

CYKLICZNOŚĆ SEDYMENTACJI POKŁADU 664/665 WARSTW WAŁBRZYSKICH (DZW)

UKD 553.94.061.16''73'' :552.574.11 :622.333.031 :[pokład 664/665(438–35, wałbrzyskie, DZW)

Cykliczny charakter sekwencji osadowych jest zjawiskiem dość powszechnym. Cykle sedymentacyjne, o różnej skali i charakterze, opisywano wielokrotnie z różnowiekowych osadów wielu środowisk depozycyjnych. Serie osadów węglonośnych jako jedne z pierwszych doczekały się wnikliwej analizy cykliczności sedymentacji (46). Dla tego typu utworów J.M. Weller wprowadził po raz pierwszy pojęcie *cyklotemu* (45). Postępy w tej dziedzinie, w połączeniu z analizą kolejnych teorii tłumaczących cykliczność omawiano później wielokrotnie (3, 15, 47, 48). Na szczególne podkreślenie zasługuje tu model mechanizmu sedymentacji cyklicznej w osadach równiny aluwialnej, przedstawiony przez J.R. Beerbowera (4).

Stosunkowo szybko do analizy zmienności litologicznych typu cyklicznego w seriach osadowych zastosowano aparat statystyczny (44). Dopiero jednak praca P.McL.D. Duffa i E.K. Waltona (16) była próbą usystematyzowania, na podstawie statystycznej, niektórych terminów stosowanych przy badaniu sekwencji cyklicznych. Zdefiniowano tu, m.in., pojęcie cyklu modalnego. Od początku stosowania w tej dziedzinie metod statystycznych dominującą rolę odgrywała analiza łańcuchów Markowa. Proces Markowa okazał się modelem ułatwiającym badanie wielu zjawisk związanych z cykliczną strukturą sekwencji osadowych.

Mimo ciągle postępującego rozpoznania cyklicznej struktury osadów węglonośnych do tej pory nie zwracano zbyt dużej uwagi na ten aspekt, jeśli chodzi o same pokłady węglowe. Dotychczasowa literatura, dotycząca tego tematu, liczy niewiele pozycji. Na podstawie badań węgla brytyjskich A.H.V. Smith (40) stwierdził, że charakterystyka petrograficzna i palinologiczna węgla znajduje odzwierciedlenie w zmianach roślinności, zależnych z kolei od wahań zwierciadła wody. Kolejne cykle rozwoju roślinności uwarunkowane byłyby według niego przez „odnawianie” subsydencji. Podobne wnioski znajdujemy w pracy M. Shibaoki (38), który oprócz subsydencji uwydatnił rolę kompaktacji świeżych torfów w tworzeniu kolejnych cykli w pokładzie. W zbliżony sposób widzieli przyczynę cykliczności M. Shibaoka i M. Smyth (39). Rozważali oni dodatkowo wpływ tempa subsydencji na powstawanie cykli o różnym stopniu kompletności i różnej charakterystyce petrograficznej węgla. Cykliczną strukturę węgla australijskich analizowali: M. Smyth i A.C. Cook (41),

przy zastosowaniu łańcuchów Markowa. Stwierdzili oni obecność różnego typu cykli. Zdaniem tych autorów wewnątrzpokładowe sekwencje cykliczne są zjawiskiem normalnym i wynikają ze zmienności warunków sedymentacji torfotwórczej. Jedną z ciekawszych prac, opartą na wnikliwej analizie sukcesji mikrolitotypów w pokładzie węgla, przedstawili C. Chakrabarti et al. (9). Stwierdzili oni zmiany charakteru cykliczności w czasie depozycji analizowanego pokładu.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA
WARSTW WAŁBRZYSKICH I POKŁADU 664/665

Warstwy wałbrzyskie to zespół dolnonamurskich osadów piaskowcowo-mułowcowych z licznymi pokładami węgla i rzadziej występującymi zlepieńcami. Miąższość tej serii w Zagłębiu Wałbrzyskim osiąga ponad 200 m. Wychodnie tej jednostki tworzą wąski pas od Jabłowa po Głuszycę (ryc. 1). Jak wykazuje W. Nemeć (30), sedymentacja warstw wałbrzyskich miała miejsce na obszarze równiny aluwialnej rzek meandrujących. W tym okresie panowały warunki sprzyjające akumulacji materii roślinnej co dało w rezultacie około 30 pokładów węgla. Są to zazwyczaj pokłady cienkie (do 50–100 cm), a tylko wyjątkowo przekraczają 2 m miąższości.

