterjalna odbiera od torfu coraz więcej tlenu i przetwarza torf w substancję redukującą.

Różne części roślin ulegają rozkładowi w niejednakowym stopniu. Protoplasma (część żywotna) i materiał pokarmowy (skrobia, cukier, kleje) prędko rozkładają się i w zwykłych warunkach nie dają na powierzchni ziemi żadnych pozostałości. Ścianki komórek ulegają rozkładowi bardzo niejednakowo; najtrudniej celuloza, a zwłaszcza kutyno celuloza. W drzewie, jak wyżej zaznaczono, celuloza rozkłada się prędzej, niż lignina. Odporniejszymi są organy ochronne, jak kutyna i воск, a z pokarmowych — tłuszcze. Te organy i substancje wskutek swojej odporności na rozkład ostatecznie nagromadzają się ilościowo w stosunku zupełnie nieodpowiadającym ich pierwotnej ilościowej zawartości w roślinach.

Różne rośliny ulegają rozkładowi niejednakowo: np., na jednym i tem samym bagnisku, najłatwiej rozkłada się jesion, najtrudniej — cedr. Przy przewadze na torfowisku pewnych gatunków roślin, niejednakowa odporność ich na rozkład prowadzi do niejednakowego gatunku torfu, albo bardziej macerowanego (przy przewadze jesionów), albo bardziej drzewiastego (cedr), lub macerowanego ze znaczną ilością materiału żywicznego (smół — tamaryszek). Charakter liści drzew wpływa na charakter osadu niemniej, niż sam typ drzewa. Prawdopodobnie, drzewa zawierające najwięcej substancji trujących najtrudniej ulegają rozkładowi; również drzewa, zawierające dużo cukru i skrobi, łatwiej padają ofiarą bakterij.

Jeszcze żyjące części roślin, pogrzebane pod pokrywą obumarłego materiału, jak to często zdarza się na torfowiskach, np. w stosunku do korzeni, ulegają rozkładowi nieco inaczej, niż części umarłe już na powierzchni; nie macerują się one uprzednio i prawdopodobnie rozkładają się bardzo powoli tylko wskutek działalności bakterij w warunkach redukujących. Withe i Thiessen sądzą, że właśnie takie części roślin są źródłem węgla włóknistego (mineral charcoal).

Zmiana wysokości poziomu wody i stopnia wilgotności na torfowisku prowadzi do zmiany rodzaju flory, a więc i torfu. Naturalne następstwo warunków życia torfowiska prowadzi do zmiany od zawodnionego bagna do drzewiastego moczaru (swamp), przez takie stadja, jak bagno (marsh), zarośla trzcin, zarośla krzaków, następnie mieszanina krzaków i drzew i ostatecznie stadium rozwoju drzew. Każde stadium pozostawia torf innego gatunku w miarę zapełniania pierwotnej depresji stopniowo zmieniającą się roślinnością.

Naturalne, a nawet i sztuczne przyczyny mogą zmienić stopień wilgotności i wysokość poziomu wody. Drzewiaste torfowisko może przemienić się w bagno wodne, ostatecznie pokryte ıtem i piaskiem. Tak w Dismal Swamp w Wirginji i Półn. Karolinie jezioro Drumond pośrodku tego bagna było pierwotnie drzewiastym moczarem, o czem dziś świadczą pozostałe w niem pnie drzew.

¹⁾ Bray a. Andrews, Chemical Changes of Ground Wood during Decay. Journ Ind a. Eng. Chem., 1924, 16.

²⁾ Strache u. Lant, Kohlerchemie, 1924, str. 204-212.

Torf powstający w środowisku wodnym jest w postaci macerowanego gnijącego łu, t. j. sapropelu; w Niemczech taki torf otrzymał nazwę „Lebertorf”; drzewiasty zaś torf powstaje na torfowiskach pokrytych krzewami i drzewami.

Sapropel zawiera również dużo szczątków trudno rozkładających się części roślin żyjących wokół, jak naskórek, liście i kora, воск i oleje, nasiona, spory i pyłek kwiatowy. Torf bagnisty (Hochmoor w Niemczech), przeważnie składa się z różnych gatunków mchu (sphagnum), traw i trzciny. Najróżnorodniejszym jest torf drzewiasty (Flachmoor w Niemczech), którego głównym składnikiem są części drzew, ich gałęzi i korzeni w różnym stopniu rozkładu, zmieszane z drobnymi szczątkami tychże części drzew i połączone ciemnobrunatnym, lub czarnym łem (attritus).

Nic nie możemy powiedzieć o tem, w jaki sposób rozkłada się celuloza w warunkach rozkładu bez powietrza na pewnej głębokości od powierzchni; badania torfu wykazują, że górne jego części zawierają celulozę, a im głębiej tem jej mniej. Nie wiemy jednak, co dzieje się z celulozą; nie znajdujemy jej w takim stanie w torfie, jednak czy nie została ona właśnie zmieniona w jaką pozostałość, jaka może być natura tej pozostałości? Czy cała celuloza przetwarza się po jej hydrolizie w glikozę i zostaje spożyta przez bakterje? Nie wiemy też w co ostatecznie przechodzi lignina.

W torfie znajdujemy substancje rozpuszczalne w gorącej wodzie i w alkalicznych rozpuszczalnikach; ta substancja, która przez dodawanie kwasu do roztworu, łatwo ulega straceniu w postaci ciemnobrunatnej, lub czarnej masy, otrzymała nazwę „humus” (ulmina). Sama masa torfu o budowie drzewiastej składa się z substancji koloidalnej; po wysuszeniu przyjmuje ona spoistość twardego ciała i znacznie zmniejsza swą objętość.

Drobna miazga torfu, otaczająca składniki drzewiaste, składa się ze szczątków opierających się rozkładowi; podobna jest ona do czarnego łu, lub do żelatyny; pod mikroskopem można rozróżnić wszystkie poszczególne części roślin lub ich szczątki, rozsiane w humusowej koloidalnej materji.

Thiessen i D. White jeszcze w r. 1914¹⁾ ogłosili wyniki swoich badań petrograficznych nad węglem; węgiel błyszczący składa się ze szczątków pni drzew, łodyg, gałęzi, bardzo spłaszczonych i owęglonych, natomiast węgiel matowy składa się z materiału roślinnego rozkruszonego w znacznym stopniu. Takie rozkruszone szczątki przedstawiają zupełną analogję do tej czarnej ziarnistej masy, lub drobnego łu, stanowiących zasadniczą część składową każdego torfu, w której są po

grążone składniki drzewiaste w stanie prawie niezmienionym.

W r. 1920 Thiessen ogłosił nową rozprawę¹⁾, w której niezależnie od Stopes i Wheelera, ustalił naturę czarnego łu w torfie, jako miazgi powstałej przeważnie z rozkruszonych części różnych tkanek i organów roślinnych, z niewielką ilością materji koloidalnej. Ta część torfu otrzymała nazwę attritus. Drzewiaste szczątki i tkanki stwierdzone w błyszczącym węglu kamiennym i odpowiadające jeszcze dobrze zachowanym częściom roślin w torfie, Thiessen nazwał anthraxylon (od anthrax — węgiel i xylon — drzewo). W węglu matowym znajdują się tylko bardzo drobne ślady tkanek drzewnych, czyli anthraxylon, a główna masa jest typu attritus analogicznie do czarnego łu w zwykłym torfie.

Bakterje zostały stwierdzone w torfowiskach do głębokości 30 stóp (9 metrów); takie nagromadzenie torfu musiało narastać w przeciągu setek lat. Wiadomo, że enzymy bakteryj pozostają aktywnymi długi czas po śmierci samego organizmu, które dało tę enzymę. Nie wiemy jednak, jak długo enzymy zachowują aktywność i jak długo wogóle może trwać działalność biologiczna po utworzeniu się nadkładu.

Według Thiessena i White'a procesy biochemiczne, których wynikiem jest przetworzenie roślinnego materiału w torf, w miarę zwiększenia się nadkładu nad pokładami torfu, stopniowo ulegają zahamowaniu się, lecz stosunkowo zwiększanie zawartości węgla i zmniejszanie ilości tlenu, rozpoczęte tymi procesami, trwa dalej.

Owęglenie. Zmiany w torfie, które następują po utworzeniu nadkładu prowadzą do owęglenia (coalification). Przyjmuje się, że ten proces jest dynamochemiczny. Wyraża się on w stopniowym zmniejszeniu składników lotnych, więc CO₂, CH₄, H₂O, przytem w takim stosunku, że ilość tlenu zmniejsza się więcej, niż ilość węgla, a zawartość zaś wodoru zmniejsza się nieznacznie, tak że procentowa ilość wodoru pozostaje prawie stałą.

Przyczynami owęglenia przypuszczalnie mogą być:

a) Czas geologiczny, jako warunek pomyślny do otrzymania większych wyników w reakcjach przebiegających bardzo wolno, np. jakichkolwiek katalitycznych reakcjach w nagromadzonym i rozłożonym materiale roślinnym. Zwykle zwraca uwagę niski stopień przetworzenia dolnego karbońskiego węgla w zagłębiu Moskiewskim; jak gdyby enzymy w stadium biochemicznym w tym przypadku przestały działać wcześniej, albo rozkład złożonych związków po utworzeniu nadkładu był wstrzymany w ciągu dłuższego czasu, albo też reakcje przebiegały tak wolno, że pozos-

¹⁾ White D. a. Thiessen, Reinh., Origin of coal. Bull. 38 Bureau of Mines, 1914.

¹⁾ Thiessen Reinh., Structure in paleozoic bituminous coals. Bull. 117, Bureau of Mines, 1920

tały bardzo małe różnice, nie bacząc na czas który upłynął od karbonu. Jednak węgiel moskiewski należy właściwie do gatunków kennelskiego i bogheadu, a nie do typowych węgli humusowych.

b) **C i ś n i e n i e**. Jest dużo przykładów (Pensylwania, zagł. Donieckie i inne), które, zdawałoby się, stwierdzają wpływ ciśnienia na przetworzenie jednych węgli w inne o większej zawartości C i mniejszej lotnych składników. Ciśnienie może być wynikiem ciężaru nadkładu, lub procesów tektonicznych. Z punktu widzenia chemii fizycznej ciśnienie może być czynnikiem przyspieszającym reakcje chemiczne tylko w tym przypadku, gdy objętość produktów powstających jest mniejsza, niż pierwotnego materiału, jak np. przy polimeryzacji węglowodorów. W przypadku transformacji węgla następuje zjawisko odwrotne, gdyż objętość produktów reakcji (gazy i pozostałość) jest wielokrotnie większą od materiału pierwotnego.

c) **Z w i ę k s z e n i e t e m p e r a t u r y**. Zwiększeniu ciśnienia stale towarzyszy podniesienie temperatury, które jest jedną z najbardziej czynnych przyczyn przyspieszenia reakcji. Takie zwiększenie może być nawet bardzo nieznaczne, aby doprowadzić do znacznych wyników w przeciągu dłuższego czasu. Na tem tego polega znaczenie podwyższenia stopnia geotermicznego w miarę zwiększenia grubości nadkładu, co służy za podstawę prawa Hilt'a.

d) **Z m n i e j s z e n i e w i l g o c i**. Zawartość wody, około 50—40% w lignitach, zmniejsza się w antracytach do 2%. W torfie woda utrzymuje się w największej ilości wskutek jego stanu koloidalnego, bo humusowa substancja jest typowym żelem. Z biegiem czasu woda zostaje usunięta, masa przechodzi w bardziej twardą, kruchą. Masa torfu jest mieszaniną różnych składników, i nie jest właściwie czystym żelem; przetwarza się ona nie w taką stałą twardą masę, w jaką musiałaby przejść, gdyby była czystym żelem. Fizyczne własności węgla zależą od własności koloidalnych składników pierwotnych. Ostateczne własności węgla dla swego urzeczywistnienia nie potrzebują ani wysokiego ciśnienia, ani wysokiej temperatury. Doświadczenia wykazują, że dojrzały torf, wysuszony powolnie pod nieznacznym ciśnieniem, tak aby doprowadzić jego cząsteczki do bliskiego zetknięcia i wyparować wodę, przetwarza się w twardą masę podobną do węgla. Każdy torf po traktowaniu go słabym roztworem alkalicznym i po wolnym wysuszeniu przetwarza się w twardą masę, podobną do węgla.

Torf może być przetworzony w roztwór koloidalny, który po wysuszeniu stopniowo przechodzi w żel, a następnie w masę podobną do węgla. Również lignit i węgiel subbitumiczny można przeprowadzić w stan roztworów koloidalnych, z których przez wyparowanie można otrzymać masę, która różni się

od pierwotnego węgla tylko mniej wyraźnym uwarstwieniem. Przy transformacji torfu, który jest mieszaniną żeli, nie ciśnienie jest głównym czynnikiem; ono jest potrzebne jedynie, aby w tej mieszaninie substancyj, które nie są wszystkie w stanie czystych żeli, doprowadzić poszczególne składniki do styczności; bez tego masa po wysuszeniu pozostaje w stanie gąbczastym

Woda i poszczególne humusowe składniki torfu są tak ściśle połączone ze sobą, że nie można odróżnić, gdzie kończą się jedne a zaczynają drugie. Bardziej stałe cząsteczki koloidalne (kłaczkowe), składające żel, są nieco oddzielone jedne od drugich, co łatwo stwierdzić pod mikroskopem. W miarę wyciśnięcia wody, te cząsteczki zbliżają się coraz więcej wskutek ciśnienia zewnętrznego. W lignitach o zawartości wody 50—40% każda cząsteczka jest otoczona błonką wody tak cienką, że zupełnie niewidoczną pod mikroskopem. Masa jest strukturalnie luźna, nie porowata jednak, lecz miękka. W węglu półbitumicznym o mniejszej zawartości wody, poszczególne cząsteczki są bardziej zbliżone. W węglu bitumicznym, w którym wilgoć jest zredukowana do 3—8%, cząsteczki wody nie tworzą już błonek, lecz są rozmieszczone nierównomiernie, przestrzenie zaś pomiędzy poszczególnymi cząsteczkami węgla są wypełnione gazami.

W miarę zmniejszania się wilgoci w węglach, zmienia się i morfologiczna postać węgla. Lignity mają pod mikroskopem charakterystyczną ziarnistą budowę; ta budowa przechodzi coraz bardziej w budowę szklaną w węglach grup wyższych. Naturę koloidalną węgla potwierdza nie tylko jego mikroskopowy obraz, lecz także hygroskopijność węgla, t. j. zdolność ponownego wchłaniania wilgoci przez wysuszony węgiel, i muszlowy przełam węgla.

Wyniki ogólne. Materiał roślinny przy powstawaniu torfu podlega usuwaniu jednych składników i nagromadzaniu się innych wskutek procesów rozkładu; celuloza, chociaż stanowi główny składnik masy roślinnej, nie wchodzi w skład torfu w takiej ilości; różne współprodukty destylacji węgla można stwierdzić w materiale roślinnym obecnie żyjących roślin.

Różne części roślin i różne produkty wyniku procesów biochemicznych można wyrazić nie rozróżnić, lecz chemiczna budowa wielu z takich produktów nie jest dokładnie znana. Analizy chemiczne stwierdzają, że wynikiem procesów biochemicznych jest większa strata tlenu, niż węgla, zawartość zaś wodoru pozostaje prawie bez zmiany. Ten proces transformacji, rozpoczęty podczas stadium biochemicznego, posuwa się dalej przy jednoczesnym zmniejszaniu się wilgoci w masie podczas stadium koalfikacji.

W całym rzędzie węgli, od brunatnego do antracytu można stwierdzić obecność wszystkich składników torfu. Większa zawartość składników drzewnych przy ich koalfikacji

nadaje węglowi cechy błyszczącego. Takie grubsze składniki otrzymały nazwę antraxylon. Drobne szczątki roślinne (attritus) przy koalifikacji nadają węglowi cechy matowego.

Węgiel, który przedstawia mieszaninę drobnego antraxylon'u i attritus'u, jest węglem matowym w zwykłym znaczeniu tego słowa. Nazwy węgiel błyszczący i matowy są względne, i w Stanach Zjednoczonych zostały przyjęte nazwy antraxylon i attritus.

Odpowiednio do wyżej przedstawionych poglądów przyjęto w Stanach Zjednoczonych¹⁾ podział węgli na rzędy (ranks), aby zaznaczyć te różnice w węglach, które są wyrazem sto-

pniowej zmiany od lignitu do antracytu, zmiany, która wyraża się zmniejszeniem wilgoci, tlenu i lotnych składników i zwiększeniem ilości nielotnego węgla (fixed carbon). Taka klasyfikacja jest, według zdania amerykańców, wyłącznie geologiczną, przytem opartą na przypuszczeniu o pochodzeniu węgla z nagromadzenia materiału roślinnego, podobnego do torfu. Różnice w rzędach zależą raczej od następujących po sobie procesów biochemicznych i geologicznych, niż od istotnej różnicy w materiale pierwotnym. Do jednego rzędu mogą należeć grupy węgli o właściwościach specjalnych, zależnych od materiału pierwotnego, jak np. węgli kennelskiego i bogheadu w rzędzie węgli bitumicznych.

Rzędy (Ranks)	Wilgoć normalna po odbudowie pokładu	Stopień opałowity (Fuel Ratio) = $\frac{F \cdot C}{V \cdot M}$	Nielotny węgiel (Fixed Carbon) (bez popiołu)	Lotne składniki (V. M.) w procent. na masę bez popiołu
Lignity	30 do 45%	—	37,8	18,8
Podbitumiczne (Subbitum.)	18 „ 30%	—	42,4	34,2
Bitumiczne (Bituminous)	3 „ 15%	3	47 do 54,2 i 64,6	41,4 do 40,8 i 32,2
Półbitum. (Semibituminous)	3 „ 6%	3 do 7	75,0 do 83,4	22,0 do 11,6
Półantracyty (Semianthrác.)	3 „ 6%	6 „ 10	83,8	10,2
Antracyty	2 „ 3%	10 „ 60	95,6	1,2

Węgłe bitumiczne dzielą się na węgle niskiego, średniego i wysokiego, a półbitumiczne — na węgle niskiego i wysokiego rzędu. Węgłe koksujące się wchodzą w rzędy wysokich bitumicznych i niskich półbitumicznych; półbitumiczne wysokiego rzędu i półantracyty odpowiadają węglom chudym. Węgłe gazowe i płomienne (suche) będą znajdować się w średnim i niskim rzędzie bitumicznym i w rzędzie podbitumicznym. Lignity odpowiadają różnym kategorjom węgli brunatnych.

Szkola amerykańska nie daje ostatecznie odpowiedzi, z jakiego materiału roślinnego powstaje ta materia humusowa, która stanowi znaczną składową część torfu i główną część wszystkich gatunków węgla. Thiessen i White są zdania, że powstaje ona przeważnie z materiału ligninowego, jednak właśnie ten materiał przyjmuje najmniejszy udział w tworzeniu humusu, jako najodporniejszy na procesy biochemicznego rozkładu.

Z badań wykonanych od czasu Gumbel'a, Karczewskiego²⁾ i innych wiemy również, że przy maceracji koloidalnej masy węgla, działając na nią silnymi chemicznymi czynnikami, możemy wyeliminować ukształtowane cząsteczki w stanie zmienionym. Z badań amerykańców nad transformacją koloidalnej substancji węgla wynika, że metamorfizm pod ciśnieniem przy mniej więcej nor-

malnej temperaturze przetwarza koloidalne składniki w formy charakteryzujące wyższe rzędy węgli, lecz nie wiemy, jaki jest stosunek do tego procesu tych ukształtowanych cząsteczek, które stanowią drugą grupę składowych części każdego węgla. Nie mamy żadnych dowodów, aby przy takich warunkach i te cząsteczki uległy przetworzeniu.

Według White'a istnieje ścisły stosunek pomiędzy wodą a pierwotnym chemicznym składem węgli w ich stadium torfowem. W typowych osadach drzewiastych, dla utworzenia których najbardziej jest pomyślna nieznaczna, lecz trwała pokrywa wody aseptycznej, węglowodany (jak lignoceluloza, celuloza i inne) tworzą przeważną część stałej organicznej masy; w miarę jak węgiel przechodzi przez następne stadia przetworzenia, jego skład chemiczny określa się produktami pochodzenia z tych właśnie węglowodanów.

Przy warunkach wodnych pomyślniejszych dla rozkładu mniej odpornych szczątków organicznych, większa część materiału drzewnego ulega rozkładowi i przechodzi w znacznej części, może całkowicie, w stan koloidalny; roztwory takie czasem zostają zupełnie wyniesione przy drenażu torfowiska. Część pozostająca na miejscu traci pod wpływem procesów biochemicznych charakter węglowodanów lignino-celulozowych; stopniowo wzbogaca się ona w inne związki, znajdujące się w sporach, wosku, tłuszczach i innych produktach i ostatecznie przytłacza swoją obfitością materiał drzewny. Takie elementy, jak nablonek spor, pyłek kwiatowy, związki tłuszczowe są bogatsze w wodór i mniej zawierają tlenu, t. j. od-

¹⁾ Dav. White. Progressive Regional Carbonization of Coals Trans. Amer. Inst. Min. a. Metal. Eng. N. 1414 — J, 1925

²⁾ Karczewski, O budowie mikroskopowej węgla kamiennego z Dąbrowy-Górnicej. Pam. Fizyograf. XIX, Warszawa, 1906. Literatura tycząca się badania węgli pod mikroskopem,

wrotnie do węglowodanów lignino-celulozowych; osady takiego materiału zawierają więcej składników lotnych; typem takich osadów są węgle kennelskie, w których zupełnie nie spotyka się materiału drzewnego, chociaż ten materiał musiał przyjmować udział w utworzeniu się tego rozłożonego materiału, który dziś stanowi twardą zasadniczą masę tego węgla.

Znacznie więcej wodoru i lotnych składników zawierają tłuszcze wodorostów, zwłaszcza mikroskopowych kolonij jedno-komórkowych wodorostów; takie osady tworzą boghead.

Zawartość składników lotnych różnych pokładów węgla zależy w znacznym stopniu od ilości nagromadzonych składników tłuszczowych, jak spory, w stosunku do materiału drzewnego. Chemiczne różnice pomiędzy typami węgla, które są wynikiem różnego składu chemicznego nagromadzonych szczątków roślinnych i produktów ich rozkładu, zaznaczają się bardziej ostro na pierwszych stadiach przetworzenia materiału od torfu do węgla wyższych rzędów. Te różnice ztracają się tym więcej, im węgiel jest bliższy do rzędu antracytu. Jednocześnie w osadach pogrzebanych powstają inne różnice wskutek przetworzeń chemicznych pod wpływem czynników geodynamicznych.

Głównym wynikiem badań szkoły amerykańskiej jest analiza procesów rozkładu materiału roślinnego i znaczenie wysychania koloidalnego produktów tego rozkładu.

Węgle humusowe (błyszczący i matowy) przeciwstawiają amerykańskie węglom sporym (kennel) i z wodorostów (boghead¹⁾, nie wydzielając jednak innych typów w swoim szemacie transformacji masy roślinnej od stanu torfu do stanu antracytu; stopień owęglenia (karbonizacji) różnych rzędów węgla od torfu do antracytu jest wynikiem czynników geochemicznych, a głównym źródłem tych czynników jest ciepło, wydzielające się wskutek procesów tektonicznych.

V. Szkoła francuska.

§ 1. Marcel Bertrand, jeden z twórców nowoczesnej geologii, jeszcze w r. 1900 wypowiedział myśl, chociaż nigdzie nie ogłosił jej drukiem, że gatunki węgla, różniące się między sobą zawartością części lotnych, są wyrazem tylko odrębnych warunków sedimentacji materiału pierwotnego, że linie jednakowej zawartości części lotnych w granicach zasięgu tego samego pokładu powinny dać obraz tych warunków sedimentacji i samego zagłębia, obraz, który nie mógł być zupełnie zamaskowany następstwami procesami tektonicznymi¹⁾. Istniejące braki w znajomości stratygrafii większych zagłębi węglowych i ich budowy, pomimo, że znajomość stratygrafii i budowy utworów węglowych jest znacznie posu-

nięta we wszystkich krajach, zawsze stały na przeszkodzie do systematycznego sprawdzenia zasadniczej myśli Marcel Bertrand'a. W r. 1910 Charles Barrois¹⁾ w wyniku swoich badań w części zagłębia du Nord stwierdził, że pokłady węgla chudych na północy zagłębia stopniowo przechodzą w węgle koksujące się środkowej strefy oraz w węgle płomienne i tłuste strefy południowej. Géný²⁾ również dowiódł licznymi analizami, że na nadaniu Courrières w jednych i tych samych pokładach na przestrzeni od 2 do 4 km w kierunku od południa ku północy zawartość składników lotnych zmniejsza się od 3% do 10,1%; np. dla pokładu Joséphine — od 35,5% do 25,4%, dla pokładu Ste. Barbe — od 34,4% do 25,4%, dla pokładu Cécile — od 36,0% do 26,3%. Stopień odgazowania węgla zwiększa się nie w kierunku upadu warstw, lecz w kierunku odwrotnym i nie da się wytłumaczyć prawem Hilt'a; autor przypuszczał, że powodem tego jest wpływ warunków tektonicznych. Rozmieszczenie różnych gatunków węgla, znane oddawna w zagłębiu Donieckim, a zwłaszcza fakty, wysunięte w Stanach Zjednoczonych przez Dav. White w całej serii prac w związku z teorią carbon-ratio, utrwały, zdawało się, niezbitą teorię metamorfizmu węgla i przeczyły zasadniczej myśli Marc. Bertrand'a.

Barrois od r. 1910 skierował swe wysiłki ku dokładnemu zbadaniu stratygrafii i budowy zagłębia du Nord, do czego bardzo się przyczynił specjalny Instytut do badań węglowych, zorganizowany przez niego przy uniwersytecie w Lille. Cała seria prac Barrois, Paul Bertrand'a, Pierre Pruvaut'a i innych³⁾ dała stałe podstawy stratygrafii zagłębia du Nord i identyfikacji w nim pokładów węgla. Dopiero po tych gruntownych badaniach współpracownicy Barrois przechodzą od r. 1923 do badań nad budową samego węgla. Sprawa ta od r. 1919 nie posuwała się daleko, pomimo licznych prac w tym kierunku wykonanych, zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych a po części i w Niemczech. Zostały udoskonalone same metody badania węgla pod mikroskopem; od przygotowania przekrojów węgla w płytach przezroczystych, którymi posługiwali się Renault, C. Eg. Bertrand we Francji, H. Potonié i inni w Niemczech, Jeffrey i Thiessen w Stanach Zjednoczonych, uczeni przeszli do badania budowy węgla na powierzchniach szlifowanych sposobami używanymi w metalografii. Pierwsze takie zastosowanie było zapoczątko-

¹⁾ Barrois Ch., Sur les schistes bitumineux du bassin houiller du Nord de la France. Ann. Soc. géol. Nord, t. XXXIX, Lille 1910.

²⁾ Géný P., Étude sur la distribution des teneurs en matières volatiles dans les veines de la concession de Courrières. Ann. Soc. Géol. Nord, t. XL, Lille 1911.

³⁾ Paul Bertrand, Les zones végétales du terrain houiller du Nord de la France. Ann. Soc. Géol. Nord, t. XLIII, 1914.

¹⁾ Termier P., A la gloire de la terre. Paris, 1922, str. 195-196.

wane w Niemczech przez Winter'a¹⁾ jeszcze w r. 1913, lecz nie zyskało większego rozpowszechnienia aż do czasu, kiedy od r. 1923 metodę metalograficzną zaczęto stosować systematycznie w węglowym Instytucie w Lille. Przygotowanie preparatów węgla do badania jego budowy i zawartości poszczególnych składników zostało uproszczone w wysokim stopniu, chociaż nie wyklucza to konieczności stosowania w innych przypadkach i cienkich płytek z węgla, a także metody maceracji.

Od r. 1925 została opublikowana cała serja prac młodego uczonego, współpracownika Barrois, André Duparque'a. Prace jego wykonane z bardzo małym nakładem środków na przyrządy do przygotowania preparatów, mikroskop i zdjęcia fotograficzne w porównaniu z tymi środkami, jakimi rozporządzają analogiczne zakłady w Stanach Zjednoczonych, a nawet i w Niemczech, odznaczają się zupełnie określonym kierunkiem myśli naukowej, obejmującej w jedną całość — pierwotną budowę zagłębia węglowego, jako miejsca segregacji i osadzania się materiału roślinnego, zależność tworzenia się różnych gatunków węgla od tych warunków i ustalenia samych typów węgla. Myśli zapoczątkowane we Francji przed 30 laty w pracach Fremy, Renault'a, C. Eg. Bertrand'a, Lemièr'a i Grand'Eury'ego, odzwierciadlają się dziś w nowym oświeceniu i nowym ujęciu, opartem na wszystkich dotychczasowych wynikach chemii i petrografii węgla. Ten petrograficzny kierunek myśli jest dalszym rozwojem geologicznych badań węgla i jego złóż; metody pracy wypływają częściowo z dorobku szkoły angielskiej i amerykańskiej, lecz samo założenie jest bardziej geologiczne, i możemy wobec tego mówić o szkole francuskiej, która posunęła się w swoich wynikach znacznie dalej od innych szkół.

Główne wyniki prac Duparque'a²⁾. Węgiel, jako skała osadowa po-

chodzenia organicznego, składa się z dwóch grup składników, posiadających odrębne znaczenie w tworzeniu się węgla. Są to z jednej strony ciała ukształtowane (*corps figurés*), przedstawiające szczątki roślinne, których osad stanowił główny materiał organiczny węgla, a z drugiej strony miazga, ciasto (*pâte*), które łączy te szczątki roślinne w jedną masę. Miazga jest ciałem koloidalnym i, zgodnie z tłumaczeniem Renault'a, pochodzi z przetworzenia i rozkładu ciał ukształtowanych. Te dwie grupy składników węgla można odróżnić tylko pod mikroskopem.

Ciała ukształtowane w węglu należą do tkanek drzewnych, substancji żywicznych, kutyny czyli nabłonka (*cuticula*), spor, wodorostów i innych³⁾.

Ann. Soc. Géol. Nord, t. LI, str. 51-64, 1926.

6. La structure microscopique des Lignites. Comparaison avec la structure microscopique de la houille. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LI, 1926.

7. La structure microscopique et macroscopique de la houille, son origine et son mode de formation. Revue de l'Industrie Minérale, N. 142, Saint-Etienne 1926.

8. Remarques sur la nature des quatre Constituantes macroscopiques de la houille. Ann. Soc. Géol. Nord t. L, str. 212-232, 1926.

9. La composition chimique des substances végétales et des houilles: Le rôle des substances végétales dans la formation de la houille. Ann. Soc. Géol. Nord t. LI, str. 403-456, 1926.

10. Un conglomérat avec galets de charbon dans le terrain houiller de Bruay. Remarques sur les galets de Boghead et de Gayet du conglomérat de Bruay. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LI, 1927.

11. Les charbons de Cuticules du bassin houiller du Nord de la France. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LII, 1927.

12. Les corps résineux de la houille. Sur la nature exacte de corps figurés de la houille considérés autrefois comme corps résineux. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LIII, 1927.

13. La veine Disouich au Siège N. 7 de Liévin. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LII, 1927.

14. Etude de la Quatrième Veine et de la veine Sainte-Barbe de la C-ie des mines de Noeux dans le voisinage d'étreintes. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LII, str. 212-255, r. 1927.

15. La schistosité de la houille. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LII, str. 225-260. 1927.

16. Application du microscope métallographique à l'étude des charbons de terre. CR du Congrès des Sociétés savantes Poitiers, Avril, 1926. Paris 1927.

17. La nature de la houille révélée par le microscope métallographique. Bull. de la Soc. de Sciences, de l'Agr. et des Arts de Lille. 1927.

18. Sur les compositions chimiques et lithologiques des quatre constituants macroscopiques des différentes variétés de houille du Nord de la France. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LII, 1927.

19. La nomenclature des constituants macroscopiques des charbons. Leur distribution dans les différentes variétés de houilles. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LII, 1927.

20. Sur les compositions chimiques et lithologiques du fusain. Ann. Soc. Géol. Nord, t. LIII. 1928.

21. Le rôle des actions mécaniques dans l'évolution des couches de houille. Bull. Soc. Géol. de France 4 Ser. t. XXVIII, 1928.

22. Sur la structure et l'origine du fusain. Le rôle des substances ligneuses dans la formation de la houille. Schriften aus dem Gebiet der Brennstoff-Geologie. Heft 2, Stuttgart 1929.

³⁾ Dla rozróżnienia tkanek w węglach konieczna jest znajomość podstaw morfologii komórek roślinnych. Patrz: Szymkiewicz D., Botanika. Lwów 1928.

¹⁾ Winter H., Die mikroskopische Untersuchung der Kohle im auffallenden Licht. Glückauf, 1913.

Turner H. G. a. Randall H. R., A preliminary Report on the microscopy of Anthracite coal. Journ. of. Geology, 31, 1923.

Seyler C. A., The microstructure and banded constituents of anthracite. Fuel in Science and practice. Vol. II. 1923.

Seyler C. A., The microstructure of coal. Fuel, Vol. IV, 1925.

²⁾ 1. Remarque sur la structure du Boghead de Noeux et des galets de Boghead décrits par Mengy et R. Dehé. Ann. Soc. Géol. du Nord, t. L, str. 94-97, Lille, 1923.

2. La structure microscopique des charbons de terre. Les quatre constituants de la houille du Nord de la France. Ann. Soc. Géol. du Nord, t. L, str. 56-79, Lille 1925.

3. La structure microscopique du Gayet de Liévin et des Cannel Coals. Ann. Soc. Géol. t. L, 1925.

4. Sur la structure microscopique des charbons de terre.

Coptes rendus des séances de l'Acad. des Sciences t. 182, str. 475, 1926.

5. Le rôle des tissus lignifiés dans la formation de la houille.

Tkanki drzewne (lignine) są temi, których ścianki komórkowe utworzone pierwotnie z celulozy ulegają zgrubieniu i nasycają się ligniną, co nadaje sztywność różnym organom rośliny. Drewno (lignina) jest substancją twardą, w której można odróżnić dwie formy. Tkanki, odgrywające tylko rolę ochronną, albo służące do podtrzymania organów, stanowią sklerenchymę (twardziel, tkanka o błonach zgrubiałych, zdrewniałych); takie tkanki mogą składać się z komórek krótkich wielościennych (polyedrycznych), albo z komórek włóknistych giętkich. Drugą formą są tkanki naczyniowe (vasculaire), które służą do rozprowadzania soków i wody. Całokształt tych tkanek otrzymuje nazwę drewna; lignina jest właściwie produktem przetworzenia błonek celulozy. Różne zabiegi chemiczne pozwalają na wyodrębnienie z drzewa produktów ligniny, w składzie których (z C, H i O) jest zawsze więcej wodoru, niż trzeba przy danej ilości tlenu do utworzenia wody. Tkanki ligninowe są bardziej odporne na czynniki chemiczne i bakterjalne, niż tkanki zwykłej celulozy (błonnik); przykładem tego mogą być tkanki ligninowe łodyg lnu, które będąc drzewnami, nie ulegają nawet w małym stopniu maceracji (hydrolizie), zupełnie niszczącej tkanki celulozy w tej roślinie. Oddzielenie celulozy od drewna (ligniny) stosuje się np. w papiernictwie do fabrykacji miazgi drzewnej.

Wśród chemików istnieją dwa poglądy na rolę celulozy i ligniny w tworzeniu się węgla. Według Fischer'a i Schrader'a węgiel jest utworzony wyłącznie z ligniny, gdyż celuloza wcześniej ulega pełnemu zniszczeniu, przechodzi w stan rozpuszczalny i zostaje usunięta z miejsca rozkładu. Według Marcussona również i celuloza służy do tworzenia substancji huminowych i węgla; węgle są produktem rozkładu zarówno substancji celulozowej jak i ligninowej pierwotnego materiału roślinnego.

Badanie mikroskopowe węgla stwierdza, że w węglach znajdują się tkanki ligninowe w stanie drobnych i większych szczątków, ułożonych równolegle do uwarstwienia. Jedne tkanki zachowują pierwotny charakter swoich komórek, inne są roztarte, prawdopodobnie wskutek mechanicznych napięć przyczyny wewnętrznej (structure étoilée, en arc, Bogenstruktur), zachodzących przy wysychaniu tkanek jeszcze na powierzchni ziemi.

Substancja ligninowa ulega w węglu stopniowemu przetworzeniu od stanu węgla włóknistego (Faserkohle, fusain), widocznego megaskopowo, do stanu, w którym budowa komórkowa zanika zupełnie i substancja ulega pełnemu zżelatynowaniu (xylotrain); formy przejściowe Duparque nazwał — xylain.

Ciała żywiczne skupiają się w roślinach w komórkach specjalnych, których błonki mogą być zniszczone zupełnie, a pozostaje w

stanie kopalnym jedynie zawartość komórek. Takie ciała znajdują się w węglu w formie ziarn lub ich skupień, obficie zwłaszcza w węglu matowym, t. j. w węglu, w którym tkanki drzewne uległy większemu przetworzeniu.

Zewnętrzny naskórek łodyg i liści przetwarza się w substancję, nazywaną kutyną (cuticula); przenika ona i wgłęb tkanek pierwotnych (skórka), tworząc całą warstwę kutynizowaną; zadaniem tej warstwy jest ochranianie organów rośliny od szkodliwych wpływów zewnętrznych. Te tkanki są najbardziej odporne na czynniki rozkładu i przyjmują największy udział w tworzeniu się węgla, nazywanego zwykle matowym. Zwłaszcza obficie nagromadza się nabłonek (exine) spor i liści, razem z tkankami parenchymy i korkowymi (suberyna).

Niezawsze jest łatwo odróżnić w węglach szczątki tkanek kutynowych, jak parenchymatycznych i suberynowych, od sklerenchymatycznych (ligninowych).

Roślinność okresu węglowego należała do skrytopłciowych (Cryptogamae), jak paprocie, widłaki, skrzypy (kalamity, lepidodendrony, sigilarje), które rozmnażały się zapomocą spor (zarodników), mających bardzo grubą naskórek; tylko wewnętrzne błonki komórek pozostawały w stanie celulozy. Często spory były dwóch gatunków (dwupłciowe) — megaspory i mikrospory; pierwsze o wymiarach często do 1—3 mm, zwykle były połączone po cztery w sporangium (zarodnik). Mikrospory znacznie liczniejsze miały wymiary około 40 mikronów. W węglu spory są zwykle opróżnione ze swojej zawartości, a zachowane są tylko naskórki (nabłonek, pokrywa — exine), lub przestrzeń pomiędzy dwiema warstewkami naskórka została wtórnie wypełniona miazgą. Spory są zwykle spłaszczone równolegle do uwarstwienia. Wodorosty obfite w bogheadach są bardzo rzadkie w zwykłych gatunkach węgla.

Tkanki roślinne mają bardzo jednostajny skład pierwiastkowy, jednak różne organy różnią się nieco procentową zawartością składników chemicznych; liście, nerwy liściowe i kora zawierają więcej pierwiastku węgla, mniej wodoru i azotu, a również więcej popiołu, niżli spory, nasiona i nabłonek. Odporność różnych tkanek na rozkład zależna jest nie od składu pierwiastkowego, lecz od budowy chemicznej związków.

Budowa chemiczna różnych tkanek roślin żyjących odgrywała rolę decydującą na sposób ich rozkładu i zachowania się; tkanki najlepiej zachowane znajdują się w węglu właśnie w formie ciałek ukształtowanych. Tylko w rzadkich przypadkach węgiel składa się prawie całkowicie z tych ciałek, np. węgiel sporowy; zwykle te ciała są połączone mniej więcej obfitem „ciastem”. Materia tego ciasta czyli miazgi indywidualizowała się po osadzeniu ciałek ukształtowanych. Budowa flui-

dalna wielu węgla i wypełnienie ciastem wolnych przestrzeni spor są dowodem, że ciasto pierwotnie było w stanie płynnym, umożliwiającym przemieszczenia ciałek ukształtowanych, znajdujących się w nim w stanie zawiesiny. Ciasto znajdowało się w stanie koloidalnym i żelatynowym przed stwardnieniem, jak świadczą ślady zjawisk wysychania w postaci szczelin i spękań.

