

BIOSTRATYGRAFIA OSADÓW MIOCENU Z OTWORÓW WIERTNICZYCH BUSKO (MŁYNY) PIG-1 I KAZIMIERZA WIELKA (DONOSY) PIG-1 NA PODSTAWIE OTWORNIC (PÓŁNOCNA CZĘŚĆ ZAPADLISKA PRZEDKARPACKIEGO)

FORAMINIFERAL BIOSTRATIGRAPHY OF THE MIOCENE DEPOSITS FROM THE BUSKO (MŁYNY) PIG-1 AND KAZIMIERZA WIELKA (DONOSY) PIG-1 BOREHOLES (NORTHERN PART OF THE CARPATHIAN FOREDEEP)

JOLANTA PARUCH-KULCZYCKA¹

Abstrakt. Badania mikropaleontologiczne przeprowadzono na próbkach pobranych z kompleksu osadów mioceńskich przewierconych otworami wiertniczymi Busko (Młyny) PIG-1² i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. Oba otwory są zlokalizowane w północno-zachodniej części zapadliska przedkarpackiego. Materiał do badań pobrano z ilastych i ilasto-marglistych przewarstwień występujących w osadach podścielających serię ewaporatów, z serii ewaporatów oraz z jej nadkładu. W artykule przedstawiono wyniki taksonomicznej i biostratygraficznej analizy wyróżnionych zespołów otwornicowych. Obecność w tych zespołach taksonów wskaźnikowych dla określonych poziomów otwornicowych umożliwiła ich korelację z regionalnymi jednostkami biostratygraficznymi ustanowionymi dla różnych obszarów zapadliska przedkarpackiego. W profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 wyodrębniono pięć zespołów mikrofaunistycznych (Z.b.I–Z.s.V). Cztery z nich skorelowano z badeńskimi poziomami otwornicowymi: z poziomem *Orbulina suturalis*/*Praeorbulina* (Z.b.I) datowanym na wczesny baden (moraw) oraz z poziomami *Neobulimina longa* (Z.b.II), *Velapertina indigena* (Z.b.III) i *Hanzawaia crassiseptata* (Z.b.IV) datowanymi na późny baden (kosow). Ostatni zespół przyporządkowano poziomowi *Anomalinoides dividens* (Z.s.V) z wczesnego sarmatu (wołyn). W profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 wydzielono trzy zespoły otwornicowe (Z.b.I–Z.s.III). Najstarszy zespół odpowiada poziomowi otwornicowemu *Velapertina indigena* (Z.b.I) datowanemu na późny baden (kosow), a następny poziomowi *Varidentella sarmatica* (Z.s.II) z wczesnego sarmatu (wołyn). Trzeci zespół (Z.s.III), ze względu na zły stan zachowania mikrofauny, zaliczono ogólnie do sarmatu. Zastępujące się obocznie planktoniczne i bentoniczne zespoły otwornicowe potwierdzają duże zróżnicowanie facjalne osadów, które powstały w późnym badenie i we wczesnym sarmacie w brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego.

Słowa kluczowe: otwornice, biostratygrafia, baden, sarmat, zapadlisko przedkarpackie.

Abstract. Micropaleontological study of Miocene deposits from the Busko (Młyny) PIG-1 and Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 boreholes, located in the northern part of the Carpathian Foredeep, has allowed taxonomic and biostratigraphic characteristics of foraminiferal assemblages. The samples were taken from clay and clay-marly interbeds in sub-evaporitic, evaporitic and supra-evaporitic complexes. In the Busko (Młyny) PIG-1 borehole, five foraminiferal assemblages have been defined (Z.b.I–Z.s.V), corresponding with the following foraminiferal zones: *Orbulina suturalis*/*Praeorbulina* – Z.b.I (Moravian substage of the Early Badenian), *Neobulimina longa* – Z.b.II; *Velapertina indigena* – Z.b.III, *Hanzawaia crassiseptata* – Z.b.IV (Kosovian substage of the Late Badenian) and *Anomalinoides dividens* – Z.b.V (Volhynian substage of the Early Sarmatian). In the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole, two foraminiferal assemblages have been identified (Z.b.I and Z.s.II), correlated with following foraminiferal zones *Velapertina indigena* – Z.b.I (Kosovian substage of the Late Badenian) and *Varidentella sarmatica* – Z.s.II (Volhynian substage of the Early Sarmatian). The third assemblage (Z.s.III), because of poor preservation of foraminifera has been attributed to the Sarmatian stage in general. Lateral replacement of planktonic and benthonic foraminiferal assemblages confirms a significant facies variability of the Late Badenian deposits that accumulated in the northern margin of marine basin in the Carpathian Foredeep.

Key words: foraminifera, biostratigraphy, Badenian, Sarmatian, Carpathian Foredeep.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: jolanta.paruch-kulczycka@pgi.gov.pl.

² Nazwy otworów wiertniczych podano zgodnie z dokumentacją.