Pokład 664/665 występuje w górnej części warstw wałbrzyskich (ryc. 2) i jest jednym z najgrubszych pokładów tej serii osadowej. Jego miąższość w sprofilowanych miejscach wahała się od 130 do 270 cm. Ogólnie węgiel ma charakter klarynowy, a jednolita partie błyszczące lub matowe stosunkowo rzadko osiągają miąższość ponad 3 mm. Pokład ten charakteryzuje dość duża ilość przerostów płonnych (najczęściej 4–7), osiagających od kilku do kilkudziesięciu centymetrów miąższości. Zgodnie z polską klasyfikacją węgla według typów (10) przeważa tu węgiel typu 37.

METODYKA BADAŃ I WYNIKI

Punktem wyjścia przedstawionej analizy było dokładne profilowanie makroskopowe pokładu 664/665. Opisanie profile tego pokładu w 6 aktualnie dostępnych miejscach, włączając też osady w stropie i spągu pokładu, jeśli były one odsłonięte. Rejestrowano wszystkie odmiany litologiczne (węgli i skał płonnych), występujące w formie warstw lub soczewek i o miąższości nie mniejszej niż 3 mm

(22, 27). Częściowo węgle poddano także badaniom mikroskopowym. Miało to na celu:

– wyeliminowanie wpływu czynników innych niż skład petrograficzny na makroskopowy wygląd (połysk) powierzchni węgla (25);

– odróżnienie grup mikrolitotypów, szczególnie w odmianach matowych, co może mieć znaczenie przy rekonstrukcji środowiska ich powstawania (5, 6, 19, 20, 42).

Wyróżnione w ten sposób litotypy węgla oraz przerosty skał płonnych zgrupowano w 4 odmiany litofacjalne.

Litofacja F. Jest to cienkolaminowana odmiana klaryny, w której ponad 50% warstewek błyszczących nie osiąga 1 mm miąższości (19). Laminy matowe mogą dochodzić do 3 mm grubości. Miąższość warstw cienkolaminowanego klaryny jest bardzo zmienna i waha się od kilku cm do ponad 1 m. Jest to odmiana bardzo niejednorodna petrograficznie. Zawartości poszczególnych grup macerałów są zmienne, przy czym przeważa wityrynit (45–80%). Zdarzają się tu również karbargility o znikomej zawartości wityrynytu.

Węgle tej litofacji powstawały najprawdopodobniej w środowisku torfowisk trzcinowych (reed moor – 19, 20, 42), w strefie telmatycznej i telmatyczno-limnicznej (24, 31).

Litofacja C. Zaliczono tu grubiej laminowane odmiany klaryny, w których więcej niż 50% lamin błyszczących ma miąższość w zakresie 1–3 mm (19). Miąższość warstw

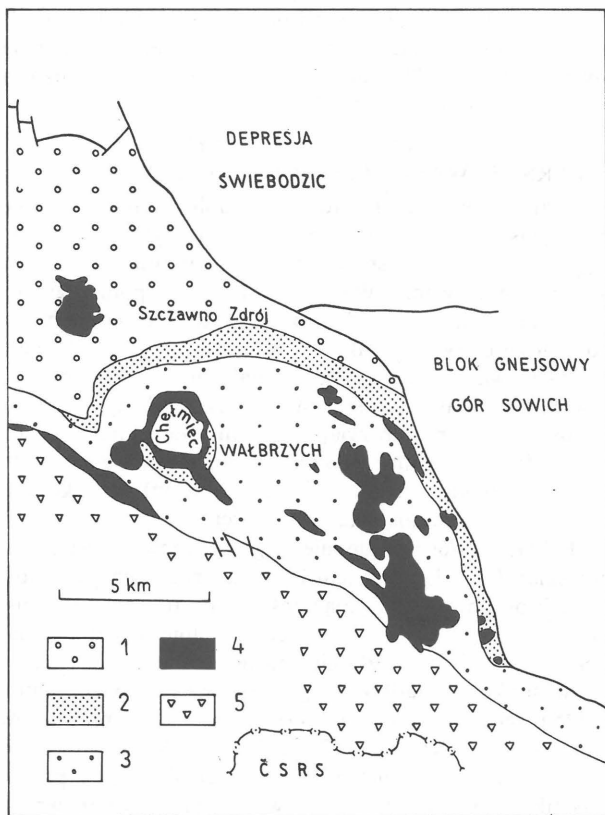
tej litofacji waha się od 0,5 do 80 cm. Dominują tu macerały z grupy wityrynytu (50–80%). Znacznie mniej jest inertynytu (10–15%) oraz egzynitu (10–20%). Do tej litofacji włączono też sporadycznie występujący wityryn.