Pierwotna materja ciasta uległa pełnemu rozkładowi, przeszła w stan rozpuszczalny i nie można nawet zapomocą mikroskopu określić jej właściwej natury. Przy otorfieniu materiału roślinnego następuje nietylko utworzenie kwaśnego humusu (torf), lecz również uwolnienie produktów rozpuszczalnych, czyli kwasów humusowych, nadających wodom torfowisk zabarwienie brunatne. Te kwasy humusowe mogą ulegać strąceniu w postaci kłębków, które skupiają się w stałą masę galaretową, typem której jest t. zw. „dopleryt”, spotykany jako przerosty w masie torfu.

Takie przerosty doplerytu można uważać za równoznaczne przerostom w węglu t. zw. „vitrain”, t. j. masy utworzonej wyłącznie z „ciasta”. Można przypuszczać, że tkanki ligninowe, ulegając przetworzeniu pełnemu (do stanu xylovitrain) lub częściowemu (do stanu xylain), mogły dawać obfite produkty kwasów humusowych, których osad przedstawia się teraz w formie „ciasta” węglowego. Roztwór koloidalny przy jego nasyceniu dawał kłębki galaretowe, które pochłaniały ciałka ukształtowane, zawieszone w wodzie. Skupiając się, takie kłębki dawały zwolna warstwę galarety, w której ciałka ukształtowane nie mogły już ulegać dalszemu rozkładowi, jako znajdujące się już w warunkach aseptycznych.

Nietylko jednak tkanki ligninowe, lecz również naskórek (nabłonek) spór i liści i ciałka żywiczne musiały ulegać stopniowemu rozkładowi, przyjmując też udział w dostarczaniu materiału do „ciasta”. W produkty rozpuszczalne musiały również przetworzyć się nietylko same tkanki ligninowe i kutyna, lecz także i inne tkanki, jak kora, miękisz, nawet protoplazma, których szczątków w węglu już znaleźć nie można. Tkanki ligninowe, kutyna i żywice są właśnie temi szczątkami, które zachowują się w formach kopalnych; natomiast celuloza (błonnik), ten główny składnik ciała roślinnego, soki (pektoza), skrobia, klej roślinny i inne wytwory protoplazmy uległy pełniejszemu przetworzeniu, dostarczając w znacznej ilości materiału do humusowych roztworów. „Ciasto” w węglach humusowych jest prawie wyłącznie roślinnego pochodzenia, bo pierwiastki sapropelitowe (wodorosty, łuski ryb, szczątki mięczaków i skorupiaków) nie biorą w jego tworzeniu żadnego udziału; inne natomiast jest pochodzenie, a więc i skład chemiczny ciasta zasadniczego w węglach sapropelitowych (kennelski, boghead, gagat). Zawsze jednak ciasto powstawało przez strą-

cenie substancji organicznych z roztworów wodnych, i chemiczny skład ciasta dla dwóch odrębnych grup węgla — humusowych i sapropelitowych zależy od przyrody ciałek ukształtowanych w nim znajdujących się. Różne tkanki roślinne, które ulegały zupełnemu rozkładowi, dały materiał niezbędny dla utworzenia się zasadniczego ciasta węgla. Natura jego zależy nietylko od tych substancji, łatwiej ulegających rozkładowi, które znajdowały się w szczątkach roślinnych, lecz również i od procesów rozpadu samych szczątków, pozostających w postaci ciałek ukształtowanych. Ciasto węgla sporowych i kutynowych musiało powstać wskutek rozpuszczenia i strącenia tkanek celulozowych i protoplazmy spor, tkanek celulozowych i chlorofilu liści; pomiędzy temi substancjami albuminoidy (chlorofil, proteiny) i węglowodany były w największej ilości. W cieście węgla lignino-celulozowych prawdopodobnie znajdują się przeważnie produkty rozkładu tkanek celulozowych i ligninowych.

Skład pierwiastkowy tych ciał, które dały ciasto węgla humusowych nie był jednakowy, nie w takim jednak stopniu, aby to miało wpływ na skład chemiczny samego ciasta, który zdaje się, pozostaje jednakowy dla tych węgla, chociażby należały one do różnych rzędów.

Węgiel nie przedstawia ciała jednorodnego i megaskopowe jego części były już od dawna oznaczone nazwami Faserkohle (włókniasty), Mattkohle (matowy), Glanzkohle (błyszczący). Obecnie przychodzimy do wniosku, że w każdym węglu należy odróżniać nietylko jakościowo różne ukształtowane ciałka i ciasto, lecz również i ilościowy stosunek tych ciałek do ciasta (miazgi).

Fusain, czyli węgiel włókniasty, podobny do zwykłego węgla drzewnego, mógł powstać bądź skutkiem spalania drzewa lasów pierwotnych, bądź skutkiem przetworzenia tkanek drzewnych, które uległy poprzedniemu wysuszeniu przed ich nagromadzeniem w warunkach wolnej atmosfery.

Stopień przetworzenia tkanek ligninowych w fusain, xylain czy xylovitrain jest wynikiem stosunku pomiędzy masą tych tkanek i obfitością organizmów aerobnych (bakteryj), i zależy od długości trwania samego przenoszenia materiału i czasu nastąpienia warunków aseptycznych.

Wzbogacenie w węgiel pierwotnej ligniny, wskutek niezupełnego jej utlenienia, Duparque nazywa carbonisation (zwęglaniem) w odróżnienie od houillification (owęglanie), co miałoby oznaczać przetworzenie materiału do stanu błyszczącego węgla. Proces karbonizacji przy odpowiednich warunkach może przejść w proces owęglania, przy innych natomiast warunkach tkanki unikają zupełnego przetworzenia się w węgiel. Węgiel włókniasty (fusain), który spotyka się jako soczewkowate wkładki w węglu błyszczącym lub jako nie-

wielkie warstewki w stropie zwykłych pokładów węgla, nie zawiera prawie zupełnie miazgi, która miejscami tylko zapelnia wolne przestrzenie w komórkach zewnętrznych.

Durain, czyli to, co zwykle nazywają węglem matowym, spotyka się w formie pokładów mniejszej lub większej grubości lub w postaci tylko cienkich warstewek w węglu błyszczącym. W jego składzie ciała ukształtowane są bardzo różnorodne; pośród nich można z łatwością rozróżnić: spory (nabłonek ich, exines), tkanki ligninowe w stanie znacznego rozkładu (do stopnia xylain i xylovitrain), ciała żywiczne i kutynę liści. Ilość spor często wynosi do 75% całej masy węgla; ciasto jest mało rozwinięte i często sprowadza się do cienkiego lepiska pomiędzy ciałkami ukształtowanymi, które w tym przypadku nie stykają się bezpośrednio. Obfitość spor prowadzi do znacznej gęstości i spoistości węgla matowego i określa jego własności chemiczne, t. j. wysoką zawartość części lotnych.

Organizmów i materiałów sapropelitowych w tym węglu naogół niema, nie można więc uważać węgla matowego za węgiel sapropelitowy, jak to usiłował ustalić Potoné.

W miarę zmniejszania się ilości spor, durain przechodzi morfologicznie w clarain.

Clarain megaskopowo jest węglem błyszczącym lub napół błyszczącym, który różni się od tego, co nazywają vitrain, grubością swych pokładów, spójnością węgla i zwykle obecnością wkładek fusain.

W skład jego wchodzi zarówno ciała ukształtowane, jak i ciasto; to ostatnie w ilości czasem większej niż 50%. Ciała ukształtowane należą prawie wyłącznie lub przeważnie do tkanek ligninowych w stanie fusain czy xylain; często jedno i to samo ciało jest w obydwóch stadiach przetworzenia w różnych swych częściach. Zewnętrzne części xylain, a nawet fusain, są czasem w stanie zupełnego żelatynowania, t. j. w stadium xylovitrain. Szczątki roślinne są zawsze rozmieszczone równolegle do uwarstwienia.

Szczątki roślinne znajdowały się w stanie zawiesiny w środowisku płynnym, dziś zastąpionem przez substancję koloidalną, przecinaną przy jej wysychaniu rysami biegnącymi prostopadle do powierzchni uwarstwienia. Obfitość ciasta przy zawsze znacznej zawartości ciałek ukształtowanych określa różnicę clarain do vitrain i durain; clarain jest bardziej spoistym, niż vitrain i bardziej kruchym, niż durain.

Vitrain jest węglem błyszczącym, znajdującym się zwykle tylko jako cienkie wkładki pośród innego węgla, ma on przełam muszlowy i łatwo rozpada się na drobne kawałki sześciennego kształtu. Wkładki vitrain, zwykle znacznej rozciągłości, znajdują się w węglu typu clarain lub na granicy pomiędzy clarain i durain. Pod mikroskopem budowa jego przedstawia się prosto, bo węgiel ten jest

złożony wyłącznie z „ciasta“, z bardzo nikłą zawartością ciałek ukształtowanych. Rysy i szczeliny są rozwinięte w stopniu jeszcze większym, niż w clarain. Wkładki vitrain mogą być porównane z warstewkami doplerytu w torfie, t. j. z wytrąceniem kwasów humusowych z wody, niezawierającej żadnych szczątków roślinnych. Zwykle stanowi on tylko nieznaczna część masy węgla błyszczącego, często jednak spotyka się w postaci licznych warstewek, przedzielonych warstewkami zawierającymi wyraźne ciała ukształtowane (fusain i inne).

Badanie mikroskopowe stwierdza w węglach, zwłaszcza w części jego typu vitrain, obecność znacznej ilości próżni, niewypełnionych żadnymi, nawet wtórnymi produktami. Węgiel nie jest więc skałą jednorodną i zbitą (szczelną), a że obecność takich próżni trudno byłoby zrozumieć wobec znacznego ciśnienia nadkładu, więc można przypuszczać, że próżnie te były wypełnione gazem węglowodorowym i dwutlenkiem węgla. Sprężone gazy pozostają uwięzione w takich soczewkowatych wkładkach aż do momentu strzału lub odbudowy pokładu, o ile nie były one poprzednio wyciśnięte w szczeliny i w rozkruszone części węgla w związku ze zjawiskami tektonicznymi. Wiadomo, że nie zawsze można uwolnić gazy przez uprzedni drenaż pokładów zapomocą otworów świdrowych, gdyż taki drenaż może połączyć tylko poszczególne soczewkowate skupienia gazu; przeciwnie, każdy strzał rozkrusza części pokładu i uwalnia zawarty w nim gaz. Pokłady bardzo gazowe dają zwykle kruchszy urobek, bo wydzielenie gazu prowadzi też do rozluźnienia węgla, który jest mniej spoisty wskutek swojej budowy.

Tkanki ligninowe wskutek swej porowatości wchłaniają gazy w znacznej ilości i możliwe, że one nawet zatrzymują w sobie pewne ilości gazu wybuchowego i CO₂; również części węgla w stanie fusain, t. j. w stadium węgla włóknistego (mineral charcoal), są źródłem pyłu węglowego przy odbudowie pokładów.

Magaskopowe, czyli odróżniane gołym okiem, części węgla stanowią więc dwie odrębne grupy:

1. o budowie prostej — a) fusain (węgiel włóknisty) i b) vitrain,
2. o budowie złożonej — c) durain i d) clarain.

Udział tych części w budowie węgla poszczególnych zagłębi może być różny; clarain jest, zdaje się, naogół najwięcej rozpowszechniony. W zagłębiach Stanów Zjednoczonych węgle typu durain są rzadsze, natomiast są one więcej rozpowszechnione w zagłębiach angielskich i na Górnym Śląsku.

Fusain i vitrain, chociaż obecne w węglach durain i clarain w stanie mikroskopowym, stanowią w postaci znacznie większych pokładów zjawiska wyjątkowe. Vitrain prawdopodobnie powstaje przez strącenie kwasów

humusowych w takich miejscach nagromadzenia materiału, do których szczątki roślinne już nie były dostarczane, a fusain, stanowiący składnik mikroskopowy w clarain, w skupieniach znacznie większych (megaskopowych) może nagromadzać się wskutek silniejszych prądów, znoszących do pierwotnej laguny węglowej materiał drzewny. Takie zjawiska sedymentacji, prowadzącej do tworzenia się tych odmian węgla, są jednak wyjątkowe i powtarzają się nieprawidłowo i krótkotrwale. Grubość pokładów typu durain i clarain dowodzi, że właśnie te typy są wynikiem normalnych warunków sedymentacji materiału dającego węgle.

Clarain nie może być utworem powstałym na miejscu lasu okresu węglowego, bo pokłady zawierające korzonki, są naogół rzadkie w związku z tym węglem. Bardzo wyraźnie wykształcone uwarstwienie (stratyfikacja) szczątków roślinnych w tym węglu i rozproszenie w nim szczątków w stanie fusain i xylain przemawiają za tem, że materiał uległ przeniesieniu w mniejszym lub większym stopniu. Z drugiej strony lepsze zachowanie tkanek ligninowych, niż w durain, świadczy o tem, że przeniesienie nie było na znaczną odległość i odbywało się w wodzie spokojnej, w pobliżu zalesionego brzegu.

Durain, w którego składzie przeważają lekkie części roślin, jak spory, pyłek kwiatowy, liście, a tkanki ligninowe uległy zwykle dalej posuniętemu rozkładowi (do stadium xylain i xylovitrain), trzeba uważać za osad materiału, który uległ przeniesieniu na większą odległość i dłużej pozostawał w zetknięciu z wodą.

Te dwa typy sedymentacji odpowiadają warunkom klasyfikacji materiału według ciężaru gatunkowego i wielkości szczątków. Większe kawałki tkanek drzewnych są bardzo rzadkie w węglu typu durain i bardziej obfite w typie clarain; przeciwnie co do spor. Uwarstwienie węgla nie jest wynikiem metamorfizmu, lecz wyłącznie sedymentacji. Z wyjątkiem bogheadu i częściowo węgla kennelskiego, które zawierają elementy sapropelitowe, wszystkie węgle są natury humusowej.

Węgłe sapropelitowe, jak boghead, a częściowo i kennelski, mają wszystkie cechy utworów osadzonych w wodzie bardziej głębokiej i otwartej (organizmy wodne) i odpowiadają nieco innemu typowi sedymentacji. Między węglami humusowymi (błyszczący i matowy) i węglami sapropelitowymi (boghead) istnieją typy przejściowe (jak kennelski, pseudo-kennelski) i wszystkie te typy mogą być utworami synchronicznymi w granicach jednego zagłębia, a nawet zasięgu jednego pokładu. Materiały węglowe, które nazywamy fusain, vitrain, durain, clarain już pierwotnie były nieco innymi, i tworzenie się różnych gatunków węgla zależało od samej natury tych ciałek ukształtowanych, przeważających w każ-

dej z tych odmian węgla; warunki sedymentacji doprowadziły do podziału materiału na klasy; zmienne stosunki tych warunków były przyczyną tworzenia się różnych gatunków węgla w obszarach sąsiednich lub nawet w jednym i tym samym pokładzie. Niejednakowy skład węgla w zależności od materiału pierwotnego musi znaleźć swój wyraz również i w jego własnościach fizycznych i chemicznych.

Studia mikroskopowe węgla doprowadzają do wniosku, że substancje roślinne, zachowane w węglu, często z ich delikatną budową, przy sedymentacji tego materiału ulegały zupełnemu rozkładowi tylko w warunkach wyjątkowych, lecz nie normalnych. Nabłonek spor oraz kutyna liści i kory są zawsze dobrze zachowane; tkanki ligninowe, nawet w stanie zupełnego żelatynowania, zachowują swoje odosobnienie pośród otaczającego je ciasta. To ostatnie, którego ilość w niektórych przypadkach przekracza 75% całej masy węgla, mogło utworzyć się tylko z rozpuszczalnych produktów przy rozkładzie materii roślinnej, nie tylko o naturze ligniny, lecz może, i to przeważnie nawet celulozy.

Szczątki roślinne pogrążone w wodzie lagun, otaczających ląd, ulegają utlenieniu i hydrolizie tem łatwiej, im więcej zawierają diastaz (fermentów) i takiej transformacji w produkty rozpuszczalne ulega zwłaszcza celuloza. Ten proces stosują, np. przy moczeniu lnu, którego tkanki, poddane działalności wody bieżącej i żywych fermentów (bakteryj), tracą materię celulozową i zachowują tylko włókna ligninowe; materia celulozowa przy tym procesie zostaje usunięta zupełnie, przechodząc przy nadmiarze wody w roztwór. W lagunach okresu węglowego nagromadzenie materiału roślinnego musiało odbywać się szybko i obficie, lecz dla utworzenia się węgla ilość wody w stosunku do masy materiału musiała być nieznaczna, aby produkty rozpuszczalne mogły nagromadzać się, a przemiana materiału roślinnego w metan, dwutlenek węgla i wodę nie posunęła się do końca. Koagulacja roztworów koloidalnych, której wynikiem jest utworzenie się warstewek vitrain (dopleryt), może być przyspieszona pod wpływem elektrolitów, fermentów i różnicy potencjałów ładunków elektrycznych w drobnych cząsteczkach stałych (micelle) zawieszonych w koloidalnym płynie. Przy fabrykacji spoiwa roślinnego, używanego do brykietowania, stosuje się przyspieszenie fermentacji szczątków roślinnych (słoma, sitowie, liście, wodorosty) przez skrapianie ich masy pewnym roztworem chemicznym; po dwóch—trzech miesiącach takiego postępowania otrzymuje się masę plastyczną, powstała ze żelatynowanych tkanek celulozowych, wśród której pozostają niezmiennione tylko włókna ligninowe; budowa tej plastycznej masy posiada wielkie podobieństwo do budowy węgla typu clarain. Inne węglowodany, jak cukry, kleje, skrobia, tłuszcze,

ulegają, zdaje się, podobnym przemianom, jak i celuloza.

Wszystkie te badania doprowadzają do wniosku, potwierdzającego teorię Marcusa-son'a, że w tworzeniu się węgla obok ligniny przyjmuje znaczny udział i celuloza. Biorąc pod uwagę nie tylko ciała ukształtowane, lecz i ciasto węgla, trzeba węgle ligninowe nazywać raczej węglami lignino-celulozowymi. Takie węgle mają zawsze ciasto dobrze rozwinięte, a ciała ukształtowane są tkankami ligninowymi w różnym stopniu ich transformacji (fusain, xylain, xylovitrain); są to więc węgle typu clarain i vitrain.

Inne węgle można nazwać węglami kutynowymi, posiadającymi mniejsze ilości ciasta a większą ilość ciałek ukształtowanych, kutynowanych, jak nablonek spor, naskórek liści, żywica; tkanki ligninowe w stanie dobrego zachowania są zjawiskiem rzadszym. Są to węgle typu durain.

Do węgli kutynowych należą węgle bogatsze w składniki lotne, czyli węgle płomienne, gazowe i gazowo-tłuste, w których ilość składników lotnych, np. w zagłębiu francuskim, waha się od 26% do 45%. Ilość gazu w nich zależy od obfitości substancji, zawierającej tłuszcze roślinne.

Węgle lignino-celulozowe, obejmujące gatunki węgla chudych i antracytowych, mają składników lotnych od 8% do 18%. Zawartość składników lotnych, a więc i produktów gudronowych i fenoli, zależy nie tylko od samej natury pierwotnego materiału roślinnego, lecz i od warunków jego sedymentacji.

Węgle koksujące z zawartością składników lotnych od 18% do 26%, różnią się od węgli ligninowych chudych obfitością znajdowaniem się w nich tkanek ligninowych w stanie lepszego zachowania i mniejszym rozwojem tych tkanek w stanie daleko posuniętej żelifikacji. Jedna i ta sama materia, pochodząca z tkanek ligninowych, posiada niejednakowe własności chemiczne, określające węgle koksownicze i węgle chude (antracytowe), w zależności od stanu jej transformacji. Nie wiemy jeszcze jednak, czy ta różnica pomiędzy węglami chudymi i koksowniczymi, utworzonymi z osadów pierwotnie identycznego materiału, zależy od jakichkolwiek czynników, zachodzących podczas osadzania (diageneza), czy też po jego ukończeniu (metamorfizm).

Zarówno jednak diageneza jak i metamorfizm są przyczynami dodatkowymi do procesu rozkładu biochemicznego, którym mogły i musiały podlegać również i węgle typu durain, t. j. węgle kutynowe. Pod wpływem tych czynników węgle, pochodzące już z pierwotnie innych materiałów, w tym przypadku przeważnie — spor, liści, naskórka i t. p., mogą dawać tylko węgle tłuste gazowe, gazowe i płomienne. Pomiędzy węglami grupy lignino-celulozowej i grupy kutynowej, czyli węglami chudymi i koksowniczymi z jednej strony a węglami gazowo-tłustymi i płomiennymi z dru-

giej, jest granica, przez którą czynniki wtórne nie mogą przeprowadzić węgla, należących do tych odrębnych grup; istota grup zależy więc od pierwotnych warunków sedymentacji (segregacji), prowadzących do selekcji (odbioru) i nagromadzenia tego czy innego materiału.

Według Duparquet'a rola, którą każda substancja roślinna odgrywa w tworzeniu się węgla, jest proporcjonalna do ilościowego stosunku tej substancji w żyjącej roślinie. Zśród różnych substancji materiał żywiczny stanowi tylko drobną część ciała roślinnego w porównaniu z materiałem lignino-celulozowym i kutynowym. Wheeler dawno już wyraził wątpliwość, czy substancje otrzymane z węgla zapomocą wyciągu pirydyną i chloroformem i nazwane przez niego 1, mają rzeczywiście naturę żywiczną. Żywice mają budowę o jądrze aromatycznym, a więc charakterystycznym dla takich produktów destylacji węgla, jak gudron, fenol, benzol; jednak właśnie żywice w węglach kutynowych, jak płomienne i tłuste, czyli w węglach gazowych, znajdują się w ilości bardzo nieznacznej w porównaniu z takimi składnikami, jak spory, kutyna. Węgle o znacznej zawartości części lotnych zawdzięczają je nie produktom żywicznym, lecz prawdopodobnie kutynie (spory), która jest pokrewna substancjom tłuszczowym. Produkty aromatyczne destylacji węgla pochodzą więc nie z materiału bitumicznego lub ligniny, lecz winny być uznane za produkty rozkładu kutyny. Wodorosty stanowią główną składową część bogheadu i są bardzo rzadkie w węglach humusowych, elementy zaś humusowe prawie zupełnie nie spotykają się w bogheadach; świadczy to o tem, że te dwie grupy węgli utworzyły się w warunkach bardzo różnych i wzajemnie prawie wykluczających się.

W każdym zagłębiu istnieje związek przyczynowy pomiędzy budową mikroskopową węgla, ich składem chemicznym, ich rozmieszczeniem stratygraficznym, tektonicznym i geograficznym; badanie każdego pokładu węgla musi być ujęte z tych różnych punktów widzenia, i tylko takie badanie może określić granice rozmieszczenia tych węgli, które w danym okresie czasu mają największe znaczenie przemysłowe, np. węgli koksowniczych, lub węgli nadających się do przetworzenia w płynne produkty opałowe.

Dla zagłębia północnej Francji (du Nord) ustalono, że strefa południowa zagłębia daje węgle płomienne, gazowo-tłuste i tłuste, z zawartością lotnych części od 45% do 26%. Te węgle są typowo kutynowymi, czyli typu durain.

Inną klasę węgli stanowią węgle otrzymywane na kopalniach środkowej strefy zagłębia; są to węgle koksownicze z zawartością lotnych części 18%—26%, należące do typu węgli ligninowych (węgle na nadaniach Aniche, Courrières, Noeux).

Do klasy węgli chudych i antracytowych (lotn. skł. 18%—8%) należą węgle znajdujące

się wzdłuż północnej granicy zagłębia (nadmie Carvin, Ostricourt i na północnych częściach Aniche, Anzin); węgle te różnią się od węgli koksowniczych dalej posuniętem stadiem transformacji ciałek ukształtowanych natury ligninowej (przeważnie w stanie xylovitrain) i większym rozwojem „ciasta” z wkładkami typu vitrain.

Takie rozmieszczenie węgla różnych gatunków może być wyrazem niejednakowych warunków sedymentacji w zależności od odległości brzegu północnego łądu od lagun węglowych, i niejednakowego składu chemicznego materiału roślinnego, który ulegał klasyfikacji według ciężaru gatunkowego, wielkości, a nawet formy materiału.

Głębsza strefa paralicznego zagłębia północnej Francji znajdowała się nie na północy, jak to ogólnie przyjmowano, lecz przeciwnie, na południu, wskutek stopniowych tu epizodycznych osunięć, które utrzymywały pomyślnie stosunki dla tworzenia się pokładów węgla w czasie górnego karbonu. Brzeg północny strefy lagun, otaczających bagniste wybrzeże pokryte lasami, był dalej ku północy od granicy dzisiejszego zagłębia.

Dalej posunięty stopień transformacji materiału w węglach chudych i antracytowych, niż w węglach koksujących się, mógł zależeć od siły działalności bakterjalnej, a więc późniejszego nastąpienia warunków aseptycznych (diagenetyzacja), i również wtórnych czynników mechanicznych i chemicznych, co miało za wynik stopniowe schudnienie (odgazowanie) węgla. Prawo Hilt'a, ustalone dla węgla zagłębia Westfalji, głosi, że zawartość składników lotnych w węglach zwiększa się, a ilość twardego węgla zmniejsza się, w miarę jak pokłady węgla znajdują się wyżej w granicach jednej i tej samej serii węglowej. O ile głębokości położenia węgla odpowiada i starszy wiek pokładu, mielibyśmy w prawie Hilt'a potwierdzenie zależności transformacji węgla od przyczyn wtórnych, jak ciśnienie nadkładu (zmiana stopnia geotermicznego) i ciśnienie tektoniczne, czasem lokalne.

W zagłębiu du Nord porównanie węgla pokładów najstarszych (Hardinghen w Boulonnais) z węglem pokładów najmłodszych (na nadaniu Bruay) stwierdziło, że należą one do węgla o jednakowej budowie mikroskopowej, a ze względu na materiał — do typu węgla kutynowych.

Pokład Poissonnière, mający w stropie na całej swej rozciągłości warstwy z fauną morską, dał materiał do porównania węgla pochodzących z części tego pokładu, znajdujących się w różnych strefach; na południu (kopalnia Marles) węgiel ten jest płomienny z zawartością lotnych składników 32,30%; ku północy (kopalnia Bruay) — jest koksowniczy (20,40%), a węgiel tego samego pokładu z kopalni Noeux, jeszcze dalej ku N, jest chudym (11,5%—15,4%). Węgle lignino-celulozowe two-

rzą strefę północną około brzegu laguny węglowej, ku południowi zaś te węgle stopniowo przechodzą w węgle kutynowe; miejscami w jednym i tym samym pokładzie na bliskiej odległości od siebie znajdują się warstwy węgla różnych typów, co świadczy o zmiennych warunkach sedymentacji w jednym i tym samym miejscu.

Porównanie węgla zarówno kutynowego, jak i ligninowego typu pochodzącego z pokładów o normalnej miąższości z węglem pokładów o miąższości zredukowanej wskutek przyczyn tektonicznych (étréinte, serrage) wykazało, że te przyczyny nie mają wpływu na stan zachowania i formę ciałek ukształtowanych; zmiany zanotowane w składzie chemicznym należą do rzędu wahań składu poszczególnych okazów w każdym przekroju pionowym lub poziomym. Takie zjawiska tektoniczne, jak chociażby lokalne wyciśnięcie pokładów, musiały być związane jednak ze zwiększeniem ciśnienia i temperatury na przestrzeni dosyć znacznej, należą więc właściwie do zakresu wpływów metamorfizmu, w tym przypadku jednak prawie nieczynnych.

Główne zjawiska sedymentacji i transformacji materiału roślinnego z okresu tworzenia się węgla brunatnego są takiego samego rodzaju i węgla kamiennych, z tą jednak różnicą, że trwanie i siła tych procesów oraz natura samej roślinności były inne. Węgle brunatne są produktem transformacji osadów podobnych do tych, z których powstały kamienne, lecz stopień tej transformacji jest inny, jak to można stwierdzić i z stosunku do torfu.

Wyniki prac Duparque'a są bardzo zbliżone do niektórych pomysłów Renault'a, C. Eg. Bertrand'a, Lemièr'e'a; mikroskopowe badania węgla francuskich doprowadzają do ustalenia w grupie węgla humusowych, wyróżnionych już i przez badania amerykańskich, typów węgla lignino-celulozowych i kutynowych, oprócz znanych już oddawna typów węgla sporowych i bogheadów.

Geneza każdego z tych typów węgla zależy od segregacji różnego materiału według praw sedymentacji i doboru (selekcji) różnego materiału według praw jego rozkładu.

Analiza petrograficzna Duparque'a doprowadza go do ustalenia obrazu powstawania pokładów węgla w warunkach nagromadzenia materiału przez mniejsze lub większe przeniesienie go z miejsca życia roślinnego, zgodnie z koncepcjami Grand'Eury'ego — przeniesienie wystarczające jednak do sortowania materiału według ciężaru gatunkowego, jego wielkości i stopnia zdolności do utrzymywania się na wodzie.

§ 3. H. Potonié, Grand'Eury i inni paleobotanicy oddawna zwracali uwagę geologów na to, że materiał pierwotny, z którego pochodzi ten czy inny węgiel kopalny, nie może pozostawać bez wpływu na własności węgla; na tem właśnie było oparte odróż-

nianie węgla humusowych i sapropelitowych. H. Potonié stale podkreślał, że różnice, istniejące pomiędzy węglem kamiennym a węglem brunatnym, muszą zależeć od typu flory różnych okresów geologicznych.

Inni botanicy, jak Gothan i R. Potonié przypisują większy wpływ na tworzenie się węgla brunatnych i kamiennych nie typom flory, lecz warunkom ekologicznym, (t. j. stosunku do środowiska), w których żyła roślinność; gorsze zachowanie szczątków roślinnych w węglu brunatnym zależy prawdopodobnie od tego, że same bagniska, na których żyła roślinność, były bardziej suche i nagromadzenie materiału odbywało się w warunkach bardziej pomyślnych dla rozkładu na powietrzu pod wpływem grzybów i bakterij.

W każdym zagłębiu węglowym odrębne właściwości niektórych pokładów węgla znane dobrze technikom, nie mogły nie zwrócić uwagi geologów, którzy tłumaczyli takie właściwości miejscowym nagromadzeniem nieco odmiennego materiału, nie starając się jednak dokładniej zbadać takich „lokalnych” zjawisk i nie przypisując im większego znaczenia na tle szerokich i głębokich zmian, którym podlega każde złożę węglowe pod wpływem ciśnienia pionowego (statycznego) i boku (dynamicznego) i związanych z tem przetworzeń geochemicznych.

Prace Duparquet'a, wykonane z niezwykłym talentem i oparte na dokładnych spostrzeżeniach pod mikroskopem, na kopalniach i w laboratorium chemicznym na razie nie były zrozumiane należycie i najczęściej do ostatniego czasu nawet zupełnie ignorowane. Z prac Duparquet'a i badań szkoły angielskiej i amerykańskiej wynika istotny program badań petrograficznych węgla. Te badania muszą objąć: szczegółowe rozróżnienie poszczególnych istotnych składników węgla i ich skład chemiczny, ich pochodzenie czyli naturę; stopień ich zmiany, rozkładu czy też zachowania; prawa i czynniki tego rozkładu; stopień sortowania składającego materiału według ciężaru gatunkowego, wielkości formy poszczególnych składników; ilościowe stosunki pomiędzy grupami różnych składników, więc prawa sedymentacji i możliwego przytem sortowania (segregacji) i odbioru (selekcji) materiału; sposób połączenia składowych części, a więc strukturę i porowatość węgla; zjawiska pierwotne i wtórne w jego składzie i budowie.

Jest to program petrograficznego badania każdej skały, jako obiektu geologicznego. Tylko takie ujęcie cech litologicznych każdego pokładu serii węglowej równoległe z ustaleniem stratygrafji i tektoniki może doprowadzić do wytworzenia obrazu paleogeograficznych warunków jej powstawania, a łącznie z tem i do — obrazu genezy samej substancji węglowej.

Bezpośrednie praktyczne wykorzystanie metody petrograficznej, co dobitnie odznacza

dażenia szkoły niemieckiej od r. 1925, opiera się nietyle na rozróżnieniu istotnych składników węgla, ile na rozdzieleniu węgla na te części, które nietrafnie były nazwane przez Stopes składnikami (ingredients).

VI. Petrograficzna nomenklatura węgla.

§ 1. Nazwy fusain, xylain i xylovitrain oznaczają według Duparquet'a różne stadja stopniowego przetwarzania znajdujących się w węglu odosobnionych tkanek drzewnych (ligninowych); są to więc wyrazy dla określenia pojęcia tego samego rodzaju, jak nabłonek (cuticula) spor, liści, jak kora (suberin, periderma), skupienia żywicy. Pomiedzy węglami o przewodzie szczątków ligninowych i kutynowych, t. j. dwóch głównych typów węgla, mogą być wszystkie stopnie pośrednie tak w kierunku poziomym, jak i pionowym; mogą być również wyraźnie wyodrębnione przewarstwienia węgla przeważnie lub wyłącznie ligninowych lub kutynowych, co jest megaskopowo widoczne w zwykłym pasemkowatym węglu. Każde z wymienionych stadjów przeobrażenia tkanek ligninowych, podobnie jak i tkanki kutynowe w różnym stopniu ich zachowania w węglu, są składnikami grupy ciałek ukształtowanych, dających się zwykle odróżnić tylko pod mikroskopem. Megaskopowo można odróżnić w każdym węglu tylko tkanki drzewne w postaci węgla włóknistego (mineral charcoal, fusain); w węglu matowym pasemka bardziej błyszczące mogą składać się z xylain czy też xylovitrain, lecz stwierdzić to można tylko pod mikroskopem, jak również tylko pod mikroskopem można odróżnić składniki węgla zarówno błyszczącego, jak i matowego.

Wyrazy xylovitrain i vitrain nie są jednoznaczne; w xylovitrain można stwierdzić wyraźne ślady budowy tkanek drzewnych, natomiast w vitrain — już nie — lecz tylko stan koloidalny. Taki koloidalny vitrain zalicza się do utworów jednoznacznych z doplerytem czyli produktem bezpośredniego chemicznego osadzenia się masy, znajdującej się już pierwotnie (na miejscu utworzenia się węgla) w stanie płynnym; w torfie są to kwasy humusowe, a w węglach różnych rzędów związki o nieznaney jeszcze budowie chemicznej, znajdujące się w stanie koloidalnym. Często w węglu błyszczącym można stwierdzić przejścia pomiędzy xylovitrain i vitrain w postaci miazgi koloidalnej ze śladami tkanek budowy drzewnej. Miazgę taką Thiessen nazwał Anthraxylon, jako pochodzącą z pierwotnego drzewnego materiału; ostatecznie w najnowszej swojej pracy Thiessen ustala, że vitrain i anthraxylon są synonimami¹⁾.

W węglu kutynowym można odróżnić wszystkie przejściowe stadja od masy, złożo-

¹⁾ Thiessen R. a. Francis. W., Terminology in Coal Research. Bureau of Mines. Techn. Pap. 446, 1929

nej wyłącznie z oddzielnych naskórków spor, liści, do masy, złożonej z poszczególnych szczątków, pogrążonych w mocno żelatynowanym zasadniczym cieście (humic degradation matter, według Thiessena) częściowo w stanie koloidalnym. Taką miazgę razem z najdrobniejszymi cząsteczkami tkanek roślinnych Thiessen nazwał „attritus“ i pod tym terminem rozumiał węgiel utworzony z innego materiału pierwotnego, niż anthraxylon. Następnie w wymienionej najnowszej pracy Thiessen mówi, że nie tylko w węglach kutynowych, lecz również i w ligninowych, znajduje się taka miazga w stanie mniej lub więcej koloidalnym, lecz nie posiada ona takiego jednorodnego wyglądu, jak anthraxylon. Stosunek między attritus a anthraxylon jest taki, jak pomiędzy t. zw. clarain i vitrain, t. j. dwoma stopniami przetworzenia materiału roślinnego; inaczej mówiąc, Thiessen przyjmuje, że wyrazy attritus i clarain są jednoznaczne. Od terminologii genetycznej Thiessen powrócił do terminologii morfologicznej.

Według Duparquet'a pod nazwą clarain należy rozumieć nie nagromadzenie odrębnych szczątków roślinnych lub miazgę je zawierającą, lecz pewne wykształcenie, a więc część węgla, złożoną z obydwóch elementów natury drzewnej (szczątki i ciasto) w mniej więcej jednakowej ilości, lub może raczej z przewagą koloidalnego ciasta. Taka całość wyraża się zwykle w postaci węgla budowy niejednorodnej o połysku nawpół błyszczącym. Są węgle typu clarain, w których nawpół błyszczące pasemka składają się z tkanek kutynowych i takie węgle muszą mieć własności chemiczne i fizyczne inne, niż węgle podobne, lecz o budowie drzewnej. Pod nazwą durain rozumiemy również nie jakieś szczątki roślinne lub ciasto, lecz pewne wykształcenie o budowie niejednorodnej, złożone z obydwóch elementów natury kutynowej (spory, liście) z mniejszą domieszką tkanek ligninowych i z przewagą ciałek ukształtowanych nad miazgą koloidalną. Takie wykształcenie morfologiczne wyraża się w postaci węgla matowego.

Nazwy clarain i durain nie są więc tej samej kategorii, co nazwy fusain (xylain) i vitrain (xylovitrain, anthraxylon), gdyż oznaczają nie szczątki tkanek lub koloidalną miazgę, wyodrębnione z ich skupienia, lecz pewne wykształcenia morfologiczne węgla, odróżniające się megaskopowo i mikroskopowo zwykle w postaci pasemek różnej grubości.

Te dwie nazwy tylko częściowo odpowiadają dawnym nazwom — węgiel błyszczący (Glanzkohle, bright coal, houille brillante) i węgiel matowy (Mattkohle, dull coal, houille mate). Te dawne nazwy nie zawsze pokrywają się z pojęciami węgla typu lignino-celulozowego (clarain, houille semi-brillante) i kutynowego (durain), bo i pasemka czysto ligninowej natury mogą mieć zewnętrznie wygląd matowy, a nie błyszczący i przeciwnie pasem-

ka kutynowe — wygląd błyszczący, jak to stwierdził jeszcze Thiessen. Węgłe kutynowe (durain), zwykle matowe, nabierają jednak połysku błyszczącego tem więcej, im więcej, wskutek przetworzenia materiału zbliża się ich niejednorodny skład mikroskopowy do stanu jednorodnej masy. Matowymi pozostają węgle, których skład jest niejednorodny, jak to można stwierdzić na różnych pasemkach węgla typu lignino-celulozowego o wyglądzie clarain (semi brillant)¹⁾.

Duparquet wyraźnie podkreślił, że terminy durain, clarain i vitrain w znaczeniu podanym przez Stopes, nie oznaczają typów lub odmian węgla, lecz jedynie megaskopowe części węgla, różniące się swoim wyglądem (morfologicznie). Każda z takich części może zawierać poszczególne pasemka o innym wyglądzie, lecz o jednakowym składzie chemicznym i przeciwnie w różnych gatunkach węgla (ligninowy, kutynowy, sporowy) pasemka zewnętrznie zupełnie podobne mogą mieć odrębny skład litologiczny i chemiczny. Pasemka o nazwie clarain (nawpół błyszczące) w węglu kutynowym petrograficznie i chemicznie mogą różnić się od takim samych pasemek w węglu lignino-celulozowym. Tak samo pasemka durain (matowe) jednakowe megaskopowo mogą być chemicznie różnymi w węglach kutynowych i lignino-celulozowych. Nawet vitrain morfologicznie jednakowy w węglu lignino-celulozowym i w węglu kutynowym, może mieć inny skład chemiczny. Natomiast xylain i xylovitrain muszą mieć w każdym węglu skład chemiczny jednakowy, jak również szczątki kutynowe (spory, liście), skupienia żywicy.