WSTĘP

Morskie osady miocenu występują w polskiej części zapadliska przedkarpackiego, należącego do systemu neogeńskich basenów Paratety. Powstanie tych basenów było związane z dźwiganie się Karpat i Alp w fazie wczesnostyryjskiej orogenezy alpejskiej, a dalszy ich rozwój zależał od rodzaju i natężenia procesów geodynamicznych zachodzących na tym obszarze (Seneš, 1971, 1979; Oszczytko, 1996, 2006; Rögl, 1998; Steininger, Wessely, 2000; Kováč i in., 2007). Baseny Paratetydy, na skutek aktywności tektonicznej i globalnych wahań poziomu morza, miały okresową łączność z bioprowincją śródziemnomorską i indopacyficzną. Skomplikowana historia geologiczna poszczególnych basenów doprowadziła w miocenie do regionalnego zróżnicowania środowisk sedymentacji oraz zwiększenia bioróżnorodności w świecie organicznym. Nastąpiła regionalna indywidualizacja zespołów otwornicowych, co znalazło swoje odbicie w zapisie kopalnym mikrofauny i przyczyniło się do stworzenia wielu lokalnych podziałów biostratygraficznych opartych na otwornicach planktonicznych lub bentonicznych (Grill, 1941, 1943; Alexandrowicz, 1958; Papp, 1963; Łuczowska, 1964, 1974; Cicha, 1975; Wengliniski, 1975; Steininger i in., 1976; Gonera, 1997; Zlinská, 1998; Zlinská, Halássová, 1999). W wielu przypadkach naturalny brak otwornic planktonicznych w okre-

ślonych facjach lub eliminacja skorupki otwornicowych na skutek niszczącego oddziaływania czynników geochemicznych lub diagenetycznych uniemożliwiają odniesienie się do standardowej biostratygrafii opartej na otwornicach planktonicznych (Blow, 1969; Cita, Blow, 1969; Bolli, Saunders, 1985; Berggren i in., 1995). Dyskusyjna pozostaje również korelacja lokalnych wydzielen biostratygraficznych z podziałami chronostratygraficznymi i magnetostratygraficznymi (Berggren i in., 1995; Król, Jeleńska, 1999; Hudáčková i in., 2003; Túnyi i in., 2005; Kováč i in., 2007, Rögl i in., 2008). Mając na uwadze wspomniane problemy, ostatnio poddano badaniom mikropaleontologicznym utwory nadkładu serii ewaporatowej pobrane w formie rdzeni z dwóch nowych otworów wiertniczych – Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 – położonych w brzeżnej strefie zapadliska przedkarpackiego. Celem badań mikropaleontologicznych była analiza fauny otwornicowej ze szczególnym uwzględnieniem jej pozycji biostratygraficznej w badanych profilach. Nawiercone utwory powstały w różnych warunkach paleogeograficznych panujących w miocenie w brzeżnej strefie północnej części basenu zapadliska przedkarpackiego (zob. Czapowski, Gąsiewicz, 2015).

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Przedmiotem badań mikropaleontologicznych była seria osadów badeńskich i sarmackich przewierconych otworami wiertniczymi Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka

(Donosy) PIG-1. Oba otwory znajdują się w północno-zachodniej części zapadliska przedkarpackiego (fig. 1). Materiał do analiz mikropaleontologicznych pochodził z ilastych i ilasto-