Utwory litofacji C reprezentują „suchsze” środowisko niż cienkolaminowane klaryny. Powstawały one w facji „torfowisk leśnych” (forest moor – 19, 20, 42).

Litofacja D. Duryn, występujący w postaci dość regularnych, matowych warstewek lub soczewek o miąższościach od 0,5 do 15 cm, charakteryzuje się stosunkowo dużą spójnością. Jego skład petrograficzny jest zróżnicowany. Cechę charakterystyczną stanowi stosunkowo niska zawartość wityrynytu (30–50%). Istotnym składnikiem durynów jest też materia mineralna, zwłaszcza ilasta.

Geneza durynów od dawna budziła wiele kontrowersji. Materiałem wyjściowym opisywanej litofacji były prawdopodobnie szczątki roślinne rozłożone w warunkach oksydacyjnych (5, 6, 24, 40, 41). Następnie były one transportowane przy wyższych stanach wody na torfowisku i osadzone w środowisku głębszym (5, 36).

Litofacja M. Są to przeważnie ciemnoszare mułowce

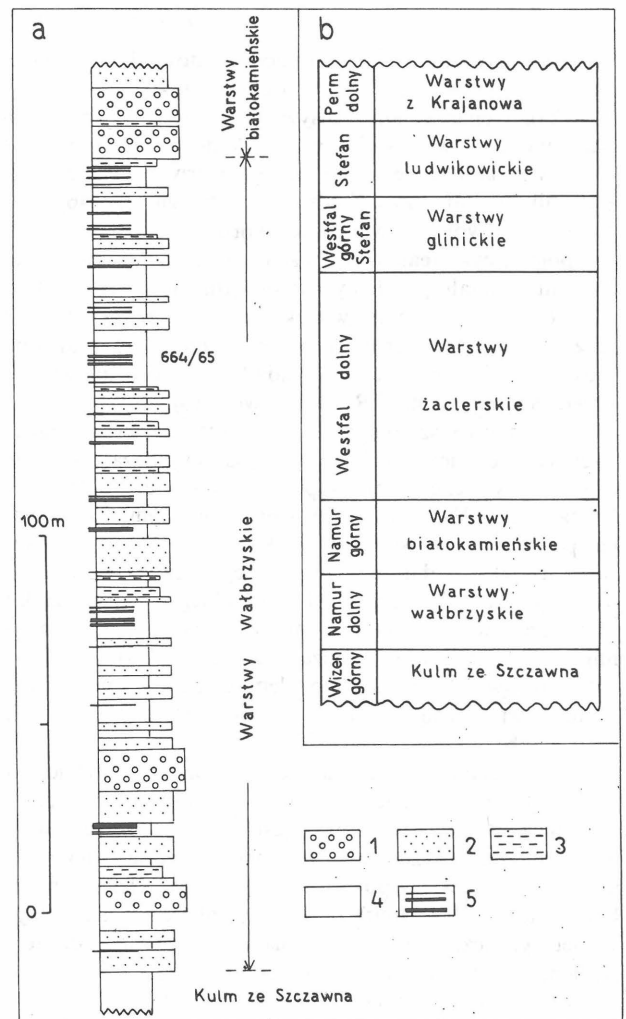


Ryc. 1. Szkic geologiczny okolic Wałbrzycha.