Zasadnicze ciasto w węglach różnego gatunku może mieć jednakowy wygląd zewnętrzny, a skład chemiczny różny, zależnie od natury ciałek ukształtowanych i stopnia ich rozkładu. Ciasto w stanie czystym, t. j. vitrain, należałoby badać oddzielnie dla każdego gatunku węgla.

Duparquet w ostatnich swoich dwóch pracach (Nr. 21 i 22 spisu prac) nieco odstąpił od poprzedniego swojego określenia clarain, jako części węgla o budowie złożonej, a wrócił raczej do określenia Stopes, jako węgla nawpół błyszczącego (semi brillante). Nie jest to trafne, gdyż nie stopień połysku, lecz właśnie prosta budowa vitrain (szklista masa) i złożona clarain (szczątki roślinne i mniej więcej znaczna ilość ciasta) określa ich różnicę pod mikroskopem.

Do ostatnich czasów stanowisko niemiec-

¹⁾ Potonié R., Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie, 1924, str. 88-95 — bardzo szczegółowo zastanawiał się nad zagadnieniem, z jakiej przyczyny węgle są tem więcej błyszczące, im należą do wyższego rzędu owęglania i przyszedł do wniosku, że nie zależy to od ciśnienia, lecz przeważnie od stopnia różnorodności budowy węgla wskutek chemicznych przetworzeń, którym węgiel ulega.

kich badaczów¹⁾ było inne. Mówią oni, że „petrograficzne badania węgla zawsze stwierdzają w nich trzy zasadnicze części składowe, które pojedynczo lub w pewnych stosunkach wspólnie tworzą to, co nazywamy węglem. Temi składowymi częściami są węgiel błyszczący (Vitrit), węgiel matowy (Durit) i węgiel włóknisty (Fusit). Wszystkie obrazy mikroskopowe węgla pozwalają sprowadzić jego budowę do tych trzech części składowych, lub do mniej lub więcej ścisłej ich mieszaniny. Te trzy typy są połączone ze sobą przez formy przejściowe. Oznaczenie takich form przejściowych nie wymaga nazw odrębnych, gdyż można posługiwać się takimi wyrazami, jak durytowy witryt (pasemkowaty błyszczący węgiel), lub witrytowy duryt (pasemkowaty matowy węgiel).“

Dopiero w połowie r. 1928 H. Bode²⁾, z Zakładu petrografii węglowej w pruskim Instytucie geologicznym usiłuje ustalić, że główną cechą vitrain (Vitrit) jest jego jednorodność, co było już ustalone właściwie przez Thiessena (anthraxylon) i Duparque'a, a jeszcze wcześniej przez Wheeler'a i innych, którzy przypuszczali, że czyste smugi vitrain'u są utworami analogicznymi do dopleyrytu. Bode uznał również, że niema zasadniczej różnicy pomiędzy vitrain, xylovitrain i anthraxylon, a że można rozróżniać jedynie pewien stopień rozkładu szczątków ukształtowanych, czyli vitrain bezstrukturalny (euvitrit według Potoniégo) i vitrain, w którym da się odróżnić tkanki ukształtowane (provitrit według Potoniégo, czyli xylovitrain według Duparque'a)³⁾. Również w stosunku do durain niemieccy geolodzy przyznali słusność Thiessenowi i Duparque'owi, że nie jest to węgiel sapropelitowy, lecz węgiel utworzony ze szczątków, znajdujących się w znacznym stopniu rozkruszenia, przeważnie kutyny, spor i innych tkanek i organów (Humusdetritus) zcementowanych ciastem koloidalnym (pâte fondamentale, Grundmasse, humic degradation matter), co w istocie odpowiada określeniu attritus (Thiessen) i durain (Duparque). Główną cechą durain jest według Bodego jego niejednorodność.

Duparque, jak widzieliśmy, użył tych samych określeń, na oznaczenie w składnikach węgla elementów o budowie prostej —

fusain (i inne szczątki ukształtowane) i vitrain, w przeciwieństwie do elementów o budowie złożonej — durain i clarain. Ostatecznie Pruski Instytut Geologiczny¹⁾ uznał, że wyrazy — węgiel błyszczący, matowy, włóknisty, pasemkowaty, określające megaskopowe cechy węgla²⁾, nie nadają się do naukowego określenia jego składowych części.

Nazwę Fusit (fusain) proponowano utrzymać w terminologii niemieckiej dla wszystkich jednoznacznie ukształtowanych szczątków bez względu na to, czy są one natury drzewnej, czy też innej. Przeczy to wszystkiemu, co zostało już stwierdzone przez Stopes, Thiessena, Duparque'a i innych i opiera się jedynie na wynikach badań Langedego, że węgiel włóknisty może utworzyć się także z krzewów i liści³⁾. Wyraz clarain został wykluczony z niemieckiej terminologii, natomiast Durit (durain) wprowadza się dla oznaczenia wszystkich części węgla odznaczających się swą niejednorodnością i będących mieszaninami różnego rodzaju (sporowy duryt, kutynowy duryt, witrytowy duryt).

§ 2. Oczywiście dla praktycznego zastosowania petrografii węgla w sortownictwie i przy określaniu warunków rozmieszczenia różnych jego gatunków w każdym zagłębiu, należy ustalić zupełnie jednakowe i jasne pojęcia o składowych jego częściach. Z oznaczeń wprowadzonych przez Stopes dwa: fusain i durain, nie wzbudzają żadnych wątpliwości, mogą być bowiem zastosowane bez błędów. Fusain jest zwykłym włóknistym węglem czerniącym palce, porowatym i o wyraźnej budowie tkanek drzewnych; durain jest to węgiel matowy złożony przeważnie z tkanek kutynowych, spor i ziarnistej masy zasadniczej. Co zaś do clarain i vitrain, to obie te części są błyszczące; określenie podane przez Stopes nie jest trafne: Vitrain — błyszczące, prawie szkliste, zwykle wąskie pasemka, natomiast clarain również błyszczące pasemka, lecz rozmaitej grubości. Pierwszy Duparque zaznaczył, że vitrain jest jednorodną lub prawie jednorodną masą, clarain natomiast ma budowę niejednorodną, więc podobną do durainu, lecz ciała ukształtowane znajdujące się w nim należą przeważnie, lecz zgoła nie wyłącznie, do tkanek drzewnych i ilość ciasta (pâte) w tej części węgla jest większa, niż w durain. Thiessen nazwał taką niejednorodną część węgla attritus i określił, że składa się ona z zasadniczej masy żelatynowanej (humic degradation matter) i z zawieszonych w niej najdrobniejszych szczątków tkanek roślinnych; w jednych wypadkach taki attritus ma wy-

¹⁾ Stach E. r., Kohlenpetrographisches Praktikum, Berlin 1928.

— Lange Th., Zur Kohlenpetrographie Oberschlesens Z. d. Oberschl. B. u. H. V., 1926.

— Lange Th., Die Ergebnisse neuerer französischer Kohlenuntersuchungen I, c. 1927 i Kali, Erz u. Kohle 1927.

²⁾ Bode H., Zur Nomenklatur in der Kohlenpetrographie, Kohle und Erz 1928, 18 (3 August).

— Bode H., Einige Typen von Steinkohlen, Der Bergbau 31, 1928.

³⁾ Takie same nazwy ustala Lefraye w Belgii (Note sur le vitrain. Soc. Géol. Belgique, 52, Teor. 1929), który rozróżnia vitrain bez struktury i pseudo-vitrain, czyli xylovitrain, anthraxylon.

¹⁾ Potonié R., Zur Terminologie der petrographischen Bestandteile der Steinkohle. Preuss. Geol. Landesanstalt Jahrb. 48, 127–130, 1928.

²⁾ Lange Th., Die makroskopischen Kennzeichen der Kohlenarten in oberschlesischen Flözen. Kohle und Erz, 1928, Nr. 12.

³⁾ Lange Th., Beitrag zur Kenntnis der Faserkohle. Glückauf 1928, 2.

gląd węgla błyszczącego, a w innych — węgla matowego (durain). Jeżeli przyjmiemy takie określenie Duparque'a i Thiessen'a to musimy powiedzieć, że clarain jest właściwie zwykłym błyszczącym węglem, t. j. pasemkowatym, niejednorodnym utworem składającym się z pasemek węgla o różnym stopniu blasku czasem nawet matowych. Pasemka te mają przeważnie budowę drzewnego attritus, z przewarstwieniem cienkich pasemek szklatego vitrain i również cienkich pasemek matowego durain. Można więc megaskopowo w węglu odróżniać tylko fusain (włóknisty węgiel, mineral charcoal), węgiel matowy (durain) i błyszczący, oraz nawpół błyszczący (clarain). Różny stopień blasku tej ostatniej części węgla, widoczny megaskopowo, t. j. gołym okiem, nie może służyć do jakiegokolwiek określenia i do wyodrębnienia tego co należy nazywać vitrain, t. j. koloidalnego utworu chemicznego. Nie można zgodzić się z tem, aby wszystkie ukształtowane ciała w węglu nazywać Fusit (fusain, wszystkie niejednorodne części — Durit (clarain), a wszystkie błyszczące części — Vitrit (euvitrit i provitrit).

W ostatnich pracach niemieckich¹⁾ przyjmują, że składnikami petrograficznymi węgla są: błyszczący (Vitrit), matowy (Durit) i włóknisty (Fusit), a za czwartą część — zupełnie słusznie — uważają nieorganiczne składniki (Berge). Autorzy niemieccy stwierdzają, że pierwotnym materiałem błyszczącego węgla są przeważnie tkanki drzewne i kora (periderma) w różnym stopniu rozkładu, aż do stanu koloidalnego; zgadzają się też, że taka pierwotna masa była żelatynowana, że roztwory humusowe przenikają w komórki tkanek, a miejscami takie roztwory były wyciśnięte jako żel humusowy i że materia błyszczącego węgla jest głównym czynnikiem zdolności do koksowania. Matowy węgiel uważają za muł torfowy bogaty w spory; jego zasadnicza masa zawiera dużo rozkruszonych części roślinnych, a również materiału podobnego do węgla włóknistego, dla którego oznaczenia wprowadzają zupełnie niepotrzebną nazwę Fusitoid, albowiem są to szczątki tkanek drzewnych. Autorzy ci tłumaczą znaczną zawartość składników lotnych w węglu matowym obecnością licznych spor i tkanek kutynowych. Węgiel matowy zawiera więcej popiołu niż węgiel błyszczący, gdyż popiół pochodzi nie tylko z nieorganicznych składników roślin, lecz, i to w większej ilości, z sedymentacji materiału ilastego. Badacze niemieccy podkreślają, że fizyczne i chemiczne własności węgla matowych możliwe do przewidzenia na podstawie stopnia ich owęglenia (Inkohlungsgrad, rank), są uzależnione od ich składu petrograficznego; węgiel matowy jest szkodliwy dla zdolności koksowania. Dla najlepszego zastosowania

każdego rodzaju węgla trzeba zbadać nie tylko stopień owęglenia (mineralizacji) węgla każdego pokładu, lecz także i jego skład petrograficzny. Badacze ci powoli dochodzą do poglądów, uzasadnionych daleko wcześniej przez Duparque'a, z tą tylko różnicą, że uważają trzy megaskopowe części każdego węgla za składniki petrograficzne (petrographische Bestandteile). Takie ujęcie jest błędem zasadniczym, podobnie jak byłoby błędem nazywać składnikami petrograficznymi jakieś skały jej poszczególnie warstewki; każda taka warstewka może mieć zupełnie inny skład litologiczny i inną budowę (strukturę, Gefüge), a warstewki podobne do siebie megaskopowo mogą być różne petrograficznie, co właśnie zaznaczył Duparque, a czego jeszcze nie spostrzegają badacze niemieccy. Podobnie jak ciasto skalne w skałach wybuchowych i spoiwo w skałach osadowych może mieć różne własności chemiczne i fizyczne, tak i ciasto w węglach może być koloidalnym osadem (vitrain), lub żelatynowaną masą drzewną (xylovitrain), lub wreszcie żelatynowaną masę innej natury (attritus w węglach typu durain i w węglach kennelskich) i przy podobnym wykształceniu morfologicznym może mieć niejednakowe własności chemiczne. Koloidalny vitrain węgla lignino-celulozowych i takież vitrain węgla kutynowych może, a nawet prawdopodobnie musi mieć własności chemiczne niejednakowe.

Petrograficznymi składnikami węgla, jako skały osadowej, są szczątki roślinne w różnym stanie rozkładu, ciasto w różnym wykształceniu i domieszki nieorganiczne (Berge, popiół). Niektóre składniki wskutek przyczyn sedymentacyjnych wyodrębniają się miejscami w poszczególne warstewki i pasemka; do takich składników należy vitrain, jako ciało prawie jednorodne i tkanki drzewne w postaci węgla włóknistego. Główna masa węgla, jako wynik normalnych warunków osadzania, posiada budowę mieszaniny niejednorodnej w postaci clarain lub durain i te nazwy nie oznaczają składowych części węgla, lecz jego odmiany morfologiczne, oznaczane poprzednio ogólnymi nazwami węgiel błyszczący i matowy. Każdy węgiel typu błyszczącego lub nawpół błyszczącego (clarain) i matowego (durain) może zawierać pasemka vitrain, szczątki drzewnych tkanek w stanie fusain, xylain i xylovitrain (anthraxylon), spory, kutynę i spoiwo czyli ciasto w stanie od koloidalnego vitrain'u do ziarnistego attritus. Tkanki drzewne, dające się odróżnić nawet megaskopowo (jako tkanki węgla rysującego) nazywają fusain (fusit)¹⁾,

¹⁾ Byłoby bardziej konsekwentnem używanie terminu fusain (Fusit) dla oznaczenia w węglu mineralnym tkanek drzewnych w stanie właściwego węgla drzewnego, t. j. podobnego do węgla sztucznego i widocznego tylko pod mikroskopem, a megaskopowe formy jego należałoby nazywać węglem drzewnym (włóknistym, Faserkohle, mineral charcoal, houille mate fibreuse, houille daloides w Belgji). Przy opisywaniu obrazu węgla pod mikroskopem należałoby mówić np., że węgiel włóknisty w

¹⁾ Lehmann K. und Stach E., Die praktische Bedeutung der Ruhrkohlenpetrographie, Glückauf 1930, 9.

natomiast tkanki drzewne, które można stwierdzić tylko pod mikroskopem nazywają xylain, lub xylovitrain, w zależności od stopnia ich zachowania. Duparquet słusznie podkreślił, że chemiczny skład fusain'u zbliża się do stałego stanu równowagi, mniej ulegającego dalszym zmianom przy następnych przetworzeniach węgla. Duparquet jest zdania, że w węglach każdej grupy (lignino-celulozowych, kutynowych i sporowych) skład chemiczny poszczególnych części, jak durain, vitrain i clarain mało różni się między sobą, natomiast skład chemiczny tych części w węglach różnych grup jest niejednakowy; chemiczny zaś skład fusain'u jest bardziej stały, o ile nie zawiera on większej ilości popiołu.

Dla ilustracji nomenklatury petrograficznej, opartej na genetycznych a nie morfologicznych cechach, załączam pięć tablic mikrofotografii naszych węgli.

Do petrograficznego badania węgla powinno być stosowane naukowe zasady petrografii, a nie dowolny podział składników na trzy lub cztery części megaskopowe, jak to starają się uzasadnić Stach, Lehmann, Kattwinkel, Rittmeister i inni. Badania chemiczne takich odmian węgla, jak błyszczący i matowy, bez określenia ich istotnego składu petrograficznego, t. j. natury szczątków roślinnych, ciasta i ich ilościowych stosunków, nie może dać odpowiedzi na pytanie, gdzie leży źródło różnych chemicznych i fizycznych własności poszczególnych węgli. Do takich własności należy właśnie zawartość składników lotnych w węglu i zdolność jego do koksowania¹⁾.

danym okazie jest złożony z tkanek drzewnych w stadium fusain, albo że w danym okazie są tkanki drzewne w stadium fusain, które jednak megaskopowo nie były odnotowane jako węgiel włóknisty. Już przy niewielkim doświadczeniu można rozróżnić pod mikroskopem tkanki w stadium fusain, xylain i xylovitrain.

¹⁾ W polskiej literaturze geologicznej zostały ogłoszone dopiero w r. 1930 kilka przyczynków (Rozen Z, Kilka słów o petrografii węgla. Przegląd Górniczo-Hutniczy 1930. Zerndt J., Petrograficzne badania węgla z pokładu Izabella w Trzebinii. Ibid. Zerndt J., Megaspory z pokładu Izabella (warstwy łaziskie) w Trzebinii. VI Roczn. Polsk. Tow. Geol. 1930. Zerndt J., Megasporen aus einem Flötz in Libiąż (Stéphanien), Bull. Ac. Pol. d. Sc. et d. Lett. B I, 1930. Zerndt J., Triletes giganteus, n. sp. eine riesige Megaspore aus d. Karbon. Ibid., B, 1930. Zerndt J., Megasporen, als Leitfossilien des produktiven Karbons Ibid., A, 1931, poświęconych zastosowaniu badań petrograficznych do zagadnień praktycznych, a zwłaszcza możliwości identyfikacji pokładów węgla na podstawie megaspor pochodzących z poszczególnych pokładów. Nie mamy jednak dowodów, czy spory lub nawet zespoły ich mogą służyć jako formy przewodnie, t. j. czy mogą mieć szerokie rozprzestrzenienie poziome (część zagłębia) przy wąskim zasięgu pionowym (grupa pokładów). Wiemy tylko, że w granicach zasięgu każdego pokładu, jako kompleksu facyj, jedne części jego mogą zawierać spory w obfitości, inne zaś części mogą ich nie zawierać zupełnie.

Zasadą stratygrafii węgla jest to, że tylko całe grupy utworów karbonu, czasem bardzo znacznej miąższości, mogą charakteryzować się zespołem roślin z gatunkami pospolitymi, przewodniami, pomocniczymi i rzadkimi; obecność przewodniego gatunku w stropie pokła-

VII. Odgazowanie czyli uszlachetnienie węgla w świetle badań geologicznych.

§ 1. Teoria carbon-ratio. Procesy biochemiczne kończą się na stadium torfowym tworzenia się węgla, następne zaś zmiany są wynikiem czynników i warunków geologicznych — mówi D. White¹⁾. Zmiany te, zachodzące wskutek wysuszenia, ściśnięcia, reakcji chemicznych są natury geochemicznej i geofizycznej, czyli metamorficznej, a zwłaszcza dynamometamorficznej.

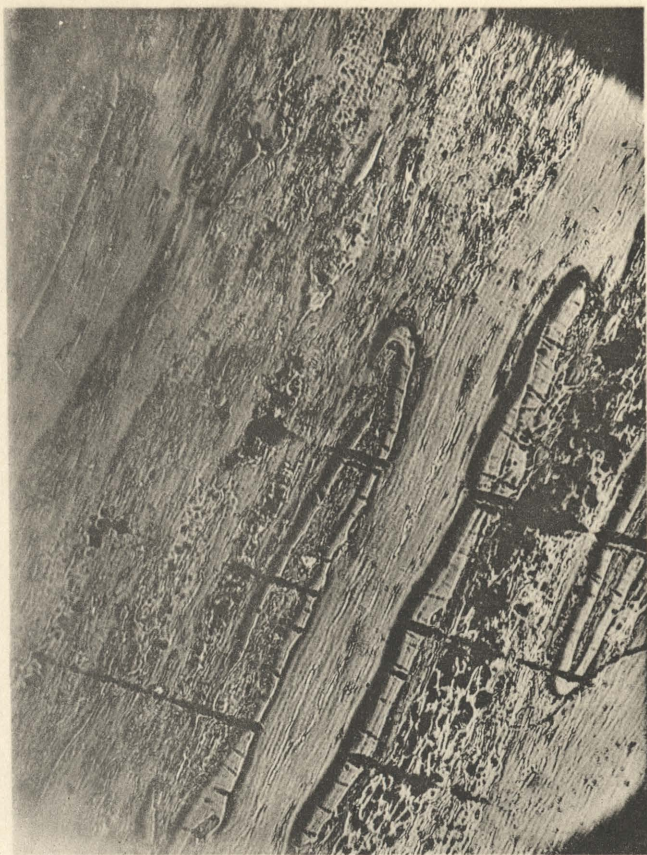
Gdy procesy biochemiczne skończyły się, tkanki roślinne, zarówno drzewne jak i inne mogą później ulec zmniejszeniu swej objętości i zdeformowaniu przez ciśnienie, lub mogą pomarszczyć się wskutek stopniowego wysychania i wydzielania C, H, O, N, lecz wszystkie one, przetworzone w taki sposób, zachowują swoją pierwotną budowę nawet w przypadku pełnego ich zkarbonizowania np. w antracytach. Materiał organiczny w postaci ukształtowanych szczątków lub roztworów humusowych, tworzących czasem razem z materiałem nieorganicznym skałę osadową, nigdy zupełnie nie zostaje zniszczonym przy następnych dynamochemicznych przetworzeniach. W humusowych węglach kamiennych szczątki roślinne należą do takich samych typów, co i w torfie; niema żadnej różnicy chemicznej ani fizycznej pomiędzy antracytami a węglami, należącymi do jakiegokolwiek innego okresu, np. karbonu, kredy, czy trzeciorzędu. Te fakty są podstawą teorii, że węgle niższych rzędów (suche) stopniowo przechodzą w węgle rzędów wyższych (chude); w każdym zagłębiu można stwierdzić, że w jednym i w tym samym pokładzie, zachowującym wszystkie swoje odrębne cechy sedymentacyjne i petrograficzne, węgiel zmienia się od suchego do antracytu. Węgiel zmienia się tylko gatunkowo (suchy, chudy), lecz pozostaje tego samego typu (humusowy, sapropelitowy, sporowy).

Stopniowa zmiana czyli metamorfizm materiału organicznego, czy to w postaci szczątków roślinnych, czy też zestalonych produktów rozkładu, wyraża się w karbonizacji ich, t. j. w zmniejszeniu ilości tlenu i zwiększeniu ilości węgla. D. White przypuszcza, że stopień owęglenia materiału roślinnego, czyli węgla,

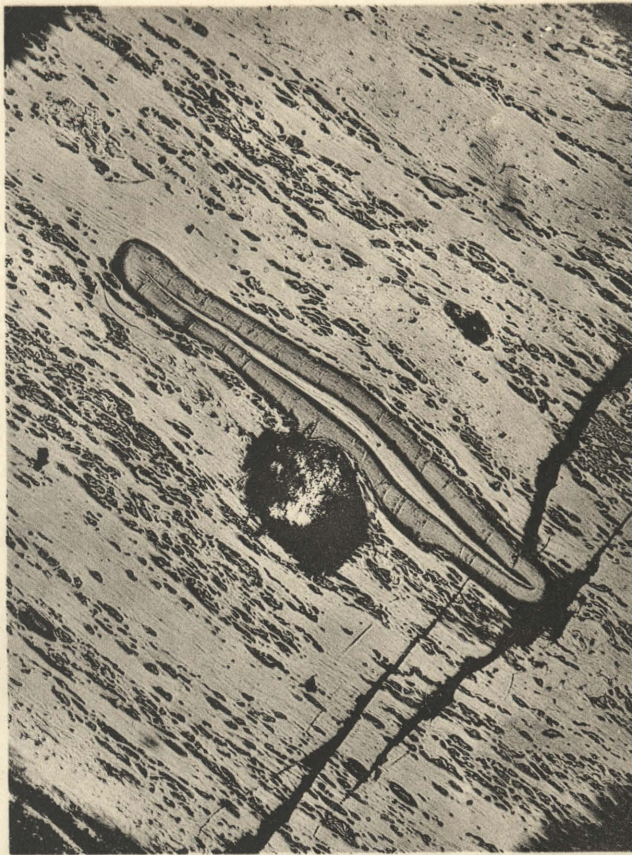
du nie wystarcza, aby można było zaliczyć taki pokład do pewnej grupy; trzeba jeszcze stwierdzić, że ten gatunek jest częstym również w stropie wielu pokładów należących do tej samej grupy (Paul Bertrand). Prace Zerndta przedstawiają ważne rozszerzenie metod paleontologicznej w stratygrafii węglowych utworów, co zaś do podstawowych pojęć o petrograficznych składnikach węgla, to wymienione przyczynki są oparte wyłącznie na poglądach niemieckiej szkoły o trzech składnikach, t. j. durytu, fuzitu, witytu (i klarytu), oraz ich znaczeniu na jakość węgla, bez uwzględnienia istotnej natury każdego z nich.

¹⁾ D. White, Progressive Regional Carbonization of Coals. Trans. Amer. Inst. Min. and Met. Eng. N. 1414 — J, 1925.

1



2



3



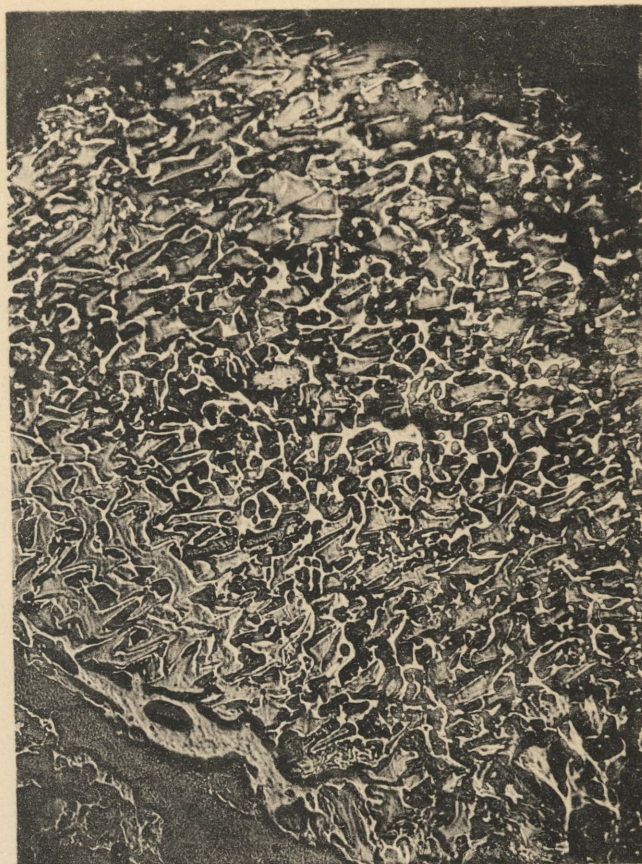
4



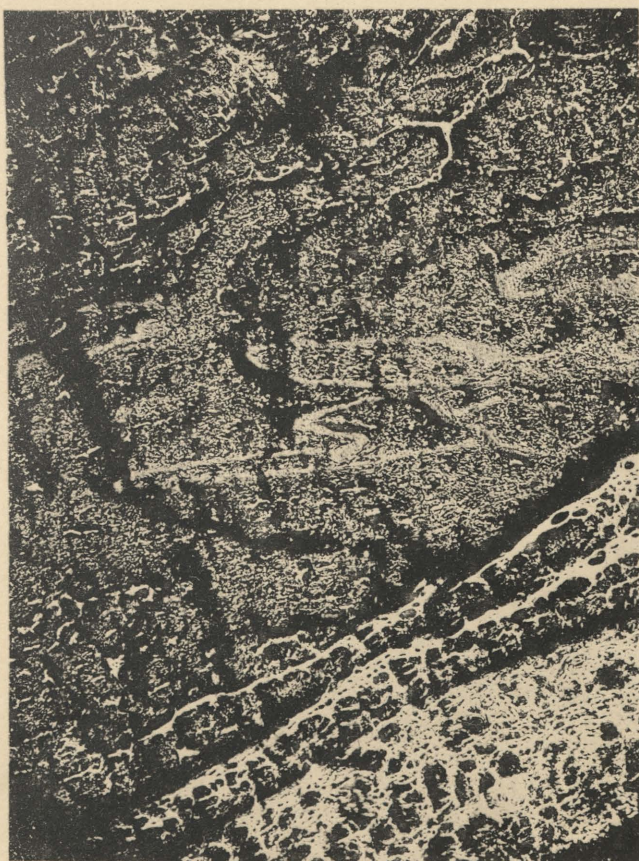
5



6



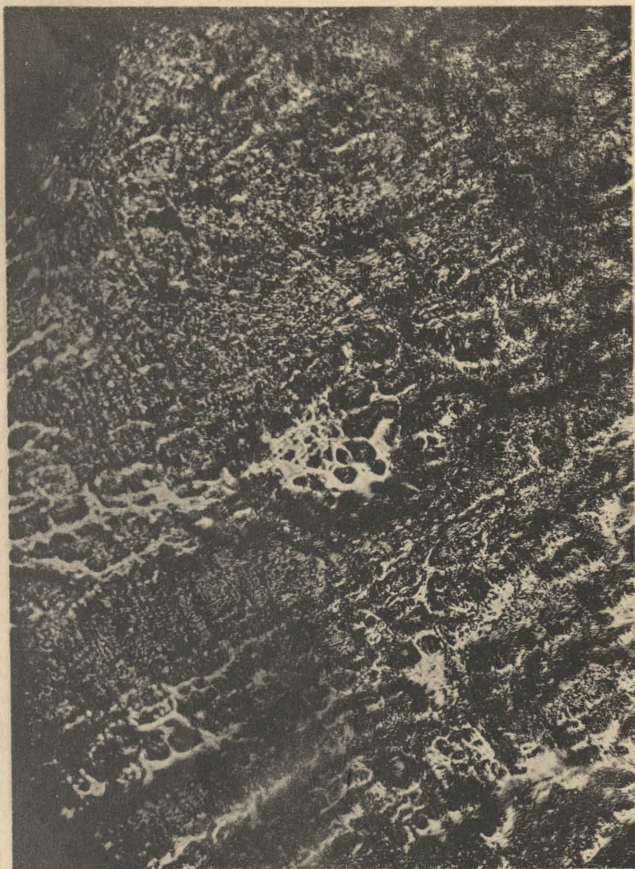
7



8



9



10



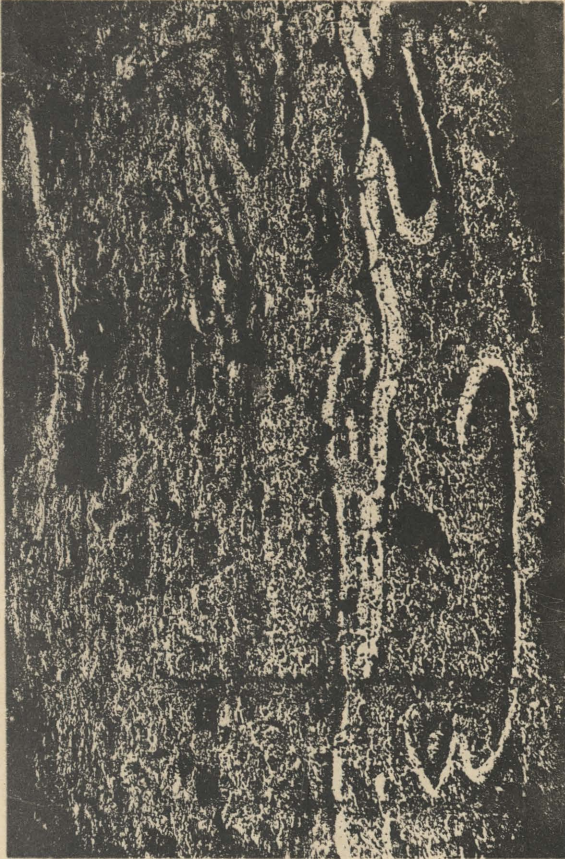
11



12



13



14



15



16



17



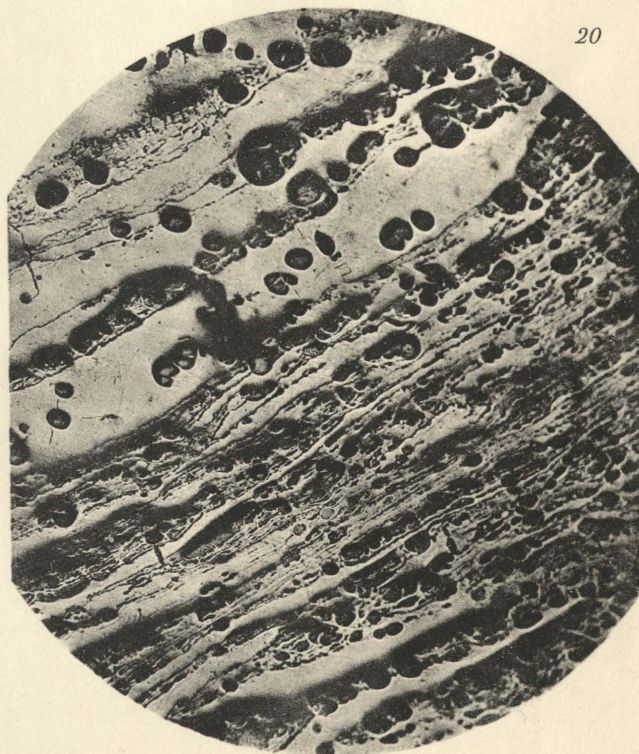
18



19



20



może służyć, jako wyraz metamorfizmu regionalnego skał, zawierających ten węgiel. Stopień owęglania wyraża on stosunkiem ilości nielotnego węgla do ogólnej sumy czystego węgla bez popiołu i wilgoci, co nazwano „carbon ratio”. Otrzymuje się ten stosunek przez podzielenie liczby wyrażającej ilość nielotnego węgla (fixed carbon) a uzyskanej z analizy technicznej przez sumę tegoż węgla i składników lotnych.

Teoria carbon-ratio, rozwinięta przez White'a, opiera się na materiale, zebranym przez niego z różnych zagłębi Stanów Zjednoczonych i znanym z zagłębi europejskich. Stopniowe zmniejszenie ilości lotnych składników węgla, zachodzące pod wpływem procesów dynamochemicznych podczas fałdowania utworów węglowych, sprowadza się do wpływu ciepła, rozwijającego się przez podwyższenie stopnia geotermicznego wskutek zwiększenia miąższości nadkładu przez reakcje chemiczne, a głównie przez przetworzenie energii mechanicznej w ciepłą przy zjawiskach ściskania i deformowania podczas fałdowania. Stopień zmiany węgla zależy od czasu trwania i od napięcia ciśnienia bocznego; na obszarach pociętych uskoki i pofałdowanych, węgle mogą być mniej odgazowane, niż węgle na obszarach, które bez przerwy ulegały ciśnieniu w przeciągu dłuższego okresu geologicznego. D. White, opierając się na spostrzeżeniach, że węgle różnego wieku przy jednakowych warunkach dynamicznych (np. węgle karbońskie w Pennsylvanji i węgle kredowe i trzeciorzędowe Laramie) zostały, niezależnie od pierwotnego materiału, przetworzone w węgle równie wysokiego rzędu (półantracyty i antracyty), przyszedł do wniosku, że zmiany geochemiczne są wynikiem regionalnych przyczyn tektonicznych.

Porównanie analiz węgla różnych gatunków (humusowych i sapropelitowych), znajdujących się na jednakowym, niższym stopniu metamorfizmu, a więc w rzędach lignitu i węgla podbitumicznego, wykazuje, że różnice chemiczne pomiędzy węglami jednego rzędu są wynikiem jakościowej różnicy pomiędzy pierwotnymi torfami. W węglach wyższych rzędów takie pierwotne różnice zostają zatarte przez późniejsze czynniki dynamochemiczne. Natomiast podczas metamorfizmu węgla powstają inne jakościowe własności węgla, jak np. zdolność do koksowania.

Analizy chemiczne węgla wyższych rzędów, jak węgle chude, półantracyty i antracyty, nie pozwalają na wyróżnienie w nich cech pierwotnych; nawet t. zw. łupki bitumiczne przyjmują ostatecznie postać grafitowych łupków.

Badania mikroskopowe różnych rodzajów tkanek i produktów z nich powstałych w antracycie, pozwoliły natomiast stwierdzić, że warunki sedymentacji i rozkładu materiału węglowego, a więc i zróżniczkowania na typy

humusowy, kennelski i sapropelitowy — były w czasie tworzenia się antracytu takie same, jak w czasie tworzenia się torfu, lignitu i innych węgli pośrednich rzędów.

D. White zwrócił uwagę, że opierając się na liczbach carbon-ratio przy ustalaniu warunków metamorfizmu regionalnego, można dojść do mylnych wniosków, wskutek brania w rachubę analiz węgla, zawierających nadmiar składników lotnych, powstały przez skupienie w nich składników tłuszczowych podczas fazy biochemicznej. Również i zmiany zawartości części lotnych według prawa Hilt'a¹⁾ wprowadzają pewne odchylenia do regionalnego rozmieszczenia węgla różnych rzędów. D. White, zgadzając się, zgodnie z prawem Hilt'a, na istnienie zmian w składzie węgla, spowodowanych wzrostem temperatury z głębokością, przypuszcza jednak, że takie zmiany w głębszych pokładach spowodowane są raczej bocznym napięciem, któremu ulegają głębokie warstwy pod nadkładem skał sztywnych. Oczywiście carbon-ratio nie posiada zupełnie znaczenia teorii, lecz jest tylko jednym z wielu przypuszczeń, dotyczących się roli metamorfizmu na kształtowanie się węgla.

§ 2. Prawo Hilt'a²⁾ zostało oparte na fakcie zwiększania się stopnia owęglania węgla w serii jego pokładów w zależności od ich stratygraficznej głębokości, lecz w różnych zagłębiach węglowych Europy stwierdzono, że zawartość lotnych składników w każdym poszczególnym pokładzie niezależnie od jego stratygraficznego położenia, zależy również od miąższości nadkładu³⁾.

Jako ilustracja prawa Hilt'a mogą służyć dane, otrzymane przy wierceniach w zagłębiu Kent⁴⁾:

	Wiercenie Maydensole	Wiercenie Barfretton	Wiercenie Ripple
Najwyższy pokład.			
Głębokość w stopach	1754	1350	925
Lotnych części %	22,39	28,68	23,49
Najniższy pokład.			
Głębokość w stopach	3760	3318	2992
Lotnych części %	11,82	16,43	11,80

¹⁾ D. White, U. S. Bur. of Mines, Bull. 38, 1913.

²⁾ Carl Hilt, Die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und den technischen Eigenschaften der Steinkohlen. Zeitschrift des Ver. deuts. Ingen. Band 17, 1873 (to samo w Revue Univ. Mines t. 35, 1874).

³⁾ Stainier, Des rapports entre la composition des charbons et leurs conditions de gisement. Ann. des mines de Belgique, t. 5, 1900.

⁴⁾ W. Galloway, On the origin of Anthracite Proc. South Wales Inst. of England, Vol. 37, 1921. Patrz także Briggs, Vertical and lateral Variation in the composition of bituminous coal-seams. Trans. Inst. of Min. Eng. vol LXV, 4, 1923.

Na podstawie danych z zagłębi Europy Fr. Reeves¹⁾ dał zestawienie zwiększenia karbonizacji w procentach nielotnego węgla na każde 100 stóp głębokości:

Kent	0,57%
Pd. Walja	0,60„
Holandja	0,66„
Westfalja węgiel gaz. .	0,51„
„ „ koks. .	0,71„

przeciętnie 0,61% (czyli na 100 m około 1,8%, a na 1% — 55 m).

W zagłębiu du Nord przyjmują, że odgazowanie węgla chudych wynosi 1% na każde 100 m głębokości, węgla zaś tłustych — 1% na każde 60 m, a węgla płomiennych — nawet 1% na każde 30 m.

W zagłębiu Pennsylvanii, gdzie głębokości odbudowy są znacznie mniejsze, otrzymało przeciętną liczbę zwiększenia karbonizacji — 0,69% na każde 100 stóp, czyli na 100 m około 2%. Petrascheck przyjmuje dla zagłębia Ostrawskiego przeciętnie 1% na 100 m w warstwach ostrawskich (brzeźnych), dla węgla chudych nieco mniej, a dla warstw łękowych (Schatzlarskich) 1% na 80 m.

Jeżeli blisko powierzchni ziemi stopień owęglania wyraża się 60% nielotnego węgla, to przy skali karbonizacji 0,6, na głębokości 4000—5000 stóp, stopień owęglania będzie około 85%—90%.