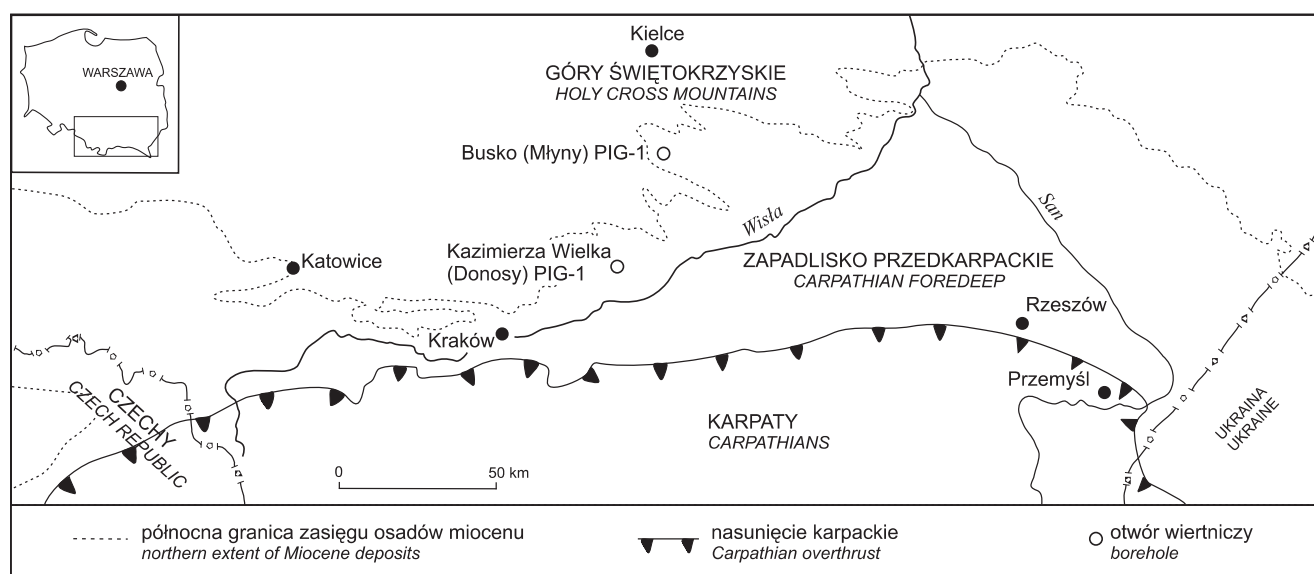


Fig. 1. Lokalizacja badanych otworów wiertniczych

Location of studied boreholes

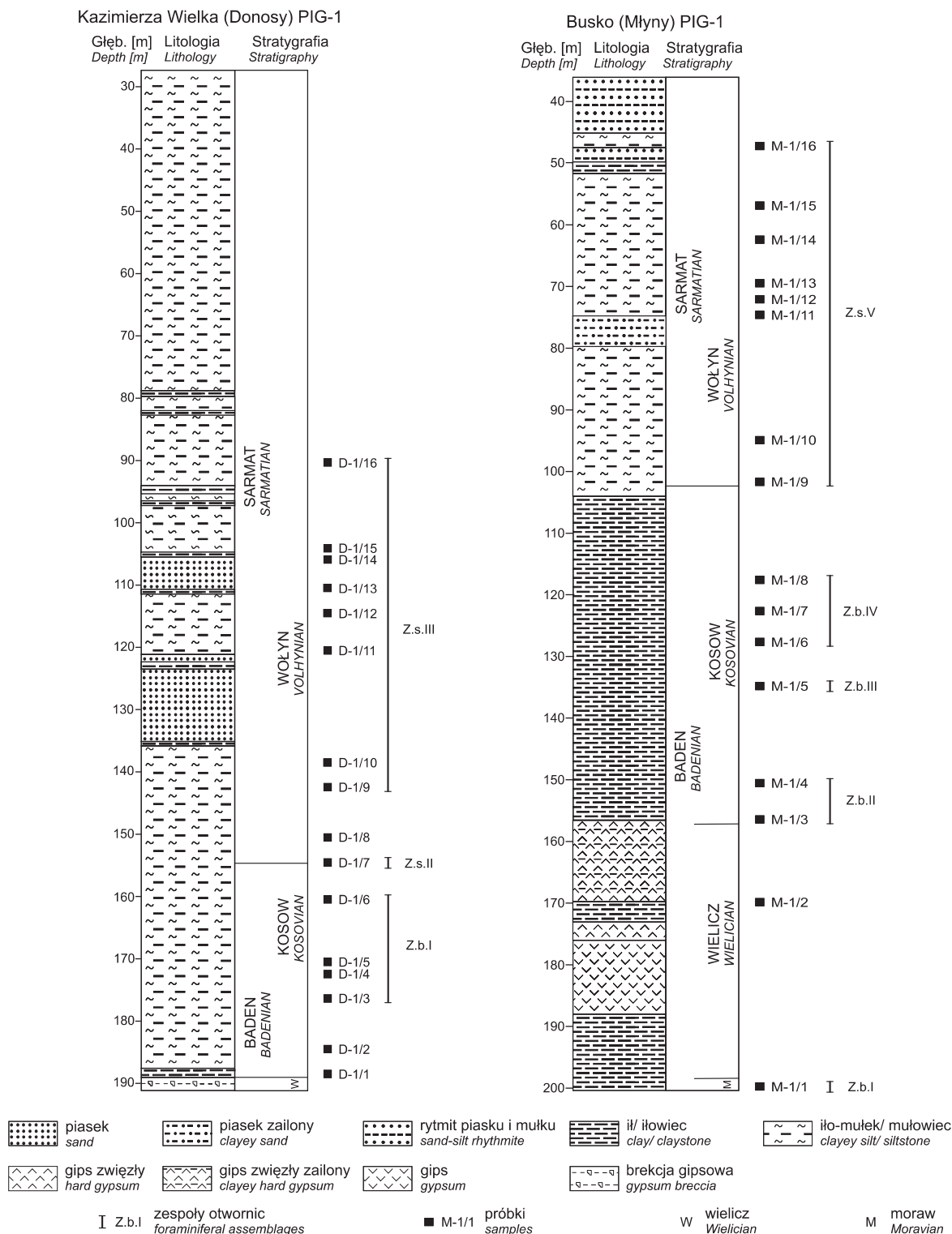


Fig. 2. Profile litologiczne otworów wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 (wg Czapowskiego, Gąsiewicz, 2015, uproszczone)

Lithologic profiles of Busko (Młyny) PIG-1 and Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 boreholes (after Czapowski, Gąsiewicz, 2015, simplified)

-marglistych przewarstwień występujących w osadach podścielających serię ewaporatów, z serii ewaporatów oraz z jej nadkładu.

Próbki pobierano punktowo, w nieregularnych odstępach, po 16 z każdego otworu. Ich numerację zapoczątkowano od spągu badanego profilu, a kolejne numery nadawano zgodnie

Tabela 1 cd.

[illegible]

Tabela 1 cd.