1 – dolnokarbońskie skały osadowe, 2 – warstwy wałbrzyskie (dolny namur), 3 – skały osadowe wyższej części górnego karbonu, 4 – wulkany, 5 – utwory permskie.

Fig. 1. Geological sketch map of the vicinities of Wałbrzych.

1 – Lower Carboniferous sedimentary rocks, 2 – Wałbrzych Beds (Lower Namurian), 3 – sedimentary rocks of upper parts of Upper Carboniferous, 4 – volcanics, 5 – Permian rocks.



Ryc. 2. Profil litologiczny warstw wałbrzyskich (a):

1 – zlepieńce, 2 – piaskowce, 3 – łupki piaszczyste, 4 – mułowce i ilowce, 5 – pokłady węgla. Podział litostratigraficzny górnego karbonu niecki śródsudeckiej (b).

Fig. 2. Lithological section of the Wałbrzych Beds (a) and lithostratigraphic subdivision of the Upper Carboniferous in the Intra-Sudetic Basin (b).

1 – conglomerates, 2 – sandstones, 3 – sandy shales, 4 – mudstones and claystones, 5 – coal seams.

z bioturbacjami roślinnymi. Widoczne są zaledwie pozostałości laminacji przekątnej i równoległej, a niekiedy gradacyjnego uziarnienia w drobnej skali. Powszechne są drobnitkie interkalacje węgliste. Rzadko występuje wyraźniejsza laminacja przekątna lub rytmiczne laminowanie z normalnym, gradacyjnym uziarnieniem. Mułowce występują w obrębie pokładu w formie ławic lub soczew, o wyraźnych granicach i miąższościach dochodzących do 38 cm lub też stanowią strop i spąg pokładu.

Zdecydowanie rzadziej spotyka się łupki węgliste. Są to prawie czarne mułowce i iłowce ze znaczną domieszką substancji węglistej. Warstwy tej odmiany litologicznej osiągają zazwyczaj kilka centymetrów miąższości i charakteryzują się nieostrymi granicami.

Sporadycznie występują cienkie (do 2 cm) warstewki skał barwy brunatnoszarej, które w nomenklaturze kopalnianej określane są jako „żelaziaki”. Składają się one z substancji ilasto-syderytowej, w której tkwią fragmenty węgla różnej wielkości.

Utwory litofacji M są efektem przerwania ciągłości akumulacji fitogenicznej na obszarach bagien torfowiskowych. Mamy tu do czynienia z pozakorytowymi utworami równi aluwialnej – dystalnymi partiami glifów krewasowych? oraz osadami powodziowymi, jak również z utworami płytkich, stagnujących zbiorników wodnych. Sporadycznie w środowisku bagiennym panowały warunki sprzyjające powstawaniu syderytu – „żelaziaki” (32).

Niniejsza analiza charakteru zmienności litologicznej w obrębie pokładu 664/665 oparta jest na powszechnie znanej i często stosowanej metodzie łańcuchów Markowa (1, 2, 18, 21, 23, 28, 29, 34, 35, 37). Jednakże pod wpływem ukazującej się ostatnio krytyki pod jej adresem (7, 8, 33, 43) zdecydowano się posłużyć ulepszoną metodą zaproponowaną przez D.W. Powersa i R.G. Easterlinga (33). Wyniki uzyskane tym sposobem dla włożonego łańcucha Markowa pierwszego rzędu, zestawione w macierze przejść przedstawiono w tabeli.

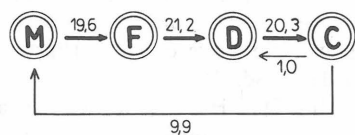
Wynik testu istotności:

$$\chi^2 = \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} = 18,08$$

gdzie:

- O_{ij} – element macierzy przejść zliczonych,
- E_{ij} – element macierzy przejść niezależnych,
- m – liczba stanów

pozwała na odrzucenie hipotezy zerowej o niezależności przejść litologicznych ($\chi^2_{0,05} = 15,09$ dla $n = 5$ stopni swobody). Zespół procesów akumulacyjnych, które doprowadziły do utworzenia opisywanego pokładu węgla miał więc własność Markowa. Nie była ona jednak tutaj zbyt mocna, gdyż różnica między wartością obserwowaną i tabelaryczną χ^2 jest niewielka. Schemat uzyskanych przejść modalnych przedstawia ryc. 3.