Materiał faktyczny nie zawsze odpowiada takiemu wzrostowi owęglania, czyli odgazowania węgla.

W zagłębiu St. Etienne, przy miąższości serji produktywnej 1300—1500 m węgle górniego piętra są tłuste i płomienne z zawartością lotnych części 36%—38%; węgle środkowego piętra mają na wschodzie charakter tłustych, a na zachodzie (la Beraudière, Firminy) — gazowych; w dolnym piętrze węgle górnych poziomów są tłuste (25%—26% lotnych części) i bardzo niebezpieczne ze względu na zawartość gazów wybuchowych, a węgle dolnych pokładów są chude (14%—16%), częściowo antracytowe. W zagłębiu Creusot-Blanzy wzdłuż południowego brzegu zagłębia w Blanzy węgle są gazowe (30%—50% lotnych części), przyczem ku południowemu zachodowi wzdłuż biegu pokładu ilość gazów zmniejsza się i węgle przechodzą w chude (poniżej 18% gazów); takie zmiany zaznaczają się miejscami na odległości około 500 m i gatunki pośrednie prawie nie istnieją. Na północnej stronie zagłębia w Creusot, węgiel prawie pionowo stojącego pokładu Grande Couche na górnych poziomach do głębokości 100—200 m zawiera 20%—26% lotnych części i węgle są tłuste; niżej do 220 m węgle tego pokładu są nawpół tłuste (z 14%—20% gazów), a jeszcze niżej węgle są chude (12%—16% gazów). Takie drobiazgowo różniczkowanie węgla nie odpowiada

ani warunkom głębokości, ani warunkom tektonicznym, ani jakimkolwiek zmianom charakteru nadkładu, składającego się przeważnie z piaskowców i konglomeratów.

W zagłębiu Campine w Belgji i Holandji węgle suche gazowe były osiągnięte wierceniami tylko na najdalszym północnym zachodzie, gdzie miąższość nadkładu (morts-terrains) znacznie wzrasta. Nie stwierdzono, czy te węgle stanowią wyższy poziom w stosunku do węgla na południowym wschodzie, które od góry do dołu, w jednym przekroju pionowym, zmieniają się od węgla gazowych (do 32% lotnych składników) do tłustych koksujących się (19%—23% lotnych składników). Węgłe chude na terytorjum Holandji znajdują się tylko na wschodzie¹⁾.

W Anglii w wielkiem zagłębiu Yorkshire prawo Hilt'a zastosować trudno. W Yorkshire w dolnej grupie (Gannister coal) pokład dolny (softcoal) jest koksujący, a pokład górny daje węgiel chudy (steam coal); w środkowej grupie (miąższości 700—1000 m) pokłady Silkstone (Black shale), i Blocking coal oraz pokład Barnsley (Top rard coal) o 250—300 m wyżej od nich dają węgle koksujące się i steam coal.

Pokład Barnsley w górnej swej warstwie zawiera węgiel chudy, a w dolnej — chudy i gazowy.

W zagłębiu du Nord na nadaniu Courières, jak wspomniano wyżej, zawartość części lotnych w węglu w jednych i tych samych pokładach wzrasta w kierunku upadu, t. j. przy zwiększaniu nadkładu, a nie naodwrot, co pozwala szukać ogólnej przyczyny tego zjawiska w zaburzeniach tektonicznych powstałych po utworzeniu się nadkładu.

W zagłębiu Saary węgle gazowe znajdują się głębiej, niż węgle chude, co tłumaczy szczelinowatym charakterem piaskowców nadkładu, powodującym uwolnienie gazów z pokładów górnych poziomów. W południowej Walji węgle gazowe strefy południowej mają nadkład takiej samej, a nawet większej miąższości, jak i węgle antracytowe strefy północnej. Wiadomo także, że niektóre węgle gazowe przechodzą w węgle antracytowe w pobliżu powierzchni ziemi, może wskutek uwolnienia części lotnych przez szczeliny w warstwach nadkładu, jak w zagłębiu Saary.

Pomimo częstych wyjątków z prawa Hilt'a, nie można nie zgodzić się na to, że prawo to sprawdza się w wielu przypadkach, zarówno w serjach węglowych o spokojnym, jak i o zaburzonym układzie geologicznym.

Teorja carbon-ratio opiera się jednak nie na takich przejawach statycznego metamorfizmu, lecz na zjawiskach metamorfizmu dynamicznego, związanego z deformacją serji wę-

¹⁾ Frank Reeves, Carbon-ratio theorie in light of Hilt Law. Bull. Am. As. Petr. Geol. 1928, 8.

¹⁾ Jongman's W. J. Commun sur ce que nous ont appris les sondages quant à la stratigraphie du Limburg (Pays-Bas). II. Congr. intern. de forage, Paris 1929.

glowej podczas jej fałdowania. Materiałem do sprawdzenia tej teorii muszą być zmiany zawartości składników lotnych w pokładach w kierunku bocznym, a nie w kierunku pionowym. Krytyka faktów, zebranych przez obrońców tej teorii w zagłębiach węglowych Stanów Zjednoczonych przeważnie w prowincji Appalackskiej, ustaliła, że przy zestawianiu zawartości części lotnych nie zawsze liczone się z ustaleniem poziomów stratygraficznych odnośnych węgli, a nawet stanu wietrzeńa samego węgla¹⁾.

Różnice zawartości części lotnych nie tylko różnych odmian węgla tego samego pokładu (Courières), lecz nawet w poszczególnych warstewkach tego samego pokładu na jednym jego przekroju znane były oddawna, np. dla pokładu antracytowego Mammuth w Pensylwanii (według Stevenson'a) i dla różnych pokładów w zagłębiu du Nord (według Barrois²⁾). Zestawienia na większą skalę, obejmujące pokład w całej jego rozciągłości, przeprowadzone np. w zagłębiu Durham³⁾, wykazały, że linie jednakowej zawartości części lotnych (isovols) dla pokładu Hutton seam i Low Main, przypuszczalnie stanowiących jeden pokład, dały dwie depresje o najniższej zawartości lotnych składników (26%) wśród przestrzeni o stopniowo wzrastającej zawartości gazów (od 26% do 40%); pomiędzy obecną miąższością nadkładu i zawartością części lotnych niema już ścisłego związku.

Takie rozmieszczenie linii izokarbowych możnaby było interpretować nie jako depresje, lecz jako linie równoległe do biegu warstw niezależnie od głębokości położenia pokładu.

§ 3. Czynniki tektoniczne. We wschodniej części zagłębia Południowej Walii gdzie stopień zaburzenia tektonicznego jest o wiele słabszy, niż w części zachodniej, pokłady zawierają węgiel z większą ilością lotnych składników; węgle dolnych pokładów przechodzą naogół prędzej w węgle antracytowe, niż węgle pokładów górnych, chociaż z drugiej strony wszystkie węgle wzdłuż południowej granicy zagłębia zachowują swój gazowy charakter mimo większego stopnia zaburzenia tektonicznego⁴⁾.

W zagłębiu westfalskiem i belgijsko-francuskim zależność odgazowania węgla od deformacji tektonicznej również nie potwierdza się, jak to już zaznaczono wyżej (§ 2); węgle są bardziej gazowe w południowej części zagłębia, gdzie budowa tektoniczna jest znacznie więcej skomplikowana, niż wzdłuż granicy pół-

nocnej. Na nadaniu Hennegau w południowej Belgii znany jest przypadek nasunięcia serii z grupą węgla chudszych na serię z grupą węgla gazowych; — wiercenie na południe od Faille du Midi przebiło utwory dewonu, syluru, płaszczynę nasunięcia i weszło w dolny karbon, a głębiej przebiło inną płaszczynę nasunięcia, pod którą weszło w górny karbon produktywny, w którym przewiercono następujące pokłady:

pokłady	głębokość od powierzchni	składników lotnych
1	730 m	21,2%
2	839 „	21,1„
3	844 „	21,0„
4	847 „	18,8„
5	870 „	15,5„
6	872 „	12,7-14%
7	878 „	11,5„
8	891 „	11,0„
Nasunięcie		
9	906,7 „	20,0„

Z tego przekroju można wywnioskować, że zawartość części lotnych w grupie pokładów 1—8 była już przed czasem zaburzenia tektonicznego inna, niż w pokładzie 9¹⁾.

Masy izowolowe (izokarby) w zagłębiu Pensylwanii wykazują zmniejszenie ilości lotnych składników od zachodu ku wschodowi, gdzie w części zagłębia węgle otrzymują charakter antracytowy; jednak i tam już od dawna stwierdzono, że zwiększenie na wschodzie stopnia zaburzeń tektonicznych idzie w parze ze wzrostem miąższości serii węglowej.

W rozległej prowincji węglowej wieku kredowego i trzeciorzędowego około Gór Skalistych węgle brunatne otrzymują cechy węgla antracytowych w strefach najbardziej zaburzonych. W obszarze alpejskim w Styrii węgle brunatne przechodzą również w antracyt w partjach najgwałtowniej pofałdowanych.

Zagłębie Donieckie, jak to było już неоднократно wspomniane, jest jednym z najbardziej przekonywujących argumentów na korzyść teorii metamorficznej, tj. regionalnej zmiany własności węgla wskutek przyczyn tektonicznych²⁾. Węgla tego zagłębia obejmują wszystkie grupy (rzędy, ranks) od węgla z zawartością części lotnych 55% do antracytów z zawartością 2%. Zawartość części lotnych we wszystkich pokładach zmniejsza się w kierunku biegu pokładów od zachodu ku wschodowi, a dla poszczególnych pokładów — od góry do dołu, dla wszystkich zaś pokładów z północy na południe.

Ten schemat ustalony za pomocą bardzo dokładnych badań chemicznych wyraża się stopniowo i widoczny jest wybitnie na więk-

¹⁾ Frank Reeves, 1, c.

— K. Bohdanowicz, Zarys Geologii nafty. Lwów 1931, rozdział III.

²⁾ Stutzer, Kohle. Allgemeine Kohlengeologie 1923, str. 239—241.

³⁾ Briggs H., Vertical and lateral variations in the composition of bituminous coal-seams. Trans. of the Inst. of Min. Eng. LXV, 4, 1923.

⁴⁾ W. Gibson, Coal in Great Britain. London 1927, str. 29, 137.

¹⁾ Stutzer, Allgemeine Kohlengeologie str. 301.

²⁾ Meffert i Krym, Iskopaemyje ugli Donieckago bassejna, II, 1926, str. 306—339 (Wydanie Komitetu Geologicznego, Leningrad)

szej odległości Autorzy tylko co wymienionej pracy twierdzą, że te zmiany składu chemicznego nie zależą od natury pierwotnego materiału, którego wpływ ogranicza się jedynie do niektórych zmian o charakterze lokalnym. Bardzo często węgle należące do różnych pokładów jednej i tej samej wiązki w jednym i tem samem miejscu są zupełnie inne; takie zjawiska są, według opisu tych autorów, bardzo rozpowszechnione. Przytaczają oni np. analizy 18 prób wziętych z różnych wiązek pokładów. Różnica zawartości składników lotnych niektórych pokładów, rozdzielonych warstwą łupku grubości około 2 m dochodzi do 4,42%; przy zmniejszeniu grubości tej warstwy różnica w zawartości lotnych składników zmniejsza się do 1%.

W wiążkach o znacznej ilości pokładów zwykle górne i dolne różnią się swym składem, ale zmniejszenie ilości części lotnych ku dołowi nie idzie bynajmniej w jednym kierunku. Autorzy przypuszczają, że takie różnice zależą od charakteru materiału roślinnego i stopnia jego rozkładu, uważając jednak to zjawisko za miejscowe.

W innej pracy o węglach obszaru antracytowego¹⁾ znajdujemy, że węgle serii C2³ mają zawartość części lotnych taką samą, jak i węgle górnej serii C2⁵, oddalonej od poprzedniej o około 400 m w kierunku pionowym, a węgiel pokładów jeszcze wyższej serii C2⁶, zawiera mniej części lotnych niż węgiel serii C2⁵. Autor słusznie tłumaczy to zjawisko innymi warunkami sedimentacji różnych pokładów.

Meffert przytacza bardzo ciekawy przypadek, że dyzlokacja o typie nasunięcia przebiegająca pomiędzy kopalniami Maksymowskiemi i Gołubowskiemi, a również pomiędzy Irmińskimi i Pietro - Marjewskimi, znacznie zbliżyła do siebie odcinki z zupełnie innemi pokładami węgla zawierającymi: 22 — 23% lotnych części na południu i 40—44% na północy. Przeciwnie często na przestrzeni szerokości 32 km nie stwierdzono żadnych większych zmian w kierunku biegu pokładów. Na południe od linii dużego uskoku (Almazny) na przestrzeni około 56—60 km zawartość części lotnych zmniejsza się od 44—40% do 20—16%. Na jedną wiorstę w kierunku z północy na południe zmniejsza się zawartość części lotnych o 0,40%, w obszarze zaś leżącym na południe od linii uskoku o 0,47%.

Zwykle interpretuje się te fakty w ten sposób, że zjawiska uskoków nie mają większego wpływu na zmianę ilości części lotnych, która zależy wyłącznie od ciśnienia spowodowanego fałdowaniem.

Nie ulega wątpliwości, że zmiany w chemicznym składzie węgla, ustalone w zagłębiu

Donieckiem posiadają szeroki charakter regionalny, ale niema żadnych dowodów na to, że te zmiany zależą wyłącznie od przyczyn tektonicznych. Przeciwnie, wszyscy autorzy stale kładą nacisk na to, że te ogólne zmiany są często skomplikowane zjawiskami lokalnymi, jak „niejednorodny skład organicznej masy węgla“.

Zupełnie nie zwrócono uwagi na to, czy nie mógłby ten regionalny charakter zmiany chemicznej zależeć od równie regionalnej zmiany w składzie materiału pierwotnego, podobnie jak to przypuszczają dla zagłębia Pennsylvanji.

Stosunki zachodzące w pobliżu uskoku „Almazny“ pozwalają wnioskować, że zmiany węgla pierwotnie bogatszych w składniki lotne, nastąpiły podczas fałdowania, a uskoki miały tylko znaczenie topograficzne, zbliżając jedne odcinki do drugich. Stadium metamorfizmu tektonicznego poprzedzał metamorfizm statyczny (według prawa Hilt'a), którego wpływom przypisują autorzy zmiany w kierunku od góry do dołu, co mniej więcej odpowiada zmianie składu węgla od zachodu na wschód.

W serii węglowej, w miejscach większego napięcia tektonicznego powstają często charakterystyczne formy wykształcenia samego węgla w postaci łupkowatej, oczkowatej budowy (Augenkohle), lub t. zw. „cone in cone“ (w rodzaju Tutengesteine); takie struktury węgla są wynikiem większego napięcia tektonicznego. Takie węgle zwykle zawierają znacznie więcej popiołu, prawdopodobnie wskutek wtórnej mineralizacji węgla w związku z jego szczelinowatością i rozkruszeniem, a więc wskutek wtórnej infiltracji roztworów z zewnątrz. Według Duparque'a napięcie tektoniczne, któremu węgle podlegały w takich miejscach, nie miało żadnego wpływu na ich przetworzenie chemiczne. W zagłębiu du Nord podlegały takiemu napięciu węgle różnych typów, zarówno chudych, ubogich w części lotne, jak i kutynowych bogatych w nie; powstałe wskutek takich napięć węgle o budowie specjalnej nie różnią się chemicznie od węgla tych samych pokładów o strukturze normalnej. Zdałoby się, że o ile wskutek ściśnięcia i złuszkowania, a więc deformacji dynamicznej pokładów węgla, mogą rozwijać się jakieś czynniki odgazowania, to jednak nie są one w stanie przeprowadzić węgiel rzędu niższego w wyższy.

Czynniki dynamiczne mogą wyładowywać swoją energję albo termicznie, albo tylko mechanicznie, np. tworząc siodłowe wypiętrzenie serii utworów; zgodnie z takim tłumaczeniem, np. w południowej Walji wzdłuż siodłowego wypiętrzenia w strefie południowej daje się zauważyć słabsze odgazowanie węgla, niż na północy i zachodzie¹⁾.

¹⁾ Rodygin N., Desr. Géol. de la region d'antracite Bokovo-Khroustalsky du basin houil. du Donetz. Com. Géol. Matériaux pour la Géol. générale et appliquée, livr. 80, 1924.

¹⁾ Roberts John, The origin of Anthracite. The carbonisation theory. Congr. Géol. Inter. Comptes Rendus XIV Session, 4 fasc. Madrid 1928, str. 1856—57.

W Pennsylvanii w partjach synkinalnych zawierają węgle około 18% części lotnych, w partjach zaś antyklinalnych — 25%—28%. Podobne stosunki zobaczymy dalej w zagłębiu Ostrawsko-Karwińskim.

Badania geologiczne stwierdzają, że antracyty, jako węgle wyższego rzędu, są niezależne od wieku stratygraficznego; w jednym zagłębiu węgle antracytowe znajdują się w dolnych pokładach, w innym zaś przeciwnie, mogą być wśród górnych. Jeżeli prawo Hilt'a ma znaczenie ogólne, to przy jednakowych innych warunkach dolne pokłady muszą w większym stopniu podlegać odgazowaniu, niż pokłady górne.

W zagłębiu Yorkshire pokład Barnsley Coal i towarzyszące mu, wspomniane już powyżej, podobnie jak i kilka pokładów w dolnym karbonie Szkocji, zawierają węgle niejednakowego charakteru od węgla gazowych do antracytowych, a jednak węgle te musiały podlegać zupełnie jednakowym wpływom tektonicznym.

§ 4. Destylacja węgla. Doświadczenia nad rozkładem węgla przy różnych temperaturach (Wheeler) wykazały, że węgle wyższych rzędów z większą trudnością uwalniają gazy, niż węgle rzędów niższych. Bitumiczny węgiel angielski daje przy 450°C części lotnych 9,10%, przy 500°C — 18,79% i przy 600°C — 28,37%; węgiel półbitumiczny (steam coal) daje przy 500°C — 3,54%, przy 600°C — 7,71%, antracyt zaś daje gazy dopiero przy 600°C w ilości 3,57%, t. j. mniej więcej tyle, ile węgiel chudy przy 500°C.

Jeżeli antracyt nie daje zupełnie lotnych części przy temperaturze 500°C, to może być wynikiem tego, że przy poprzednim metamorfizmie w temperaturze około 500°C oddał on już pewną ilość gazów. Gazy wydzielające się z węgla bitumicznego przy temperaturze niższej od 450°C, składają się z etanu i propanu, a również z wyższych członów serii parafinowej i im wyższy jest stopień odgazowania węgla tem mniej otrzymuje się etanu.

Inne badania chemiczne (Porter i Taylor) wykazały, że węgle rzędów niższych oddają przy niskich temperaturach daleko łatwiej składniki lotne, niż węgle rzędów wyższych. Wheeler przyszedł do wniosku, że gazy wydzielające się przy niskich temperaturach pochodzą ze smoły i innych związków węglowodorowych (produkty γ), łatwiej ulegających rozkładowi przy destylacji destruktywnej, a wodór, otrzymywany tylko przy temperaturze 700—800°C, jest produktem rozpadu tkanek celulozy (produkty α i β).

Doświadczenia Wheeler'a i następnie Fischer'a posłużyły za podstawę do destylacji węgla przy niskich temperaturach; opierając się na wynikach tych doświadczeń, można otrzymać pewne wskazówki co do składników węgla i całej serii produktów znaczenia technicznego. Smole, pochodzącej z destylacji

przy niskiej temperaturze, i mającej własności inne niż smoła ze związków aromatycznych, otrzymywana przy koksowaniu węgla, dano nazwę „Urteer“ (prasmoła), czyli pierwotnej smoły. Przy nagrzewaniu węgla do temperatury 330°C następuje proces, który można nazwać sztucznem owęglaniem (w-g Fr. Fischer'a); proces ten wyraża się w wydzielaniu CO₂ i H₂S i prowadzi do zwiększenia wartości ciepłikowej pozostałości, wskutek wzbogacenia węgla w pierwiastki C i H; przy tym procesie nie otrzymuje się jeszcze ani smoły, ani gazu palnego. Proces ten, znany pod nazwą „Bertinierung“, stosuje się czasem dla uszlachetnienia węgla brunatnego, chociaż bez większego powodzenia technicznego. Rozpad węgla następuje przy temperaturach pomiędzy 350°C a 500°C, kiedy otrzymujemy smołę i gaz, a w odpadkach pozostaje półkoks, który zatrzymuje w sobie całą zawartość azotu i do 10% składników lotnych. Przy 800°C następuje dalszy rozpad lotnych składników z wydzielaniem wodoru i części azotu, a nielotna pozostałość daje koks. Smoła pierwotna zawiera związki, które przy dalszej przeróbce mogą dać różne węglowodory, zbliżone do ropnych, i fenoli, czyli związków utlenionych (kwas karbolowy). Największą ilość smoły pierwotnej dają węgle typu kennelskiego, a kolejno coraz mniej węgle płomienne, gazowe i koksujące się; węgle chude i antracyty nie dają wcale tej smoły¹⁾.

Z pośród różnych składników węgla źródłem pierwotnej smoły są (w-g Schneider'a, Wheeler'a i innych) substancje bitumiczne, jak воск, smoła, tłuszcze i inne, zawierające węglowodory rozpuszczalne w odczynnikach organicznych, i obfite zwłaszcza w niektórych gatunkach węgla brunatnego (pyropissyt), węgla kennelskiego i bogheadu; składniki humusowe (kwasy i odpadki) dają niewiele smoły, natomiast są one źródłem fenoli, t. j. zwykłych produktów, otrzymywanych przy koksowaniu węgla.

W zagłębiu westfalskiem największy procent wydajności smoły pierwotnej mają węgle gazowo-płomienne (przeciętnie do 12% w stosunku do węgla surowego), lecz smoła taka zawiera do 40—45% fenoli. Węgle koksujące (tłuste) zawierają smoły przeciętnie 3,8%, przy zawartości w niej od 15% do 25% fenoli.

W zagłębiu Saary wszystkie węgle tak górnych poziomów (piętra Ottweiler, chude, czyli gazowo-płomienne, lecz odgazowane), jak i dolnych (tłuste) mają mniej więcej jednakową wydajność smoły pierwotnej, przeciętnie 10,5%; największą wydajność posiadają niektóre grupy dolnych i górnych pokładów piętra Saarbrückenskiego, a mianowicie do 14,6% i 15,6% (fenoli od 30% do 40%).

W zagłębiu polsko-śląskiem największą wydajnością odznaczają się naogół węgle po-

¹⁾ Fischer und Gluud, Gesam. Abhand. z. Kenntnis der Kohle, 3, 1919.

kładów grupy Łaziskiej (16,8%) i Orzeskiej (do 13,4%). W grupie siodłowej wydajność smoły wynosi przeciętnie 9,1%, w grupie zaś brzeźnej do 13,4%. Zawartość fenoli we wszystkich zbadanych węglach waha się od 30% do 45% (górną granicę w grupie siodłowej i w niektórych pokładach grupy łękowej).

Zawartość fenoli, t. j. związków utlenionych, jest wyrazem zawartości tlenu w węglach humusowych, naogół więc znajduje się w odwrotnym stosunku do stopnia ich karbonizacji; nie dotyczy się to jednak węgli kennelskich, w których niska zawartość fenoli zależy od mniejszej zawartości składników humusowych.

To pobieżne zestawienie wykazuje, że wydajność smoły pierwotnej zależy nie od stopnia odgazowania węgla, lecz od obecności w nim pewnych składników, natomiast zśród węgli humusowych dają więcej smoły, a łącznie z tem i fenoli, węgle najmniej odgazowane¹⁾. Półkoks, stanowiący odpadek destylacji przy niskich temperaturach, daje przy nagrzewaniu powyżej 500° metan, wodór i amonjak. Smoła pierwotna, która powstaje podczas stadiów początkowych w zwykłych piecach koksowniczych i gazowniczych, ulega następnie przy temperaturach około 1000° rozkładowi z utworzeniem mieszaniny związków aromatycznych zwykłej smoły węglowej; te związki powstają kosztem fenoli i smoły pierwotnej, oraz wodoru gazów pieca koksowniczego (pyroogeneza); częściowo związki aromatyczne rozpadają się na sadzę i gaz.

Odgazowanie węgla przy jego wietrzeniu jest oczywiście innem zjawiskiem, niż uszlachetnianie węgla wskutek przyczyn geochemicznych, związanych z miąższością nadkładu (czynniki geotermiczne), lub z deformacją serji utworów węglowych (czynniki dynamiczne). Do zjawisk wietrzenia węgla należy prawdopodobnie przypadek, zanotowany na kopalni

West Leigh Colliery w Lancashire, gdzie w r. 1889 był w odbudowie pokład węgla koksowniczego z 44% części lotnych; kiedy w r. 1914 zostały wznowione roboty na kopalni, stwierdzono, że część węgla została odgazowana do stopnia antracytowego¹⁾. Do tej samej kategorii zjawisk należą prawdopodobnie także odgazowania pokładów piętra Ottweiler w zagłębiu Saary, jak i inne wypadki odgazowania wskutek porowatości, szczelinowatości i zaburzenia nadkładu²⁾.

§ 5. Antracytyzacja węgla. Dla przetworzenia węgla humusowego niższego rzędu w antracyt, konieczna jest (według Roberts'a)³⁾ temperatura conajmniej około 500°C; według zestawień D. White'a, Reeves'a i innych karbonizacja do stopnia antracytu winnaby nastąpić już na głębokości około 5 000 stóp, czyli około 1 500 do 1 600 m, t. j. na takiej głębokości, gdzie temperatura przy normalnych warunkach geotermicznych nie przekracza 50—60°C. D. White przypuszcza, że dla karbonizacji węgla ciśnienie i temperatura niekoniecznie muszą być wysokie, bo proces owęglania jest przeważnie zjawiskiem wysychania roztworów koloidalnych.

Lokalna tektonika a fałdowania o skali regionalnej, jak w Pensylwanii, Zagłębiu Donieckiem, w obszarze Gór Skalistych, nie są zjawiskami współmiernymi. Geneza antracytu, jako skały metamorficznej, może być stwierdzona nie tylko przez zestawienia geologiczne, lecz również i przez analizę petrograficzną. Antracyty Pensylwanii i węgle bitumiczne tego zagłębia, zachowując wszystkie cechy im właściwe, jako odrębnym gatunkom czyli przedstawicielom różnych rzędów (ranks) węgla, mają jednocześnie wspólne cechy morfologiczne; w każdym z nich można rozróżnić warstewki węgla błyszczącego, matowego i włóknistego⁴⁾.

¹⁾ Roberts, 1 c., str. 1863

²⁾ Stutzer. Allgemeine Kohlengeologie, str. 314—316.

³⁾ Roberts, 1 c.

⁴⁾ Turner H. G., Constitution and Nature of Pennsylvania Anthracite with Comparisons to Bituminous Coal Am. Inst. Min. and Met. Eng. Techn. Publ., Nr. 234, 1929.

¹⁾ Stefan Czarnocki, Polskie węgle, jako przyszłe „Rudy Naftowe”. Przemysł i Handel Górnośląski, 1924, Nr. 7—8, przyszedł do wniosku, że największa wydajność smoły na Górnym Śląsku (ponad 80%) odpowiada pewnym granicom zawartości części lotnych (od 38 do 42%).

Poszczególne warstewki każdego rzędu węgla poddane były analizie chemicznej.

	Antracyt (Forge Split Mammoth)	Węgiel kamienny (Freeport bed)
Warstewki błyszczącego węgla (Anthraxylon)	Wilgoci . . . 1,4	1,7
	Lotn. części . 4,8	32,9
	Nielot. węgla . 92,1 (fixed carbon)	64,2
	Popiołu . . . 1,7	1,2
	C. gat. . . . 1,45	1,25
Warstewki matowego węgla (Attritus)	Wilgoci . . . 1,1	0,9
	Lotn. części . 5,2	38,8
	Nielot. węgla . 89,1	53,9
	Popiołu . . . 4,6	6,4
	C. gat. . . . 1,48	1,21

	Antracyt (Forge Split Mammoth)	Węgiel kamienny (Freeport bed)
Węgiel włóknisty (charcoal albo fusain)	Wilgoci . . . 1,2 Lotn. części . 3,2 Nielot. węgla . 94,3 Popiołu . . . 1,3 C. gat. . . . 1,60	0,6 23,0 58,3 18,1 1,73

Warstewki matowe (attritus) składają się z różnego materiału roślinnego (spory, kutyna, kawałki żywicy, tkanki komórkowe, żelatynowane tkanki drzewne, tkanki karbonizowane i cząsteczki nieorganiczne); materiał nieorganiczny znajduje się w postaci łu i daje więcej popiołu, niż w węglu błyszczącym. Ten ostatni w obydwóch gatunkach węgla zawiera wyłącznie szczątki drzewne, albo w doskonałym zachowaniu, albo mocno spłaszczone. Fusain znajduje się obficie w obydwóch gatunkach węgla w postaci partii mikroskopowych, rzadziej megaskopowych; twardsze kawałki jego o doskonałej budowie komórkowej są impregnowane albo produktami organicznymi, prawdopodobnie wtórnymi, albo materiałem nieorganicznym przez infiltrację wód mineralizowanych.

Taka infiltracja musiała nastąpić po utworzeniu się węgla w stanie stałym i w większym stopniu dotknęła węgiel kamienny (znaczna ilość popiołu), niż antracyt, którego spójność jest znacznie większa. Różnice w zawartości części lotnych w węglu kamiennym i w antracycie mogą być wynikiem tylko odgazowania węgla przy metamorfizmie regionalnym. Fusain nie należy w tym przypadku do typu normalnego, a z wielką zawartością popiołu, co może mieć wpływ i na zawartość w nim lotnych składników.

Pozostaje jeszcze rozstrzygnąć, czy należy rozumieć metamorfizm regionalny jako przeważnie dynamiczny, według D. White'a, czy też jako przeważnie geotermiczny, zależny od wzrostu miąższości serji węglowej w zagłębiu antracytów w porównaniu z jej miąższością w zagłębiu węgla bitumicznych.

Doświadczenia wykonane nad wpływem ciśnienia na genezę ropy z łupków i innych skał bitumicznych doprowadzają do wniosku, że ciśnienie doprowadzone do wysokości 100 000 funtów na 1 cal kwadratowy, a więc odpowiadające ciśnieniu statycznemu na głębokości od 10—15 mil i podczas doświadczenia deformujące skały w większym stopniu (do stanu ciekłego), niż przy fałdowaniu naturalnym, nie jest czynnikiem dostatecznym dla wytworzenia ropy¹⁾. Jedynym wynikiem tych doświadczeń było tylko stwierdzenie w łupkach i węglu kennelskim, poddanym takie-

mu ciśnieniu bardzo małego zwiększenia rozpuszczalnej organicznej materji i zawartości składników lotnych, co należy tłumaczyć raczej fizycznym wpływem ciśnienia, niż jakimiś procesami chemicznymi.

Ciepło uwalniające się przy takim ciśnieniu, również nie wystarczało, aby otrzymać jakieś wymierne zmiany organicznej materji łupków. W warunkach naturalnych generacja ropy z tej materji pod wpływem ciepła jest możliwa tylko w innych stosunkach geotermicznych, a więc poczynając od głębokości około 5.000 m (16.404 stopy) na której stopień geotermiczny odpowiada 150°C. Na takiej głębokości łupki bitumiczne już mogą ulegać rozkładowi (destylacji destruktywnej) z utworzeniem ropy i gazu. Doświadczenia te stwierdziły również, że wyciśnięcie części rozpuszczalnej materji organicznej z łupków w piasek, jednocześnie poddany takiemu ciśnieniu, może zależeć tylko od fizycznego wpływu ciśnienia; do pewnego stopnia może to świadczyć na korzyść teorii o wpływie ciśnienia na zmniejszenie części lotnych w łupkach i węglach, zgodnie z teorią carbon-ratio D. White'a.

Te wyniki badań doświadczalnych można zastosować i do warunków geochemicznych przetworzeń węgla pod wpływem ciepła, które wydaje się być czynnikiem bardziej energicznym niż właściwe ciśnienie nadkładu lub ciśnienie tektoniczne. Nie zawsze dzisiejsze stosunki nadkładu, a więc głębokości położenia pokładów węgla, są wyrazem tych stosunków w czasach geologicznych, lecz w większej części przypadków odtworzenie takich stosunków budowy zagłębia węglowego jest zbyt trudne aby można było wytłumaczyć podniesienie geoizoterm do stopni potrzebnych do odgazowania węgla do rzędu antracytu, tj. do 500°, a więc głębokości co najmniej około 25.000 m. Miąższość serji węglowej w zagłębiu Donieckim obliczają na 12.000 m; a więc można było wytłumaczyć statyczny metamorfizm węgla do stanu antracytu dopiero przypuszczając jeszcze bardzo znaczny nadkład na serji węglowej.

Wysychanie węgla, przetworzenia koloidalnego stanu związków organicznych podczas procesów dynamicznych mogą mieć większy wpływ na odgazowanie węgla, niż ciśnienie boczne i połączone z tem nieznaczne wydzielanie ciepła.

§ 6. Odgazowanie węgla w świetle badań petrograficznych. Che-

¹⁾ Hawley J. E. Generation of oil in rocks by Shearing pressures. Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 1929, 4 i 1930, 4. Praca należy do serji zapoczątkowanej przez Am. Petr. Inst. za specjalną dotacją Univer. Oil Prod. Company.

miczno tektoniczne zestawienia dotyczące odgazowania węgla wymagają równoległego zbadania składników węgla. Takich badań jest jeszcze niewiele. Można przytoczyć, że w zagłębiu Staffordshire w pokładzie Hamstead Coal miąższości 6 stóp zawartość składników lotnych zmienia się w sposób następujący¹⁾:

1 stopa od góry —	30,75%	składników lotnych
2 " " " —	30,63,	" "
3 " " " —	27,36,	" "
4 " " " —	27,04,	" "
5 " " " —	33,40,	" "
6 " " " —	28,43,	" "

Wahania dochodzą do 6% i zależą od niejednakowej zawartości w węglu pasemek vitrain'u, clarain'u i durain'u (w/g terminologii Stopes). Wheeler tłumaczył taką zależność niejednakową ilością materiału aktywnego (nietrwałego) i obojętnego (trwałego); jeżeli w jednostce wagowej vitrain'u jest x części materiału aktywnego, to taka sama wagowa część clarain'u zawiera tego materiału 0.9 x, a durain'u 0.7 x. Nie wiemy jednak, od jakich składników zależy taka podwyższona zawartość gazów w pasemkach węgla typu błyszczącego (vitrain), bo naogół im więcej w węglu części błyszczących, tem mniej zawiera on składników lotnych. Węgla składające się przeważnie z części kutynowych (sporowych), tj. z części nazywanych durain, dają więcej gazów, niż węgle składające się z części błyszczących clarain, vitrain.

Może to zależeć od poprzedniego odgazowania węgla przy jego przejściu w wyższy rząd (stopień) owęglania, jak to uwidacznia się na antracytach, albo od samej natury składników w każdym z takich węgli jednego rzędu, jak w przytoczonym przypadku.

Najnowsze badania węgla zagłębia Ruhry²⁾ doprowadzają niemieckich badaczy do wniosku, że zmniejszanie się z głębokością ilości lotnych składników w węglach zależy od zwiększania stopnia owęglania (Inkohlungsgrad). Przy takich transformacjach węgli niejednakowe ich części ulegają niejednakowym zmianom. W węglu gazowo-płomiennym części błyszczące mają zwykle blask nikły; budowa drzewna szczątków roślinnych zachowana jest lepiej, niż w węglu błyszczącym poziomów węgla chudego; w węglach od gazowo-płomiennego do chudego pasemka vitrain posiadają blask silniejszy. Zupełnie niepołyskujące pasemka węgla matowego w węglach gazowo-płomiennych w węglu chudym przyjmują blask wyraźny. Pasemka węgla błyszczącego i matowego nie dające się odróżnić megaskopowo w węglu chudym, zachowują swe typowe składniki petrograficzne, jak to widzie-

liśmy na antracytach Pennsylvanji (badania Turnera).

Stach i Lehmann doszli do wniosku, że z jednej strony węgle tłuste i chude, a z drugiej węgle gazowo-płomienne i gazowe, należą do dwóch odrębnych grup; pomiędzy temi grupami istnieje jakaś granica (Inkohlungssprung), która wyraźnie zaznacza się w składnikach węgla matowego, które są źródłem materji bitumicznej tych węgli. Węgla gazowo-płomienne i gazowe zawierają w swoich matowych częściach (Durit) składników lotnych więcej, niż w częściach błyszczących (Vitrit); odwrotny stosunek dla tych części stwierdzono w węglach tłustych i chudych; wityt węgla pokładu Sonnenschein zawiera składników lotnych 22,8%, duryt zaś tylko 18,3—15%. Dzieląc według przyjętego podziału na Vitrit, Durit, Fusit i Berge każdy pokład na poszczególne warstewki, Lehmann i Stach ustalili, że duryt (części matowe) ilościowo zmienia się od 36% w węglu gazowo-płomiennym do 6% w węglu chudym; odpowiednio do tego zwiększa się zawartość pasemek węgla błyszczącego, węgiel zaś włóknisty pozostaje prawie bez zmiany (około 3,3%), Berge, t j. składniki nieorganiczne, w większej ilości znajdują się w pokładach górnych gazowo-płomiennych (1,6% do 18,4%), niż w dolnych chudych (0,2% do 4,7%). Na podstawie takich wyników wymienieni autorzy doszli do wniosku, że stopień owęglania wzrasta od góry do dołu nie równomiernie, lecz naprzód łagodnie w węglach gazowo-płomiennych i gazowych, na granicy z węglami tłustymi — gwałtownie (zawartość witytu zmienia się od 68% do 83%, od 70% do 80%, od 74% do 78%, od 64% do 68% (Inkohlungssprung) i dalej znowu łagodnie.

Autorzy ci nie podają prawdziwej charakterystyki petrograficznej każdej części węgla w zbadanym przekroju i wskutek tego jest zupełnie niezrozumiałe dlaczego stwierdzony przez nich Inkohlungssprung pomiędzy węglami gazowymi i tłustymi (koksoowniczymi) zależy od stopnia owęglania, a nie od zawartości niejednakowych pierwotnych składników w poszczególnych pokładach.

Takie badanie różnych pokładów w kierunku pionowym nie może wyjaśnić związku pomiędzy własnościami węgla, a jego składem petrograficznym, gdyż badania petrograficzne jeszcze nie zostały wykonane.

Cytowani autorzy stwierdzili również, że ilościowe stosunki czterech, przyjętych przez nich, części węgla w jednym i tym samym pokładzie (Flötz 43 grupy dolnych gazowych) na odległości 260 m różnią się:

	Błyszczący	Matowy	Włóknisty	Nieorg. część
	w p r o c e n t a c h			
1.	43,2	46,0	3,2	7,9
2.	65,2	30,0	2,0	2,8

Uznając, że taka zmiana węgla zależy od stosunków genetycznych zachodzących pod-

¹⁾ J. G. Taylor, Trans. of Min. Eng. vol. LXV, 1923, str. 197.

²⁾ Lehmann und Stach, l. c, Glückauf, 1930, 9.

czas sedymentacji, autorzy ci przyjmują, że węgle matowe muszą być osadem bardziej wilgotnej części torfowiska, powstałym w środowisku wodnym, czyli w nieckowatych zagłębieniach pierwotnego podłoża. Uważają oni słusznie górne pokłady gazowo-płomienne i gazowe zagłębienia Ruhry za utwory powstałe w szerokiej niecce pierwotnej, która następnie uległa pofałdowaniu; natomiast dla węgla tłustych i chudych stwierdzają, że węgle te w każdym pokładzie wykazują większą zawartość części błyszczących na siodłach, a matowych — w nieckach całego przekroju. Pierwotne szerokie nierówności podłoża predysponowały następne rozmieszczenie głównych niecek i siodeł zagłębienia Ruhry posiadającego budowę naogół spokojną. Roślinność okresu dolnych warstw węgla chudego musiała naogół pozostawać w warunkach stosunkowo suchszych, co prowadziło do szybszego niszczenia (Verwesung) spor i kutyny. W okresie węgla chudych panowały inne warunki sedymentacji, niż w okresie tworzenia się grup górnych; skały spągowe i stropowe pokładów węgla chudych mają znaczną miąższość i częściej tu zjawiają się piaskowce i konglomeraty. W okresie węgla tłustych tempo obniżania podłoża zmniejsza się i pokłady węgla są grubsze, w okresie zaś węgle gazowo-płomienne następują stopniowo przejścia pomiędzy węglem, a łupkami palnemi.