Otwornice	Próbka/ głębokość [m]															
	M-1/1/ 199,6	M-1/2/ 169,7	M-1/3/ 156,3	M-1/4/ 151,4	M-1/5/ 134,7	M-1/6/ 127,5	M-1/7/ 122,5	M-1/8/ 117,4	M-1/9/ 101,5	M-1/10/ 94,7	M-1/11/ 74,5	M-1/12/ 71,9	M-1/13/ 69,3	M-1/14/ 62,4	M-1/15/ 56,8	M-1/16/ 47,3
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel et Moll)						+										
<i>Anomalinoides dividens</i> Łuczowska									+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heterolepa dutemplei</i> (d'Orbigny)					+	+	+									
<i>Gyroidinoides umbonatus</i> (Silvester)						+										
<i>Hansenisca soldanii</i> (d'Orbigny)	+				+	+										
<i>Hanzawaia crassiseptata</i> (Łuczowska)					+	+	+	+								
<i>Elphidium koberi</i> Tollmann												+	+		+	+
<i>Elphidium josephinum</i> (d'Orbigny)												+			+	+
<i>Elphidium echinus</i> Serova										+					+	
<i>Elphidium flexuosum</i> (d'Orbigny)							+	+								
<i>Elphidium fichtellianum</i> (d'Orbigny)			+				+	+								
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)										+						
<i>Elphidium joukovi</i> Serova									+	+	+					
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel et Moll)									+		+					
<i>Elphidium angulatum</i> (Egger)											+					
<i>Globigerina praebulloides</i> Blow	+															
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	+		+		+	+										
<i>Globigerina concinna</i> Reuss					+	+										
<i>Globigerina diplostoma</i> Reuss					+	+										
<i>Globigerina druryi</i> (Akers)					+	+										
<i>Globigerina falconensis</i> (Blow)					+	+										
<i>Globigerina tarchanensis</i> Subbotina et Chutzieva			+		+	+										
<i>Globigerina subcretacea</i> Łomnicki					+											
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss)	+															
<i>Globigerinoides bisphericus</i> Todd	+															
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)	+															
<i>Praeorbulina glomerosa glomerosa</i> (Blow)	+															
<i>Praeorbulina glomerosa circularis</i> (Blow)	+															
<i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann	+				+											
<i>Velapertina indigena</i> (Łuczowska)					+											
<i>Globigerinella regularis</i> (d'Orbigny)	+		+													
<i>Paragloborotalia? mayeri</i> (Cushman et Ellisor)	+															
<i>Globorotalia bykovae</i> (Aisenstat)	+															
Redeponowane otwornice										+					+	+

Występowanie otwornic w próbkach – otwór wiertniczy Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1

Foraminifera distribution in the samples – Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole

[illegible]

Tabela 2 cd.

Otwornice	Próbka/ głębokość [m]															
	D-1/1/ 188,7	D-1/2/ 184,5	D-1/3/ 176,5	D-1/4/ 172,5	D-1/5/ 170,5	D-1/6/ 160,5	D-1/7/ 154,5	D-1/8/ 150,5	D-1/9/ 142,5	D-1/10/ 138,5	D-1/11/ 120,5	D-1/12/ 114,5	D-1/13/ 110,5	D-1/14/ 105,5	D-1/15/ 104,5	D-1/16/ 90,5
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)						+										
<i>Fissurina</i> sp.					+											
<i>Glandulina ovula</i> d'Orbigny						+										
<i>Bolivina pokorny</i> Cicha et Zapletalova						+										
<i>Bolivina pseudoplicata</i> Heron-Allen et Erland						+										
<i>Bolivina dilatata dilatata</i> Reuss						+										
<i>Bolivina dilatata maxima</i> Cicha et Zapletalova						+										
<i>Bolivina plicatella</i> Cushman						+										
<i>Bolivina sarmatica</i> Didkowski							+									
<i>Bolivina nisiporensis</i> Didkowski							+									
<i>Bulimina subulata</i> Cushman et Parker				+	+	+										
<i>Bulimina striata striata</i> d'Orbigny						+										
<i>Bulimina insignis</i> Łuczowska					+											
<i>Uvigerina pygmaea</i> d'Orbigny					+											
<i>Uvigerina romaniaca</i> Papp					+											
<i>Uvigerina asperula</i> Czjzek					+											
<i>Angulogerina angulosa</i> (Williamson)						+										
<i>Ceratocancria</i> sp.					+											
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny						+										
<i>Cibicides ungerianus ungerianus</i> (d'Orbigny)						+										
<i>Cibicides vishniewskii</i> Venglini						+										
<i>Cibicides dorzotumidus</i> Serova						+										
<i>Heterolepa dutemplei</i> (d'Orbigny)						+										
<i>Turborotalita quinqueloba</i> (Natland)			+		+	+										
<i>Globigerina praebulloides</i> Blow			+													
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny			+	+	+	+										
<i>Globigerina concinna</i> Reuss			+		+	+										
<i>Globigerina diplostoma</i> Reuss			+		+											
<i>Globigerina druryi</i> (Akers)			+	+	+	+										
<i>Globigerina falconensis</i> (Blow)					+	+										
<i>Globigerina tarchanensis</i> Subbotina et Chutzieva			+	+	+											
<i>Globigerina</i> sp.			+	+	+	+										
<i>Velapertina indigena</i> (Łuczowska)			+	+	+	+										
<i>Globigerinella regularis</i> (d'Orbigny)					+											
Redeponowe otwornice								+		+	+	+	+	+	+	+

SUKCESJA ZESPOŁÓW OTWORNICOWYCH W PROFILU OTWORU WIERTNICZEGO BUSKO (MŁYNY) PIG-1

Badania mikropaleontologiczne przeprowadzono na próbkach osadów pobranych z profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 z głębokości od 199,6 m (próbka M-1/1) do 47,3 m (próbka M-1/16). Występowanie otwornic stwierdzono w 15 próbkach (tab. 1). Tylko w jednej próbce, pochodzącej z serii ewaporatów, mikrofauna nie występowała. Wyodrębniono pięć zespołów otwornicowych, od Z.b.I do Z.s.V (fig. 2).