Ryc. 3. Diagram przejść modalnych pokładu 664/665 (dane z macierzy różnic w procentach).

Fig. 3. Diagram of modal transitions of the coal seam 664/665 (data from differential matrix in per cents).

Macierz przejść zliczonych

	M	D	C	F
M	–	2	12	13
D	6	–	9	1
C	16	6	–	4
F	7	8	5	–

Macierz przejść niezależnych

	M	D	C	F
M	–	6,48	12,80	7,70
D	6,79	–	5,75	3,46
C	13,42	5,75	–	6,83
F	8,79	3,77	7,45	–

Macierz różnic

	M	D	C	F
M	–	–4,48	–0,80	5,30
D	–0,79	–	3,25	–2,46
C	2,58	0,25	–	–2,83
F	–1,79	4,23	–2,45	–

PODSUMOWANIE I Dyskusja

Makroskopowe profilowanie pokładu węgla pozwoliło wydzielić w jego obrębie kilka odmian petrograficznych, występujących w formie warstw lub soczewek. Proponowany tutaj schemat wydzieleni poparto jakościowymi badaniami mikroskopowymi. Poszczególne odmiany litofacyjne pojawiały się w danym profilu wielokrotnie, a co ważniejsze następowały one po sobie na ogół w pewnym, określonym porządku. Stwierdzono istnienie dość słabej, lecz statystycznie istotnej zależności Markowa. Ustalony asymetryczny schemat przejść litofacyjnych (M → F → D → C → M) jest reprezentatywny dla obszaru badań jako całości. W poszczególnych profilach stwierdzono zróżnicowany stopień zgodności rzeczywistych przejść z ustalonym schematem ogólnym.

Następstwo odmian litofacyjnych pokładu 664/665 warstw wałbrzyskich nastęca jednak wiele trudności interpretacyjnych. W tworzeniu sekwencji cyklicznych, a szczególnie tych o dość słabej istotności, odgrywały rolę różne czynniki, często ze sobą nawet nie związane. Efekt ich równoczesnego oddziaływania na środowisko sedymentacji jest trudny do przewidzenia (4). Ponadto wysoki stopień uwzględnia zaangażowanie tektoniczne, a także warunki techniczne obserwacji w wyrobiskach podziemnych przysparzają wiele trudności w profilowaniu makroskopowym pokładu. Jak wskazują wyniki wykonanych do

tej pory mikroskopowych badań ilościowych dokładna interpretacja wymagać jeszcze będzie wnikliwych badań petrograficznych, a także palinologicznych.

W świetle przedstawionych tutaj danych można jednak nakreślić ogólny obraz charakteru sedymentacji pokładu 664/665 oraz jego zmienności. Przyspągowe partie pokładu stanowi zazwyczaj cienkolaminowany klaryn (F). Reprezentuje on wstępne fazy zasiedlania bagnisk równi zalewowej przez roślinność torfowiskową. Środowiskowo odpowiadałoby to formacji oczeretowej, rozwijającej się w strefie telmatycznej (24). Zawartość inertodetrynitów oraz materii mineralnej w matowych laminach świadczy o wzmożonej dostawie detrytycznego materiału roślinnego i mineralnego z sąsiednich obszarów równi zalewowej (5).

W drugiej kolejności w przedstawionym tutaj cyklu pojawia się duryn (D). Jego charakter wskazuje na transport i depozycję drobnego materiału roślinnego, pochodzącego z rozkładu w warunkach oksydacyjnych. Sedymentacja tej materii odbywała się zapewne z różnym nasileniem we wszystkich strefach torfowiska – matowe warstewki w klarynach?. Jednakże powstanie odrębnych warstw durynu – laminy grubsze niż 3 mm – uwarunkowane było wzmożonym rozkładem materii roślinnej, przy udziale tlenu (24), oraz okresowym zwiększeniem przepływu wód w torfowisku (transport) i sedymentacją w głębszych strefach torfowiska (36).

