

11

WYKSZTAŁCENIE FACJALNE WESTFALSKICH MORSKICH POZIOMÓW FAUNISTYCZNYCH PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ I CENTRALNEJ EUROPY

11.1 WPROWADZENIE

Poziom faunistyczny w tradycyjnym ujęciu stanowi warstwę lub zespół warstw zawierających określony zespół skamieniałości, ściśle zlokalizowany w profilu litostratygraficznym. Podstawowym narzędziem służącym do identyfikacji poziomów faunistycznych są badania paleontologiczne, obejmujące charakterystykę taksonomiczną i ilościową fauny. Poziomy faunistyczne, szczególnie te zawierające faunę morską, często charakteryzują się szerokim rozprzestrzenieniem i stanowią doskonałe narzędzie korelacji serii skalnych, nie tylko w obrębie jednego złoża, lecz także w obrębie całego basenu sedymentacyjnego. Poziomy takie mają szczególne znaczenie dla korelacji monotonnej, mułowcowo-ilastej serii paralicznej westfalu północno-zachodniej i centralnej Europy, stanowiącej główną serię węglonośną. Poziomy faunistyczne westfalu Europy wykształcone są w postaci stosunkowo cienkich (do kilkunastu metrów grubości), rozciągających się na dużym obszarze, wkładek będących zapisem morskich lub brakicznych warunków sedymentacji [5, 6, 15, 22, 28, 31].

W ostatnich latach do celów identyfikacji poziomów morskich coraz częściej stosuje się badania geochemiczne. Charakterystyka geochemiczna osadów, wykorzystująca zawartość pierwiastków głównych i śladowych w skałach, stosowana jest nie tylko do identyfikacji osadów morskich, lecz także do korelacji serii skalnych. Ze względu na dostępność nowych technik analitycznych tego typu badania mają coraz większe zastosowanie w geologii górniczej i poszukiwawczej.

W pracy przedstawiono charakterystykę faunistyczną i geochemiczną westfalskich poziomów faunistycznych Europy. Poziomy te charakteryzują się zarówno zmiennością facjalną, jak i zróżnicowanym charakterem geochemicznym osadów.

11.2 ZMIENNOŚĆ FACJALNA WESTFALSKICH POZIOMÓW FAUNISTYCZNYCH NW EUROPY

Osady westfalu stanowią główną serię węglonośną zagłębi Europy północno-zachodniej i centralnej m.in. w Anglii, Niemczech, Belgii, Holandii i Polsce (Lubelskie Zagłębie Węglowe). Są to osady paraliczne, z licznymi poziomami zawierającymi faunę morską (głównie westfal A), przechodzące w utwory brakiczne, a wyżej limniczne.

W osadach westfalu Europy wyróżniono kilkanaście poziomów morskich (Wielka Brytania 19, Niemcy 15, Holandia 14 [9]). Szczegółowej charakterystyki morskich poziomów faunistycznych westfalu północnej Anglii dokonał Calver [4]. Wydzielił on główne horyzonty morskie mające swoje odpowiedniki w innych rejonach Europy północno-zachodniej i centralnej:

- Pot Clay Marine Band (gatunek wskaźnikowy – *Gastrioceras subcrenatum*) – dolny westfal A,
- Clay Cross Marine Band (gatunek wskaźnikowy – *Anthracoceras vanderbeckei*)
- granica westfalu A i B,
- Mansfield Marine Band (gatunek wskaźnikowy – *Anthracoceras hindi*)
- granica westfalu B i C,
- Top Marine Band (gatunek wskaźnikowy – *Anthracoceras cambriense*) – górny westfal C [4].

Korelację tych poziomów z zagłębiami Holandii, Niemiec, Belgii i Polski (Lubelskie Zagłębie Węglowe) przedstawiono na rysunku (rys.11.1).

Stratygrafia		Anglia	Holandia	Niemcy	Belgia	Polska LZW	
Westfal	C	Bolsovian	Top Marine Band				
	B	Duckmantian	Mansfield	Aegir	Aegir	Maurage	
	A	Langsettian	Clay Cross	Katharina	Katharina	Quaregnon	Dunbarella
			Pot Clay	Sarnsbank	Sarnsbank	Ransart	Carbonicola