Najstarszy zespół otwornicowy (Z.b.I) w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 wyróżniono w ciemno-beżowym iłowcu wapnistym występującym w spągu profilu, na głębokości 199,6 m (próbka M-1/1). Ten bogaty, dobrze zachowany zespół jest reprezentowany przez formy zarówno planktoniczne, jak i bentoniczne. Najliczniejsze są otwornice planktoniczne: *Orbulina suturalis* Brönnimann, *Globigerinoides trilobus* (Reuss), *G. bisphericus* Todd, *G. quadrilobatus* (d'Orbigny), *Praeorbulina glomerata circularis* (Blow), *P. glomerata glomerata* (Blow), *Globigerina praebuloides* Blow, *G. bulloides* d'Orbigny, *Paragloborotalia mayeri* (Cushman et Ellisor) i *Globorotalia bykovae* (Aisenstat). Mniejszy udział mają otwornice bentoniczne, wśród których wyróżniono *Laevidentalina elegans* (d'Orbigny), *Lenticulina inornata* (d'Orbigny), *Vaginulinopsis pedum* (d'Orbigny), *Bolivina plicatella* Cushman, *Uvigerina aculeata* d'Orbigny,

Valvulinaria complanata (d'Orbigny), *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny, *Cibicidoides ungerianus ungerianus* (d'Orbigny), *Hansenisca soldanii* (d'Orbigny), *Spirorutilus carinatus* (d'Orbigny), *Gaudryinopsis beregoviensis* (Vengliniski) oraz *Martinottiella karreri* (Cushman).

Na podstawie obecności gatunku wskaźnikowego *Orbulina suturalis* Brönnimann oraz gatunków charakterystycznych: *Praeorbulina glomerata glomerata* (Blow), *P. glomerata circularis* (Blow), *Globigerinoides trilobus* (Reuss) i *G. bisphericus* Todd określono wiek zespołu na wczesny baden (moraw) – planktoniczny poziom otwornicowy *Orbulina suturalis*/ *Praeorbulina* (fig. 3).

Następny zespół otwornicowy (Z.b.II) w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 zidentyfikowano w poziomie laminowanym iłowcu wapnistym, występującym na głębokości od 156,3 m (próbka M-1/3) do 151,4 m (próbka M-1/4). Zespół ten ma charakter mieszany, bentonicko-planktoniczny. W jego skład wchodzi wiele drobnych, słabo zachowanych, często pokruszonych i przekształconych osobników. Na taki stan zachowania mikrofauny wpłynęła silna dynamika środowiska oraz chemiczne oddziaływanie występujących poniżej osadów ewaporatowych. W zespole największy udział mają otwornice bentoniczne: *Neobulimina longa* Vengliniski, *Valvulinaria complanata* (d'Orbigny),

STRATYGRAFIA STRATIGRAPHY		POZIOMY OTWORNICOWE FORAMINIFERAL ZONES			
		plankton plankton	bentos/ plankton benthos/ plankton	bentos benthos	bentos benthos
		Cicha (1975)	Łuczkowska (1962, 1964)	Cicha (1975)	Grill (1941, 1943)
ŚRODKOWY MIOCEN MIDDLE MIOCENE	SARMAT SARMATIAN	BESARAB BESSARABIAN		<i>Protelphidium subgranosum</i>	<i>Nonion granosum</i>
			<i>Elphidium hauerinum</i>	<i>Elphidium hauerinum</i> <i>Elphidium antoninum</i>	<i>Elphidium hauerinum</i>
			<i>Varidentella sarmatica</i>		
			<i>Cycloforina karreri ovata</i>		
	BADEN BADENIAN	WOLYN VOLHYNIAN	<i>Anomalinoidea dividers</i>	<i>Elphidium reginum</i> <i>Cibicides badenensis</i>	<i>Elphidium reginum</i>
			<i>Velapertina indigena</i>	<i>Uvigerina hispidocostata</i> <i>Pavonitina</i>	<i>Bulimina-Bolivina</i>
			<i>Hanzawaia crassiseptata</i>		poziom z otwornicami aglutynującymi zone with agglutinated Foraminifera
	MORAW MORAVIAN	KOSOW KOSOVIAN	<i>Neobulimina longa</i>	<i>Pseudotriplasia elongata</i> <i>Uvigerina semiornata brunensis</i>	górný poziom Lagenidae upper Lagenidae zone
			<i>Globigerina druryi</i> <i>Globigerina decoraperta</i>		
			<i>Uvigerina costai</i>		
	MORAW MORAVIAN	WIELICZ WIELICIAN	<i>Orbulina suturalis</i> <i>Praeorbulina</i>	<i>Candorbulina suturalis</i>	dolny poziom Lagenidae lower Lagenidae zone
				<i>Lenticulina echinata</i>	

Fig. 3. Biostratygraficzna korelacja lokalnych poziomów otwornicowych występujących w Paratetydzie Środkowej

Biostratigraphic correlation of local foraminiferal zones in the Central Parathetys area

Elphidium fichtellianum (d'Orbigny) i *Cibicides* sp., którym towarzyszą nieliczne otwornice planktoniczne: *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *G. tarchanensis* Subbotina et Chutzieva oraz *Globigerinella regularis* (d'Orbigny). Z otwornicami współwystępują uwęglone szczątki roślin, szczątki ryb, pojedyncze ziarna glaukonitu oraz liczne zgniecione skorupki skrzydłonogów z rodzaju *Spiralis*.

Obecność w zespole gatunku wskaźnikowego *Neobulimina longa* Venglini pozwala na korelację z bentonicznym poziomem otwornicowym *Neobulimina longa* (fig. 3) związanym z najstarszym cyklem sedymentacyjnym późnego badenu. Taką pozycję stratygraficzną sugeruje również duże nagromadzenie skrzydłonogów z rodzaju *Spiralis*, charakterystyczne dla utworów ogniwa spiralisowego wydzielanego w centralnej i południowej części zapadliska przedkarpaciego tuż nad osadami ewaporatowymi (Jurkiewicz, Karnowski, 1961; Jasionowski, 1997).