Jest to w uzyskanej sekwencji Markowa faza „obca”, nie wiążąca się zapewne z rozwojem określonej formacji roślinnej w miejscu obecnego występowania – istotne są także przejścia C–D (ryc. 3). Powyższe wnioski poparte są analizą literatury, dotyczącej zarówno węgla (5, 6, 17, 19, 20, 36, 39), jak też współczesnych torfów (11, 12, 13, 14). Niewykluczone jest jednak, że przynajmniej częściowo duryny powstawały z materiału biogenicznego, gromadzonego *in situ*, jak argumentuje m.in. S. Kulczyński (24).

Następnym elementem cyklu w badanym pokładzie jest grubolaminowany klaryn (C). Reprezentuje on fazę stopniowego zarastania torfowiska i w rezultacie spłycaenia pokrywy wodnej oraz rozwoju roślinności w facji określanej jako torfowisko „leśne” (19, 20, 42). Roślinność ta porastała stosunkowo suchsze obszary torfowiska, położone prawdopodobnie w sąsiedztwie wałów brzegowych rzek. W okresach powodziowych były one zalewane, a materiał zawieszony niesiony przez wody był tu intensywnie osadzany. Stąd też przejścia litofacjalne C → M zdarzają się w przedstawionej sekwencji częściej niż przypadkowo (ryc. 3) i stanowią kolejne ogniwo cyklu.

Drobnodetrytyczne osady litofacji M reprezentują dystalne części glifów krewasowych, osady popowodziowe, a niekiedy utwory okresowych, stagnujących zbiorników wodnych.

Analizując cykliczną strukturę pokładu 664/665 nasuwa się skojarzenie z wynikami M. Shibaoki i M. Smyth (39). Według nich węgle bogate w wityrnyty budują niekompletne cykle i towarzyszą im liczne przerosty płonne, natomiast ubogie w wityrnyty – wykazują pełny rozwój cyklu i nieliczne wkładki klastyków. Autorzy ci wiążą to zjawisko ze zróżnicowaniem tempa subsydencji w basenie sedymentacyjnym. Przy szybkiej i nierównomiernej subsydencji powstawały węgle obfitujące w wityrnyty.

Wydaje się, że podobny mechanizm można by przyjąć dla pokładu 664/665 warstw wałbrzyskich. Przemawiałyby również za tym wyniki badań nad rolą subsydencji i dyferencjalnej kompaktacji w tej serii osadowej (26). Jednakże rola wymienionych czynników może być w tym przypad-

ku pośrednia – wpływały one na przebieg paleokoryt. Ponieważ bagna torfowiskowe stanowią integralną część równiny zalewowej, to podlegały one wpływom auto-cyklicznego mechanizmu typowego dla środowiska rzeczno-ego (4, 41). Podkreślana przez niektórych badaczy (24) rola czynników hydrologicznych i topograficznych w rozwoju torfowiska może być wynikiem tegoż mechanizmu.