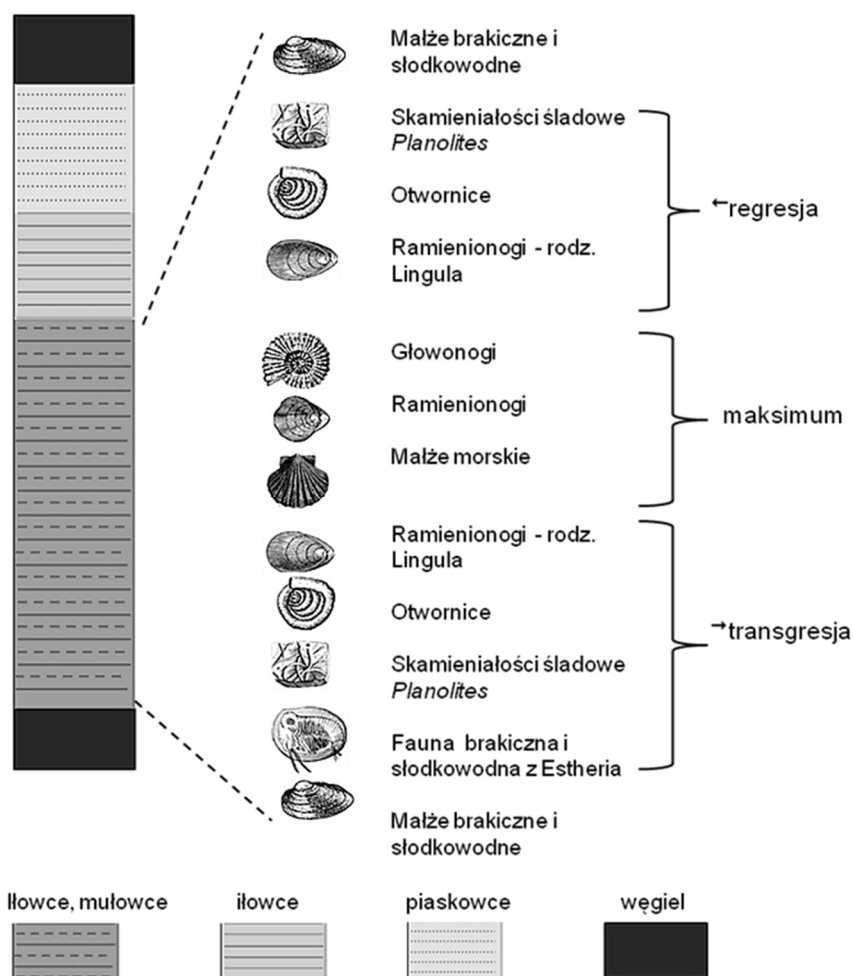
Rys. 11.1 Główne morskie poziomy faunistyczne westfalu północno-zachodniej i centralnej Europy

Źródło: [12].

Faunistyczne poziomy morskie charakteryzują się obecnością określonego

spektrum fauny zależnego od warunków środowiskowych panujących w zbiorniku. Zmiany charakteru fauny w profilach poziomów są ściśle związane ze zmianami głębokości zbiornika, czyli kolejnymi fazami: transgresją morską, maksymalnym poziomem morza i regresją morza. Cykliczność sedimentacji i zmienność fauny w profilach poziomów faunistycznych opisywana była dla basenów europy północno-zachodniej i centralnej przez wielu autorów [4, 7, 9, 10, 16, 12, 27, 31, 33].

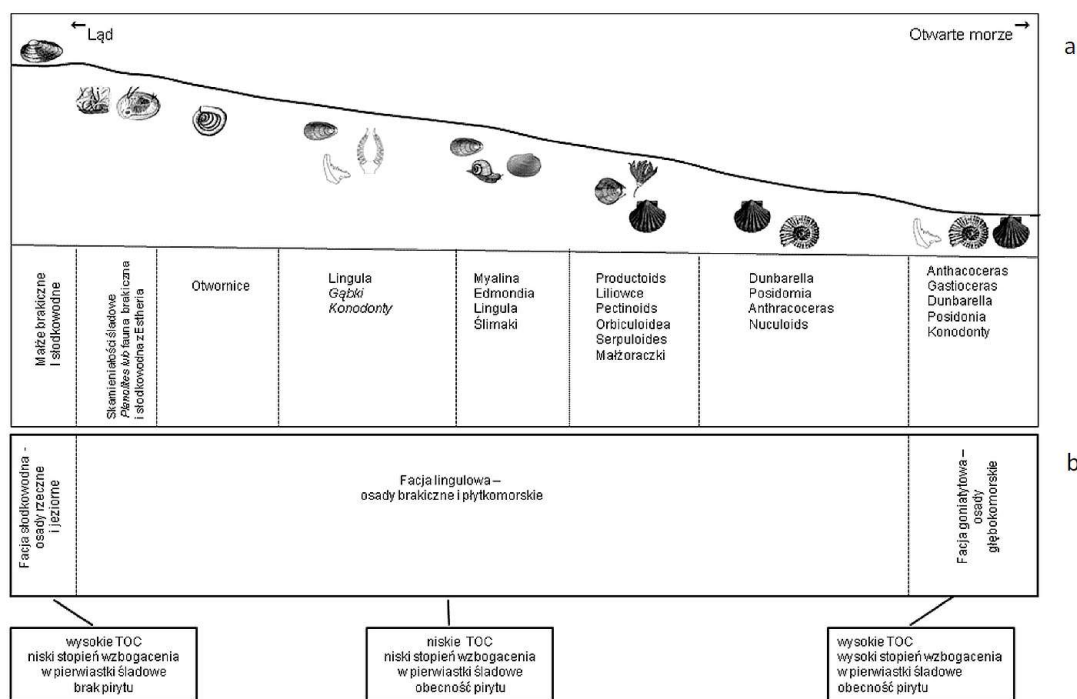
Zgeneralizowaną sekwencję cykliczności występowania zespołów faunistycznych w morskich poziomach faunistycznych na podstawie szczegółowych badań westfalu basenu pennińskiego oraz prac innych autorów przedstawił Calver [4]. Wydzielił on charakterystyczne facje zawierające określone grupy organizmów, w tym facje związane z obecnością fauny słodkowodnej będące często integralną częścią horyzontów morskich. Wertykalne zmiany spektrum fauny odzwierciedlają kolejne etapy transgresji i regresji morza oraz zmiany warunków środowiskowych m.in.: odległość od brzegu, zmiany głębokości zmiany zasolenia, czy charakter dna zbiornika (rys. 11.2, rys. 11.3a).