Kolejny zespół otwornicowy (Z.b.III) w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 stwierdzono na głębokości 134,7 m (próbka M-1/5), w wapnistym iłowcu bezstrukturalnym. W tym zespole, bogatym pod względem ilościowym i zróżnicowanym taksonomicznie, dominują formy planktoniczne, którym towarzyszą formy bentoniczne. Otwornice planktoniczne są reprezentowane przez *Velapertina indigena* (Łuczowska), *Orbulina suturalis* Brönnimann, *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *G. diplostoma* Reuss, *G. druryi* (Akers), *G. decoraperta* Takayanagi et Saito, *G. falconensis* (Blow) i *G. tarchanensis* Subbotina et Chutzieva, a otwornice bentoniczne przez: *Bolivina dilatata maxima* Cicha et Zapletalova, *B. dilatata dilatata* Reuss, *Bulimina insignis* Łuczowska, *B. subulata* Cushman et Parker, *Uvigerina bellicosta* Łuczowska, *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny, *Pullenia bulloides* (d'Orbigny), *Heterolepa dutemplei* (d'Orbigny), *Hansenisca soldanii* (d'Orbigny), *Siphotextularia inopinata* Łuczowska, *Pseudogaudryina karreriana* (Cushman) i *Spirorutilus carinatus* (d'Orbigny).

Wysoka frekwencja taksonu wskaźnikowego *Velapertina indigena* (Łuczowska) oraz obecność charakterystycznych otwornic planktonicznych wskazują na późnobański planktoniczny poziom otwornicowy *Velapertina indigena* (fig. 3). Liczne radiolarie towarzyszące otwornicom mogą być kojarzone z radiolariowym horyzontem korelacyjnym wyróżnionym w zapadlisku przedkarpaciego w osadach datowanych na późny baden (Barwicz-Piskorz, 1981).

Badeński zespół Z.b.IV występuje w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 na głębokości od 127,5 m (próbka M-1/6) do 117,4 m (próbka M-1/8). Charakteryzuje go stopniowy zanik form planktonicznych przy równoczesnym intensywnym rozwoju form bentonicznych. W zespole Z.b.IV bentosowa fauna otwornicowa jest reprezentowana przez taksony: *Hanzawaia crassiseptata* (Łuczowska), *Bulimina insignis* Łuczowska, *Bolivina dilatata maxima* Cicha et Zapletalova, *Uvigerina bellicosta* Łuczowska, *U. costatoides* Papp et Schmid, *U. romaniaca* Papp, *Angulogerina angulosa* (Williamson), *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny, *Pullenia quinqueloba* (Reuss), *P. bulloides* (d'Orbigny), *Heterolepa dutemplei* (d'Orbigny), *Hansenisca soldanii*

(d'Orbigny), *Elphidium fichtellianum* (d'Orbigny), *Glandulina ovula* d'Orbigny, *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll), *Gyroidinoides umbonatus* (Silvester), *Siphotextularia inopinata* Łuczowska, *Pseudogaudryina karreriana* (Cushman), *Spirorutilus carinatus* (d'Orbigny), nielicznie występuje też plankton: *Globigerina concinna* Reuss, *G. bulloides* d'Orbigny, *G. diplostoma* Reuss, *G. druryi* (Akers), *G. falconensis* (Blow) i *G. tarchanensis* Subbotina et Chutzieva. W okresie maksymalnego rozwoju zespołu Z.b.IV otwornicom towarzyszyły mikroorganizmy *Bolboforma badenensis* Szczechura charakterystyczne dla późnobańskich zespołów otwornicowych (Szczechura, 1997; Paruch-Kulczycka, 2003). W końcowym etapie rozwoju zespołu Z.b.IV obserwuje się ubożenie fauny otwornicowej. Otwornice stają się nieliczne, źle zachowane, silnie mechanicznie zniszczone, prawdopodobnie wielokrotnie resedymetowane. Towarzyszą im pokruszone muszle małży, ślimaków, małżoraczków oraz znaczna ilość kongrecji pirytowych. Obecność wskaźnikowego taksonu *Hanzawaia crassiseptata* (Łuczowska), jak również znaczny udział taksonów: *Bulimina insignis* Łuczowska, *Bolivina dilatata maxima* Cicha et Zapletalova, *Uvigerina bellicosta* Łuczowska i *U. costatoides* Papp et Schmid umożliwiają powiązanie zespołu Z.b.IV z bentonicznym późnobańskim poziomem otwornicowym *Hanzawaia crassiseptata* (fig. 3).

Na głębokości od 101,5 m (próbka M-1/9) do 47,3 m (próbka M-1/16) w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1, w osadach wykształconych w postaci wapnistej rytmity iłu i mułku przechodzącego w stropowej części w rytmie szaro-zielonego iłu i szarego piasku, wyróżniono ostatni, najmłodszy zespół otwornicowy (Z.s.V), reprezentujący sarmat. Jego głównymi składnikami są otwornice bentoniczne, w tym *Anomalinoides dividens* Łuczowska, *Articulina problema* Bogdanowicz, *A. multibullata* Łuczowska, *A. sarmatica* (Karrer), *Varidentella rosea* (d'Orbigny), *V. reussi* (Bogdanowicz), *V. rotunda* (Gerke), *Cycloforina predcarpatica* (Serova), *C. stomata* Łuczowska, *C. gracilissima* (Bogdanowicz), *Nodosaria dina* Venglini, *Schackoinella imperatoria* (d'Orbigny), *Cibicides transcarpaticus* Pischvanova, *C. vyschoviensis* Venglini, *Nonion bogdanowiczi* Wołoszynowa, *Elphidium koberi* Tollmann, *E. josephinum* (d'Orbigny), *E. obtusum* (d'Orbigny) i *E. echinus* Serova.