LITERATURA

1. A g t e r b e r g F.P. – Geomathematics. Developments in Geomathematics I. Amsterdam 1974.
2. A l l e n J.R.L. – Studies in fluvial sedimentation: a comparison of fining-upwards cyclothems, with special reference to coarse-member composition and interpretation. Jour. Sed. Petrology, 1970, 40 (1).
3. B e e r b o w e r J.R. – Origin of cyclothems of the Dunkard Group (Upper Pennsylvanian – Lower Permian) in Pennsylvania, West Virginia and Ohio. Geol. Soc. America Bull. 1961, 72 (7).
4. B e e r b o w e r J.R. – Cyclothems and cyclic depositional mechanisms in alluvial plain sedimentation. [in:] D.F. Merriam (ed): Symposium on cyclic sedimentation. State Geol. Surv. Kansas Bull. 169 vol. I. Lawrence 1964.
5. C a m e r o n A.R. – Petrography of Kootenay coals in the Upper Elk River and Crowsnest areas, British Columbia and Alberta, Proceedings First Geological Conference on Western Canadian Coal, Alberta 1972.
6. C a m e r o n A.R., B a b u S.K. – The petrology of the No. 10 (Balmer) coal seam in the Natal area of the Fernie Basin, British Columbia. Geol. Surv. of Canada, paper 68–35, 1968.
7. C a n t D.J., W a l k e r R.G. – Development of a braided-fluvial facies model for the Devonian Battery Point Sandstone, Quebec. Canadian Jour. Earth Sci. 1976, 13 (1).
8. C a r r T.R. – Log-linear models, Markov chains and cyclic sedimentation. Jour. Sed. Petrology, 1982, 52 (3).
9. C h a k r a b a r t i C., S a n y a l S.P., et al. – Markov chain analysis of a coal seam. Fuel 1978, 57 (12).
10. C h r u ś c i e l Z., K a r k o s z R., et al. – Znowelizowana polska klasyfikacja węgla kamiennych węgłów typów. Prz. Gór. 1983 nr 5.
11. C o h e n A.D. – An allochthonous peat deposit from Southern Florida. Geol. Soc. Am. Bull. 1970 v. 81.
12. C o h e n A.D. – Possible influences of subpeat topography and sediment type upon the development of the Okefenokee Swamp-Marsh complex of Georgia. Southeastern Geology 1973 no. 3.
13. C o h e n A.D., S p a c k m a n W. – Methods in peat petrology and their application to reconstruction of paleoenvironments. Geol. Soc. Am. Bull. 1972 v. 83.
14. C o h e n A.D., S p a c k m a n W. – Phytogenic organic sediments and sedimentary environments in the Everglades-mangrove complex (Part II). Palaeontographica 1977 Bd. 162 Abt. B.
15. D u f f P.McL.D., H a l l a m A., et al. – Cyclic Sedimentation. Developments in Sedimentology 10, 1976.
16. D u f f P.McL.D., W a l t o n E.K. – Statistical basis for cyclothems: A quantitative study of the sedimentary succession in the East Pennine coalfield. Sedimentology 1962 I.