Rys. 11.2 Zmienność facjalna w profilach morskich poziomów faunistycznych westfalu NW Europy (według Calver [4], zmodyfikowane)

Facja brakiczno-słodkowodna określona została przez Calvera [4] jako

„*Estheria*” *facies* ze względu na obecność, obok słodkowodnych ewentualnie brakicznych małży, stawonogów z rodzaju *Estheria*. Stawonogi te były charakterystyczne dla środowisk bagiennych znajdujących się w pobliżu zbiorników morskich i często traktowane są jako „zwiastuny” transgresji morskiej.



Rys. 11.3 Zmienność taksonomiczna fauny w zależności od odległość od brzegu i głębokości zbiornika morskiego wg Calver [4] zmodyfikowane (a). Klasyfikacja środowiska sedimentacji wg Kombrink i in. [9](b)

Facja planolites (*Planolites facies*) występuje w strefie przejściowej pomiędzy facjami słodkowodnymi a morskimi i reprezentuje osady ujść rzek oraz strefę brzegową morza. Facja ta często związana jest z końcową fazą regresji morskiej, lokalnie występuje także w spągu osadów związanych z transgresją morską. Wykształcona jest zwykle w postaci szarych mułowców z fukoidami i licznie występującym pirytem. Obecność osadów facji planolites zwykle wyklucza obecność opisanej powyżej facji „*Estheria*”.

Facja otwornicowa (*Foraminifera facies*) reprezentuje osady morskie strefy przybrzeżnej i występuje zwykle w postaci cienkich wkładek ilastych.

Facja lingulowa (*Lingula facies*) to facja bardzo powszechnie występująca w obrębie morskich poziomów faunistycznych. Obok licznie występujących ramienionogów z rodzaju *Lingula* w osadach tej facji występują również igły gąbek i konodonty. Facja lingulowa wykształcona jest zazwyczaj w postaci mułowców jednakże podobne spektrum fauny spotkać można również w piaskowcach czy iłowcach. Facja ta reprezentuje, podobnie jak facja otwornicowa, osady morskie strefy przybrzeżnej.

Facja z fauną morską (głównonogami, ramienionogami i małżami – *Cephalopod-*

brachiopod-bivalve facies) reprezentuje osady morskie, a ze względu na liczną i zróżnicowaną faunę tej strefy Calver [4] wydzielił w jej obrębie cztery mniejsze jednostki:

- Fację myalinową (*Myalina facies*) reprezentującą strefę płytkiego morza z licznie występującą fauną bentoniczną w tym z małżami z rodzaju *Myalina* i *Edmondia* oraz małymi ślimakami,
- Fację productidową (*Productoid facies*) reprezentującą strefę płytkiego szelfu, wykształconą w postaci osadów ilasto-mułowcowych (z wkładkami węglanowymi) z ramienionogami należącymi do grupy Productidów oraz liliowcami, ślimakami i licznymi małżami, a lokalnie również z głowonogami,
- Fację pectynoidową (*Pectinoid facies*) reprezentującą głębszą strefę szelfu, wykształconą w postaci szarych mułowców (z pirytem) z pseudonektonicznymi małżami, w tym rodzajami *Dunbarella* i *Posidonia*,
- Fację goniatytową (*Goniatite facies*) reprezentującą strefę głębokiego zbiornika morskiego, wykształconą w postaci czarnych, często spirytyzowanych iłowców typowych dla środowiska atoksycznego, z głowonogami, w tym z rodzajów *Gastrioceras* i *Anthracoceas*.

Powyżej osadów z fauną morską leżą ponownie opisane we wcześniejszej części pracy facje reprezentujące strefę przybrzeżną i brakiczno-słodkowodną (rys. 11.2).

11.3 GEOCHEMIA WESTFALSKICH POZIOMÓW FAUNISTYCZNYCH PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ I CENTRALNEJ EUROPY

Zróżnicowanie facjalne charakterystyczne dla morskich poziomów faunistycznych manifestuje się przede wszystkim zmianą spektrum fauny reprezentującej określone paleośrodowisko. Dodatkowo, zmienność facjalna poziomów faunistycznych wyraża się zmianami w litologii i geochemii osadów budujących te poziomy.