Te wnioski badaczy niemieckich znowu zbliżają się do wyników szkoły francuskiej; zgadzają się oni, że potrzebne są dalsze badania samego rytmu sedymentacji utworów węglowych, lecz raz jeszcze z naciskiem podkreślają, że „mała zawartość części matowych (Mattkohlenghalt) również jest uzależniona od większego stopnia owęglania węgla pierwotnego“.

Rittmeister¹⁾ zastosował rozdzielanie w samej kopalni każdego pokładu węgla na cztery części — duryt, fuzyt, wityt i klaryt według określeń megaskopowych Stopes i podał następnie poszczególne części analizie chemicznej. Dowolne używanie nazw węgli błyszczący i matowy, wityt i klaryt, doprowadza do tego, że według tego autora węgle koksownicze z pokładu Methias zawierają 45—50% durytu, 52—45% witytu; według zaś Stacha i Lehmana węgle tego pokładu zawierają błyszczącego węgla od 65 do 84%, a matowego od 22 do 8%.

Według Rittmeister'a w obrębie danego pokładu najwięcej składników lotnych zawierają części, które on nazywa klarytem i witytem, a więc błyszczące, mniej — duryt i fuzyt. Tak węgle gazowo-płomienne zawierają w tych częściach odpowiednio: 36,4%, 32,1%, 29,9% i 13,8%, a węgle chude: 13,3%, 11,9%, 10,8%, 7,2%. Rittmeister przyszedł do wniosku, że węgiel matowy zawiera mniej

wodoru i lotnych składników niż węgiel błyszczący.

Badanie witytu i durytu polskich węgli¹⁾ również doprowadziło jednego z chemików do stwierdzenia, że pierwsze zawierają więcej części lotnych.

Wityt z kopalni Dębieńsko zawiera lotnych części 40,1%, wityt z kopalni Wolfgang — 35,3%, duryt z kopalni Król = 38,2% = z kopalni Modrzejów — 38,7%. Otrzymane bez określenia właściwego charakteru petrograficznego zbadanych części węgla wyniki nic nam nie mówią, a błędne używanie „metody petrograficznej“ może prowadzić do zupełnie mylnych wniosków. Z badań dotychczasowych można wyprowadzić tylko ten wniosek, że pomiędzy witytem, jak i durytem w węglach koksowniczych (Sonnenschein, Dębieńsko), a witytem i durytem w węglach gazowo-płomienistych istnieje zasadnicza różnica. Taki sam wniosek można wyciągnąć i z innych dotychczasowych analiz, tak szczegółowo zebranych przez Lange'go²⁾; w każdej określonej grupie węgla w jednych przypadkach wityt zawiera więcej części lotnych, aniżeli duryt w węglach tejże grupy (w zagł. Westfalji), w innych zaś odwrotnie (zagł. Saary), lecz zawsze te liczby są mniej-więcej jednego rzędu dla każdej poszczególnej grupy węgla, fuzyt zaś we wszystkich przypadkach jest składnikiem o bardziej stałej i mniejszej zawartości części lotnych. Potwierdza to zdanie Duparquet'a o chemicznych własnościach części węgla (clarain i durain), w których ilościowe stosunki składników vitrain, xylain (xylovitrain), kutynowych (sporowych) zależą od warunków sedymentacji.

§ 7. Streszczenie. Przy nagrzewaniu węgla kamiennego od 100° do 200° bez dostępu powietrza otrzymujemy niewielkie ilości pary wodnej, H₂S, CO₂ i C_nH_{2n+2}; związki wodorowe zaczynają rozpadać się tylko przy temperaturze wyższej od 400° i odgazowanie węgla zaczyna się właściwie około 350°—370°. Jakim zmianom przy destylacji ulega węgiel kamienny w górnej części zwykłego generatora, gdzie on tylko suszy się i podgrzewa, właściwie nie wiemy. Naturalny proces odgazowania węgla w jego złożach można porównać tylko z takim suszeniem i podgrzewaniem.

Rozpad węgla brunatnego zaczyna się już w związku z jego wysuszeniem przy przejściu mieszanin koloidalnych w stan niekoloidalny; takie wewnętrzne zmiany mogą być przyczyną rozpadu również węgla kamiennych, lecz nic o tem nie wiemy.

Chemicy powołują się w tym przypadku³⁾ na geologów, którzy nie mogą powiedzieć

¹⁾ Pfanhauser, Badania nad zawartością węgla w odmianach petrograficznych węgla polskich. Przemysł Chemiczny 18, 1929.

²⁾ Lange Th., Die praktische Bedeutung und der technische Wert der Faserkohle. Schriften aus dem Gebiete der Brennstoff-Geologie. Heft 2, 1929.

³⁾ Donath und Lissner, Kohle u. Erdöl, Stuttgart 1920.

¹⁾ Rittmeister W., Eigenschaften und Gefügebestandteile der Ruhrkohlen, Glückauf 1928.

nic, ponad wyrażenie przypuszczenia suchej destylacji węgla pod wpływem ciśnienia tektonicznego i nawet pewnego przytem rozmiękczenia węgla (latent plastische Zustand); dalej geologowie przypuszczają, że przy tym procesie stopniowo następuje przegrupowanie molekularne, skutkiem którego cząsteczki wiążą się ze sobą mocniej, a tlen i wodór wydzielają się w postaci wody, metanu i kwasu węglowego.

Głębokie wiercenia w Czuchowie i Paruszowicach na Górnym Śląsku wykazały temperaturę: w pierwszym z tych otworów 69°C na głębokości 1563 m i $79,76^{\circ}\text{C}$ na głębokości 2056 m, w Paruszowicach $69,3^{\circ}\text{C}$ na głębokości 2002 m. Czarnocki¹⁾, który krytycznie zbadał wyniki analiz poszczególnych pokładów, napotkanych temi wierceniami, stwierdza, że zawartość części lotnych wykazuje dość znaczne wahania w poszczególnych pokładach przy ogólnej tendencji zmniejszania się ilości części lotnych w miarę pogłębienia otworu. Przypuszczając nawet, że znaczna część nadkładu została usunięta przez erozję, widzimy, że warunki geotermiczne były niedostateczne, aby doprowadzić węgle do stanu wyższych rzędów. Czarnocki przypuszcza, że ciśnienie nadkładu i następne ruchy tektoniczne prowadzą do zniwelowania pierwotnych cech indywidualnych, o ile nie następuje znowu zróżniczkowanie pod wpływem lokalnych warunków tektonicznych. W zagłębiu Donieckim wyjątki ze schematu wpływów tektonicznych tłumaczą niejednakowym charakterem materiału pierwotnego, a dla Górnego Śląska przyjmują, że lokalne przyczyny tektoniczne wnoszą zróżniczkowanie, które bez takich przyczyn nie mogłoby nastąpić.

Warunki geotermiczne nie mogą mieć znaczenia miejscowego; są to warunki regionalne, obejmujące większe połacie utworów węglowych, podobnie jak czynniki orogenezy, prowadzące do fałdowania znacznych obszarów; tylko wpływem takich czynników regionalnych próbują wytłumaczyć rozmieszczenie antracytów w obszarze Appalachów, Gór Skalistych, w zagłębiu Donieckim, w Południowej Walji. Krytyka wpływu czynników dynamicznych na odgazowanie węgla stale doprowadza do wniosku, że znaczna część stwierdzonych zmian węgla musi być tłumaczona albo czynnikami statycznymi, ujętymi w prawo Hilt'a, albo reakcjami wysuszenia węgla i przetworzenia przytem jego budowy chemicznej. Indywidualny charakter węgla w pokładach leżących na bliskiej od siebie odległości, które podlegały wspólnym wpływom geotermicznym i tektonicznym, jest stałym i niezbitym argumentem na korzyść zależności raz otrzymanego charakteru węgla we wszystkich następ-

nych rzędach, od pierwotnego materiału i warunków sedymentacji.

Zdania różnią się jeszcze co do stopnia wpływu warunków metamorficznych, o ile czynniki metamorficzne nie doprowadziły węgla do stanu najwyższych rzędów i antracytu. Zagadnienie jest jeszcze trudniejsze przy rozpatrywaniu zdolności węgla do koksovania się, którą zwykle łączą bezpośrednio ze stopniem ich odgazowania (uszlachetnienia), a która jest wynikiem czynników zupełnie innych, aniżeli odgazowanie węgla.

VIII. Zdolność węgla do koksovania się w świetle badań geologicznych.

§ 1. Teorie chemiczne. Zdolność węgla do koksovania się wyraża się w utworzeniu, przy odpowiednim nagrzewaniu go, pozostałości twardej, zwęższej, mniej lub więcej stopionej (spieczonej). Spiekanie się węgla zależy w dużym stopniu od sposobu nagrzewania go; stopień pęcznienia wskutek wydzielania się gazów zależy od stopnia płynności roztopionej lub rozmiękczonej masy węglowej i od temperatury, przy której następuje jej rozkład. Węgle topliwe nie pęcznią, gdyż gazy swobodnie wydzielają się, węgle trudniej topliwe pęcznią przy wydzielaniu gazów i otrzymujemy koks bardziej porowaty z twardymi ściankami por (teoria Muck'a). Inni specjaliści (Rau) przyjmują, że koksovanie węgla zależy od rozkładu smolnych (Tee r) składników węgla, które dają związki o wysokiej zawartości pierwiastka węgla i trudno topliwe; te związki równomiernie zapełniają przestrzenie pomiędzy cząsteczkami czystego węgla, cementując je, i mogą być odgazowane tylko przy wyższej temperaturze. Według takiego tłumaczenia węgle wyższych rzędów (chude, antracyty) nie dają koksu spieczonego, bo zawierają za mało smolnych składników; również koksovanie nie następuje przy zbyt wolnym nagrzewaniu węgla, gdyż składniki smolne ulatniają się jeszcze przed ich rozkładem. Węgle niższych rzędów (suchy, gazowy) nie dają dobrego koksu, bo obfite wydzielenie gazów, następujące przy niższej temperaturze, prowadzi do utworzenia masy gąbczastej; smoła węgla niższych rzędów zawiera również za dużo tlenu, co przeszkadza wydzieleniu czystego pierwiastka węgla.

Według Le Chateliera, zdolność węgla do koksovania się zależy od topliwości jakiegoś składnika w węglu, ulegającego rozmięczeniu przy temperaturze około $350-400^{\circ}$.

Skład pierwiastkowy węgla nie daje żadnych wskazówek co do stopnia topliwości takiego składnika; jedynie zawartość tlenu może być do pewnego stopnia takim wskaźnikiem, bo znanem jest oddawna, że utlenienie różnych związków humusowych w węglu obniża jego zdolność do koksovania się. Węgle brunatne nie mają własności koksovania się, prawdopodobnie dla tego, że utlenienie pier-

¹⁾ Stefan Czarnocki, Zdolność do koksovania i właściwości chemiczne naszych węgla w związku z budową geologiczną polskiego Zagłębia. Przegląd Górniczo-Hutniczy 1925.

wotnych produktów humusowych (t. zw. Prothuminsäure wg. Fischer'a i Schrader'a) posunięte jest w nich dalej, niż w węglu kamiennym. Również utlenienie naturalnych związków smolnych w węglu prowadzi do zmniejszenia zdolności do koksowania się, co zaznacza się przy wietrzeniu węgla.

Nie mniej jednak ilość składników lotnych i stopień utlenienia węgla, wyrażający się stosunkiem tlenu do wodoru, dają dla węgla humusowych pewne, co prawda szerokie, granice dla charakterystyki węgla koksowniczych.

W Westfalii i zagłębiach belgijsko-francuskich węgle koksownicze (rozdz. I, 2) stanowią IV grupę Grüner'a o zawartości od 18%—26% części lotnych; do tej samej grupy częściowo należą i koksownicze węgle zagłębia Donieckiego. Zawartość składników lotnych w naszych węglach waha się w granicach szerszych, bo od 14% do 40%; węgle te zbliżają się do węgla wysokiego rzędu bitumicznego (32%) i niskich rzędów półbitumicznego (18%—20%) zagłębia Pennsylvanji. Również w zagłębiu Kuźnieckim węgle koksownicze mieszczą się w granicach zawartości lotnych składników od 22% do 36%. Zdolność węgla do koksowania się nie zwiększa się równolegle do ich odgazowania; odgazowanie prowadzi do tworzenia się węgla chudych i antracytowych, lecz nie koksowniczych.

Nie zawsze więc węgle koksownicze zajmują miejsce pośrednie pomiędzy węglami suchymi (wysoko-gazowymi) i chudymi (z niską zawartością gazów). Według zdania tych chemików i geologów, którzy uważają wszystkie węgle od torfu do antracytu za jedną serię węgla różnych rzędów, związanych genetycznie, takie pośrednie miejsce węgla koksowniczych byłoby wyrazem tego, że pierwotnie w każdym zagłębiu węglowym węgle humusowe należały do niższego rzędu węgla suchych i płomienno-gazowych, jako produktu procesów biochemicznych i słabego napięcia czynników geochemicznych do czasu regionalnego metamorfizmu. Następne czynniki metamorficzne (ciepło i ciśnienie) prowadzą do złożonych chemicznych przetworzeń z wydzieleniem CH_4 , CO_2 , H_2O jako produktów dalszego rozpadu organicznej części węgla (odgazowanie ich), i z przegrupowaniem związków pozostających.

Zdolność do koksowania się, jak widzieliśmy, zależy od obecności w węglu składników, które chemicy nazywają smołami (Teer), czyli bituminami (w-g Fischer'a), albo składnikami grupy γ (w-g Wheelera). W węglach chudych tych składników nie ma, lub jest ich za mało, a w węglach suchych te składniki przypuszczalnie albo nie osiągnęły jeszcze odpowiedniej budowy chemicznej (Fischer), albo inne przyczyny, jak obfitość gazu i tlenu, przeszkadzają ich roli w otrzymywaniu koksu.

Fischer i Gluud przypuszczają, że przy temperaturze w piecu koksowym około

1000°C bituminy węgla suchych ulatniają się bez rozkładu, nie wydzielając tej pozostałości, która jest potrzebna dla spiekania koksu. Natomiast, jeżeli bituminy po ich roztopieniu ulegają rozkładowi, to lekkie składniki wydzielają się, a punkt topliwości pozostałości stale wzrasta. Temperatura i ciśnienie mogą podobnie zmieniać bituminy zawarte w węglu, jak zmieniają one produkty destylacji.

Można więc zadać pytanie: czy ciepło i ciśnienie, te główne czynniki metamorfizmu, są czynnikami usposabiającymi do wytworzenia się tych składników γ w węglach, w których ich jeszcze nie ma (węgle niższych rzędów), czy też są one tylko czynnikami destrukcyjnymi dla tych węgla, które zawierają już te składniki γ (węgle koksownicze)?

Czynniki metamorficzne, prowadzące do przegrupowania związków i odgazowania węgla, zmniejszają zdolność do koksowania węgla koksowniczych, jak wykazują wszystkie węgle chude i antracytowe, które otrzymały swoje własności pod wpływem metamorfizmu. Natomiast nie mamy dowodów, aby w każdym większym zagłębiu węglami macierzystymi dla wszystkich znanych tam rzędów były tylko węgle niższego rzędu (gazowe, suche), jak to twierdzą badacze rosyjscy (Meffert, Krym,) a dla zagłębia polsko-śląskiego Stefan Czarnocki, Petraschek, Patteisky i inni. Według takiego zapatrywania czynniki tektoniczne prowadzą do zróżniczkowania pierwotnie jednakowych węgla, chociaż St. Czarnocki podkreśla również, że te czynności mogą do pewnego stopnia prowadzić i do niwelacji pierwotnych cech indywidualnych pokładów węglowych.

Petraschek¹⁾ przytacza ciekawe spostrzeżenie, że węgiel kamienny w zagłębiu Kładna, w żaden sposób nie poddający się koksowaniu w kontakcie z bazaltem, został przetworzony w doskonały naturalny koks. Okoksowanie tu, jak i w innych analogicznych wypadkach, np. w zagłębiu Dolnego Śląska, a nawet z węglem brunatnym w Czechach i w Dolnej Hesji (Meissner), nastąpiło prawdopodobnie pod wysokim ciśnieniem, co mogłoby służyć jako argument na korzyść przypuszczenia Fischer'a i Gluud'a, że podwyższenie temperatury pod wysokim ciśnieniem na pewnej głębokości może być przyczyną nadania węglom suchym pewnych właściwości koksowniczych. W tym przypadku otrzymuje się jednak nie węgiel, który fizycznie i chemicznie odpowiadałby gatunkowi węgla koksowniczego, lecz koks; technicy już dawno są zdania, że właściwie można otrzymać koks z każdego węgla, a przede wszystkim z węgla o naturze drzewnej, przez odpowiednią jego przeróbkę cieplną, lecz takie doświadczenia techniczne nie mogą jesz-

¹⁾ Petraschek Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten, Wien 1924. str. 30-31.
Stutzerl, c. str. 310-311.

cze wytłumaczyć naturalnego procesu tworzenia się węgla koksowniczych.

Według Marcusson'a, węgle kamienne zawierają dwa rodzaje nasyconych związków utlenionych — produkty powstałe ze smoły, tłuszczów i wosku, podobne do asfaltu (nazwane przez niego karbonidami) i produkty o budowie furanowej, powstałe z celulozy, t. j. kwasy humusowe. Te ostatnie dają przy destylacji węgla fenole (związki aromatyczne), natomiast karbonidy nie dają fenoli.

Węgłe brunatne nie zawierają karbonidów, lecz tylko smoły i woski w takim stanie, że przez rozkład ich przy wysokiej temperaturze, a więc polimeryzacji i utlenieniu przechodzą one w karbonidy. Główną składową częścią węgla brunatnych są również związki furanowe, różniące się jednak niższą wagą cząsteczkową od tych, które są w węglu kamiennym i ulegające łatwiej reakcjom chemicznym.

Węgłe nie koksujące się nie zawierają również karbonidów, jednak węgle te (suche, gazowe) nie są ani węglem brunatnym, ani antracytem. W węglach brunatnych można przeprowadzić smoły w stan karbonidów przez destylację w odpowiednich warunkach, więc według Marcusson'a, można byłoby otrzymać karbonidy i w węglach nie koksujących się. Jeżeli sproszkowany węgiel brunatny zmieszamy z karbonidami, to możemy otrzymać z niego koks; również i z węgla kamiennego nie koksującego się można otrzymać koks przez dodanie do niego węgla obfitującego w karbonidy.

Chemiczne teorie koksowania doprowadzają jedynie do wniosku, że węgle koksownicze zawierają składniki nie koksujące się, które chemicy nazywają kwasami humusowymi (humity), oraz inne składniki, które chemicy nazywają bitumicznymi, również smolami (γ Wheeler'a). Co do natury tych składników, chemicy nie są jednego zdania, a Wheeler wątpi nawet, czy posiadają one rzeczywiste naturę żywiczną.

Te składniki są z jednej strony źródłem gazu w węglach, z drugiej zdolności do koksowania się. Mają one punkt topliwości pomiędzy 300° i 400° i ulegają rozkładowi przy szybszym nagrzewaniu po ich stopieniu, a przy powolnym nagrzewaniu przed ich stopieniem; w tym ostatnim warunku (Urdestillation) dają one prasmołę, a w odpadkach półkoks. Przy stopieniu tych składników cząsteczki koloidalne humitów zostają rozmieszczone równomiernie w takiej stopionej masie. Przy dalszym szybkim nagrzewaniu masa rozmiękcza się dalej i następnie ulega rozkładowi, cementując swoją pozostałością cząsteczki humitu w twardy stopiony, metalurgiczny koks.

Humity rozkładają się niezależnie od tych składników prawdopodobnie zarówno przed, jak i po ich rozkładzie, dając podczas

nagrzewania przy różnych temperaturach gazy i pary (produkty smolne destylacji). W porach powstającego koksu nagromadza się czysty węgiel, zwiększając spoistość koksu; przy temperaturze wyższej od 1000°C węgiel wydziela się w postaci grafitu, nadając koksovi jego srebrzysty połysk; matowo-czarny koks otrzymuje się przy temperaturze niższej od 1000°, kiedy węgiel nagromadza się w postaci proszkowatej.¹⁾

Obecność tych „bitumicznych“ składników jest warunkiem koniecznym dla zdolności węgla do koksowania się, lecz nie jest ona jednocześnie warunkiem dostatecznym. Gdyby było inaczej, węgle kutynowe, a zwłaszcza kennelskie, musiałyby być węglami koksowniczymi, bo te węgle zawierają najwięcej składników sporowych, które są źródłem olejów bitumicznych.

§ 2. Teoria petrograficzna. Jednym z pierwszych, który starał się wytłumaczyć zdolności węgla do koksowania się w zależności od petrograficznych składników węgla, był Jeffrey²⁾; wychodził on z założenia, że koks, który zastąpił w hutnictwie węgiel drzewny, musi mieć pewne cechy wspólne z tym ostatnim; koks, jak przypuszcza Jeffrey, musi mieć taką samą genezę botaniczną, jak i zwykły węgiel drzewny. Węgłe koksownicze z Connellsville i Pocahontas coal w Pensylwanii, mniej więcej jednorodne w swej masie, są węglami błyszczącymi o zabarwieniu nieco brunatnym; budowa węgla jest wyraźnie drzewna i można stwierdzić wszystkie stopniowe przejścia od cząsteczek z dobrze zachowaną budową tkanek drzewnych (fusain) do części, w których nawet ślady takiej budowy zanikły (vitrain). Można byłoby przypuszczać, że tkanki drzewne (w kawałkach gałęzi, pni), zanim dostały się do materiału otaczającego, uległy jakiejś zmianie, spowodowanej według Jeffrey'a wypaleniu ogniem, według zaś White'a i Thiessen'a — tylko częściowym rozkładem na powierzchni ziemi bez pokrycia przez wodę. Co zaś tyczy się węgla w postaci mineral charcoal, tj. zwykłego włóknistego węgla to już od czasów Göppert'a (r. 1884) wiemy, że węgiel ten przy koksowaniu przechodzi do koksu bez żadnej zmiany i jest szkodliwy dla zdolności węgla do koksowania się.

Węgłe kennelskie, po za nielicznymi tylko wyjątkami, nie dają koksu; węgiel kennelski w tych przypadkach, kiedy zawiera w stosunku do żółto zabarwionych spor znacznie większe ilości brunatnej lub czarnej bezpostaciowej, zasadniczej masy (groundmass natury humusowej), może już dawać nierówny koks,

¹⁾ Strache und Lant, Kohlenchemie, 1924, str. 397-398.

²⁾ Jeffrey, Edward C, Coal in Relation to Coke. Trans. Am. Inst. Min. a. Met. Eng. N. 1399 — L., 1926.

nadający się do użycia w piecach domowych¹⁾. Ta bezpostaciowa masa składa się prawdopodobnie z takich części roślin, które uległy znacznieszemu rozkładowi i żelatynowaniu (attritus).

Jeffrey przyszedł do wniosku, że zdolność do koksowania się przy jednakowych innych warunkach, znajduje się w prostym stosunku do zawartości dobrze zachowanych, chociaż zmienionych szczątków tkanek drzewnych (fusain czyli anthraxylon). W niektórych przypadkach, jak w mineral charcoal, takie tkanki drzewne nie uległy jednak tym zmianom chemicznym, które są konieczne dla otrzymania z nich koksu przy nagrzewaniu. Nie wiemy jednak dokładnie, w czym mógł wyrażać się ten przypuszczalny przedwstępny proces w przyrodzie; słusznym jest jedynie, że obfitość materiału sporowego (naogół kutynowego) jest warunkiem niepomysłnym dla tworzenia się węgla koksowniczego, natomiast drzewna natura materiału pierwotnego jest w pewnym stopniu jego rozkładu warunkiem koniecznym, lecz nie jest ona warunkiem dostatecznym.

Thiessen zwrócił również uwagę, że węgiel o budowie anthraxylon jest węglem koksującym się, a miazga (attritus) w tymże węglu nie daje koksu. W typowym koksującym się węglu Pennsylvanii materiał sporowy i żywicowy (według określenia Thiessen'a) znajduje się w małej ilości.

W obszarze Pittsburskim stwierdzono, że w miarę zbliżania się w kierunku z zachodu na wschód do strefy węgla koksowniczego, materiał sporowy w węglu ilościowo zmniejsza się i zupełnie zanika około Connellsville; jednak według Thiessen'a i ten koksowniczy węgiel zawiera spory, są w nim bowiem wolne przestrzenie, które swoim kształtem i rozmieszczeniem pozwalają przypuszczać, że mogły być pierwotnie zajęte tylko przez spory. Jednak i w tym przypadku nie wiemy wskutek jakiej przyczyny te spory znikły.

Według Duparque'a zdolność węgla do koksowania się zależy od obecności w nim szczątków ligninowych (drzewnych) w pewnym stadium przetworzenia (xylain i xylovitrain), w miarę zaś większego rozwoju masy koloidalnej w stanie vitrain, co zwykle charakteryzuje węgle bardziej chude, węgiel traci zdolność do koksowania się.

W Niemczech, gdzie własności koksownicze węgli są przedmiotem systematycznych studiów, do ostatniego czasu prowadzono badania w kierunku analizowania nieskładników węgla, lecz tylko części, którym według ich zewnętrznego wyglądu dają nazwy, wprowadzone przez Stopes.

Dawno stwierdzono, że węgle koksownicze należą do typów błyszczących, lecz nie matowych; znanem było również, że od mniej lub więcej równomiernego przewarstwienia błyszczącego i matowego węgla zależy i techniczna wartość każdego pokładu. W Niemczech, jak i w Anglii zwrócono uwagę, że przy sortowaniu węgla dla pieców koksowych trzeba węgiel sortować na poszczególne części — błyszczącą, matową i włóknistą, jednak dla rozwiązania zagadnienia źródła zdolności do koksowania się dotychczasowe badania w Niemczech dały bardzo niewiele.

Lange i Stach twierdzą, że przewaga w składzie węgla pasemek węgla błyszczącego (vitrit) w stanie możliwie jednorodnym zwiększa jego zdolność do koksowania się. Oczywiście trzeba określić naturę takich pasemek, bo pasemka węgla błyszczącego według niemieckiej terminologii mogą być faktycznie natury lignino-celulozowej (xylovitrain) lecz również i kutynowej, a więc w obydwóch przypadkach o innym składzie chemicznym Vitrain, który byłby zupełnym odpowiednikiem doplerytu, t.j. chemicznego osadu kwasów humusowych, ma, według Wheeler'a, naturę węglowodanu, a więc rzeczywiście może zawierać substancje potrzebne do koksowania.

Błyszczące części koksowniczego węgla Saary zawierają w porównaniu z matowymi częściami tychże węgli więcej płynnych węglowodorów a mniej stałych¹⁾.

Następnie Winter²⁾ podkreślił, że w zwykłym pasemkowatym węglu zawartość clarain i vitrain jest przyczyną własności węgla do koksowania się. Winter zauważył też, że pasemka błyszczącego węgla zawierają więcej wilgoci i mniej popiołu, niż inne. W węglu błyszczącym typu clarain, popiół pochodzi przeważnie z nieorganicznych składników samych tkanek roślinnych, a w węglu matowym (durain) — przeważnie z osadowego materiału ilastego. Popiół w fusain jest rezultatem infiltracji wód mineralizowanych³⁾.

W r. 1928 Kattwinkel⁴⁾ dał zestawienie zdolności do koksowania się poszczególnych części pasemkowatych węgli zagłębia Ruhry i stwierdził, że największą zdolność do koksowania się ma vitrain, mniejszą clarain; durit i fusain nie tylko same wcale nie mają tej zdolności, lecz zaczynają obniżać zdolność węgla do koksowania, jeżeli zawartość ich przekracza 20% składu zwykłego pasemkowatego węgla. Nie wie-

¹⁾ Patejsk'y i Perjatel (Glückauf, XII, 1925) również zwrócili uwagę na to, że węgiel kennelski drobno przewarstwiony pasemkami błyszczącego węgla i w miarę tego, jak zmniejsza się w nim ilość spor, może mieć własności koksownicze. Taki węgiel oddawna już otrzymał nazwę pseudokennelskiego.

¹⁾ Hoffman H. Die makroskopische Gemengteile der Saarkokskohle. Glückauf, 1928, str. 1237.

²⁾ Winter. Glückauf, 63, 483-491, 1927.

³⁾ Kellet. The distribution of ash in bituminous coalseams. Trans. Inst. Min. Eng. 75, 413-420, 1928.

⁴⁾ Kattwinkel R. Untersuchungen über die Verkokbarkeit der Gefüge Bestandteile von bituminösen Streifenkohlen des Ruhrbezirks. Glückauf, 64, 3, 1928.

my jednak, jaki charakter litologiczny ma w tym wypadku t. zw. vitrain.

W zagłębiu Kuźnieckim¹⁾ dolna serja Bałachonńska H₁, leżąca bezpośrednio na dolnym karbonie i występująca około brzegów zagłębia, zawiera przeważnie, lecz bynajmniej nie wyłącznie, węgiel napółantracytowy i chudy (składników lotnych 3,26%, przeważnie od 12% do 25%). Takie węgle antracytowe, oraz chude znane są w południowej części zagłębia, węgle zaś koksowe znajdują się przeważnie w środkowej części zagłębia w serji H₃ i H₄ (kopalnie Kemerowska i Kolczugińska). Węgle sejsji górnej H₆ (Krasnojarskiej) są typu boghead'u i dają do 60% składników lotnych. Do węgli koksujących się należą węgle z zawartością składników lotnych od 22% do 36%.

W pokładach jednej wiązki zawartość składników lotnych waha się czasem od 14% do 33%, np. w węglach złoża Afonińskiego w serji H₁. W złożu Baczańskim w tejże serji H₁ węgiel jednego pokładu zmienia się od chudego do koksowniczego.

Węgle dające najlepszy koks, np. złoża Osinowskiego serji H₁ z zawartością składników lotnych 22% do 28% mają wyraźną budowę vitrain. Pokłady tej samej serji, chociażby nawet posiadające w głównej masie budowę typu vitrain, lecz zawierające znaczne ilości fusain, mają już 36% do 40% składników lotnych i nie dają mocnego koksu, chociaż koks ten stapia się dobrze; przez domieszkę takich węgli do węgli typowo chudych otrzymuje się koks metalurgiczny. W serji H₄ pokład Kemerowski, mający przeważnie budowę vitrain, daje koks ten lepszy, im mniej zawiera włóknistego węgla (fusain). W pokładzie Wołkowskim (serja H₄) dolna jego część (grubości 1,2—1,5 m) zawiera więcej węgla typu vitrain, daje lotnych składników 23% do 24% i dobry koks metalurgiczny; górna jego część (grubości 6—8 m) jest przeważnie typu durain, zawiera mniej lotnych składników (19% do 21%) i metalurgicznego koksu nie daje. Miąższość tej serji produktywnej wynosi do 8000 m; w kompleksie dolnym H₁ znajdują się w znacznej ilości węgle chude, w środkowych H₃ — H₄ — węgle koksownicze i częściowo gazownicze, a w kompleksach górnych H₆ — H₇ wyłącznie węgle suche i gazowe. Zdawałoby się przeto, że takie rozmieszczenie węgli jest potwierdzeniem prawa Hilt'a i zostało spowodowane wysychaniem węgli oraz wpływem warunków geotermicznych. W rzeczywistości rozmieszczenie różnych gatunków węgla jest bardziej skomplikowane i zależne od budowy węgli; tak np. węgle górnej serji są przeważnie bogheadami. Pośród węgli chudych dolnej grupy są węgle, jak np. pokładu „Moszczyn” kopalni Prokopiewskiej, nadające się bezpośrednio do użycia w wielkich piecach zamiast koksu. Węgiel ten, zbliżony swojemi

własnościami do angielskiego węgla typu Cardiff, zawiera: wody — 5,99%, popiołu — 4,56%, składników lotnych — 12,2%—19,09% i nie daje metalurgicznego koksu.

Warstwy węgla błyszczącego (vitrain) zawierają większą ilość składników lotnych (18,20%), niż warstwy matowe typu durain (14,6%). Pośród węgli chudych dolnej grupy nierzadkie są i węgle koksownicze (Sudżeńskie) z zawartością składników lotnych 15%—16%, a pośród pokładów węgla koksowniczego bywają węgle prawie chude (17% składn. lotn.) i suche gazowe (39%—45% składn. lotn.).

Węgle zagłębia Kuźnieckiego nie dają się wtłoczyć w system Grüner'a i zależność właściwości węgli od ich budowy petrograficznej występuje bardzo wyraźnie, lecz dotychczas nie ustalono, co właściwie różni autorzy rozumieją pod terminami vitrain i durain; niższa zawartość gazów w węglu o charakterze durain, niż w węglu o charakterze vitrain przypomina podobne stosunki w zagłębiu Westfalskiem (według Rittmeister'a) i nie zgadza się z tem, co zostało zaobserwowane w zagłębiu Saary lub na Górnym Śląsku.

§ 3. Porowatość węgli. Dokładne badania węgli, znajdujących się w kontaktach ze skałami wybuchowemi, doprowadzają do wniosków, które mogą mieć znaczenie i dla wytłumaczenia pewnych własności węgli¹⁾. W Colorado w polu Yampacoal field grube pokłady węgla bitumicznego, według amerykańskiej klasyfikacji, uległy zmianom około miejsc intruzji i wylewów bazaltu na odległości od 95 do 160 stóp od nich. Normalne węgle mają skład:

wilgoci	2,9 — 9,6%
lotn. części	40,3 — 36,6,,
nielotn. węgla	47,8 — 50,6,,
popiołu	9,0 — 3,2,,

Około bazaltów węgle przechodzą stopniowo od stanu węgli z 54,50% nielotnego węgla (fixed carbon) przez węgle z 83% — 88% fixed carbon (węgle semibituminous i semi-anthracite) do antracytu z 94% — 95% fixed carbon.

Badanie tych węgli i doświadczenia kontrolujące w laboratoriach pozwoliły obliczyć przypuszczalne temperatury metamorfizmu: w samym kontakcie z bazaltem około 1000°C; dla antracytu z 94,5% fixed carbon — około 600°C; dla węgla półantracytowego — 350° — 400°C, a dla węgli z zawartością 54,5% fixed carbon nie mniej niż 160°C. Przemiana węgla, od niskiego rzędu bitumicznego, czyli węgla suchego według naszych określeń, do stanu półantracytu następuje więc przy temperaturach od 160° do 350°, a do stanu antracytu — pomiędzy 350° i 600°C. Badania nad

¹⁾ Javorskij a Butoff, str. 160-167.

¹⁾ Mc. Farlane George C. Igneous metamorphism of coal Beds Seon. Geol. 1, 1929.

ciężarem gatunkowym i budową węgla pochodzącego z różnych stref zmetamorfizowanych doprowadzają autora do wniosku, że podczas metamorfizacji porowatość węgla ulega różnym zmianom. Budowa tkanek drzewnych w węglu zachowuje się wyraźnie na wszystkich stopniach zmetamorfizowania aż do chwili, gdy temperatura osiągnie $2,400^{\circ}\text{C}$ i dopóki przytem nie znikną przez ulatnianie wszelkie ślady popiołu (składników nieorganicznych).

Przy temperaturze 200°C przedewszystkiem zaczynają topnieć smolne składniki i częściowo zapełniają włoskowate połączenia pomiędzy komórkami szczątków materiału roślinnego; przy temperaturze 350°C stapiają się i ciężkie smoły, skutkiem czego próżnie komórkowe pozostają zupełnie zabezpieczone od wszelkiego krążenia wilgoci. Przy nieznacznej podwyższeniu temperatury smoła ulega wypoceniu i cementuje cienkie rysy uprzednio powstałej słupkowej łupliwości; w taki sposób otrzymuje się prawdziwy antracyt, t. j. ten gatunek węgla, który jest najtwardszy, nieprzenikliwy dla powietrza i wilgoci i nie poddający się wietrzeniu. Przy znacznie wyższej temperaturze, smoła zaczyna ulatniać się, włoskowate połączenia pomiędzy komórkami otwierają się, stopień cementowania słabnie. Około 800°C węgiel traci cechy prawdziwego antracytu i zasługuje raczej na nazwę super-anthracyte, czyli nad-antracytu. Przy temperaturze około 1000°C składniki popiołu zaczynają topić się, włoskowate połączenia znowu zapełniają się, a węgiel staje się bardziej nieprzepuszczalnym dla wilgoci i nabiera większego ciężaru gatunkowego.

Teoria zapełniania systemu włoskowatych połączeń pomiędzy komórkami roślinnych tkanek przez składniki smolne i żywiczne, może wytłumaczyć niektóre własności węgla.

Dobry węgiel koksowniczy, jak to stwierdzają wszystkie dotychczasowe badania, posiada dobrze zachowaną budowę tkanek drzewnych o strukturze komórkowej; węgle wyższych rzędów (chude i antracyty) mają system połączeń włoskowatych zapełniony przez produkty związków smolnych; węgle koksownicze zawierają zwykle mało wilgoci. Jeżeli nagrzewać taki węgiel gwałtownie, to komórki powiększają się jeszcze wcześniej, nim smoła w kanałach włoskowatych zacznie topnieć, a składniki lotne zbierać się w komórkach.

Gaz, który jest przyczyną wybuchów kopalnianych, skupia się pod wysokim ciśnieniem w próżniach tkanek komórkowych; kanały międzykomórkowe są kompletnie zatomowane, gaz nie może wymknąć się, a ciśnienie jego wzrasta aż do chwili, kiedy ścianki komórek nie wytrzymują już ciśnienia i następuje wybuch, połączony często z rozkruszeniem węgla do stanu pyłu.

Pół-antracyty przy nagrzewaniu ich w kawałkach zwykle spalają się z takim rap-

townym wydzieleniem pyłu. Węgłe zawierające wyższy procent wilgoci mają system włoskowaty otwarty, ciśnienie gazowe nie może być w nich podniesione i kopalnie wydobywające takie węgle nie są kopalniami gazowymi. Węgłe o niskim procencie wilgoci są zwykle gazowo niebezpieczne.

Hygroskopijność węgla wysuszonego na powietrzu zmniejsza się, w miarę podwyższania rzędu węgla, od 15,60% dla węgla bitumicznych, do 0,98% dla pół-antracytu i 1,44% do 2,40% dla antracytów. Pierwsze stadia metamorfizmu przetwarzają węgiel w mniejszy i bardziej kruchy; przy wyższych stadiach rozwijają się płaszczyzny ciosowe i szczeliny, które przy osiągnięciu przez węgiel zawartości 85% nielotnego węgla zanikają wskutek cementacji i węgiel staje się już mniej kruchym. Przy zawartości 89%—90% nielotnych części węgiel jest fizycznie takim samym, jak początkowy niezmieniony węgiel; przy 94% nielotnych części węgiel jest najtwardszym i najmocniejszym wskutek ponownego zapełnienia wszystkich szczelin i kanałów włoskowatych.

Badania Mc. Farlane'a potwierdzają dawne doświadczenia Chamberlin'a, że gaz wybuchowy (grisou) jest mechanicznie uwieczony w węglu i ilość gazów, którą można otrzymać z danej próbki węgla jest tem większa, im większy jest stopień rozkruszenia i rozpylenia próbki¹⁾. Badania te mogą również wytłumaczyć fakt, że węgle najbardziej gazowo niebezpieczne, należą w różnych zagłębiach do niejednakowych gatunków węgla; na Górnym Śląsku węgle tłuste i płomienne nie dają gazów wybuchowych, natomiast w zagłębiu Ruhry węgle chude są najniebezpieczniejszymi.

Mc Farlane nie podaje petrograficznej charakterystyki zbadanych węgla, lecz wnioski jego zasługują na uwagę geologów, rozszerzając pole badania węgla i na ich własności fizyczne, jak porowatość i jej charakter, ciężar gatunkowy i zawartość wilgoci.