17. Francis W. — Coal. London 1961, 2nd Ed.
18. Gingerich P.D. — Markov analysis of cyclic alluvial sediments. *Jour. Sed. Petrology* 1969, 39.
19. Hacquebard P.A., Cameron A.R. — A depositional study of the Harbour seam, Sydney coalfield, Nova Scotia. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. Bd. 12 — Potonié Festschrift*. 1964.
20. Hacquebard P.A., Donaldson J.R. — Carboniferous coal deposition associated with flood-plain and limnic environments in Nova Scotia; in A.C. Dapples and M.E. Hopkins (ed.), *Environments of coal deposition*. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper* 114, 1969.
21. Harbaugh J.W., Bonham-Carter G.F. — *Computer Simulation in Geology*. New York 1970.
22. International Committee for Coal Petrology — *International Handbook of Coal Petrography*. Paris 1963, 2nd Ed.
23. Krumbein W.C. — Markov Models in the Earth Sciences, [in:] R.B. McCammon (ed.): *Concepts in Geostatistics*, 1975.
24. Kulczyński S. — Geneza karbońskich złóż węglowych. *Pr. Wr. Tow. Nauk. Seria B* 1952, 64.
25. Mackowsky M.-Th. — The application of coal petrology. *Spec. Publ. Geol. Soc. S. Afr.*, 1983, 7.
26. Mastalerz K., Mastalerz M. — Dyferencjalna kompakcja i subsydencja w serii węglonośnej na przykładzie warstw wałbrzyskich (dolny namur). *Geol. Form. Węglonośnych Polski — VII Sympozjum. Str. referatów, Kraków* 1984.
27. Mastalerz M. — Możliwość identyfikacji pokładów węgla na podstawie diagramów litotypów. *Prz. Geol.* 1985 nr 11.
28. Miall A.D. — Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain succession. *Sedimentology* 1973 no. 2.
29. Nemeč W. — Modele Markowa w zastosowaniach geologicznych. *Acta Univer. Wratisl., Pr. Geol. — Mineral.* 1981 nr 8.
30. Nemeč W. — Warstwy wałbrzyskie (dolny namur) w Zagłębiu Wałbrzyskim: analiza aluwialnej sedimentacji w basenie węglowym. *Geologia Sudetica* (w druku).
31. Osvald H. — *Myrar och myrodling (Peatlands and their cultivation)* Stockholm 1937.
32. Postma D. — The occurrence and chemical composition of recent Fe-rich mixed carbonates in a river bog. *Jour. Sed. Petrology* 1977 no. 3.
33. Powers D.W., Easterling R.G. — Improved methodology for using embedded Markov chains to describe cyclical sediments. *Jour. Sed. Petrology*, 1982 no. 3.
34. Radomski A., Gradziński R. — Lithologic sequences in the Upper Silesia Coal-Measures (Upper Carboniferous, Poland). *Rocznik PTG.* 1978 nr 2.
35. Read W.A. — Analysis and simulation of Namurian sediments in Central Scotland using a Markov — process model. *Math. Geol.*, 1969 no. 2.
36. Raistrick A., Marshall C.E. — *The Nature and Origin of Coal and Coal Seams*. London 1948.
37. Schwarzscher W. — *Sedimentation Models and Quantitative Stratigraphy. Developments in Sedimentology* 19, 1975.
38. Shibaoka M. — Silica/alumina ratios of the ashes from some Australian coals. *Fuel* 1972, 51.
39. Shibaoka M., Smyth M. — Coal petrology and the formation of coal seams in some Australian sedimentary basins. *Economic Geology* 1975, 70.
40. Smith A.H.V. — Seams profiles and seam characteristics. [in:] Murchison D., Westoll T.S. (ed.) — *Coal and coal-bearing strata*. London 1968.
41. Smyth M., Cook A.C. — Sequence in Australian coal seams. *Math. Geol.* 1976 no. 5.
42. Teichmüller M. — Die Genese der Kohle. *Compte Rendu, 4 Congr. intern. Strat. Geol. Carbonifere, Heerlen* 1958, 3 Maastricht 1962.
43. Turk G. — Transition analysis of structural sequences: discussion. *Geol. Soc. America Bull.* 1979 no. 10.
44. Vistelius A.B. — K woprosu o mechanizmie swiazi pri slojeobrazowanii. *Dokł. Akademii Nauk SSSR*, 1949, 65.
45. Wanless H.R., Weller J.M. — Correlation and extent of Pennsylvanian cyclothem. *Bull. Geol. Soc. America*, 1932, 43.
46. Weller J.M. — Cyclic sedimentation of the Pennsylvanian period and its significance. *Jour. Geology*, 1930 no. 2.
47. Weller J.M. — Argument for diastrophic control of Late Paleozoic cyclothem. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, 1956 no. 1.
48. Wells A.J. — Cyclic sedimentation: A review. *Geol. Mag.* 1960 no. 5.

SUMMARY

A purpose of this paper was to detect a cyclic structure of a coal seam on the background of macroscopic profiling only. Six detail profiles for individual sites of No. 664/665 coal seam of the Wałbrzych Beds, Intra-Sudetic Basin have been investigated. An embedded Markov chain method has been used to test a (coal) lithotype sequence of this seam. The date were transformed into four state system. A set of lithotype succession shows cyclic characteristic with a one — step dependence in the chain.

Peat- (coal-) forming accumulation following a phase of clastic sedimentation starts usually with fine clarain (lithofacies F). It represents a reed moor environment of the peat bog development with plants adapted to relatively deep water cover. Next state in the cycle — durain (lithofacies D) — represents mostly allocthonous deposits of a plant material which seems to be remnants of a previous decay in oxidized conditions. This conclusion seems to be confirmed by microscopic studies. Following element of the cycle — coarse clarain (lithofacies C) represents a forest moor type of the peat bog subenvironments. It indicates relatively drier conditions and probably arborescent type of plant. Dirt bands — mostly mudstones (lithofacies M) finish interseam cycle development. They are a result of flood events and seem to be restricted to vicinity of natural levees.

The cyclicity is a response of changes of the flood plain sedimentation due to internal processes within the alluvial plain environment. The role of external factors (e.g. subsidence) appears to be only indirect.

РЕЗЮМЕ

Целью этой статьи является исследование циклической структуры пласта 664/665 валбжиских слоев Нижнесилезского угольного бассейна. На основании макроскопического профилирования пласта выделены 4 литофации: Ф (мелколаминированный кларен), Д (дурын), Ц (крупноламинированный кларен) и М (алевролиты). Применен метод вложенных цепей Мар-