Kombrink i in. [9] przedstawili klasyfikację paleośrodowiska sedymentacji opartą na charakterystyce geochemicznej osadów dotyczącej stopnia wzbogacenia osadów w wybrane pierwiastki (U, Mo, V, Ni, Zn, Cu, Pb), zawartości całkowitego węgla organicznego (*Total Organic Carbon* TOC) oraz obecności pirytu. Na podstawie ich zróżnicowania wyróżnili oni fację słodkowodną, lingulową i goniatytową (rys. 11. 3b).

Facja słodkowodna obejmuje osady rzeczne oraz jeziorne. Charakteryzuje się niewielkim wzbogaceniem w wybrane pierwiastki śladowe, znaczną zawartością TOC oraz brakiem pirytu. Fację lingulową, obejmującą osady brakiczne i płytkowodne, cechuje małe wzbogacenie w wybrane pierwiastki śladowe, mała zawartość TOC i obecność pirytu. Facja goniatytowa reprezentująca osady głębokomorskie charakteryzuje się wzbogaceniem w wybrane pierwiastki śladowe, obfitością TOC i obecnością pirytu. W proponowanej klasyfikacji Kombrink i in. [9] nie precyzują zakresów wartości poszczególnych wskaźników.

Wzbogacenie osadów głębokomorskich w pierwiastki śladowe przytaczane jest przez wielu autorów, a za główny wskaźnik uważana jest podwyższona zawartość uranu, który związany jest głównie z materią organiczną obecną w łupkach deponowanych w warunkach beztlenowych [2, 15, 22, 24, 25, 29]. Zawartość U jest podstawą wydzielanych przez O'Mara i in. [22] czterech typów osadów morskich. Poziomy morskie z wysoką koncentracją U reprezentowane przez czarne łupki z cienkimi wkładkami goniatytowymi deponowane w warunkach beztlenowych są charakterystyczne dla horyzontów morskich namuru. Poziomy morskie z niewielką zawartością U, charakteryzujące się obecnością licznej fauny bentonicznej, wskazują na nieznaczne głębokości zbiornika i związane z tym warunki utleniające. W obrębie tych poziomów mogą występować cienkie wkładki z goniatytami wykazujące nieznaczne wzbogacenie w U. Horyzonty te określone zostały jako "*Vanderbeckei marine bands*". Poziomy morskie bogate w U, zawierające liczne szczątki roślinne i skorupki ramienionogów, są charakterystyczne dla utworów morskich westfalu B/C. Osady brakiczne "*Lingula beds*" z dużą ilością materiału terygenicznego charakteryzują się bardzo małą zawartością U i występują powszechnie w spągu i w stropie morskich poziomów faunistycznych westfalu północno-zachodniej Europy [22].

Osady głębokomorskie tworzące się w warunkach atoksycznych, obok wysokiej zawartości U (> 6 ppm) [22, 24, 25] charakteryzują się również małą niską wartością stosunku Th/U (Th/U < 3) [8,9]. Osady takie dodatkowo mogą się charakteryzować zwiększonym udziałem molibdenu, wanadu, niklu, cynku, ołowiu i miedzi [1, 9, 10, 32]. Wzbogacenie osadów w wybrane pierwiastki jest podstawą, przedstawionej powyżej klasyfikacji facjalnej osadów według Kombrinki in. [9].

11.4 CHARAKTERYSTYKA FACJALNA I GEOCHEMICZNA MORSKIEGO HORYZONTU FAUNISTYCZNEGO *DUNBARELLA* W LUBELSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM

Horyzont (poziom) faunistyczny *Dunbarella* ma zasadnicze znaczenie stratygraficzne i korelacyjne dla Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW). Strop tego poziomu stanowi granicę między westfalem A i B, a jednocześnie granicę sedimentacji paralicznej (westfal A) i limnicznej (westfal B). Poziom *Dunbarella* zlokalizowany jest w spągowej części głównej serii węglonośnej LZW – formacji lubelskiej (westfal A i B) [26, 34]. Poziom ten korelowany jest z poziomem Katharina występującym w Niemczech i Holandii [9, 27], poziomem Quaregnon w Belgii [23] oraz poziomem Clay Cross Marine Band w Anglii [4].

Horyzont *Dunbarella* w LZW szczegółowo opisany przez Musiał i Tabor [19] został oznaczony jako poziom morski z *Dunbarella papyracea*, a badania paleontologiczne tego poziomu prezentowane były przez wielu autorów [3, 7, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 30].

Badania sedymentacyjno-facjalne poziomu *Dunbarella* prowadzone przez Hitnarowicz i Kuchcińską [7] wykazały cykliczność sedimentacji tego poziomu

charakterystyczną dla westfalskich morskich poziomów faunistycznych. Analiza litologii i materiału faunistycznego pochodzącego z 29 otworów wiertniczych wykonanych w latach 1871-1974 pozwoliła na wyróżnienie 3 cykli sedymentacyjnych: spągowego z fauną słodkowodną, środkowego, stanowiącego zasadniczą część poziomu morskiego *Dunbarella* z fauną morską oraz stropowego z fauną morską i brakiczną, licznymi ramienionogami z rodzaju *Lingula* a w najwyższej części również z fauną słodkowodną.