§ 4 Streszczenie. Badania petrograficzne węgla dają, zdaje się, odpowiedź na pytanie, postawione w swoim czasie przez badacza szkoły angielskiej, co do roli szczątków roślinnych w stosunku do różnych własności węgla. Każdy węgiel składa się z zasadniczej masy (groundmass, pâte fondamentale) natury humusowej, jako koloidalnego produktu rozkładu biochemicznego materii organicznej w postaci wodnego roztworu; oprócz humusowego materiału ta masa zawiera także produkty tłuszczowe i to tem więcej, im bardziej węgiel zbliża się do typu sapropelitowego (bitumicznego str. sensu); najdrobniejszy (ultramikroskopowy) detritus tkanek roślinnych zawieszony w tej masie stanowi razem z nią to, co Amerykanie nazywają „Attritus“. Drugą składową część węgla stanowią ciała

¹⁾ Stutzer, l. c. str. 261.

uksztaltowane, łatwo rozróżnialne, pochodzące z mniej lub więcej zmienionych tkanek roślinnych bardzo różnorodnej natury (drzewnej, kutynowej, sporowej, wodorosty).

W węglach lignino-celulozowych pośród składników ukształtowanych przeważają tkaniki drzewne, a w zasadniczej masie — lignino-celulozowe produkty rozkładu. Również i w każdej grupie węgla kutynowych i sapropelitowych zarówno w zasadniczej masie, jak i pośród ukształtowanych ciałek jest przewaga materiału tego czy innego charakteru.

Skład chemiczny zasadniczej masy węgla musi być nieco inny w każdej grupie, lecz mniej więcej jednakowy dla węgla jednej grupy. Ciała ukształtowane mogą znacznie się różnić swoim składem chemicznym od otaczającego je ciasta. Stopniowe owęglanie zasadniczej masy i ciałek posunęło się do pewnego stopnia, charakterystycznego dla każdego węgla (rząd). Własności chemiczne i fizyczne tej mieszaniny różnego materiału, jaką jest każdy węgiel, zależą więc od zasadniczej masy, jak i od ciałek ukształtowanych. Przynależność węgla do jednej z trzech grup (typów) określa się całą sumą chemicznych i fizycznych cech obydwu kategorii składników i ilościowych stosunków pomiędzy nimi, a w każdej grupie przynależność węgla do tego czy innego rzędu owęglania zależy przeważnie od stanu pierwotnego rozkładu ciałek ukształtowanych i następnych zmian zasadniczej masy.

Antracyt jest tem stadjum owęglania, na którym rozkład ciałek ukształtowanych osiągnął najwyższy stopień, lecz fizyczne własności węgla na tem stadjum zależą przeważnie od zmian, którym uległa zasadnicza masa pod wpływem wysokiej temperatury (badania Mc Farlane'a).

Badanie poszczególnych warstewek pasemkowatego węgla, przetworzonego w antracyt, stwierdzają, że i węgiel kutynowy (matowy) może osiągnąć ten stopień owęglania, nie tracąc swoich cech indywidualnych (badania Turner'a).

Badanie łupków bitumicznych, które są tylko krańcowym rozwojem węgla kennelskich i bogheadu, stwierdziło, że ich zasadnicza masa ulega zmianom przy temperaturze niższej (od 220° — 370°), niż ta temperatura (455° — 472°), przy której zaczyna się destruktywna destylacja tłuszczów, zawartych w ciałkach sporowych i wodorostów¹⁾.

Podobne doświadczenie było wykonane także nad węglem z zagłębia Liège²⁾. Z węgla zostały wycięte kawałki o wysokości i szerokości 5 cm i grubości 1 cm; na ich oszlifo-

wanej powierzchni były widoczne różne składowe części węgla, zwłaszcza vitrain (błyszczący) i durain (matowy). Po nagraniu takich kawałków w zamkniętym tyglu w piecu elektrycznym do 350°C w przeciągu 24 godzin, vitrain przekształcił się w bardzo porowaty koks, a durain pozostał prawie bez zmiany. Inne kawałki takiegoż węgla po nagraniu ich w przeciągu trzech godzin do 440°C dały koks naogół mniej spęczniały w częściach vitrain, a substancja durain była jakby wciśnięta w plastyczną masę vitrain'u.

Vitrain wykazywał we wszystkich przypadkach własności koksownicze i miał zmienioną postać zewnętrzną. Vitrain więc jest składnikiem łatwiej topliwym i w koksie tworzy środek wiążący, który otacza trudniej topliwę część węgla, jakimi są części o składzie durain. Lefraye używa terminu vitrain na określenie tego, co my nazywamy clarain o rozwiniętej budowie xylovitrain¹⁾.

To doświadczenie ogranicza się tylko do fazy podgrzewania węgla przed jego właściwym koksowaniem i ostatecznie nie wiemy, jaka jest rola durain w tworzeniu się koksu metalurgicznego.

Dotychczasowe geologiczne i petrograficzne badania węgla nasuwają przypuszczenie, że istnieje nie jedna seria rzędów węgla od torfu do antracytu, jak to przyjmuje szkoła amerykańska, przyczem w niektórych rzędach są grupy węgla innego składu, lecz przeciwnie są trzy grupy, czyli typy węgla, jak to przyjmuje szkoła francuska, a w każdej z tych grup mogą być różne rzędy w zależności od stopnia pierwotnego (biochemicznego) przetworzenia materiału i wtórnej (dynamochemicznej) metamorfizacji. Poszczególne gatunki węgla mogą zajmować miejsce zarówno pomiędzy grupami, jak i pomiędzy rzędami w każdej grupie.

Grupy (typy)	Rzędy (ranks)
A. Lignino-celulozowy	a) Tłuste koksownicze, chude b) Chude c) Antracyt
B. Kutynowy (kutynowo-sporowy)	a) Płomienne (suche), gazowe, gazowo-tłuste b) Chude c) Antracyty
C. Sapropelitowe (sporowy i sporowo-wodorostowy)	a) Kennelski, pseudo-kennelski, boghead b) Chudy c) Antracyty

Antracyty mogą być produktem metamorfizacji węgla, należących do każdej z tych grup (typów) (badania Turner'a, Mc Far-

¹⁾ Stadnichenko, Taisia a D. White, Microthermal Studies of some „Mother Rocks” of Petroleum from Alaska With Description of the Fossil Plants. Bull. Am. Inst. Petr. Geol. 1929, 7.

²⁾ Lefraye M. L'influence de certains constituants de la houille sur la cokefaction. Soc. géol. Belgique, 52 (6), B 137-143, Mar. 1929.

¹⁾ Lefraye M., Note sur le vitrain. Soc. géol. Belgique, 52, B 100-102, 1929.

lane'a); węgle chude o małej zawartości części lotnych, mogą być nie tylko produktem metamorfizacji węgla typów A i B, lecz, jak w grupie A również i produktem, uzależnionym od warunków sedymentacji. Węgla koksownicze mogą być tylko w grupie węgla lignino-celulozowych i stanowią równie niezależny rząd w tej grupie, jak węgle suche w grupie B. Przy takim schemacie zjawisko Inkohlungssprung, według badań niemieckiej szkoły staje się łatwiej zrozumiałym.

Warunkami koniecznymi i dostatecznymi aby węgle posiadały własności koksowania się, są — 1^o obecność w węglu tkanek drzewnych (humity) w takim stanie przetworzenia, aby jeszcze posiadały one stopień porowatości, potrzebny dla ich scalenia (cementowania) przez substancje topliwe (przy temperaturze od 300°C), lecz ostatecznie rozkładające się przy temperaturze około 1000°C, oraz 2^o obecność tych ostatnich substancji. Te substancje są nazywane przez chemików różnie: smolnami (Rau), bitumicznymi (Fischer), karbonidami podobnymi do asfaltu (Marcussen, Le-Chatelier), γ (Wheeler). Skład chemiczny tych substancji węgla nie jest nam znany; można powiedzieć jedynie, że źródłem ich jest zasadnicze ciasto węglowe, często w postaci witrain.

Węgla kutynowe (grupy B) w niektórych przejściowych gatunkach mogą posiadać własności koksownicze, lecz w mniejszym stopniu od węgla grupy A, wskutek mniejszej zawartości tkanek drzewnych w odpowiednim stanie zachowania i większej zawartości tkanek kutynowych. Zrozumiałem byłoby miejsce węgla koksowniczych na granicy węgla lignino-celulozowych i kutynowych, destruktywny wpływ na nich zwiększenia temperatury i mechaniczne uwięzienie gazu w porach każdego węgla przy zwiększeniu ciśnienia na niego.

Ten schemat, oparty na wynikach badań dotychczasowych, należy potwierdzić albo obalić, przez dokładne badania rozmieszczenia różnych typów i rzędów węgla we wszystkich większych zagłębiach, z uwzględnieniem petrograficznego charakteru każdej części węgla (błyszczącej i matowej).

§ 5. Węgla koksujące będąc ogrzane do 350°—450°, przechodzą, według ostatnich badań prof. Świątosławskiego¹⁾, przez stan plastyczny, poczem półciekła masa węgla spieka się, tworząc w wyższych temperaturach jednolite kawały koksu. Węgla niekoksujące, ogrzewane w tych samych warunkach, nie zdolne są do wytworzenia masy plastycznej i podczas dalszego ogrzewania rozsypują się na proszek, lub też tworzą kawałki koksu, który z łatwością kruszy się. Zbadanie powierzchni stałych produktów destylacji węgla koksują-

cych i niekoksujących wykazuje, że powierzchnie te różnią się bardzo znacznie między sobą. Powierzchnia koksu z węgla spiekającego się jest mało rozwinięta, posiada nieznaczna zdolność absorbowania par i gazów, oraz nie odbarwia roztworów barwików organicznych. Produkt z węgla niekoksującego się posiada powierzchnię rozwiniętą w stopniu znacznie większym, wykazuje wskutek tego zdolność absorpcji par i gazów, oraz zdolność do odbarwienia roztworów.

Doświadczenia nad produktami suchej destylacji odmian petrograficznych fuzytu, durytu i witytu, pochodzących z tego samego pokładu, wykazały w otrzymanych produktach znaczne różnice w zdolnościach adsorpcji. Największą zdolność do adsorbowania i odbarwienia posiada produkt destylacji witytu; produkt z durytu posiada powierzchnię rozwiniętą w mniejszym stopniu, niż produkt otrzymany z fuzytu, posiadający wybitnie rozwiniętą powierzchnię zdolną do adsorpcji. Stwierdzono również, że rozwinięcie aktywnej powierzchni węgla niekoksującego zależy od temperatury końcowej i czasu ogrzewania; aktywność wzrasta w miarę podnoszenia się temperatury do 900°; ogrzewanie ponad 900° prowadzi do zanikania aktywności dzięki występującemu zjawisku grafitowania. Aktywność wzrasta również im dłużej trwa ogrzewanie. Dla węgla koksującego zdolność spiekania zanika w miarę tego, jak zmniejsza się prędkość ogrzewania w temperaturach poniżej 350° i szczególnie pomiędzy 350° i 450°, a węgiel koksujący nabiera cech węgla niekoksującego na skutek długotrwałego ogrzewania we wskazanych granicach temperatur.

Doświadczenia i praktyka koksownicza wykazały, że mieszanina witytu (lub paku) i węgla drzewnego nie daje jednolitej spieczonej masy, bo półciekła masa witytu nie przepaja należycie węgla drzewnego. Zjawisko to tłumaczy zawartością w porach powietrza lub gazów, zaadsorbowanych na powierzchni węgla i wytwarzających się w miarę wzrostu temperatury. Na tem polega trudność otrzymania koksu z mieszaniną materiałów spiekających się i niespiekających. Doświadczenia wykazują również, że koks otrzymuje się tem gorszy, im bardziej rozwiniętą powierzchnię posiada używany materiał. Odpowiednie ciśnienie (brykietowanie) odgrywa również dodatnią rolę przy spojeniu materiałów mieszaniny przy jej koksowaniu.

W węglach koksujących powinien istnieć pewien stopień rozwoju powierzchni materiału czyli porowatości węgla, posiadającego jednocześnie substancje, powodujące spiekanie. Porowatość nadmierna, jak w częściach fuzytowych, megaskopowych i mikroskopowych, musi być szkodliwą dla właściwości koksowniczych węgla. Również musi być szkodliwym nadmiar składników, dających lotne sub-

¹⁾ W. Świątosławski. Spiekanie się węgla i aktywowanie jego powierzchni, jako dwa czynniki przeciwstawne sobie w procesie tworzenia koksu. Przegląd Techniczny, 1930, 45.

stancje, ilość których wzrasta w miarę wzrostu temperatury i czasu nagrzewania; takimi składnikami są spory i kutynowane szczątki roślinne, jak w węglach durytowych. Składnikami dodatnimi dla własności koksowniczych węgla mogą być w odpowiedniej ilości tkanki w stanie xylowitrytu i witrytu.

Geologiczne stosunki, za wyjątkiem zjawisk kontaktowych, są zawsze długotrwałe i powolne; więcej jest prawdopodobnem, że naturalne stosunki, prowadzące do odgazowania węgla mogą zmienić węgle koksownicze w węgle chude. Węgle suche gazowe (durytowe) pod wpływem takich samych procesów geologicznych mogą utrzymać cechy węgla chudych, lecz nie koksujących się, bo pierwotna ilość substancji, nadających własności koksownicze, nie zwiększa się przez ciśnienie i długotrwały stan podwyższonej temperatury, a porowatość takich węgla może nawet zwiększyć się; ciśnienie, któremu ulegały węgle durytowe (gazowe), niema wpływu na deformację spor i innych szczątków roślinnych.

§ 6. Górny Śląsk. W porównaniu z takimi zagłębiami, jak w Westfalji, Francji, Anglii, oraz z zagłębiami Donieckiem, rozmieszczenie węgla koksujących się na Górnym Śląsku jest bardziej nieprawidłowe.

Gaebler nie widział związku pomiędzy zdolnością węgla do koksowania się a charakterem nadkładu, ani wogóle układem całej serii węglowej, gdyż inaczej według niego, nie mogłyby znajdować się w przewarstwieniu pokłady gazowe i pokłady ubogie w gaz. Przytacza on dla obszaru Ostrawy i Karwiny, że tam tylko około połowy, a nawet czwartej części pokładów, znajdujących się w odbudowie, daje węgiel koksujący się.

Nad koksowniczym pokładem Inno-Flötz w Jaklowetz w zagłębieniu Ostrawskim leży 13 pokładów węgla chudych i tylko następny pokład Jaklowetz Nr. 5 daje znowu węgiel koksowniczy. Około szybu Henryk pod wiązką 9 pokładów (Enna—Osmana) węgla koksowniczych na głębokości 300 m znajduje się 9 pokładów węgla chudych.

Główną przyczyną zdolności węgla do koksowania się mogłyby być, według Gaebler'a, niejednakowe warunki przetwarzania masy roślinnej podczas procesu owęglania oraz zastąpienia związanego wodoru przez tlen i azot powietrza¹⁾. Krótszy lub dłuższy wpływ powietrza na masę roślinną może zależeć od kierunków nagromadzania się stożków sedymentacyjnych, dziś przedstawiających się w postaci warstw płonych pomiędzy poszczególnymi grupami utworów węglowych. Nagromadzenie osadów szło dla grupy Ostrawskiej (brzeżnej) i Siodłowej z zachodu i każdy pokład węglowy musiał być wcześniej pokryty nadkładem na zachodzie, na wschodzie zaś mógł pozostawać dłuższy czas pod wpływem

czynników atmosferycznych, wpływających na zmniejszenie ilości związanego wodoru. Tłumaczyłoby to, dlaczego pokłady grupy brzeżnej i siodłowej tracą w kierunku ku wschodowi własności koksownicze, przechodząc w węgle bardziej suche.

Sedymentacja płonych warstw grupy łękowej odbywała się przeważnie w kierunku z południa na północ; tłumaczyłoby to, dlaczego pokłady tej grupy zawierają na północy węgle suche (Sandkohlen) i dopiero w niecce Rudzkiej zaczynają się w nich spotykać węgle typu Sinterkohlen, a około Orzesza i Czerwionki, lub Zor i Jastrzębia i jeszcze dalej w Karwinie — węgle koksujące się.

Przypuszczenie Gaebler'a o utlenianiu masy roślinnej pod wpływem atmosfery nie może być przyjęte w takim ujęciu, co zaś tyczy się jego myśli o stopniowym narastaniu z zachodu na wschód i z południa na północ stożków sedymentacyjnych w zagłębieniu górnośląskim, to koncepcja ta jest dziś ogólnie przyjętą¹⁾. Gaebler słusznie podkreślił znaczenie procesów sedymentacyjnych dla tworzenia się różnych gatunków węgla, dziś jednak, zgodnie z koncepcjami Grand'Eury, Duparque'a i innych, jesteśmy skłonni uważać te procesy za czynnik sortowania materiału roślinnego, a nie tylko za czynnik sedymentacji warstw płonych, który wspólnie z obniżaniem podłoża stwarzał nowe przestrzenie dla stopniowego opanowania ich przez roślinność.

Rozmieszczenie węgla koksowniczych na Górnym Śląsku w zależności od tektoniki było przedmiotem badań St. Czarnockiego²⁾. Autor ten na podstawie dotychczasowych materiałów przyszedł do wniosku, że pomiędzy rozmieszczeniem węgla koksowniczych a przebiegiem głównych zaburzeń tektonicznych na obszarze zagłębia istnieje ścisły związek.

W zachodniej części zagłębia węgle koksujące się znajdują się na zachodnim pofałdowaniu skrzydle niecki Rybnickiej (kopalnia Anna, grupa brzeżna), na wschodnim skrzydle tejże niecki około fałdu Michałkowickiego (kopalnia Emma, grupa brzeżna) i jeszcze dalej w tym samym kierunku, na wschód od fałdu i nasunięcia Orłowskiego, na fałdzie równoległym do tego ostatniego (kopalnia Dębieńsko, warstwy Orzeskie). Na wschód od tej kopalni na przestrzeni dużej środkowej niecki zagłębia obecności węgla koksujących się nie stwierdzono; również kopalnie, położone około osi miejscowych niecek, znajdujących się pomiędzy nasunięciami Michałkowickim i Orłowskim (kopalnia Donnersmark i Blücher, pokłady nadredenowe i siod-

¹⁾ Bubnoff, Deutschlands Steinkohlenfelder Stuttgart 1926, str. 61.

²⁾ Stefan Czarnocki, Zdolność do koksowania i właściwości chemiczne naszych węgla w związku z budową geologiczną Polskiego Zagłębia. Posiedzenie Naukowe Państw. Inst. Geol 1924, 6 i Przegląd Górniczo-Hutniczy 1925.

¹⁾ Gaebler, Das oberschlesische Steinkohlenbecken, Kattowitz, 1909, str. 31-33.

łowe), mają węgle nie koksujące się. Na przedłużeniu ku południowi strefy pofałdowania Rybnickiego, znajdują się kopalnie z węglem koksującym się we Friedrichstadt i w Zabkach, a na przedłużeniu północnym około Gliwic, Zabrze i Knurowa.

Drugim elementem tektoniki zagłębia są fałdy o kierunku WNW — OSO; najbardziej wypiętrzoną jednostką tego systemu jest fałd Zabrze — Sosnowiec z jego miejscowymi wypiętrzeniami (Flötzberge); węgle koksujące się są tylko w zachodniej części tego siodła tam, gdzie sfałdowanie jest znaczniejsze.

Kopalnie z węglem koksującym się są naogół rozmieszczone w granicach określonych przebiegiem linii izowolowej 35% części lotnych. Główne części zagłębia, środkowa i północno-wschodnia, leżą nawet poza obrębem 40% linii izowolowej.

Czarnocki podał również wykresy linii łączących jednakowe stosunki O : H, które dla węgli koksujących się mieszczą się w granicach od 1 do 2,5. Te linie mniej więcej powtarzają ogólny obraz rozmieszczenia węgli koksowniczych, skupionych około niecki Rybnickiej oraz w miejscu stykania się elementów tektonicznych zachodniej strefy zaburzeń i siodła Zabrze—Sosnowiec. Czarnocki zastanawia się nad przypadkami znajdowania się różnych węgli w warunkach tektonicznie jednakowych i słusznie tłumaczy takie przypadki indywidualnym charakterem pokładu.

Bez petrograficznego zbadania naszych węgli trudno byłoby coś dodać do obrazu rozmieszczenia węgli koksujących się, streszczonego przez Gaebler'a w słowach, że wartość węgli, pochodzących z tych samych warstw, zmniejsza się w kierunku z południa i zachodu na północ i wschód.

W zagłębiu Ostrawskim najgłębsze pokłady węgla, leżące w dolnej serii grupy Ostrawskiej (Vinzenz, Rotschild) mają cechy węgli chudych (17,8%, 16,9%, 13,5% części lotnych); wyżej leżą węgle tłuste (grupa węgli szybów Henryk, Georg — 25%); ku wschodowi zaś, około granicy zagłębia węgle górnej serii warstw Ostrawskich są płomienne (suche) (grupa pokładów Peterswaldskich 37 — 40% części lotnych). Gazowe i koksownicze węgle dolnych warstw Rudzkich Karwiny z 32% do 36% składników lotnych, stratygraficznie odpowiadają suchym węglom nadredenowym w zagłębiu Dąbrowskiem.

Górne Ostrawskie warstwy w Ostrawie, zawierające węgle koksownicze, odpowiadają słabo pofałdowanym warstwom niecki Rybnickiej, gdzie węgle dają koks już innego gatunku, te same zaś warstwy grupy Flory w zagłębiu Dąbrowskiem dają węgiel suchy. Petraschek¹⁾ zwraca uwagę, że w parze z uszlachetnianiem węgla idzie też coraz większe zeskalenie skał bocznych. Przypomina on także,

że na odgazowanie węgla mogą mieć wpływ stropowe piaskowce o znacznej miąższości, czym się może tłumaczy fakt, że węgle pokładu Reden w zagłębiu Dąbrowskiem zawierają części lotnych o 3—5% mniej, niż węgle pokładów grup leżących wyżej i niżej.

Petraschek¹⁾ wykonał badania różnych węgli, z których każdy składał się z roślin, należących do innej rodziny, jak *Lepidodendron*, *Sigillaria* i *Calamites*; węgle te były wzięte ze stropowych i spągowych pokładów, należących do silnie pofałdowanej górnej serii warstw Ostrawskich w Morawskiej Ostrawie i z słabo pofałdowanych pokładów tej samej serii z zagłębia Dąbrowskiego. Petrograficznie węgle te miały charakter clarain (?). Analiza techniczna wykazała, że pomiędzy węglami, utworzonymi z roślin tych różnych rodzin, niema żadnej różnicy; natomiast węgle te miały takie same własności, jak węgle pokładów, którym towarzyszyły takie owęglone rośliny. W Ostrawie te rośliny dały węgiel koksowniczy, w zagłębiu Dąbrowskiem węgiel nie koksujący się, w Karwinie zaś węgiel gazowy. Węgle z pokładów piaskowcowych były nieco więcej odgazowane od węgli z łupków.

Petraschek przychodzi do wniosku, podzielanego również przez innych geologów, że zasadniczym czynnikiem procesu owęglania jest ciśnienie górotwórcze i temperatura; jednak te czynniki nie są jedynymi, bo węgle płomienne wschodniego krańca zagłębia Górnośląskiego i węgle gazowe Karwiny musiały podlegać jednakowym wpływom geotermicznym.

Jeżeli węgle zbadane przez Petraschka można było rozróżniać według przynależności ich do różnych rodzin roślinnych, to węgle te utworzone były z kory i drewna, a więc chemicznie jednakowego, pierwotnego materiału, lecz prawdopodobnie znajdującego się na niejednakowym stopniu przetworzenia tkanek, co ostatecznie znalazło swój wyraz w niejednakowych własnościach tych podobnych do siebie węgli.

Patteisky w całej serii prac²⁾ stara się ustalić związek pomiędzy własnościami węgli w Ostrawsko-Karwińskim zagłębiu, a tektoniką tegoż zagłębia. Stwierdzając, że prawie wszystkie pokłady, znajdujące się w odbudowie na każdym poszczególnym polu, są zwy-

¹⁾ Petraschek W., Studien zur Gochemie des Inkohlungsprozesses Montanistische Rundschau 1925. XVII. L. 1, str. 17.

— Petraschek, Entstehung, Veredelung u. Verwertung der Kohle, 1930.

²⁾ Patteisky K., Die Tektonik des Ostrau-Karwiner Karbons. Montanistische Rundschau 1925, 15, str. 489.

— Patteisky K., Zusammenhang zwischen tektonischer Lage und Zusammensetzung der Kohlen des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers. Montanistische Rundschau 1925, 19, str. 621.

— Patteisky, Jan Folprecht, V. Šusta, Kamenouhelné Doly Ostravsko-Karwiského Reviru. Morawská Ostrava 1928.

¹⁾ Petraschek l. c. str. 46-47.

kle w stanie jednakowego stopnia owęglenia, przeprowadza on bardzo szczegółowe zestawienie własności takich grup pokładów z ich tektoniką. Węgłe z pokładów, znajdujących się bezpośrednio na siodłach fałdów, np. Michałkowickiego i Orłowskiego, zawierają więcej części lotnych, niż węgle z pokładów, znajdujących się w sąsiednich nieckach, co zdawałoby się przeczyć przypuszczeniu, że wskutek znacznego rozkruszenia warstw na siodłach i silniejszego w tych miejscach ciśnienia, tam właśnie nastąpi odgazowanie węgla.

Pokłady Karwińskie, leżące przeważnie pośród łupków, zawierają mniej części lotnych, niż węgle starszych warstw Peterswaldskich spoczywające wśród utworów przeważnie piaskowcowych, co również przeczy przypuszczeniu Petraschk'a i innych, o zależności odgazowania węgla od litologicznego charakteru nadkładu.

Według Patteiskiego stopień owęglenia czyli odgazowania węgla zależy od stopnia napięcia tektonicznego, które jest znaczniejsze w obalonych częściach fałdów i na ich skrzydłach, niż w częściach osiowych. Tak około siodłowej części fałdów szybu Oskar, w pobliżu płonego podłoża całej serii węglowej, węgle zawierają 15–20% części lotnych, a nieco dalej ku wschodowi młodsze pokłady szybu Oder zawierają przeciętnie 13,5% składników lotnych, lecz właśnie te pokłady znajdują się na obalonem wschodnim skrzydle fałdu Oskar. Pokłady szybów Henryk i Salomon (grupa Enna-Flora) zawierające węgiel tłusty dają dalej ku wschodowi (w niecce Michałkowickiej) około szybów Dreifaltigkeit i Salm węgle gazowe i płomienne; według Patteiskiego zmniejszenie się objętości warstw w tej płytkiej niecce było zbyt małe, energia napięcia tektonicznego została zużytkowana na tarcie wewnętrzne, i ciśnienie fałdowania na wschodzie zagłębia Ostrawskiego było mniejsze, co zaznacza się we własnościach węgla. Nawet wpływ symetrycznego fałdu Michałkowickiego był zbyt słaby aby spowodować zmianę własności węgla, natomiast na wschodnim skrzydle siodła Ostrawskiego w miejscach wstecznego obalenia pokładów zaznacza się pewne zwiększenie odgazowania węgla (od 34% do 30%), a dalej ku wschodowi w zagłębiu Karwińskim zawartość składników lotnych stopniowo wzrasta od 33% do 36%, zgodnie z bardziej spokojnym układem budowy.

Napięcie tektoniczne zmniejsza się naogół od zachodu na wschód i odpowiednio do tego ilość składników lotnych zwiększa się w tym samym kierunku z tym tylko zastrzeżeniem, że na wschodnich obalonych skrzydłach każdego większego fałdu następuje miejscowe odgazowanie węgla.

Zestawienie Patteiskiego można byłoby jednak interpretować inaczej, gdyż przytoczone przez niego analizy, poczynając od

grupy węgla szybu Oskar do grupy węgla szybu Salm w niecce Michałkowickiej tyczą się węgla pokładów należących do stopniowo coraz wyższych poziomów, które miały przed ogólnym pofałdowaniem nadkład stopniowo zmniejszającej się miąższości; również węgle Karwińskie należą do warstw wyższych, niż węgle warstw Peterswaldskich z szybu Zofja. Patteisky zestawia analizy węgla należących do różnych serji, które w dzisiejszych warunkach znajdują się na głębokościach mniej więcej jednakowych, zupełnie nie licząc się z tem, że węgle każdej serji mogły powstać z niejednakowego materiału pierwotnego i że pierwotne warunki ich położenia przed pofałdowaniem były również nie jednokowe. Patteisky wychodzi ze słusznego założenia, że węgle powstałe z tego samego pierwotnego materiału (a), muszą przy jednakowych warunkach głębokości (b) i tektoniki (c) mieć prawie jednakowe własności. Nie stwierdzając jednak jednakowego charakteru węgla w stosunku tak co do warunku (a), jak i co do warunku (b), przychodzi do wniosku, że zróżniczkowanie węgla zależy przeważnie od warunku (c), t. j. napięcia tektonicznego. Przekroje i tabele Patteiskiego przemawiają raczej na korzyść prawa Hilt'a i nie dają żadnych danych co do litologicznego charakteru węgla. Zestawienia Patteiskiego opierają się na mylnej podstawie, podobnie jak i zestawienia np. Jungwirth'a¹⁾, który znowu przypuszcza, że węgle każdego zagłębia musiały podlegać działaniu jednakowych geologicznych i tektonicznych czynników, a więc różnice w ich własnościach zależą przeważnie od ich wieku względnego.

Na miejscu będzie tu przypomnieć wyniki badań Karczewskiego nad węglami zagłębia Dąbrowskiego. Stwierdził on, że węgle matowe pokładu Reden (kopalnia Paryż), składają się przeważnie z zarodników, t. j. spor, miejscami z dużą zawartością tkanek parenchymatycznych przy bardzo małej ilości tkanek drzewnych. Węgiel błyszczący z różnych ławic Redenu zawiera wielką ilość tkanek ligninowych, spory i tkanki parenchymatyczne odgrywają w nim rolę drugorzędną; węgle słabo błyszczące zajmują miejsce pośrednie pomiędzy temi gatunkami, zawierając albo więcej spor, albo więcej tkanek drzewnych i parenchymatycznych. Podobną budowę roślinną mają węgle matowe i błyszczące grupy podredenowej (kop. Flora) i błyszczący węgiel nadredenowy (kop. Stella i Tadeusz).

Ciekawe, że w węglu „smolnym“ (z pokładu Reden) ze zbiorów Puscha Karczewski stwierdził obecność spor i wodorostów, t. j. charakter zbliżony do węgla kenelskiego i bogheadu. Wyniki badań Karczewskiego wyprzedziły o 20 lat wyniki

¹⁾ Jungwirth, Zusammenhang zwischen geologischen Alter und Zusammensetzung der Ostrauer Kohlen. Mont. Rundschau 1922, 1.

badan Lange'go, który słusznie podkreślił, że chociaż nie odkryto jeszcze źródła zdolności węgla do koksowania się, „jednak uderzającą jest przewaga zbitego błyszczącego węgla (Anthraxylon) w dobrych koksowych węglach i zwiększanie się ilości mikrospor w węglach, dających koks mniej zbity¹⁾. Węgiel nie koksowy (Emmanuelssagen) około Murcek, według mikrofotografii Lange'go, jest typowym węglem kutynowo-sporowym.

Na tablicach I, II i III (z wyjątkiem fig. 12) są przedstawione obrazy petrograficznej budowy i składu węgla jednego z pokładów grupy siodłowej na Górnym Śląsku, z trzech różnych jego warstw od góry do dołu. Węgiel piątej warstwy (tabl. I) jest węglem typu kutynowego (durain) z przerostami węgla typu lignino-celulozowego (clarain); ten węgiel jest normalnym gazowym węglem pokładu. Węgiel warstwy dziewiątej (tabl. II) jest to przewarstwienie typów clarain i durain mniej więcej w jednakowej ilości; węgiel ten ma stosunkowo większą zdolność do koksowania się. Węgiel jedenastej warstwy (tabl. III, fig. 9, 10 i 11) jest typu clarain z przerostami czystego vitrain; zdolność jego do koksowania się jest jeszcze większa.

Tablica IV i fig. 17 tabl. V przedstawiają węgle z pokładu grupy łękowej; te węgle są typu sporowo-kutynowego i należą do gatunku gazowo-płomiennych (suchych). Fig. 12 daje obraz węgla kennelskiego, jako węgla wyłącznie sporowego. Na tabl. V (fig. 18—20) są obrazy węgla należących do pokładów grupy brzeżnej z kop. Charlotta; te węgle w zależności od stopnia zachowania tkanek drzewnych zmieniają się od gazowego do koksowego.

Tablice te pokazują, w jakim kierunku powinny iść badania petrograficzne każdego przekroju pokładu węgla; im więcej byłoby można dać takich przekrojów, przy równoległym zbadaniu chemicznym poszczególnych składników i całych części węgla, jak się to stosuje w petrografii skał, tem prędzej można byłoby otrzymać odpowiedź na praktyczne zagadnienia przy sortownictwie węgla i przy poszukiwaniach węgla tego czy innego gatunku.

§ 7. Krańcowe teorie. Teorię istnienia pierwotnie wysoko-gazowego węgla na całej przestrzeni zasięgu każdego większego zagłębia i następnych zmian tego węgla pod wpływem statycznego i dynamicznego metamorfizmu, którą niektórzy geolodzy przyjmują dla zagłębia Donieckiego i dla Górnego Śląska, można uznać za krańcową. Do takich krańcowych poglądów należy także teoria Bergius'a²⁾, który nie zgadza się na większą rolę procesów biologicznych w tworzeniu się węgla i sądzi, że genezę węgla można raczej zrozumieć przez studia nad sztucznym węglem.

Jest to zupełnie słuszne, że procesy techniczne mogą rzucić wiele światła na genezę węgla, lub ropy, lecz bezpośrednie zastosowanie wyników technicznych lub innych doświadczalnych procesów do zjawisk przyrody może być także mylne.

Synteza ropy opiera się na otrzymaniu mieszaniny węglowodorów przez działanie wodoru na węgiel kamienny lub brunatny przy temperaturach początku ich rozkładu i w obecności pewnych katalizatorów.

Naturalna ropa jest substancją optycznie aktywną, czyli skręcającą powierzchnie polaryzacji promieni przechodzącego światła; taką samą właściwość mają i produkty otrzymywane syntetycznie z węgla i stopień tego zjawiska zwiększa się w miarę wzrostu cząsteczkowej wagi produktu. Warunki temperatury i ciśnienia odpowiednich reakcji są analogiczne dla produktów naturalnych i syntetycznych. Obecność wody jest czynnikiem niezbędnym dla syntezy; również woda jest zwykłą substancją towarzyszącą ropie; zawartość soli w wodzie, a raczej zawartość w niej pewnych jonów ma znaczenie katalityczne.

Opierając się na takich wynikach doświadczalnych, Bergius i jego szkoła¹⁾ dochodzą do wniosku, że źródło pierwotnego materiału dla utworzenia się ropy i gazów w przyrodzie jest to samo, co i dla produktów syntetycznych; innymi słowy, ropa pochodzi z węgla, t. j. jest końcowym produktem rozkładu materiału roślinnego. Synteza ropy polega zasadniczo na tych samych procesach, jakie można przewidzieć w przyrodzie, lecz znacznie przyspieszonych przez zastosowanie takiej temperatury, która może panować w naturalnych warunkach tylko na wielkich głębokościach. Przez to w przeciągu niewielu dni otrzymuje się wyniki, które w przyrodzie przy umiarkowanych warunkach termicznych potrzebują czasu geologicznego.

Ostatnie badania amerykańców²⁾ stwierdziły, że we wszystkich osadach czasu dzisiejszego i w skałach bitumicznych, które przypuszczalnie można byłoby przyjąć za źródło macierzyste ropy, są tylko ślady celulozy i produktów jej rozpadu; przeczy to stanowczo teorii pochodzenia ropy ze szczątków roślin wyższych, jak wymaga tego teoria Bergius'a.

Angielski badacz Taylor stara się udowodnić wbrew poglądom Bergius'a, że nie ciepło i ciśnienie, lecz różne warunki nagromadzenia materiału roślinnego, mogą doprowadzić do utworzenia się trzech głównych typów kopalin twardych — torfu, węgla brunatnego i węgla kamiennego³⁾. Doświadczenia

¹⁾ Weinberg. *Natürliches und künstliches Petroleum. Petroleum Zeitschr.* 1929, 5

²⁾ Trask, Park D., Summary of results obtained to date by the Amer. Petr. Inst. *Bul. Am. Ass. Petr. Geol.* 14, 1930, 3.

³⁾ Taylor E., Mc. Kezie, Base Exchange and the formation of Coal Fuel, 7, 230-238, 1928.

— Taylor E., Mc. Kezie, The bearing of base Exchange as the genesis of petroleum. *Inst. Petr. Technol.* 14, 825-840, 1928.

¹⁾ Lange Th., *Zur Kohlenpetrographie Oberschlesiens Z. d. Oderachl. Berg. u. Hüttenm. Ver.*, 1926, str. 673

— Die Bedeutung der Sporen für die Stratigraphie des Karbons *Ibid.* 1927.

²⁾ *Naturwissenschaften* 1928, 16, 1.

stwierdziły, że materiał roślinny może być przetworzony w fusain (mineral charcoal) działalnością anaerobnych bakterii przy alkalicznych warunkach środowiska; taki np. węgiel został znaleziony w Egipcie w torfie pokrytym gliną o własnościach alkalicznych (z zawartością węglanu sodu). Wychodząc z tego założenia autor przypuszcza, że materiał roślinny może być przetworzony:

1) w kwaśnych warunkach środowiska, t. zn. przeważnie nadkładu — w torf;

2) w wapienno - glino - krzemionkowych warunkach środowiska — w węgiel brunatny;

3) w sodowo - glinowo - krzemionkowych warunkach środowiska — w węgle kamienne (rzędu bitumiczno-antracytowego).

Taylor przypuszcza dalej, że wapień pierwotnych ilastych utworów nadkładu może być zastąpiony przez sól i że hydroliza takiego ilastego utworu, obfitego w związki sodowe, prowadzi do alkalicznych warunków anaerobnego rozkładu bakterjalnego w podścielającej masie roślinnej. W stropowych pokładach złóż lignitu główną zasadą związków chemicznych jest wapń, a dla złóż węgla kamiennych — sól. Ta zasada określa charakter produktów rozkładu bakterjalnego masy organicznej. Przetworzenie lignitu w węgiel kamienny może nastąpić jedynie tylko w tym przypadku, jeżeli stropowe warstwy ulegną przemianie pod wpływem roztworów, zawierających związki sodu (alkalicznych).

Taki pogląd na znaczenie zjawisk katalitycznych jest również krańcowy, lecz zmusza to nas do zwrócenia tem większej uwagi na warstwy stropowe różnych pokładów węgla i na możliwe wtórne zmiany węgla pod wpływem krążenia wody. Według Lemièrè'a w zagłębiach środkowej Francji w stropowych warstwach pokładów węgla znajdują się wyłącznie piaskowce. W zagłębiu Ostrawskim piaskowce znajdują się co najmniej w połowie przypadków także w spągu pokładów (Petraschek). Na Górnym Śląsku (wg Gaebler'a) skałami, zawierającymi pokłady węgla są: w warstwach Łaziskich przeważnie piaskowce i konglomeraty (62,4%); natomiast w warstwach Orzeskich i Rudzkich — łupki ilaste; w warstwach siódłowych przeważają piaskowce, w warstwach zaś brzeżnych piaskowce i łupki są na jednakowym stopniu rozwoju. W spągu pokładów grupy środkowej znajdują się wyłącznie łupki (100%), w grupie łękowej prawie wyłącznie (92%), a w grupie brzeżnej piaskowce tworzą bezpośredni spąg pokładów węgla w 29% przypadków.

Swobodne krążenie wody w warstwach stropowych węgla może doprowadzić do wchłonięcia przez węgiel części wody, w zależności od pierwotnej porowatości różnych węgla i może podtrzymywać stopień koloidalnej mieszaniny węgla, który mógłby podlegać zmianom w warunkach tejże głębokości, lecz w nieobecności wody.