Dla sarmackiej asocjacji otwornicowej tworzącej zespół Z.s.V charakterystyczny jest trzykrotny dopływ starszej fauny, redeponowanej z osadów badeńskich, czego dowody znaleziono w utworach z głębokości 94,7 m (próbka M-1/10), 56,8 m (próbka M-1/15) i 47,3 m (próbka M-1/16). W niektórych próbkach w mniejszej lub większej ilości występują także otolity, elementy szkieletowe ryb, małżoraczków, igły gąbek, kolce jeżowców, szczątki muszli małży i ślimaków, uwęglone szczątki roślin oraz kongrecje pirytowe.

Wiek zespołu Z.s.V określono na podstawie licznie występującego taksonu *Anomalinoides dividens* Łuczowska, wskaźnikowego dla wczesnosarmackiego (wołyn) bentonicznego poziomu otwornicowego *Anomalinoides dividens* (fig. 3).

SUKCESJA ZESPOŁÓW OTWORNICOWYCH W PROFILU OTWORU WIERTNICZEGO KAZIMIERZA WIELKA (DONOSY) PIG-1

Z rdzenia z otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 do badań mikropaleontologicznych pobrano 16 próbek utworów z głębokości od 188,7 m (próbka D-1/1) do 90,5 m (próbka D-1/16). Na podstawie wyników analiz w profilu wydzielono trzy zespoły otwornicowe (Z.b.I–Z.s.III; fig. 2). Ze względu na brak mikrofauny lub obecność zniszczonych, pojedynczych skorupki otwornic nie udało się określić wieku utworów z sześciu próbek (tab. 2).

W spągu profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, na głębokości od 188,7 m (próbka D-1/1) do 184,5 m (próbka D-1/2), występują wapienie z gipsami niezawierające otwornic. Obecność dość licznych radiolarij pozwala jedynie na korelację tego wydzielenia z późnobadeńskim horyzontem radiolariowym (Barwicz-Piskorz, 1981).

Pierwszy zespół otwornicowy (Z.b.I) w profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 zidentyfikowano w szarozielonkawym mułowcu występującym na głębokości od 176,5 do 160,5 m (próbki D-1/3–D-1/6). Skład zespołu otwornicowego w początkowej fazie jego rozwoju ma monotoniczny, planktoniczny charakter. Skorupki otwornicowe są silnie zrekrystalizowane, wypełnione przezroczystą substancją, której geneza jest prawdopodobnie związana z chemicznym oddziaływaniem leżących niżej osadów ewaporatowych. W skład tego liczego, lecz mało zróżnicowanego zespołu wchodzi taksony: *Globigerina concinna* Reuss, *G. praebuloides* Blow, *G. tarchanensis* Subbotina et Chutzieva, *G. bulloides* d'Orbigny, *G. druryi* (Akers), *Turborotalita quinqueloba* (Natland) oraz pojedyncze osobniki *Velapertina indigena* (Łuczkowska). W młodszym kompleksie, którego osady powstały w czasie maksymalnego rozwoju planktonicznej asocjacji, dominuje *Velapertina indigena* (Łuczkowska), towarzyszą jej liczne otwornice zlepieńcowate: *Hyperammina taurinensis* (Sacco), *H. granulosa* Vengliniski, *Hyperammina* sp., *Haplophragmoides indentatus* Voloshinova i *Haplophragmoides* sp. W ostatniej fazie rozwoju zespołu Z.b.I pojawiły się formy bentosowe reprezentowane przez: *Bulimina subulata* Cushman et Parker, *B. insignis* Łuczkowska, *Bolivina dilata maxia* Cicha et Zapletalova, *B. dilatata dilatata* Reuss, *B. pseudoplicata* Heron-Allen et Erland, *B. pokorny* Cicha et Zapletalova, *B. plicatella* Cushman, *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny, *Cibicidoides un-*

gerianus ungerianus (d'Orbigny) i *Cibicides dorzotumidus* Serova. Ze względu na to, że w sukcesji tego zespołu zaznacza się mniejszy lub większy udział taksonu wskaźnikowego *Velapertina indigena* (Łuczkowska) oraz bentonicznych otwornic charakterystycznych, zespół Z.b.I można identyfikować z późnobadeńskim (kosow) planktonicznym poziomem otwornicowym *Velapertina indigena* (fig. 3).