Prowadzone w ostatnich latach prace dokumentacyjne na obszarze złóż węgla kamiennego (K-4-5, K-6-7, K-8, K-9) zlokalizowanych w sąsiedztwie kopalni „Bogdanka” dostarczają nowych danych o wykształceniu poziomu *Dunbarella*. Rezultaty badań paleontologicznych tego poziomu dla nowych otworów wiertniczych LZW autorka pracy przedstawiła w kilku opracowaniach [12, 13, 14]. Dla potrzeb niniejszej pracy wybrano otwór wiertniczy Kulik, jako najbardziej reprezentatywny dla wykształcenia poziomu *Dunbarella*.

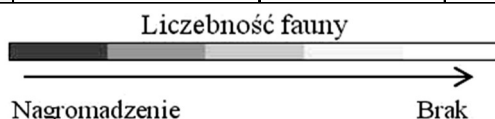
W profilu otworu wiertniczego Kulik, zlokalizowanego na obszarze górniczym Kulik (K-4-5), na południowy wschód od kopalni „Bogdanka”, obecność poziomu faunistycznego *Dunbarella* stwierdzono na głębokości 951,6-960,0 m [12]. W profilu tego poziomu stwierdzono obecność licznej (528 okazów) fauny oznaczalnej na poziomie gatunkowym lub rodzajowym. Najliczniej reprezentowane są typy *Mollusca* (głównie małże, głowonogi i ślimaki) oraz *Brachiopoda* (ramienionogi). Rozprzestrzenienie makrofauny w osadach jest nierównomierne, zarówno pod względem ilościowym jak i rodzajowym. W profilu wydzielono 6 odcinków (o różnej miąższości), w których możliwe było prześledzenie współwystępujących taksonów, tworzących opisane niżej różniące się od innych zespoły faunistyczne (tab. 11.1).

Spągową część profilu poziomu *Dunbarella* w otworze wiertniczym Kulik (959,0-960,0 m p.p.t.) budują ciemnoszare iłowce z pojedynczymi okazami fauny ramienionogowej z rodzaju *Lingula mytilloides* i *Orbiculoidea*. Wyżej (958,0-959,0 m p.p.t.) w obrębie iłowców, występują wkładki węglanowe a nieliczna fauna reprezentowana jest przez rodzaj *Lingula* i pojedyncze morskie małże z rodzaju *Posidonia* i *Nuculopsis*. Osady spągowej części profilu zaklasyfikować można do, scharakteryzowanej przez Calvera [4], facji lingulowej czyli do osadów morskich strefy przybrzeżnej związanych z transgresją morską.

W środkowej części profilu (952,8-958,0 m. p.p.t) wydzielono trzy odcinki nieznacznie różniące się obserwowanym spektrum fauny. W niższej części w szarych, miejscami zapiaszczonych iłowcach z nielicznymi wkładkami dolomitycznymi występuje liczna fauna tworząc poziomy z nagromadzeniami małży z rodzaju *Polidevcia*, *Phestia* oraz *Edmondia*, ramienionogów z rodzaju *Lingula* oraz pojedyncze głowonogi z rodzaju *Anthracoceras*, szczątki ślimaków i trochity liliowców. Wyżej liczebność fauny wyraźnie maleje i jest ona reprezentowana niemal wyłącznie przez małże z rodzaju *Edmondia* i ramienionogi z rodzaju *Lingula*.

Tabela 11.1 Zmienność facjalna w profilu poziomym morskiego Dunbarella otworu wiertniczego Kulik (LZW)

Głębokość m ppt	Liczebność fauny	Dominujące rodzaje	Facja wg Calvera (1968)	Facja wg Kombrink i in. (2008)	Facja wg O'Mara i in. (1997)
951,6		<i>Lingula</i> , szczątki fauny słodkowodnej	Facja brakiczno- słodkowodna	Facja lingulowa - osady brakiczne i płytkomorskie	Facja ligulowa
952,8		<i>Dunbarella</i> <i>Anthracoceras</i> <i>Edmondia</i> <i>Sanguinolites</i>	Facja pectynoidowa		Facja typu Vanderbeckei marine bands
955,5		<i>Edmonia Lingula</i>	Facja myalinowa		Facja ligulowa
956,4		<i>Polidevcia Phestia</i> <i>Edmondia</i> <i>Anthracoceras Lingula</i>	Facja pectynoidowa		
958,0		<i>Lingula Posidonia</i>	Facja ligulowa		
959,0		<i>Lingula</i>			
960,0					



W najwyższym odcinku środkowej części profilu, w miejscami zapiaszczonych iłowcach występuje bardzo liczna fauna z masowymi nagromadzeniami małży z rodzaju *Edmondia*, *Sanguinolites* i *Dunbarella* oraz głowonogami z rodzaju *Anthracoceras*. Środkowa część profilu zaklasyfikowana została do facji pectynoidowej przechodzącej w fację myalinową i ponownie fację pectynoidową czyli facje głębszej strefy szelfu z „chwilowym” wypłycciem zbiornika.