Możliwość wpływu warstw stropowych na charakter węgla dawno już zwracała uwagę¹⁾. W związku z tem można przypomnieć, że katalityczny wpływ domieszek nieorganicznych w węglu na jego zdolność koksovania się jest przedmiotem wielu badań²⁾, a niektóre doświadczenia ostatnich czasów stwierdzają bezpośredni wpływ nieorganicznych składników węgla na wydajność i charakter koksu³⁾. Dodanie do węgla brunatnego wodnych siarczanów, chlorków i azotniaków glinu, wodnych siarczanów i chlorków magnezu, chlorków strontu powoduje otrzymanie z takiego węgla twardego koksu, zamiast proszkowatego, otrzymawanego z węgla naturalnego; natomiast dodanie bezwodnych soli tych metali prowadzi do utworzenia się miękkiego proszkowatego węgla. Działalność takich wodnych soli sprowadza się do pewnych mechanicznych wpływów przez stopienie tych soli przy następnej karbonizacji węgla i przez usposobienie do wytworzenia się plastycznej masy z mieszaniny materiału organicznego i nieorganicznego.

Do mniej krańcowych poglądów dochodzi również prof. Stadnikoff⁴⁾:

1. Różne roślinne materiały i mieszaniny ich tworzą macierzystą substancję węgli.

2. Macierzyste substancje ulegają przetworzeniom w różnych kierunkach przy niejednakowych warunkach środowiska (suche, wilgotne i wodne).

3. Ciśnienie i temperatura są czynnikami przyspieszającymi proces owęglania, lecz temperatura w żadnym wypadku nie osiąga wysokości (250—300°C), dostatecznej dla destylacji pierwotnego materiału bez dostępu powietrza.

4. Torf, węgiel brunatny i węgiel kamienny (grupy) są wynikiem niejednakowego postępu fizyczno-chemicznego przetworzenia tego samego materiału, czyli tworzenie się ich zależy od „chemicznego wieku“.

5. W każdej z tych grup można ustalić mniej więcej równoległe klasy: I — sapropelity, II — humity, III — mieszane sapropelito-humusowe węgle, IV — mieszane humusowo-sapropelitowe węgle, a w każdej klasie można znaleźć jeszcze podklasy.

Autor gruntownie rozważa chemiczne i fizyczne procesy przetworzenia różnych typów torfu, starając się uzasadnić niektóre poglądy niemieckich i amerykańskich badaczy, np. w stosunku do ligniny, jako głównego składnika węgla. Ważnem jest stwierdzenie dla torfów

¹⁾ Lissner A., Zur chemischen Charakteristik der Hangengesteine vom Braun und Steinkohlenflötzen. Oester. Zeitschr. f. d. Berg. u. Hüttenwesen 1910, Nr. 41-46.

²⁾ Lessing R., Die Mineralbestandteile der Steinkohle. Z. d. Obersch. Berg. u. Hüttenm. Ver. zu Katowice 1928, 4, 219. Literatura angielska w tej sprawie.

³⁾ Gauger A. W. and Salley, Donovan J., The Influence of inorganic materials in lignite carbonization, Fuel, 8, Febr. 1929.

⁴⁾ Stadnikoff G., Die Entstehung von Kohle und Erdöl 1930, str. 194

zjawiska rozdzielania (syneresis) koloidalnego polydispersyjnego systemu na warstwy, co może znaleźć zastosowanie w wytłumaczeniu pasemkowej budowy węgla. Autor nie uwzględnia geologicznych warunków segregacji roślinnego materiału, zaprzeczając możliwości takiej segregacji na większą skalę, a ustalane przez niego cztery klasy kopalin palnych są właśnie wynikiem segregacji materiału w tym lub innym stopniu.

§ 8. Ogólne wyniki. W stosunku do zmian różnych typów węgla w niejednakowych warunkach tektoniki faktyczny materiał nie wystarcza aby przejść do zupełnie konkretnego wniosku co do wpływu zaburzeń tektonicznych na takie zmiany. Ze odgazowania węgla, t. j. zmiany węgla tłustych lub suchych w węgle chude i antracyty, zależy od tektoniki (procesów geochemicznych), nie ulega żadnej wątpliwości. W poszczególnych przypadkach należy jednak stosować większą ostrożność przy wyciąganiu wniosków.

Dla zagłębia Donieckiego stale wysuwają tezę, że wyższy stopień karbonizacji węgla w kierunku z północy na południe odpowiada przejściu od peryferycznych części północnego brzegu zagłębia ku zasięgowi największego wypiętrzenia i największego zaburzenia całego zagłębia, t. j. ku głównej antyklinie; podwyższenie karbonizacji węgla w kierunku z zachodu na wschód odpowiada przejściu od węgla seryj górnych ku węglom seryj dolnych całego kompleksu utworów karbońskich. Jednak, zupełnie nie wiemy, gdzie był brzeg pierwotnego lądu, koło którego rozwijała się flora tego okresu i odbywała się segregacja i sedymentacja materiału roślinnego. Teoria metamorficzna nie wiele liczyła się z czynnikami segregacji i sedymentacji materiału; dla zagłębia północnej Francji, gdzie pierwotnie przypuszczano, że pierwotny ląd znajdował się na południu, stwierdzono następnie, że lądu tego należy szukać na północy, jako przedłużenia masywu Brabantu i koło brzegu tego lądu przeważają węgle chude, a dalej od niego węgle gazowe. Czy więc w zagłębiu Donieckim zmiana węgla z północy na południe nie jest czasem zależną nie od pofałdowania lecz od położenia brzegu starego lądu, w tym przypadku na południu, a nie na północy, co zgadzałoby się także z ostatnimi koncepcjami paleogeografii okolic morza Czarnego w czasie górnego karbonu¹⁾. Statyczny metamorfizm zagłębia Donieckiego jest według interpretacji geologów metamorfizem geotermicznym, który przy miąższości serji węglowej sięgającej 10 000—12 000 m musiałby wyrażać się bardzo wybitnie, więc mogłoby to być tylko wyrazem prawa Hilt'a.

W zagłębiach typu limnicznego, jak St. Étienne, Creusot, dolnego Śląska, otoczonych

prawie ze wszystkich stron starszymi masywami, rozmieszczenie węgla koksujących się jest nieprawidłowe, zwłaszcza w porównaniu z takimi paralicznymi zagłębiami jak południowa Walja, du Nord, Westfalja, Donieckie.

Z punktu widzenia teorii sedymentacyjnej byłoby to zrozumiałe, na co już dawno zwrócił uwagę L e m i è r e¹⁾; według niego zmiany w zawartości części lotnych w kierunku bocznym w jednych i tych samych pokładach węgla zależą od warunków sedymentacyjnych. Węgla gazowe w zagłębiu St. Étienne znajdują się w zatokach, a węgle koksownicze raczej około ujścia rzek do takich zapadlisk śródlądowych. Myśl ta znajduje potwierdzenie w rozumowaniach D u p a r q u e'a o segregacji materiału roślinnego przy jego zniesieniu do lagun węglowych; myśl o znaczeniu segregacji materiału spotykamy już i w ostatnich pracach niemieckich.

Segregacja i selekcja materiału roślinnego w zagłębiach śródlądowych jest bardziej zróżniczkowana, niż w takich dużych paralicznych zagłębiach, jak angielskie, du Nord, Donieckie.

Zagłębie Kuźnieckie pomimo jego wyjątkowo dużych rozmiarów (20 000 km²), posiada pewne cechy zagłębia śródlądowego, położonego pomiędzy starymi masywami górskimi. Zagłębie polsko-śląskie, które zwykle zaliczają do typu paralicznego, jest również raczej śródlądową zatoką, a nie zagłębieniem typowo brzeżnym i cechy paleogeograficzne mogą znaleźć swój wyraz w rozmieszczeniu węgla koksujących się, które dokładniej nie jest jeszcze nam znane.

IX. Złoża węglowe i warunki ich powstawania.

§ 1. Sposób nagromadzenia się materiału roślinnego. Punktem wyjścia dla poglądów na mechanizm nagromadzenia się materiału roślinnego, przetworzonego następnie w węgiel, są albo rozległe i znacznej grubości dzisiejsze torfowiska i bagna (swamps), albo nagromadzenia drzewa w ujściach wielkich rzek, spławiających drzewo ze zraszanego przez nie lądu. W Anglii i Ameryce, od czasów Logan'a i de la Beche (lata 1830—1842) przeważał pogląd, że pokłady węgla powstały przez nagromadzenie materiału na miejscu (in situ) rozwoju roślinności odpowiedniego czasu podobnie jak tworzą się torfowiska. Pod wpływem znakomitych badań Fayol'a a zwłaszcza Grand'Eury w zagłębiach środkowej Francji, rozpowszechniła się we Francji, chociaż nie w swojej pierwotnej formie, teoria delt, a z biegiem czasu — teoria nagromadzania materiału przez jego przeniesienie z miejsca życia roślinności (teoria drift'u). Obie teorie dziś zgodnie przy-

¹⁾ Wilser J. L., Geologie der Schwarzmeer-Umrandung und Kaukasiens, I—III. Geol Rundschau, B. 8—19, 1927-28.

¹⁾ L e m i è r e, Formation et recherche des combustibles fossiles. Bull. Soc. Ind. min. St. Étienne, t. 4, 1905.

mują, że roślinność węglowa pokrywała niskie bagna, moczary i torfowiska koło brzegu morza lub większych jeziornych zagłębi; według teorii torfowisk (in situ) każdy pokład węgla i jego warstwa spągowa są rzeczywiście miejscem torfowiska, a według teorii przeniesienia, materiał roślinny został przeniesiony z otaczających bagien do spokojnych prawie słodkowodnych lagun, znajdujących się w pobliżu wśród archipelagu wysp, wzdłuż brzegu morza lub jeziora; z ładowymi jeziorami były związane zagłębia limniczne, np. środkowej Francji, Gzechosłowacji i inne, oraz obszerne zagłębia czasu Gondwana w Indjach, Afryce i Australii.

Każda z tych dwóch teorii spotyka się ze słusznymi zarzutami i każda z nich musi się liczyć z ustalonymi faktami, jak npr.: 1) poszczególne pokłady węgla są często stwierdzone na bardzo znacznej przestrzeni; 2) węgle są zwykle utworem bardzo czystym bez domieszki większej ilości materiału nieorganicznego, jak piasek, il; 3) jednakowa miąższość, często bardzo nieznaczna, poszczególnych pokładów na wielkiej przestrzeni; 4) charakter węgla jako skały osadowej wśród innych również wybitnie osadowych skał.

Na korzyść teorii torfowisk in situ przemawiają:

1) wielka czystość pokładów węgla; 2) znajdowanie się w spągu pokładów węgla często, lecz nie wszędzie wbrew opinii White'a¹⁾, gliny z korzonkami (Stigmaria), czyli tak zwanej „underclay” (często o cechach glinki ogniotrwałej i bez uwarstwienia); takie gliny można uważać za iłowaty grunt wód stojących, moczarów, na których żyła roślinność; 3) znajdowanie się pionowych skamieniałych pni drzew w stropie pokładów węgla, mających korzenie w glinie spągowej.

Jednak tej ostatniej często brak, a pokłady węgla mają w spągu piaskowce, zlepienie lub łupki, których nie można uważać za grunt, na którym rosła roślinność. Szczegółowe badania pni w tak zwanych kopalnych lasach zagłębi węglowych stwierdzają większy procent pni leżących i nachylonych, niż stojących pionowo grup. Dla pokładów leżących blisko siebie i przedzielonych warstwami z fauną morską, jak w zagłębiach typu paralicznego, teoria torfowisk in situ wymaga, aby powierzchnia ziemi ulegała prędkim i częstym ruchom pionowym; powierzchnia ziemi z nagromadzonym na niej torfowiskiem musi obniżyć się, torfowisko zostać pogrzebane pod osadami i znowu po jakimś czasie wynurzyć się nad powierzchnię wody, aby służyć za grunt dla roślinności nowego torfowiska.

Utwór identyczny z typową gliną „underclay” stwierdzono jednak dawniej jako glebę

na „swamps” w południowych Stanach Ameryki Północnej; górna część takiej gliny nie jest utworem morskim lub słonowodnym, lecz utworem subaeralnym powstałym na powierzchni ziemi.

Każdą ławicę stygmarjową w serii węglowej można uważać za część gleby, na której żyły i rosły rośliny, nie znaczy to jednak, aby właśnie ta roślinność była materiałem bezpośrednim dla ławicy węgla, leżącej nad tym utworem stygmarjowym; często poziom stygmarjowy ciągnie się znacznie dalej, niż pokład węgla znajdujący się nad nim. We wszystkich zagłębiach węglowych da się stwierdzić, że miąższość ławicy stygmarjowej, zwykle w spągowych utworach pokładu węglowego, jest często tak nieznaczna, że jest wykluczoną, aby taka ławica mogła służyć za dostateczną podstawę dla rozwoju na niej olbrzymich form roślinności karbońskiej. Często w górnej części takiej ławicy można stwierdzić wyraźne ślady rozmycia jej i zastąpienie przez dobrze uwarstwiony pokład iłowaty zawierający szczątki przeważnie kory kalamiatów, lepidofitów i paproci, ułożone równolegle do uwarstwienia; może to świadczyć, że te górne części autochtonicznej gleby stygmarjowej podległy przeobrażeniu przy udziale ruchu wody. Często pomiędzy spągiem pokładu węgla a wyraźną ławicą stygmarjową znajdują się cienkie warstwy łupków węglowych bez żadnych szczątków stygmarji (warstwy bezstygmarjowe); te warstwy ostro oddzielają pokład węgla od autochtonicznego utworu stygmarjowego i są dowodem zmycia części tego ostatniego. Pokład węglowy obejmuje zwykle cały kompleks osadów organicznych i nieorganicznych, zawartych pomiędzy spągiem i stropem pokładu; często taki pokład jest kompleksem warstewek węgla, przedzielonych wkładkami węglowych łupków lub piaskowców różnej grubości i w różnym położeniu w samym węglu. W innych przypadkach pokłady węgla są jednolitymi ławicami węgla, jako wynik nagromadzenia materiału bez przerwy. W pierwszym przypadku nagromadzanie materiału roślinnego było procesem nie ciągłym, lecz przerywanym; taki charakter mają np. cienkie pokłady węgla w zagłębiu Donieckim; liczne pokłady węgla w zagłębiu Górnośląskim mają również taki przerywany charakter. W zagłębiu Donieckim często można stwierdzić w takich cienkich warstwach pośród węgla również szczątki stygmarji, ułożone równolegle do płaszczyzny uwarstwienia, jako ślad działalności wodnej, a takie miejscowe wkładki stygmarjowe można również uważać za utwór autochtoniczny, lecz powstały zawsze przy pewnym też udziale czynników przenoszących. Bardzo rozpowszechnione zjawisko obecności warstw przejściowych pomiędzy autochtoniczną stygmarjową glebą a spągiem pokładu węgla w postaci drobnoilastych łupków węglowych, wskazuje na to, że część autochtonicznego stygmarjowego utworu została usunięta

¹⁾ David White, Environmental Conditions of Deposition of Coal Trans. Am. Inst. of Min. a. Metal. Eng. N. 1402—1, 1925.

przed nagromadzeniem materiału roślinnego. Również tylko co wspomniane lokalne wkładki stygmarjowe w samym węglu noszą ślady przeniesienia przed nagromadzeniem pokrywającej je ławicy węgla. Przewarstwienie ławic węgla wkładkami łupków, lub nawet w rzadszych przypadkach piaskowców, świadczy wyraźnie o zjawiskach sortowania materiału nieorganicznego i roślinnego.

W stropie pokładów węgla można zauważyć albo nagłą zmianę osadów węglowych na typowe, nieorganiczne, albo też pewne stopniowe przejście w materiał sedymentacyjny, zawierający drobne szczątki roślinne.

W zagłębiu Donieckim stwierdzono, że w całym pionowym przekroju serji węglowej, na skałach powstałych zarówno przed nagromadzeniem materiału roślinnego, jak w czasie tego nagromadzenia i po nim są rozpowszechnione na znacznych przestrzeniach ślady mechanicznej działalności wody; wszędzie są ślady przeniesienia materiału roślinnego, jego przemycia i sortowania. Geologowie rosyjscy (Meffert) przyjmując w zasadzie proces nagromadzenia materiału roślinnego, za autochtoniczny, stwierdzają, że proces ten wielokrotnie, i to na znacznych przestrzeniach, był przerywany przez działalność wody¹⁾.

Na korzyść więc teorii przeniesienia materiału roślinnego przemawia wybitnie osadowy charakter węgla, jako skały. Spotykane w węglu przerosty iłów, łupków, piaskowców, o miąższości od cienkich smug do kilku stóp, często przechodzą wzdłuż biegu warstw w pokłady czystego węgla. Pokład prawie czystego węgla odpowiada miejscu, do którego miał dostęp jedynie materiał najłżejszy i najdrobniejszy. Pokłady węgla zostały utworzone w czasie przerywanego ruchu powierzchni ziemi ku dołowi, przyczem powstawało zapadlisko, które powoli było wypełniane naprzód materiałem grubym (piaskowiec), następnie drobniejszym (łupki i iły) i na koniec najlżejszym, t. j. drzewem i innymi szczątkami roślin.

W serji węglowej typu paralicznego uwarstwienie od dołu ku górze często przedstawia się jako następstwo wapieni, piaskowców, łupków, gliny, węgla, a w serjach limnicznych — piaskowca, łupku, gliny, węgla; takie następstwo warstw jest wyrazem jednej fazy stałego cyklu sedymentacji.

Olbrzymią miąższość serji węglowej (do 4000 m w zagł. Ruhry, do 7000 m na Górnym Śląsku, do 10000 m w zagł. Donieckim) można wytłumaczyć jedynie ciągłym ruchem epikontynentalnego obszaru ku dołowi, przerywanym jednak okresami spokoju, podczas których roślinność opanowywała części daw-

nego dna morskiego. W zagł. Saary pokłady węgla powtarzają się do 600 razy, w serji węglowej zagłębia Donieckiego pokłady wapieni powtarzają się 200 razy, a pokłady węgla — 120 razy, przyczem miąższość i rozprzestrzenienie pokładów węgla osiąga swe maksimum w czasie środkowego karbonu.

Z punktu widzenia teorii „in situ” wytłumaczyć trudno znaczną miąższość poszczególnych pokładów węgla. Jeżeli przyjmujemy, że 10 stóp torfu odpowiada 1 stopie węgla, co jest jednak przesadzone, to takie pokłady, jak 10 stopowy Dudley w zagłębiu Yorkshire, albo nasz Reden, musiałyby odpowiadać torfowiskom, o miąższości do 360 i więcej stóp; nie znamy dziś torfów takiej grubości, a nieznaczne nawarstwienie lub domieszka materiału nieorganicznego na powierzchni dzisiejszych torfowisk, dostateczne dla zakorzenienia na nich drzew i krzewów, są zjawiskiem towarzyszącym stadnum zamierania torfowiska. Z drugiej strony na podstawie teorii drift'u trudno wytłumaczyć, w jaki sposób mogły powstawać przestrzenie, do których był przynoszony jedynie lekki materiał roślinny i przytem w takiej ilości, aby z niego mogły utworzyć się 10 metrowe pokłady węgla; wprawdzie materiał przynoszony mógł być już w takim stadnum rozkładu, że stosunek jego objętości do objętości powstałego z niego węgla mógł być nie 10 : 1 i nie 6 : 1 jak to przyjmowano według Renault'a, lecz znacznie mniej, nawet do 2 : 1.

Proces owęglania materiału roślinnego nie mógł być zbyt przewlekły, gdyż często, np. w zagłębiu Ruhry i zagłębiach francuskich, były znajdowane w stropowych warstwach pokładów otoczaki i kawałki węgla, pochodzące z tychże pokładów; takie otoczaki były w czasie ich osadzenia razem z innym materiałem tych warstw już w stanie gotowego węgla, więc proces owęglania musiał zakończyć się w czasie ubiegłym od sedymentacji pokładu węgla do sedymentacji warstw stropowych. Renault zauważył w Commentry, że takie otoczaki, oderwane na krańcach zbiornika od jednego pokładu węgla i złożone w innym, są w słabszym stopniu owęglania (houillification), niż węgiel otaczający; czas geologiczny nie jest przeto czynnikiem owęglania.

Barrois i znacznie później, bo w r. 1927, Duparque¹⁾ na podstawie badań otoczek węglowych z jednego z stropowych pokładów węgla w Bruay (bassin du Nord) przyszedł do wniosku, że w czasie rozmycia pokładu węgla, z którego powstały te otoczaki, węgiel ten był jeszcze w stanie plastycznym; ten wniosek przemawia na korzyść poglądu, że stwardnienie pokładów węgla było zjawiskiem raczej powolnym i stopniowym. Otoczaki węgla po

¹⁾ Meffert i Krym, Kopalne węgle zagłębia Donieckiego. Zeszyt II, Wydanie Komitetu Geologicznego 1926 (po rosyjsku). Jest to praca jedyna w swoim rodzaju, ze względu na obfitość i dokładność spostrzeżeń w polu, na kopalniach i w chemicznym laboratorium.

¹⁾ Duparque, Un Conglomerat avec galets de charbon dans le terrain houiller de Bruay. Ann. Soc. Géol. du Nord, LI, 1927.

ich osadzeniu na nowym złożu uległy ewolucji w tym samym stopniu, co i macierzysty pokład węgla.

Trudno wytłumaczyć te wielkie przestrzenie, które zajmują poszczególne pokłady węgla, naprz. pokłady grupy siodłowej u nas, a zwłaszcza pokład Pittsburgh w Pensylwanii, bo ostatecznie nie wiele wiemy o konfiguracji i paleogeografii kraju, o jego warunkach klimatycznych, o rozmieszczeniu i tempie wzrostu ówczesnej flory. Morskie pokłady dostarczają wiele przykładów bardzo szerokiego rozprzestrzenienia w postaci cienkich warstw, lecz nawet i na dnie morza konieczne są do tego wyjątkowo pomyślnie warunki.

Nie mniejszą trudność dla wytłumaczenia przedstawiają przerosty w węglu, często bardzo cienkie (naprz. w pokładzie Pittsburgh w Pensylwanii do $\frac{1}{4}$ cala i rozpostarte na ogromnej powierzchni; stwierdzono, że materiału do utworzenia takiego przerostu w węglu w Alabama, nazwanego bentonitem, dostarczył pył wulkaniczny osadzony bardzo równomiernie na ogromnej przestrzeni i na znacznej odległości od ośrodka wulkanicznego. W innych przypadkach mogą to być osady iłu, osadzonego na moczarach przy nieco wyższym poziomie wody. Również jest zagadkowe nadzwyczaj szerokie rozprzestrzenienie cienkich warstewek lub drobnych wtrąceń węgla włóknistego (fusain, charcoal); często wysoka zawartość w nim krzemionki może być wynikiem wtórnej infiltracji z wody moczaru w porowatą masę tego węgla. Możliwe, że drobne warstewki fusain są śladem drobnych lecz licznych przerostów moczaru, na których podczas bardziej suchego okresu lub obniżenia poziomu wody bagno było osuszone. Fusain byłby wtedy węglem powstałym ze szczątków drzewnych i innych, czasowo znajdujących się w takich zmienionych warunkach i pod powłoką suchego materiału humusowego. Przy parowaniu wody podczas czasowego osuszenia powierzchni moczaru humusowa substancja impregnuje częściowo tylko rozłożone szczątki drzewne (D. White). Proces wysuszenia i utlenienia (zwęglenia, Verkohlung) tkanek drzewnych byłby jednak niedostatecznym dla wytłumaczenia wszystkich właściwości fusain i trzeba przypuszczać, że tak przygotowane tkanki zostały wkrótce potem pogrążone w środowisko aseptyczne (zasadnicze ciasto węgla), które zachowało te tkanki od późniejszego ich przetworzenia¹⁾.

Nawet krańcowi obrońcy teorii „in situ” muszą się zgodzić na to, że niektóre pokłady, jak np. węgli sapropelitowych (kennelski, boghead) musiały osadzić się w środowisku wodnym przez stopniowe zniesienie materiału. Również i obrońcy teorii „drift’u” muszą zga-

dząć się, że niektóre pokłady, zwłaszcza mające spągową glinę z korzonkami, mogły powstać na miejscu z materiału, który prawie nie uległ przeniesieniu. Fakty zebrane przez nowoczesnych badaczy francuskich (Barrois, Duparque, Paul Bertrand) przemawiają raczej za teorią przeniesienia (drift) aniżeli za teorią in situ, lecz przeniesienia na niewielką odległość w granicach lagun otaczających bagniste wybrzeże.

Mysł o sortowaniu (segregacji) materiału, która właściwie jest podstawą teorii Duparque’a powstawania dwóch zasadniczo różnych grup węgla — węgla o wysokiej zawartości składników lotnych (sporowe i kutynowe) i węgla o zawartości składników lotnych średniej i niskiej (koksujące się i chude) — bynajmniej nie jest nową, bo już dawno niektóre spostrzeżenia doprowadzały do wniosku, że sortowanie materiału musiało mieć wpływ na tworzenie się niektórych specjalnych gatunków węgla. Na takich spostrzeżeniach H. Potonié oparł wyodrębnienie węgla sapropelitowych, jako utworów powstałych w głębszym środowisku wodnym, od węgla humusowych. Również H. Potonié zwrócił uwagę na to, że nagromadzenie materiału żywicznego (Liptobilithes), prowadzące do utworzenia węgla piropisytowych, można wytłumaczyć przez sortowanie materiału, wskutek czego lekki materiał żywiczny skupia się w najspokojniejszych zatokach wody bieżącej. Węgla piropisytowe w zagłębiach brunatnego węgla Niemiec uważał Potonié jako wynik mokrego sortowania materiału cięższego (szczątki humusowe) i lżejszego (materiał żywiczny), zastrzegając jednak, że taki proces sortowania następuje tylko podczas wtórnego przemycia złóż pierwotnie autochtonicznych (sekundär-allochthonen Braunkohlenlager¹⁾). Jednak geologiczne ujęcie zarówno zagadnienia nagromadzania materiału roślinnego, jak segregacji (sortowania) przy przenoszeniu tego materiału i selekcji (doboru) różnych jego części pod wpływem czynników rozkładu (jedne części przechodzą w stan rozpuszczalny, inne zaś pozostają w stanie ciałek ukształtowanych) jest dorobkiem francuskiej szkoły geologów od Renault’a i Lemièr’a do Duparque’a.

Przekroje serji węglowej i przekroje poszczególnych ławic węgla zgodnie świadczą, że tworzenie się węgla oraz skał spągowych i stropowych jest zjawiskiem różniczkowanej sedimentacji. Zasadniczą cechą geologicznego przekroju węgla jest przewarstwienie, często wielokrotne, ławic różnego składu; w przekroju petrograficznym poszczególnych ławic węgla również zawsze widzimy wielokrotne przewarstwienie cienkich warstewek węgla (węgiel pasemkowaty, Streifenkohle, houille rayée) o niejednakowym megaskopowym wyglądzie; każda taka warstewka to bliżej to

¹⁾ Duparque, Sur la structure et l’origine du fusain, l. c. str. 53.

— Jurascy Karl, Neue Untersuchungen und Gedanken zur Entstehung fossiler Holzkohle. Sch. aus d. Gebiet der Brennstoff-Geologie. Heft 2, 1929.

¹⁾ H. Potonié, Die Entstehung der Steinkohle, 1910, str. 209-2.

dalej, lecz we wszystkich kierunkach, staje się cieńszą, czyli przedstawia bardzo płaską soczewkę, przechodzącą w inne soczewki często o odmiennym wyglądzie. Takie właśnie warstewki (pasemka) otrzymały nazwy węgli błyszczących, napół błyszczących, matowych, włóknistych. Budowa petrograficzna takich warstewek i układ geologiczny całego ich kompleksu wskazuje na to, że są one wynikiem selektywnej segregacji (doboru i sortowania) podczas procesu sedymentacji, w którym fazy rozkładu materiału na miejscu nie mogą być oddzielone od faz sortowania podczas przenoszenia. Rozmieszczenie ciałek ukształtowanych w zasadniczej masie węgla i ich wzajemny stosunek ilościowy stanowią główną cechę każdej poszczególnej warstewki węgla. Rozmieszczenie to jest tylko wynikiem warunków sedymentacji, podlegających wielokrotnym wahaniom w czasie i w przestrzeni.

Osady na bagnach porośnięte roślinnością były osadami wyraźnie słodkowodnymi, a wszystkie rośliny — łądowemi, naczyniowemi o budowie drzewiastej, należącemi do widłaków, skrzypów i Pteridophyta, t. j. paprotników wyższego rzędu.

Wskutek opadania łądu, lub wskutek przerwania wałów brzeżnych, które musiały otaczać laguny węglowe, morze od czasu do czasu zalewało te laguny; taka inwazja morza musiała zabijać roślinność i pozostawiała osady z typowo morską fauną. Inwazja morza mogła zalewać torfowiska częściowo już zdenurowane i utlenione; torf mógł być przetworzony w il węglowy zmieszany z piaskiem, i w takich osadach nierzadko mogą znajdować się szczątki fauny morskiej razem z delikatnymi szczątkami roślinnymi (tworzenie się co al bal).

W lagunach brzeżnych w miarę narastania osadu materiału roślinnego poziom wody mógł podnosić się prawie równolegle; każda nieoczekiwane obniżenie łądu mogło prowadzić do przerwania wału brzeżnego lub do bezpośredniej inwazji morza wraz z jego osadami ilów, łupków i wapieni. Każde zwiększenie znoszenia materiału łądowego mogło prowadzić do osadzania piaskowców. Stopniowe zapełnienie takiej kotliny istniejącej na miejscu dawnych lagun ponownie doprowadza do przedtem istniejących warunków; roślinność opanowuje wybrzeże i następuje ponowne nagromadzanie masy roślinnej. Jeżeli poziom wody w lagunach nie może utrzymać się na jednej wysokości wskutek nadmiernego nagromadzenia materiału roślinnego, materiał ten zaczyna ulegać rozkładowi subaeralnemu; przetworzenie materiału roślinnego w torfowy idzie wolniej lub zupełnie zatrzymuje się.

W warstwach serji węglowej często znajdują się skupienia i konkrecje krzemionki, lub impregnowane nią pnie, gałęzie, owoce. Te zjawiska świadczą o inwazji wody słonej lub słonawej; często tworzą się warstwy sfer-

rosyderytowe lub skupienia markazytu i piritu. Takie zjawiska rzeczywiście są pospolicze w serjach węglowych typu paralicznego, niż limnicznego.

Obrazem takich warunków nagromadzenia materiału roślinnego są w przybliżeniu dzisiejsze lasy *Taxodium Nyassa* na bagnistych wybrzeżach typu Dismal Swamps w Wirginji i Północnej Karolinie lub bagna Florydy (Everglades) i jeziora środkowe, jak Upper Clamath w stanie Oregon. Takie dziewicze rzeki, jak Amazonka, Orinoko, Zambezi nawet Ob (z jej t. zw. morzem Wasjugańskim), dostarczają też przykładów olbrzymich lasów, obszernych bagien i jezior wzdłuż brzegów, rozległych estuarij i delt, gdzie nagromadzają się olbrzymie ilości materiału roślinnego¹⁾ zarówno powstałego na miejscu jak i zniesionego.

Warunki sedymentacji materiału roślinnego za czasów tworzenia się węgla brunatnego, t. j. w okresie mezozoicznym i kenozoicznym, były podobne do warunków okresu paleozoicznego. Węgla brunatne tworzyły się w słodkowodnych zagłębieniach estuarij dużych rzek i na szerokich moczarach brzeżnych ograniczających morza epikontynentalne. Wybitnie soczewkowaty charakter piaskowców serji brunatno-węglowej i również samych pokładów węgla może być wynikiem nieprawidłowej rzeźby linii brzeżnej i zmiennych warunków erozji łądu. Przestrzenie, zajęte przez serje brunatno-węglowe są naogół raczej mniejsze od przestrzeni zagłębi węgla kamiennego. Niektóre mniejsze zagłębienia są przeważnie typu jezior łądowych (limniczne).

Pionowe pnie drzewne są zjawiskiem rozpowszechnionem w niektórych zagłębieniach północnych Niemiec; miejscami trafiają się też i ślady gleby pierwotnej w postaci glin z korzonkami w spągu pokładów brunatnego węgla.

Niewielka liczba pokładów węgla w serjach brunatno-węglowych może zależeć od większej stałości granicy pomiędzy łądem a morzem i od krótszego czasu rozwoju odpowiedniej roślinności, która była bardziej różnorodną w porównaniu z roślinnością karbonu. Często późniejsze wzmoczenie energii erozji i sedymentacji rzecznej prowadziło do zupełnego zaniku nagromadzania materiału roślinnego.

§ 2. Charakter roślinności. Rozpowszechnione w każdej serji węglowej stygmaje były korzeniami (raczej kłaczami) różnych form tych olbrzymich paleozoicznych widłaków (*Lycopodiaceae*) z grup *Sigillaria*, *Lepidodendron*, *Bothrodendron*, *Lepidophloris* i innych, będących głównymi przedstawicielami roślinności bagnistych lasów karbonu. Drzewa te były przystosowane do życia na bagnach i moczarach, pokrytych w przeciągu

¹⁾ Schaller W., Ann. Report U. S. Geol. Surv., 10, 1890.

— Newberry I. S., Ann. of New-York Ac. Soc., 2, 1882.

znacznej części roku płytką warstwą wody. Kłaczka tych drzew rozścielały się szeroko pod powierzchnią ziemi; ich budowa wewnętrzna, korzonki dodatkowe, komory powietrzne, brak owłosienia świadczą, że system korzeniowy tych roślin był przystosowany do rozwoju poziomo pod powierzchnią ilów wilgotnych bagien. Niektóre ze stygmarij posiadają zgrubienia (knees) przypominające co do rozwoju i rozmieszczenia podobne zgrubienia widoczne na drzewach cyprysu, rosnących na pokrytych wodą bagnach (swamps) południowej Kalifornii i Florydy.

Takie zgrubienia i pnie były zaopatrzone w specjalne organy (hydatody i pneumatopory), przeznaczone do regulowania zawartości w nich wody i dostarczenia powietrza do korzeni. Pnie sygilaryj i lepidodendronów na wysokości dwóch czy trzech stóp od korzeni miały nagłe rozszerzenie o specjalnej budowie, podobne do tego, które można widzieć na pniach cyprysu i drzewa gumowego, rosnących na dzisiejszych moczarach, pokrytych wodą; takie rozszerzenie zaznacza zwykłą wysokość poziomu wody na moczarach¹⁾. Korzonki drzewiastych paproci i kalamaryj miały kanały powietrzne, co również wskazuje na ich życie w środowisku wodnym.

Większa część olbrzymich widłaków z czasu dolnego i środkowego karbonu była roślinami o różnopłciowych sporach (megaspory i mikrospory). Spory były zaopatrzone w zewnętrzny naskórek (exine), obfitujący w smolne i woskowe substancje i służący do zabezpieczenia spor od rozkładu w wodzie, więc i do zapewnienia przedłużenia rozwoju gatunków, zależnego od dłuższego znajdowania się w wodzie megaspor i mikrospor do czasu ich połączenia. Nasiona i owoce były zaopatrzone w komory powietrzne, ułatwiające pływanie, a sposób zamknięcia komór nasiennych zabezpieczał je od wody do czasu opylenia nasion. Z biegiem czasu wskutek przyczyn klimatycznych, a raczej tektonicznych, trwałość pokrywy wodnej musiała ulec zmianom, i jednocześnie warunki istnienia dla olbrzymich widłaków stają się niepomysłnymi. Ustępują one miejsca olbrzymim paprociom, drzewom iglastym (Coniferae) i innym z grupy nagonasiennych (nagozalążkowych) (Gymnospermae i Pteridospermae).

Widłaki i skrzypy (Calamariae) karbonu były olbrzymich rozmiarów, a paprocie i podobne do nich sagowce (Cycadinae) były bardzo wysokie i wysmukłe. Rozmieszczenie gałęzi i liści u tych roślin i sam kształt liści nasuwa przypuszczenie, że deszcze tego czasu były bardzo obfite. Rośliny wieku westfalskiego (środkowy karbon) miały szerokie komórki o stosunkowo cienkich ściankach i sze-

rodkich międzykomórkowych przestrzeniach, co mogło być wynikiem nadmiaru wody w ich tkankach. Podobne do paproci sfenopteridy były roślinami pnąciami się prawdopodobnie około bardziej krzepkich form, jak *Neuropteris* i *Alethopteris*, posiadających pnie krótsze, lecz mające jednak do 2 stóp w przekroju. Niektóre z takich pnących roślin miały liście bardzo delikatne o głęboko rozcłonkowanych blaszkach. Do niektórych typów tych paproci zbliżają się dzisiejsi przedstawiciele flory strefy zwrotnikowej. Niezwykle szybki wzrost niektórych form, istnienie paprociowatych ljan, nieobecność lub bardzo słaby rozwój pierścieni rocznych nasuwają przypuszczenie, że klimat ówczesny był tropikalny lub subtropikalny; we wzroście roślin nie było przerw, spowodowanych nastaniem chłódów.

W czasie górnego karbonu (Stephanien) klimat stał się prawdopodobnie mniej jednostajnym. Deszcze padały nie tak równomiernie w przeciągu całego roku; formy ljan są już mniej rozpowszechnione, a typowe drzewiaste paprocie stają się formami liczniejszymi i bardziej różnorodnymi. Te zmiany mają związek z pojawieniem się w tym czasie czerwono zabarwionych osadów (Conemaugh) w zagłębiu Apalachów; czerwone piaszkowce w Europie).

Na drzewiastych paprociach i niektórych widłakach rozwija się nadmiernie kora o budowie, pozwalającej na nagromadzenie wody w czasie zmniejszonej ilości deszczów. Różnopłciowe widłaki, wymagające stałej pokrywy wodnej na moczarach, zaczynają ginąć; sagowce otrzymują liście o dużych blaszkach i igły, a listki *Pecopteridae* i innych paproci drzewiastych stają się nie tylko grubsze, lecz otrzymują też owłosienie. Ekologiczny (t. j. w stosunku do środowiska) charakter roślinności przyjmuje cechy flory podzwrotnikowej o krótkiej suchej porze roku, jednak o wysokiej sumarycznej ilości deszczu. Drzewa rosną już nie tak prędko, jak w okresie poprzednim; komórki drzewiaste są grubsze i zjawiają się pierścienie roczne. Charakter flory, obejmującej jednak typy zbliżone do dzisiejszych zwrotnikowych i podzwrotnikowych, pozwala wnioskować, że pierścienie roczne zależały raczej od zmiany wilgotnych i suchych okresów czasu niż od nastąpienia zimowej pory roku.

Zmiany sezonowe są jeszcze bardziej widoczne na roślinach okresu permskiego; wtedy już zjawiają się rośliny xerofytowe, t. j. suchorośla wytrzymałe na suszę. Drzewa mają budowę drobnokomórkową i dobrze rozwinięte roczne pierścienie. Wśród osadów permskich, pokłady węgla stają się rzadsze, zanikając prawie zupełnie w strefie północnej utworów węglowych ku końcowi tego okresu. W zależności od ostrzejszej sezonowej zmiany warunków klimatycznych, uwidacznia się dalsze rozcłonkowanie okrytonasiennych, oraz

¹⁾ Potoné, Entstehung der Steinkohle, 1920, str. 118, 188.

— Grand' Eury, Mémoire sur la formation de la houille. Annales des Mines, 8 sér., L, 1882.

pojawienie się typów prawie nie różniących się od dzisiejszych palm sagowych i drzew iglastych, jako poprzedników dzisiejszych araukaryj i Gingko, obecnie powoli wymierających. Następuje okres takich roślin skrytopłciowych (Cryptogamae), które są zdolne do przetrzymania nie tylko jednego lecz kilku sezonów niepomyślnych do kiełkowania. Dowodów florystycznych, że już wówczas były pory roku o niskiej temperaturze z mrozami, właściwie nie mamy, chociaż istnieją dowody rozpowszechnienia w tym okresie geologicznym utworów lodowcowych, rozwiniętych około lądu Gondwana: w Indjach, poł. Afryce, Brazylii i Australji, t. j. w południowej strefie utworów węglowych.