Najwyższa część profilu (951,6-952,8 m p.p.t) to zapiaszczone iłowce i mułowce z wkładkami sydereitycznymi z licznymi ramienionogami (*Lingula*) oraz szczątkami, nieoznaczalnych na poziomie rodzajowym małżów słodkowodnych. Osady stropowej części reprezentują fację brakiczno-słodkowodną (według klasyfikacji Calvera [4]), związaną z regresją morską.

Badania geochemiczne osadów budujących poziom *Dunbarella* w otworze wiertniczym Kulik wykazały stosunkowo niskie zawartości pierwiastków, które według klasyfikacji Kombrink i in.[9] traktowane są jako wskaźnikowe czyli U, Mo, V, Ni, Zn, Cu i Pb. Tylko w środkowej części profilu zaznacza się nieco podwyższony udział Mo (tab. 11.2). Stwierdzono ponadto niewielką zawartość TOC. Uwzględniając

charakter geochemiczny osadów oraz nieznacznym udziałem pirytu można całość poziomu *Dunbarella* w otworze wiertniczym Kulik zaliczyć, według klasyfikacji Kombrinki in. [9], do facji lingulowej reprezentującej środowisko brakiczne i płytkomorskie.

Według klasyfikacji O'Mara i in. [22] niewielka zawartość U oraz obecność licznej fauny bentonicznej i wkładek z goniatytami pozwala zaliczyć środkową część profilu poziomu do osadów typu "*Vanderbeckei marine bands*". Osady te powstały przypuszczalnie w zbiorniku o niewielkiej głębokości i w związanych z tym warunkach utleniających. Spągową i stropową część analizowanego poziomu (według O'Mara i in. [22]) zaliczyć można do facji lingulowej.

Tabela 11.2 Zawartość wybranych pierwiastków i TOC w profilu poziomu morskiego *Dunbarella* z otworu wiertniczego Kulik (LZW)

Zakres głębokości m p.p.t	Liczba próbek	Średnia zawartość pierwiastków (ppm)						TOC (%) (wartość średnia)
		U	Mo	V	Ni	Zn	Cu	
951,6-952,8	3	4,9	0,55	132	62,2	123	41,5	0,78
952,8-955,5	3	4,6	0,90	116	63,4	113	18,4	0,75
955,5-956,4	2	4,1	1,40	121	72,1	95	29,5	0,70
956,4-958,0	3	4,8	4,30	108	71,5	104	30,9	0,98
958,0-959,0	2	3,9	0,50	117	87,3	104	34,7	0,62
959,0-960,0	2	3,7	0,50	124	73,6	101	33,4	0,87

11.5 PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Westfalskie morskie poziomy faunistyczne Europy charakteryzuje zmienność facjalna wyrażająca się zarówno zmianami jakościowymi i ilościowymi makrofauny, jak i ich zróżnicowanym charakterem geochemicznym.

Cykliczność sedymentacji i związana z tym zmienność spektrum fauny w profilach horyzontów morskich bardzo dokładnie pokazuje zmiany paleośrodowiska od środowiska słodkowodnego, poprzez brakiczne i płytkomorskie do środowiska głębokomorskiego.

Analizy geochemiczne osadów budujących westfalskie poziomy faunistyczne pozwalają na identyfikację osadów głębokomorskich tworzących się w warunkach anoksycznych, natomiast w przypadku osadów brakicznych i płytkomorskich badania takie nie umożliwiają precyzyjnej interpretacji środowiska sedymentacji

Badania facjalne korelacyjnego poziomu faunistycznego *Dunbarella* z Lubelskiego Zagłębia Węglowego, wyznaczającego granicę westfalu A i westfalu B, wykazały cykliczność sedymentacji charakterystyczną dla westfalskich poziomów faunistycznych północno-zachodniej Europy przy czym znacznie wyraźniej wskazują na to badania faunistyczne niż badania geochemiczne.

LITERATURA

- [1] T.J. Algeo, J.B. Maynard. „Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems”, *Chemical Geology* No. 206, 2004, pp. 289-318.

- [2] G. Archard, R.A. Trice. „A preliminary investigation into the spectral radiation of the Upper Carboniferous marine bands”, *Newsletters on Stratigraphy*, v. 21, 1990, pp. 167-173.
- [3] K. Bojkowski. „Goniatyty z karbonu Górnosląskiego i Lubelskiego Zagłębia Węglowego”, *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, nr 311, 1979, s. 5-68.
- [4] M.A. Calver. „Distribution of Westphalian marine faunas in Northern England and adjoining areas”, *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, No 37, 1968, pp. 1-72.
- [5] G. Drozdowski. „The Ruhr coal basin (Germany): structural evolution of an autochthonous foreland basin”, *International Journal of Coal Geology*, No23/1-4, 1993, pp. 231-250.
- [6] M. Dusar, E. Paproth, M. Streel, J.M. Bless. „Palaeogeographic and palaeoenvironmental characteristics of major marine incursions in northwestern Europe during the Westphalian C (Bolsovian)”, *Geologica Belgica*, No 3, 2000, pp. 331-347
- [7] T. Hitnarowicz, G. Kuchcińska. „Opis sedymentacyjno-facjalny poziomu morskiego w serii osadów westfalu Lubelskiego Zagłębia Węglowego”, *Kwartalnik Geologiczny*, vol. 20, nr 1, 1976, s. 43-57.
- [8] J.M. Hollywood, C.V. Whorlow. „Structural development and hydrocarbon occurrence of the Carboniferous in the UK Southern North Sea Basin”, [in] Parker, J.R., ed., *Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the Fourth Conference: Geological Society of London*, 1993, pp. 689-696.
- [9] H. Kombrink, B.J.H. Van Os, C.J. Van der Zwan, T.E. Wong. „Geochemistry of marine and lacustrine bands in the Upper Carboniferous of the Netherlands”, *Geologie en Mijnbouw Netherlands Journal of Geosciences*, No 87/4, 2008, pp. 309-322.
- [10] H. Kombrink. „The Carboniferous of the Netherlands and surrounding areas; a basin analysis”, *Geologica Ultraiectina*, No 294, 2008, pp. 184.
- [11] K. Korejwo, R. Teller, „Some Horizons of Upper Carboniferous Goniatites of the Lublin Basin”, *Bull. Acad. Sci. Polon*, No 15/4, 1967, p. 207-209.
- [12] E. Krzeszowska. „New data on the development of the *Dunbarella* marine marker horizon in the Lublin Coal Basin (Poland)”, *International Journal of Coal Geology*, Vol. 150–151, No 1, 2015, pp. 170-180.
- [13] E. Krzeszowska. „Pozycja stratygraficzna poziomu z fauną morską otworu wiertniczego Kulik (Lubelskie Zagłębie Węglowe)”, w: *Geochemia i geologia środowiska terenów uprzemysłowionych*. Monografia. Red. Marek Pozzi. Gliwice. Wydaw. PA NOVA, 2014a, s. 193-206.
- [14] E. Krzeszowska. „Makrofauna poziomu morskiego otworu wiertniczego Borowo (Lubelskie Zagłębie Węglowe)”, *Przegląd Górniczy*. t. 70, nr 10, 2014b, s. 186-191.
- [15] M.R. Leeder, R. Raiswell, H. Al Biatty, A. McMahon, M. Hardman. „Carboniferous stratigraphy, sedimentation and correlation of Well 48/3-3 in the southern North Sea basin; integrated use of palynology, natural gamma/sonic logs and carbon/sulphur geochemistry”, *Journal of the Geological Society of London*, No 147, 1990, pp. 287-300.
- [16] A.O. Ludwig. „Cyclic sedimentation and climatically caused sea-level changes in the Late Palaeozoic of Central Europe”, *Geologische Rundschau* No 83, 1994, pp. 799-810.