Charakter flory węgla brunatnych okresów mezozoicznych (Kaukaz, Syberja) i trzeciorzędowego wskazuje jeszcze na obfite deszcze i klimat stosunkowo łagodny, lecz znacznie suchszy w porównaniu z klimatem karbonu. Węgla kredowe, np. Alaski, Sachalinu, zawierają szczątki flory pokrewnej, żyjącej na wybrzeżach Atlantyku, w południowych stanach Ameryki północnej. W trzeciorzędowych zagłębiach węglowych, otaczających ląd Arktyczny i Antarktyczny są już wyraźne ślady zimowych mrozów; jednak drzewa znacznej wielkości stanowią jeszcze zwykłe zjawisko w utworach węglowych, znajdujących się dziś na 82° szerokości północnej i na 80° — południowej¹⁾. Charakter szczątków roślinnych w trzeciorzędowych złożach węglowych Europy środkowej świadczy o stopniowej zmianie warunków klimatycznych od podzwrotnikowych w eocenie do warunków dzisiejszych już w pliocenie.

§ 3. Streszczenie. Nie mamy jeszcze dokładnych danych, tyjących się stosunków paleogeograficznych karbonu, lecz możemy odtworzyć mniej więcej prawdopodobny obraz tych przestrzeni, których nieznaczną częścią są znane nam dziś zagłębia węglowe północnej półkuli ziemskiej. Wzdłuż północnego brzegu obszernego oceanu pomiędzy lądem Gondwana na południu a lądem północnym płyty Skandynawskiej i Syberyjskiej (Laurasia), oraz na rozległych wyspach, rozmieszczonych równolegle do brzegu, musiała istnieć w czasie górnego karbonu niezliczona ilość lagun; denudacja lądu posunęła się daleko, a powtarzające się od czasu do czasu nowe ruchy tektoniczne, ożywiając energię erozji, zwiększały ilość osadów na brzeżnych (epikontynentalnych) przestrzeniach tego oceanu. Granice lądu z jego lagunami i wyspami były niestałe; morze wielokrotnie nanowo pokrywało przestrzeń lądową, stopniowo cofając się do czasu, kiedy ku końcowi karbonu na miejscu tych wysp i części morza powstała nowa szeroka strefa górska (system hercyński).

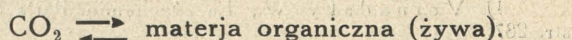
Życie organiczne tego okresu było inne, niż życie okresów poprzedzających i następujących. Na lądzie energia życia ześrodkowała się w bujnym rozkwicie roślin lądowych, których tylko słabe zaczątki istniały w czasach poprzedzających. Lasy dziwnych olbrzymich roślin pokrywały bagniste wybrzeża lądu i wysp, wspinając się na stoki wzniesień. W ciepłym i wilgotnym powietrzu panowała przyniatająca cisza, tylko drobne gady i olbrzymie owady żyły w tych lasach, które dostarczały materiału do utworzenia się węgla kamiennego wieku karbońskiego. Z końcem tego wyjątkowego okresu następują inne warunki paleogeograficzne i klimatyczne; wybrzeża zmieniają się na przestrzenie pustynne; roślinność, przystosowując się do nowych warunków życia i ulegając stopniowym zmianom organicznym, skupia się w większej ilości jedynie około śródlądowych jezior. Flora glossopterysowa, pochodząca skądś z północy (zagłębie Kuźnieckie?), albo z pokrytych lodowcami części lądu Gondwana, zastępuje wymierające typy karbońskie; nowe formy drzew iglastych i sagowców wnoszą większą różnorodność w roślinność czasu mezozoicznego; warunki rozwoju tej flory są bardziej zróżnicowane w porównaniu z czasem karbonu, i coraz to rzadziej powtarzają się nagromadzenia materiału roślinnego, stanowiące węgle brunatne jurajskie i kredowe, nagromadzone gdzieś bliżej brzegu mórz epikontynentalnych (na zachodzie Stanów Zjednoczonych), gdzieś w warunkach śródlądowych (na Kaukazie i Syberji).

Zróżniczkowanie warunków paleogeograficznych i klimatycznych posuwa się jeszcze przedziej w trzeciorzędzie, doprowadzając ponownie, przynajmniej w środkowej Europie, w oligocenie i miocenie do stosunkowo wysokiego napięcia rozwoju olbrzymich jeszcze form drzew iglastych, które wytwarzają znaczne złoża węgla brunatnego.

W otaczającej nas przyrodzie proces nagromadzenia materiału roślinnego i jego owęglania w stopniu bardzo słabym, bo tylko do stanu torfu, odbywa się jedynie w warunkach nagromadzenia materiału na miejscu rozwoju roślinności na torfowiskach różnego typu w umiarkowanej strefie klimatycznej. Fizyko-geograficzne warunki życia i rozwoju torfowisk nie mogą dać jasnego obrazu o tym wyjątkowym wybuchu natężenia życia organicznego, którego skutkiem było utworzenie się złóż węgla kamiennego.

X. Zakończenie.

Rzędy węgla od torfu do antracytu i rzędy rop są wynikiem koncentracji pierwiastka węgla w ilości, pozostającej poza cyklem obiegu, wyrażającego się w geochemji reakcją odwracalną:



¹⁾ D. White, Environmental Conditions of Deposition of Coal. Trans. Amer. Inst. Min. and Metall. Eng. N. 1402—1, 1925.

Geochemia, będąca historią pierwiastków chemicznych w globie ziemskim, utrzymuje, że ilość materji organicznej również jak i przeciętny jej skład chemiczny, zawsze były wielkościami stałymi¹⁾. To twierdzenie nietylko empiryczne ile dedukcyjne, jest w sprzeczności z faktem, że życie organiczne w dziejach ziemi ulegało ewolucji, wyrażającej się w ciągłych zmianach budowy morfologicznej, kształt zaś organizmu jest uzależniony od budowy wewnętrznej, t. j. od zmian chemicznych. Geochemia uczy, że w materji organicznej naszego globu, ujmowanej jako całość, budowa chemiczna niezależnie od zmian morfologicznych, posiada zawsze cechy stałe. Innymi słowy, materja organiczna od czasu pojawienia się życia organicznego na powierzchni ziemi, składała się przeważnie z węgla, tlenu, wodoru i azotu; możliwe, że te pierwiastki były połączone zawsze w te same związki, jakie znajdują się i dziś w różnych formach materji organicznej. Lecz błędem byłoby twierdzić, że w formach żyjących w różnych okresach geologicznych, stosunki ilościowe pomiędzy różnymi postaciami materji organicznej zawsze pozostawały jednakowe. Rozwój (ewolucja) życia organicznego wyraża się w tem, że coraz to inne, nowe organizmy zastępują dawne, które nie powtarzają się więcej w dziejach ziemi. Rola życia organicznego w dynamice skorupy ziemskiej wyraża się w nagromadzaniu i przetwarzaniu promieniowania słońca w energję chemiczną i mechaniczną. Jeżeli promieniowanie słońca, tego głównego źródła energii zewnętrznej istotnie nie zmniejszyło się w czasie geologicznym, jak twierdzi dziś geofizyka, to rozmieszczenie ciepła na powierzchni ziemi ulegało znacznym zmianom od czasu kambru do dnia dzisiejszego. Rozmieszczenie lądów i oceanów, zjawiska orogenezy i rzeźba powierzchni powodują ustalenie na pewnych obszarach na dłuższy okres czasu warunków fizyko-geograficznych, najbardziej pomyślnych dla rozwoju roślinności w takiej obfitości i w takich formach, które mogły dawać w potrzebnej ilości materiał roślinny. Rozwój życia organicznego zależy od warunków fizyko-geograficznych, będących tylko wynikiem takich zjawisk geologicznych, jak wahania się skorupy ziemskiej, orogeneza, (w ogólności diastrofizm) i sedymentacja, które rządzą rozmieszczeniem lądów i epikontynentalnych przestrzeni morskich z wyodrębnieniem wielkich śródlądowych jezior i stopniowem, lecz z wielokrotnymi przerwami, zapełnieniem takich zagłębi osadami. Zjawiska geologiczne następują w dziejach ziemi, tworząc pewne cykle (orogeneza, rzeźba powierzchni, sedymentacja), których czas trwania i przestrzenie niemi objęte coraz to bardziej zężają się. W następstwie takich cyklów wyraża się ewolucja geologiczna, będąca nie powtórzeniem

sumy pewnych zjawisk, lecz stopniowem zanikaniem skali ich napięcia w następujących po sobie okresach.

Węgle kopalne i ich złoża są wynikiem nastąpienia w dziejach geologicznych takich zjawisk, które muszą być warunkami koniecznymi i dostatecznymi dla koncentracji pierwiastka węgla poza ciągłym obiegiem $\text{CO}_2 \rightleftharpoons$ materja organiczna. Suma tych zjawisk następuje w przeciągu paleozoicznego, mezozoicznego, trzeciorzędowego i czwartorzędowego cyklu geologicznego, lecz nie jest to powtórzenie, lecz rozwój życia globu ziemskiego. Podobnie jak nie powtarza się w dziejach geologicznych ani flora czasu karbonu, ani wyjątkowe warunki nagromadzenia i rozkładu masy roślinnej, tak nie powtarzają się i węgle kamienne w przekroju geologicznym skorupy ziemskiej; węgle kamienne z biegiem czasu są zastąpione przez węgle brunatne, a te ostatnie — przez torfy.

Materiał roślinny karbonu musiał przejść przez całą serję faz przetworzenia od stanu masy koloidalnej z zawartemi w niej szczątkami roślinnymi do stanu węgla kamiennego. Segregacja i selekcja pierwotnego materiału według prawa sedymentacji (mechanicznego) i prawa rozkładu (biochemicznego i chemicznego), które to prawa pozostają zawsze jednakowymi, prowadzą do utworzenia odrębnych typów węgla, jak lignino-celulozowy, kutynowy i sapropelitowy; niema jednak stałej podstawy do twierdzenia, że stadja torfowe i stadja węgla brunatnego były takimi fazami przetworzenia. Torf i węgiel brunatny przez rozszczepienie zawartych w nich związków oraz wysychanie i zgęszczenie dają materiał zawierający więcej węgla, a mniej tlenu i wilgoci, lecz materiał ten nie posiada własności fizycznych i chemicznych węgla kamiennego. Wszystkie doświadczenia nad transformacją węgla bez udziału ciepła, t. j. bez destylacji destruktywnej, doprowadzają do wniosku, że przy tych procesach zmianom ulega jedynie koloidalna część materji węglowej, a nie część zorganizowana (ciałka ukształtowane), której stopień przetworzenia zależy od poprzednich procesów biochemicznych. Jedynie destylacja destruktywna, t. j. rozkład niszczący zaciera różnicę pomiędzy produktem sztucznym a materiałem naturalnym sprowadzając je do stadjum ostatecznego lub do niego zbliżonego, jak koks lub grafit.

Wszystkie fakty, znane z geologicznych, chemicznych i petrograficznych badań węgla, prowadzą do wniosku, że węgle kamienne i brunatne tracą swe specjalne właściwości również tylko na stadjum antracytu lub koksu. Węgle kennelskie i boghead zachowują swój charakter najdłużej, o czem świadczą przewarstwienia ich pośród węgla chudych i antracytu; końcowem stadjum ich przetworzenia, jak i łupków bitumicznych, są prawdopodob-

¹⁾ Vernadsky W., La géochimie. Paris 1924, str. 287.

nie koks (asfalt), oraz płynne i lotne węglowodory.

Procesy biochemiczne tak dziś, jak i w czasach tworzenia się węgla brunatnego i kamiennego mogły dawać z materiału identycznego produkty rozkładu jednego rodzaju, lecz w tych koloidalnych mieszaninach, jakimi są torf, węgiel brunatny i węgiel kamienny, gdy procesy biochemiczne w nich ustają, ilościowe stosunki różnych produktów muszą być inne.

Po utworzeniu się nadkładu, najistotniejszymi czynnikami geochemicznymi są: wysuszenie koloidalnych roztworów (mieszanin) i ciepło; to ostatnie rozwija się w większym stopniu przy odpowiednich warunkach głębokości, co może być niezależne od procesów fałdowania (tektonicznych). Grubość nadkładu nad pokładami węgla, już wyodrębnionymi na skutek poprzednich warunków sedymentacji i selekcji, jest głównym czynnikiem (według prawa Hilt'a), prowadzącym do przetworzenia węgla każdego typu w wyższe rzędy (ranks). Każda wyszczególniona grupa węgla (lignino-celulozowe, kutynowe, sapropelitowe) obejmuje węgle różnych rzędów, z których każdy, nawet w rzędzie antracytu, nie traci morfologicznych cech swojej grupy. Jakże procesy geochemiczne mogą prowadzić do zupełnego zanikania w węglach śladów ukształtowanych ciałek, nie wiemy, lecz możemy jedynie stwierdzić, że muszą to być procesy, odbywające się w warunkach temperatury nie niższej od 350—500°C. Procesy geochemiczne prowadzą we wszystkich fazach swego rozwoju nie do zróżniczkowania pierwotnej przypuszczalnie jednorodnej węglowej masy, lecz przeciwnie, do zatarcia różnic pomiędzy węglami należącymi do różnych grup w miarę przeistoczenia każdego węgla do stanu najwyższego rzędu, jak antracyt i grafit. Póki te ostateczne stadia nie są osiągnięte, pierwotne cechy, nadające każdemu węglowi jego właściwy charakter, pozostają zachowane w mniejszym lub większym stopniu.

Zdolność węgla do koksowania się zależy od stopnia przetworzenia pierwotnego materiału drzewnego (ligninowego) podczas fazy biochemicznej, czyli od obecności w węglu szczątków roślinnych i pewnej ilości zasadniczej masy w takim stanie, by przy koksowaniu węgla, t. j. przy odpowiednio wysokiej temperaturze, masa ta dała materiał potrzebny dla związania (cementowania) porowatej masy tkanek drzewnych, przechodzących przy koksowaniu w stan węgla. Czynniki geodynamiczne przy ich znaczniejszym napięciu działają niszcząco, a nie genetycznie na własność węgla do koksowania się, bo zmieniają porowatość i budowę chemiczną węgla wskutek jego odgazowania (przejście w rząd węgli chudych). Odgazowanie węgla jest wynikiem procesów wysuszenia i zmiany porowatości węgla pod wpływem zarówno procesów fizycz-

nych, jak i chemicznych. Tym procesom podlegają wszystkie węgle, bez względu na to do jakiej grupy należą; natomiast zdolność węgla do koksowania się zależy od dwóch warunków koniecznych i dostatecznych kryjących się w samej substancji węglowej. Jeden z tych warunków — to obecność w węglu tkanek drzewnych w pewnym stadium ich rozkładu, co łatwo poznaje się pod mikroskopem; dla ustalenia drugiego warunku, a mianowicie — odpowiedniego stanu budowy chemicznej koloidalnej masy zasadniczej — brak nam jeszcze kryterium, a również nie wiemy nic jeszcze o ilościowych stosunkach pomiędzy tkankami drzewnymi a masą zasadniczą, najpomyślniejszych dla otrzymania koksu metalurgicznego.

Nie wiemy też dokładnie, czy tkanki kutynowe (durain) nie mogłyby być również tym szkieletem, który przy rozkładzie masy zasadniczej cementuje się w koks; doświadczenia bezpośrednie stwierdzają, że węgle typowo-kutynowe nie dają metalurgicznego koksu.

Istnieją formy organiczne, które prawie że nie ulegają rozwojowi z biegiem cykli geologicznych, a podczas każdego z tych cykli nio podlegają drobiazgowej segregacji i selekcji, gdyż ich budowa fizyczna i chemiczna jest prosta; natomiast formy te mogą nagromadzać się w znacznej ilości wskutek ich zdolności do nadzwyczaj szybkiego rozmnażania, lub wskutek zjawiska „fal życia“ (vagues de la Vie) czyli nagłych wybuchów życia, według określenia naturalistów XIX stulecia. Do takich form należą najprostsze organizmy, stojące na granicy świata roślinnego i zwierzęcego, jak jednokomórkowe wodorosty, okrzemki, foraminifery. W morzu można czasem widzieć, jak w przeciągu kilku dni, nawet kilku godzin, nagromadzają się mirjady takich żywych form, skupiających w sobie nadzwyczajne ilości substancji tłuszczowej, białkowej i węglowodanów. W morzu Adriatyckim takie zjawisko nagłego nagromadzenia okrzemek nazywają „mare sporco“ (brudne morze); do tej samej kategorii zjawisk należy powszechnie znane „kwitnienie wody“ na jeziorach, lagunach¹⁾. Produkty rozkładu takich form organicznych musiały być takie same w czasach paleozoicznych, jak i dziś, a dla nagromadzenia ich nie potrzeba takich wyjątkowych fizyko-geograficznych warunków, jak dla tworzenia się węgla. W pionowym przekroju skorupy ziemskiej nagromadzenia produktów rozkładu takich form organicznych muszą być bardziej rozpowszechnione niż węgle. Musimy je spotykać od zarania życia organicznego do dnia dzisiejszego; takimi produktami są ropy naftowe, których złoża są znane ze wszystkich okresów dziejów ziemi, poczynając od kambru.

¹⁾ Starszą literaturę dotyczącą się tych zjawisk przytacza Vernadsky, La géochimie, str. 273—75.

Węgiel kopalny jest produktem roślinnej szaty lądowej, która w postaci lasów, składających się z olbrzymich drzew i krzewów, opanaowała wybrzeża lądów w czasie środkowego karbonu; te drzewa o trwałych zielonych liściach musiały powodować znaczniejszy obieg pierwiastków węgla, tlenu, wodoru i azotu, niż to miało miejsce w następnych okresach, kiedy rośliny zielone na średnich szerokościach zaczęły wypuszczać pędy tylko okresowo w zależności od obrotu ziemi naokoło słońca. Koncentracja takiego materiału organicznego następowała w zagłębieniach słodkowodnych, a nie w środowisku oceanicznym. To ostatnie było i jest miejscem obiegu i nagromadzenia przez cykl życiowy materii żywej tych samych pierwiastków, lecz wytworzonych przez jednokomórkowe formy zielonego roślinnego planktonu (phytoplanton) i zależnego od niego planktonu zwierzęcego (zooplanton) i nawet wyższych form, jak ryby, skorupiaki, robaki i t. d. W oceanach oprócz planktonu około powierzchni wody istnieją jeszcze skupienia życia na dnie, w ilach i w warstwie wody w pobliżu dna; formy przeważające ilościowo i w tym przypadku są najprostsze (protysty) i bakterie, aerobne w warstwie górnej i anaerobne w samym ild. Koncentracja planktonu i masy organicznej przy dnie następuje zwłaszcza w strefach brzeżnych oceanu lub wyjątkowo na przestrzeniach, podobnych do morza Sargasowego. Brzeżne strefy oceaniczne i morskie są właśnie temi obszarami, gdzie powstają osady serii ropnych. Utwory bitumiczne mogą powstawać również i na lądzie w środowisku słodkowodnym, jak węgle kennelskie i boghead, lecz nie są to utwory morskie, do jakich należą wszystkie łupki bitumiczne serii ropnych¹⁾.

W wodzie oceanów promienie słoneczne sięgają głębokości setek metrów i energia geochemiczna jednokomórkowych zielonych organizmów przewyższa wielokrotnie energię geochemiczną roślin lądowych; życie organiczne osiąga w oceanach i morzach napięcie nadzwyczajne i przytem wyraża się w formach fizycznie i chemicznie prostych, zawsze jednakowych. Nagromadzenia materii organicznej stanowią zapasy energii potencjalnej, czyli według wyrażenia P. Mayer'a „kopalne promienie słońca”, lecz nie przemawia to bynajmniej przeciw tezie, że skład chemiczny skorupy ziemskiej i rozmieszczenie w niej pierwiastków chemicznych zależy od procesów geologicznych, a nie kosmicznych, jak stara się to udowodnić np. Vernadsky²⁾.

Na węglach kennelskich, bogheadzie i łupkach bitumicznych, które łączą rzędy węgla z rzędami rop, stwierdzono, że czynniki

destrukcyjne, jak np. ciepło przy różnych warunkach ciśnienia, prowadzą do ich rozkładu z utworzeniem płynnych i lotnych węglowodorów typu rop oraz gazów ziemnych, a w pozostałości asfaltu i koksu.

Związki węgla z wodorem i tlenem, t. j. węgle kopalne, i związki węgla z wodorem, t. j. ropy, przystosowują się do zmiennych warunków równowagi fizyko-chemicznej w skorupie ziemskiej, przyjmując formy przy danych warunkach najtrwalsze. Dla węgla takimi formami są rzędy bogatsze w pierwiastek węgla, a dla rop — związki o trwalszej budowie chemicznej.

Płynne ropy są znane z najstarszych i najmłodszych utworów geologicznych, o ile procesy geochemiczne nie osiągnęły w nich stopnia, przy którym nawet najodporniejsze związki chemiczne ulegają metamorfozie. Według Adams'a¹⁾ temperatura na różnych głębokościach w skorupie ziemskiej prawdopodobnie wynosi na 5 km (16 404 stopy) — 150°C, na 10 km (32 808 stóp) — 260°C, na 15 km (49 212 stóp) — 375°C. Van Ostrand²⁾ oblicza temperaturę na głębokości około 10 000 stóp na 105°C, do 268,5°C, t. j. powyżej punktu wrzenia wody. Stopień metamorfizacji dostateczny dla rozpoczęcia destylacji destruktywnej zostaje osiągnięty tylko na głębokości nie mniejszej od 5 000 m (16 404 stopy), i tylko taka głębokość mogłaby być prawdopodobną granicą, poniżej której węgle, łupki bitumiczne i ropy poczynają ulegać rozkładowej destylacji, ze stopniowym przetworzeniem w inne produkty; z węgla powstają formy więcej odgazowane, a z łupków bitumicznych — ropy i gaz (badania Hawley'a, McFarlane'a, Stadnichenko).

Jedynie ciepło jest tym czynnikiem, który, po przekroczeniu pewnej wysokości, może prowadzić do transformacji nie tylko koloidalnych składników węgla, lecz i ciałek ukształtowanych (szczątki roślinne). Poniżej tej granicy ciepło prowadzi do wysuszenia węgla.

Procesowi wysuszania węgla, któremu D. White przypisuje główne znaczenie przy transformacji masy roślinnej w węgiel, mogą podlegać tylko koloidalne części węgla, lecz nie ciała ukształtowane, ulegające przetworzeniu tylko pod większym napięciem czynników geochemicznych. Proces wysuszania jest czynnikiem realnym w stosunku do wszystkich mieszanin koloidalnych, a więc i dla węgla; im dłuższy czas taka koloidalna mieszanina może znajdować się w warunkach wysychania, tem dalej mogą być posunięte wyniki, i w tem może wyrażać się rola czasu geologicznego.

¹⁾ Vernadsky (La Biosphère, Paris 1929, str. 97). myli się, łącząc procesy tworzenia się substancji ropnej z nagromadzeniem materii organicznej w środowisku wodnym lądowym, jak substancji węglowej.

²⁾ La Biosphère, str. 6.

¹⁾ Adams, Temperatures at moderate Depths within the Earth Washington, Acad. Sci., vol. 14, 1924, 20.

²⁾ Van Ostrand, Temperature in World's Deepest Wells, Oil and Gas Journal, 19, Apr. 1928, str. 39, 152—153.

Przy warunkach normalnej temperatury czynnikami energii chemicznej w skorupie ziemskiej są roztwory wodne. Ropy są naogół obojętne w stosunku do takich roztworów wodnych podlegając niektórym zmianom chemicznym (asfaltyzacja), jedynie około granicy ich z wodą, przeważnie zaś zmianom fizycznym (emulsizacja rop). Złoża ropne, otoczone ze spągu i stropu warstwami nawet przepuszczającymi wodę, mogą pozostawać nieokreślenie długi czas bez większych zmian w swej budowie chemicznej. W pokładach węgla, pochłaniających część wody zależnie od niejednakowej porowatości dla węgla różnych gatunków i różnych rzędów, może podtrzymywać się dłuższy czas stopień mieszaniny koloidalnej, który w nieobecności wody uległby zmianie w warunkach tej samej głębokości. Związki węgla, zawarte w węglach kopalnych i ropach, są obojętniejsze na reakcje chemiczne, niż związki nieorganiczne krzemowe, węglany i inne, które są czulsze na reakcje z wodnymi roztworami i mniej lub więcej podlegają procesom metasomatyizmu; natomiast związki organiczne w postaci węgla i rop ulegają wpływom temperatury przy różnych ciśnieniach w stopniu, zupełnie nieznanym dla związków nieorganicznych. Obojętność węgla i rop na reakcje chemiczne tłumaczy, dlaczego skały otaczające złoża węgla i rop, jak piaskowce, łupki ilaste, łupki krzemionkowe, wapienie ulegają często znacznym zmianom przez metasomatyzm i cementację, a węgle i ropy mogą pozostawać bez większej zmiany chemicznej. W stadium procesów biochemicznych, a nawet i później (faza diagenety i faza metamorfizmu) pomiędzy koloidalną masą produktów rozkładu materji organicznej i roztworami nieorganicznymi w stanie koloidalnym mogą następować reakcje katalityczne, które otwierają przed nami zupełnie nowe pole badań nad wtórnym zróżniczkowaniem węgla i rop.

Geologia węgla kopalnych nie ogranicza się tylko do zestawienia map geologicznych i przekrojów zagłębi węglowych, i do ustalenia gatunków węgla w różnych pokładach i w różnych częściach zagłębia; są to najprostsze czynności geologiczne dające bezpośrednie wyniki praktyczne, jak znajomość granic zagłębia, budowy tektonicznej, nadkładu i podkładu i poszczególnych pokładów węgla. Geologia węgla sięga głębiej, stara się ona ująć w jeden dynamiczny obraz budowę zagłębia, warunki osadzania w niem materiału roślinnego i materiału nieorganicznego warstw płonnych; stara się ona ująć poszczególne fazy tego obrazu w ramy paleogeograficzne nie tylko w przestrzeni, lecz i w czasie i ostatecznie zrozumieć nie tylko sposób powstawania złoża, lecz i poszczególnych pokładów węgla. Do takiego ujęcia złoża geologia stosuje wszystkie sposoby spostrzeżeń polowych, metody petrograficzne i metody chemiczne. Zrozumienie

nie tylko budowy zagłębia, lecz również i budowy poszczególnych pokładów może być podstawą do przewidywań o znaczeniu praktycznym. Nie tylko geolog, lecz również i inżynier pracujący na kopalni musi przyzwyczaić się do krytycznego ujmowania tego materiału, który codziennie przesuwają się przed jego oczyma.

Zadaniem tej pracy jest wprowadzenie inżyniera w istotne zagadnienia geologii węgla.

Objaśnienie tablic¹⁾.

Tablica I.

I. Kopalnia Król (König); szyb Barbara, pole zachodnie, pokład dolny grupy siodłowej; warstwa 5 od góry (warstwa 1 i 2 są to łupki stropowe). Megaskopowo przedstawia się ona jako węgiel błyszczący.

Fig. 1. Przekrój poprzeczny $\times 62$.

Węgiel typu durain z przerostami bardziej błyszczącego węgla. Główna część warstwy — węgiel typu durain (matowy); zasadnicze ciasto w postaci ziarnistej miazgi (attritus) z drobnymi szczątkami tkanek drzewnych i dużymi szczątkami tkanek kutynowych (spory). Pasemka błyszczące prawdopodobnie częściowo natury drzewnej, mają budowę bardziej jednorodną, zbliżoną do stanu koloidalnego: megaskopowo-szklisty vitrain. Węgiel poprzecinany grubymi rysami typu diaklaz.

Fig. 2. Ten sam pokład i warstwa, lecz z części pokładu najdalej ku wschodowi. Przekrój poprzeczny $\times 62$.

Węgiel matowy, niejednorodny, wstęgowaty. Zasadnicze ciasto budowy ziarnistej ze skupieniami mikrospor; ogólny typ durain. Pośrodku przekrój dużej megaspor i wtrącenie pirytu. Rysy typu diaklaz.

Fig. 3. Ten sam pokład i warstwa. Przekrój poprzeczny $\times 560$.

Część matowa. Zasadnicze ciasto jednorodne w stanie koloidalnym, przepełnione szczątkami mikrospor. Typ durain.

Fig. 4. Ten sam pokład i warstwa. Przekrój poprzeczny $\times 560$.

Węgiel pasemkowany bardziej błyszczący. W prawej dolnej części obrazu budowa ziarnista, spowodowana obecnością mikrospor; pasemko matowe. W środkowej części obrazu pasemko błyszczącego węgla, złożonego z wyraźnych tkanek drzew-

¹⁾ Przekroje i mikrofotografie zostały wykonane przez inż. gór. Tadeusza Kochmańskiego, współpracownika Zakładu Geologii Stosowanej w Akademii Górniczej w Krakowie.

nych (w górnej części), przechodzących w jednorodną żelatynowaną masę (anthraxylon). Dwa pasemka błyszczącego węgla (szarej barwy), ograniczające strefę środkową, mają budowę jednorodną, różniącą się od części matowej węgla i części błyszczącej typu anthraxylon; te pasemka można nazwać vitrain. Całość tego okazu — typ clarain.

Warstwa 5-ta pokładu przedstawia prawidłowe przewarstwienie i przejścia w kierunku poziomym węgla typu durain i clarain z bardzo cienkimi pasemkami vitrain; typ durain przeważa, chociaż węgiel jest naogół błyszczący. Węgiel gazowy.

Tablica II.

II. Kopalnia Król (König); szyb Barbara, pole zachodnie; pokład dolny grupy siodłowej; warstwa 9 od góry. Megaskopowo węgiel składający się z pasemek błyszczącego i matowego, z drobnymi soczewkami błyszczącego węgla.

Fig. 5. Pasemko węgla błyszczącego. Przekrój poprzeczny $\times 50$.

Tkanki drzewne w stanie xylain; budowa naczyniowa (vasculaire) w dobrym zachowaniu. Ciemne części obrazu — zasadnicze ciasto w stanie attritus (pâte fondamentale), zbliżonym do stanu koloidalnego.

Fig. 6. Soczewka węgla błyszczącego. Przekrój równoległy do uwarstwienia $\times 150$.

Tkanki drzewne w stopniu dalej posuniętego rozkładu (structure en arc, Bogenstruktur).

Fig. 7. Pasemko węgla matowego z cienkim pasemkiem błyszczącego. Przekrój poprzeczny $\times 50$.

Część błyszcząca (dolna na prawo) — tkanki ligninowe w stanie xylain. Część matowa — niejednorodny durain (attritus); w miążdze ziarnistej budowy drobne szczątki tkanek drzewnych a przeważnie nieco jaśniejszych, zygzakowato pociętych pasemek kutynowych.

Fig. 8. Pasemko matowe. Przekrój równoległy do uwarstwienia $\times 50$.

Typ durain; w zasadniczej ziarnistej miążdze drobne szczątki tkanek drzewnych i dwie duże megaspory.

Warstwa 9 przedstawia prawidłowe przewarstwienie węgla typu clarain i durain.

Tablica III.

III. Kopalnia Król (König), szyb Barbara, pole zachodnie, część wschodnia. Pokład

dolny grupy siodłowej, warstwa 11 a i 11 b od góry. Megaskopowo węgiel błyszczący o przełomie muszlowym.

Fig. 9. Pasemko błyszczącego węgla. Przekrój poprzeczny $\times 150$.

Wyraźne tkanki drzewne w stanie xylvitrain, otoczone ziarnistą masą (attritus). Typ clarain.

Fig. 10. Cienka soczewka (0,5 cm) szklistego węgla, w tymże węglu, wzięta nieco niżej. Przekrój poprzeczny $\times 50$. Można rozróżnić tylko ślady tkanek drzewnych w jednorodnej szklistej masie (vitrain). Rysy poprzeczne.

Fig. 11. Pasemko węgla błyszczącego, wzięte niżej (11 b) od węgla Fig. 9 i 10. Przekrój poprzeczny $\times 50$.

Tkanki drzewne w stanie xylain, miejscami (części jaśniejsze obrazu) zupełnie żelatynowane (xylvitrain) i w tych miejscach węgiel jest silnie błyszczący. W wolnych przestrzeniach tkanek i naokoło nich jest rozwinięte ciasto zasadnicze o bardzo drobnej ziarnistej budowie (attritus). Typ clarain.

Warstwa 11 przedstawia węgiel typu clarain z przerostami czystego ciasta (vitrain). Węgiel koksowy.

IV. Kopalnia Paweł, Królewska Huta. Pokład Heinzmann, czyli Schuckmann, grupy siodłowej; część stropowa pokładu. Węgiel kennelski o tłustym połysku.

Fig. 12. Przekrój poprzeczny $\times 150$.

Obraz przedstawia ciemne zasadnicze ciasto równomiernej budowy, przepełnione szczątkami spor w stanie żelatynowania (jaśniejsze). Naskórek spor jest gdzieś zastąpiony przez pirit, który w innych miejscach wypełnia wolne przestrzenie w sporach. Obraz zasadniczego ciasta przy powiększeniu $\times 500$ przedstawia równomierną masę w stanie koloidalnym, przeciętą rysami spękania; naskórek spor występuje albo wyraźnie, albo stopniowo zlewa się z zasadniczym ciastem (żelatynowanie).

Tablica IV.

V. Libiąż. Kopalnia Janina. Pokład Zygmunt. Najwyższe warstwy Chełmskie, grupy łukowej. Węgiel matowy z drobnymi wkładkami węgla włóknistego i wtrąceniami ziaren żywicy.

Fig. 13. Przekrój poprzeczny $\times 50$.

Węgiel złożony ze zbitej masy tkanek kutynowych z szczątkami du-

zych spor. Tkanki kutynowe są przetworzone w ziarnistą miazgę. Typ durain.

Fig. 14. Przekrój równoległy do uwarstwienia $\times 50$.

Węgiel matowy. Zbita masa tkanek kutynowych; w górze po prawej stronie i w dole po lewej są mikrospory. W środkowej części rozstrzępione szczątki tkanek drzewnych stanowiące soczewkę węgla błyszczącego.

Fig. 15. Przekrój poprzeczny $\times 50$.

W węglu matowym typu durain (górna część obrazu i dolna po prawej stronie), cienka soczewka węgla błyszczącego (główna część obrazu), z tkanek drzewnych (xylain), pograżonych w drobno-ziarnistej zasadniczej masie.

Fig. 16. Przekrój równoległy do uwarstwienia $\times 50$.

Węgiel matowy. Zbita, ziarnista kutynowa masa ze słabymi śladami tkanek drzewnych (jaśniejsze części po lewej stronie i górnej prawej). W środku megaspory innego typu, niż w węglu z grupy siodłowej (fig. 8).

Węgiel pokładu Zygmunt przedstawia matowy węgiel typu durain (kutynowy) z domieszką rozkruszonych tkanek drzewnych w stanie rozkładu xylain i z drobnymi soczewkami słabo błyszczącego węgla, utworzonego z tkanek drzewnych w podobnym stanie rozkładu. Megaskopowo można stwierdzić obecność wtrąceń skupień żywicy brunatnej barwy, a tkanki drzewne przedstawiają się w postaci wtrąceń włóknistego węgla (fusain). Węgiel gazowo-płomienny.

Tablica V.

Fig. 17. Libiąż. Kopalnia Janina. Pokład „100”. Górny (Ottweiler?) pokład warstw Chełmskich. Przekrój poprzeczny. $\times 62$. Część węgla matowa. Węgiel matowy o przełomie muszlowym, z znaczną ilością, widocznego megaskopowo, włóknistego węgla i rzadkimi drobnymi soczewkami węgla błyszczącego.

Część matowa jest masą ziarnistą złożoną z mikrospor i drobnych rozstrzępionych szczątek tkanek drzewnych (?), oraz zawierającą znaczną ilość megaspor. Błyszczące soczewki przedstawiają poszczególne bardzo żelatynowane odłamki o wyraźnej budowie drzewnej.

Węgiel typu durain (sporowy), różniący się od węgla bezpośrednio niżej leżącego pokładu „Zygmunt” (fig. 13—16), i jeszcze niższego pokładu „Wiktor”, mniejszą zawartością tkanek drzewnych w stanie rozkładu i większą ilością włóknistego węgla.

VI. Kopalnia Szarlotta. Pokłady grupy Brzeźnej.

Fig. 18. Pokład „13”. Przekrój poprzeczny $\times 62$.

Cienko pasemkowaty napół błyszczący węgiel z grubszymi wkładkami błyszczącego węgla.

Na obrazie część napół błyszcząca. Tkanki drzewne w stanie silnego rozkładu, częściowo doprowadzone do stanu żelatyny, wciśniętej wewnątrz spłaszczonych megaspor. Części bardziej błyszczące są to tkanki drzewne w stanie xylovitrain. Węgiel typu clarain; węgiel niekoksujący, gazowy.

Fig. 19. Pokład „Minna”. Przekrój poprzeczny $\times 62$.

Węgiel pasemkowaty napół błyszczący. Obraz przedstawia tkanki drzewne w stanie znacznego rozkładu, lecz tylko w słabym stopniu doprowadzone do stanu żelatyny; częściowo attritus. Typ clarain (podobny do Nr. 9); węgiel niekoksujący się.

Fig. 20. Pokład „Minna” z szybu „Ignacy”. Przekrój poprzeczny $\times 92$.

Węgiel cienko pasemkowaty, pasek błyszczących więcej, niż w poprzednim. Tkanki drzewne lepiej zachowane, jako całość, lecz części międzykomórkowe w stanie pełnego żelatynowania. Węgiel typu clarain; węgiel koksujący się.

Omyłki w druku.

Str.	Szpatla	wiersz	jest wydrukowane	winno być
1	lewa	17 i 19 od dołu i w innych miejscach książki	Petraschek	Petrascheck
24	prawa	3 od góry	Gieschen	Giesche
41	"	2 od dołu		wstawić § 2
52	"	17 od dołu	1931,	1931),
55	prawa	27 od góry	Masy	Mapy
58	Omówienia na str. 58 winny być zamieszczone pod tablicą.			
59	"	12 od dołu	było	byłoby
61	lewa	20 "	podał	poddał
66	prawa	1 "	Seon	Econ
69	"	5 od góry	absorbowania	adsorbowania
69	"	9 "	absorbcji	adsorbcji
71	"	14 od dołu	Gochemie	Geochemie
72	lewa	27 od góry	płonego	płonnego
72	"	18 od dołu	Ostrawskiego	Orłowskiego
73	prawa	3 i 5 od dołu	Mc Kezie	Mc Kenzie
76	lewa	4 "	dawniej jako	jako dawną
78	"	19 od góry	$\frac{1}{4}$ cala	$\frac{1}{4}$ cala)
79	prawa	7 "	Taxodium Nyassa	Taxodium, Nyassa
80	lewa	15—16 "	pneumatopfory	pneumatophory
80	prawa	27 "	(Conemaugh)	(Conemaugh
83	"	27 "	nio	nie
85	lewa	9 od dołu	płonnych	płonnych
85	prawa	6 od góry	krytycznngo	krytycznego
86	"	25 od dołu	pogrieczny	poprieczny

On the 10th of June

1	low	10	10
2	low	10	10
3	low	10	10
4	low	10	10
5	low	10	10
6	low	10	10
7	low	10	10
8	low	10	10
9	low	10	10
10	low	10	10
11	low	10	10
12	low	10	10
13	low	10	10
14	low	10	10
15	low	10	10
16	low	10	10
17	low	10	10
18	low	10	10
19	low	10	10
20	low	10	10
21	low	10	10
22	low	10	10
23	low	10	10
24	low	10	10
25	low	10	10
26	low	10	10
27	low	10	10
28	low	10	10
29	low	10	10
30	low	10	10
31	low	10	10

21863

BIBLIOTEKA
GŁÓWNA



AKADEMII
GÓRNICZO
HUTNICZEJ

III 31863

Nie

wypożycza się

NZB 8048