- [17] Ł. Musiał, T.M. Tabor. „Stratygrafia karbonu na podstawie makrofauny. w: Karbon Lubelskiego Zagłębia Węglowego”, *Prace PIG*, nr 122, 1988, s. 88-112.
- [18] Ł. Musiał, T.M. Tabor. „Stratygrafia utworów karbonu północno-wschodniej części Lubelskiego Zagłębia Węglowego”, *Kwartalnik Geologiczny*, nr 23/1, 1979, s. 141-152.
- [19] Ł. Musiał, T.M. Tabor. „Strefy faunistyczne westfalu A i B w Lubelskim Zagłębiu Węglowym”, *Przegląd Geologiczny*, nr 18, 1970, s. 387-391.
- [20] Ł. Musiał, T.M. Tabor, H. Żakowa. „Makrofauna”, [in:] *The Carboniferous system in Poland*. Prace PIG, No 168, 1995, p. 23-44.
- [21] Ł. Musiał, T.M. Tabor. „Korelacja biostratygraficzna karbonu górnego Polski z innymi obszarami na podstawie makro- i mikrofauny”, [w:] *Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych. Karbon. Budowa Geologiczna Polski*, Tom III, cz. 1c, 2001, pp. 22-26.
- [22] P.T. O'Mara, B.R. Turner. „Westphalian B marine bands and their subsurface recognition using gamma-ray spectrometry”, *Yorkshire Geological Society, Proceedings*, 1997, pp. 307-316.
- [23] E. Paproth, M. Duser, M.J.M. Bless, J. Bouckaert, A. Delmer, M. Fairon-Demaret, E. Houleberghs, M. Laloux, P. Pierart, Y. Somers, M. Streel, J. Thorez, J. Tricot. „Bio- and lithostratigraphic subdivisions of the Silesian in Belgium; a review”, *Annales de la Societe Geologique de Belgique* 106, 1983, p. 241-283.
- [24] T.J. Pearce, D.S. Wray, K.T. Ratcliffe, D.K. Wright, A. Moscariello, „Chemostratigraphy of the Upper Carboniferous Schooner Formation, southern North Sea”, in J.D. Collinson, D.J. Evans, D.W. Holliday and N.S. Jones, eds. *Carboniferous Hydrocarbon Geology: The Southern North Sea and Surrounding Onshore Areas*: Yorkshire Geological Society, Occasional Publications Series no. 7, 2005, p. 47-164.
- [25] T.J. Pearce, D. McLean, J.H. Martin, K. Ratcliffe, D.S. Wray. „A whole-rock geochemical approach to the recognition and correlation of “Marine Bands”, *Society for Sedimentary Geology*, 2010, p. 221-238.
- [26] J. Porzycki, Z. Zdanowski. „Southeastern Poland. (Lublin Carboniferous Basin)”, in: *The Carboniferous system in Poland*. Prace PIG, 168, 1995, s. 102-109.
- [27] A. Rabitz. „Der marine Katharina-Horizont (Basis des Westfal B) im Ruhrrevier und seine Fauna”, *Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen*. 13, 1966, p. 125-196.
- [28] W.H.C. Ramsbottom, M.F. Ridd, W.A. Read. „Rates of transgression and regression in the Carboniferous of NW Europe; with discussion and reply”, *Journal of the Geological Society of London*. 136, 1979, p.147-154.
- [29] K.T. Ratcliffe, A.M. Wright, C. Hallsworth, A. Morton, B.A. Zaitlin, D. Potocki, D.S. Wray. „Alternative correlation techniques in the petroleum industry: an example from the (Lower Cretaceous) Basal Quartz, Southern Alberta”, *American Association of Petroleum Geologists*, v. 88, 2004, p. 1419-1432.
- [30] S. Skompski. „Regional and global chronostratigraphic correlation levels in the late Viséan to Westphalian succession of the Lublin Basin (SE Poland)”, *Geological Quarterly*. 42/2, 1998, p. 121-130.

- [31] M.P. Suess, G. Drozdowski, A. Schaefer. „Sedimentary environment dynamics and the formation of coal in the Pennsylvanian Variscan foreland in the Ruhr Basin (Germany, Western Europe)”, *International Journal of Coal Geology*. 69, 2007, pp. 267-287.
- [32] N. Tribovillard, T.J. Algeo, T. Lyons, A. Riboulleau. „Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update”, *Chemical Geology* 232, 2006, pp. 12.
- [33] M.I. Waksudzka. „Sequence stratigraphy of Carboniferous paralic deposits in the Lublin Basin (SE Poland)”, *Acta Geologica Polonica*, 60, 2010, pp. 557-579.
- [34] A. Zdanowski (red.). *Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego 1:500000*. PIG Warszawa, 1999.

WYKSZTAŁCENIE FACJALNE WESTFALSKICH MORSKICH POZIOMÓW FAUNISTYCZNYCH PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ I CENTRALNEJ EUROPY

Streszczenie: W pracy przedstawiono charakterystykę faunistyczną i geochemiczną westfalskich poziomów faunistycznych Europy. Poziomy te charakteryzuje zmienność facjalna wyrażająca się, zarówno zmianami w spektrum makrofauny, jak i zróżnicowanym charakterem geochemicznym osadów. Analiza facjalna poziomu *Dunbarella* (granica westfalu A i B) z Lubelskiego Zagłębia Węglowego, korelowanego z poziomem Katharina, poziomem Quaregnon oraz poziomem Clay Cross Marine Band, wykazała cykliczność sedimentacji charakterystyczną dla westfalskich poziomów faunistycznych.

Słowa kluczowe: morskie poziomy faunistyczne, poziomu faunistyczny *Dunbarella*, westfal A i B, Lubelskie Zagłębie Węglowe

FACIES DEVELOPMENT OF THE WESTPHALIAN MARINE FAUNAL HORIZONS OF NORTHWESTERN AND CENTRAL EUROPE

Abstract: The paper presents faunal and geochemical characterization of the Westphalian marine faunal horizons of Europe. This horizons are characterized by facies variability expressed by faunal spectrum variability and different geochemical features of the sediments. Facies analysis of the *Dunbarella* horizon (boundary Westphalian A and B) of the Lublin Coal Basin, which is correlated with Katharina horizon, Quaregnon horizon and Clay Cross Marine Band horizon showed the cyclic sedimentation typical for the Westphalian marine fauna horizons.

Key words: marine faunal horizons, faunal *Dunbarella* horizon, Westphalian A and B, Lublin Coal Basin

dr Ewa Krzeszowska
Politechnika Śląska,
Wydział Górnictwa i Geologii
Instytut Geologii Stosowanej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice
e-mail: ewa.krzeszowska@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 06.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 09.2016