Następny zespół otwornicowy (Z.s.II) w profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 stwierdzono w szarym ile na głębokości 154,5 m (próbka D-1/7). W jego skład wchodzi: *Varidentella volhynica* Didkowski, *V. latelacunata* (Vengliniski), *V. reussi* (Bogdanowicz), *V. sarmatica* (Karrer), *V. rotunda* (Gerke), *V. rosea* (d'Orbigny), *V. pseudocostata* Vengliniski, *Cycloforina stomata* Łuczkowska, *C. fluviata* (Vengliniski), *C. gracilissima* (Bogdanowicz), *C. vermicularis* (Karrer), *C. predcarpatica* (Serova), *Miliolidea* sp., *Bolivina sarmatica* Didkowski i *B. nisporenica* Didkowski. Ten dość bogaty miliolidowy zespół reprezentowany głównie przez rodzaje *Varidentella* i *Cycloforina* jest charakterystyczny dla bentonicznego poziomu otwornicowego *Varidentella sarmatica* (fig. 3) z wczesnego sarmatu (wołynu). Otwornicom towarzyszą liczne konkretne pirytowe, występują również nieliczne elementy szkieletowe ryb, otolity i statolity mysidów. W zapadlisku przedkarpacim obecność statolitów mysidów w poziomie *Varidentella sarmatica* była odnotowana wcześniej przez Czepiec (1996) i Paruch-Kulczycką (2007). Dla całej Paratetydy mysidy są uważane za dobry wskaźnik korelacyjny osadów z pogranicza wołynu i besarabu (Voicu, 1981).

Otwornice występujące w najwyższym kompleksie osadów z profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, na głębokości od 150,5 m (próbka D-1/8) do 90,5 m (próbka D-1/16), tworzą zespół Z.s.III, noszący cechy zespołu wielokrotnie przerobionego. Ze względu na zły stan zachowania fauny otwornicowej oraz mieszaną, badeńsko-sarmacką asocjację wiek zespołu można jedynie ogólnie określić na sarmat. Taki stan zachowania mikrofauny sarmackiej świadczy o silnej erozji starszych osadów oraz o ich wielokrotnym przerabianiu w schyłkowym etapie rozwoju basenu zapadliska przedkarpackiego.

WNIOSKI

Wyniki badań mikropaleontologicznych przeprowadzonych w otworach wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 potwierdziły regionalne zróżnicowanie późnobadeńskich i wczesnosarmackich zespołów otwornicowych występujących na obszarze północno-zachodniej części basenu zapadliska przedkarpackiego. To zróżnicowanie

fauny otwornicowej zarówno pod względem taksonomicznym, jak i środowiskowym jest ściśle związane z różnym wykształceniem facjalnym osadów na badanym obszarze.

W badanie w rejonie otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 dominowała sedymentacja związana z brzeżną strefą zbiornika morskiego, natomiast w rejonie otworu Kazimierza

Wielka (Donosy) PIG-1 – z głębszą strefą otwartego morza (Czapowski, Gąsiewicz, 2015). Takie zróżnicowanie facjalne szczególnie wyraźnie zaznacza się w kompleksie osadów datowanych na późny baden – w utworach tego samego wieku w profilu Busko (Młyny) PIG-1 w zespołach mikrofaunistycznych przeważają otwornice bentoniczne (zespoły Z.b.II i Z.b.IV), zaś w profilu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 planktoniczne (zespół Z.b.I).

W sarmacie w obu rejonach sedymentacja zachodziła w podobnych środowiskach, sprzyjających rozwojowi wyłącznie bentosowych zespołów otwornic. Sedymentacji tej towarzyszył impulsywny dopływ do zbiornika redeponowanej fauny badeńskiej. W profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 zapis tego procesu jest widoczny niemal w całej sekwencji osadów sarmackich (zespół Z.s.V), w profilu otworu Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 proces ten najwyraźniej zaznaczył się w stropie kompleksu sarmackiego (zespół Z.s.III). Wzbogacenie sarmackich asocjacji otwornicowych w elementy badeńskie było wynikiem wzrostu dynamiki środowiska, co sprzyjało rozmywaniu dna oraz niszczeniu barier istniejących w tej części zbiornika morskiego (Czapowski, Gąsiewicz, 2015).

Występowanie w wydzielonych zespołach taksonów wskaźnikowych dla określonych poziomów otwornicowych umożliwiło powiązanie tych zespołów z regionalnymi jednostkami biostratygraficznymi, ustanowionymi dla różnych obszarów zapadliska przedkarpackiego (fig. 3).

W profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 wyodrębniono pięć zespołów mikrofaunistycznych (Z.b.I–Z.s.V). Cztery z nich zidentyfikowano z badeńskimi poziomami otwornicowymi: z poziomem *Orbulina suturalis* (Z.b.I) datowanym na wczesny baden (moraw) oraz z poziomami *Neobulimina longa* (Z.b.II), *Velapertina indigena* (Z.b.III) i *Hanzawaia crassiseptata* (Z.b.IV) datowanymi na późny baden (kosow). Ostatni zespół przyporządkowano poziomowi *Anomalinoidea dividens* (Z.s.V) z wczesnego sarmatu (wołyn).

W profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 wydzielono trzy zespoły otwornicowe (Z.b.I–Z.s.III). Najstarszy z nich odpowiada badeńskiemu poziomowi otwornicowemu *Velapertina indigena* (Z.b.I) datowanemu na późny baden (kosow), a następny sarmackiemu poziomowi *Varidentella sarmatica* (Z.s.II) określonymu na wczesny sarmat (wołyn). Trzeci zespół (Z.s.III) zaliczono ogólnie do sarmatu ze względu na zły stan zachowania mikrofauny.

Występowanie bentonicznych i planktonicznych poziomów otwornicowych w tych samych przedziałach czasowych w badaniach regionalnych wydzieleniach biostratygraficznych potwierdza opinię, że większość tych poziomów ma charakter ekozon, którym funkcje biostratygraficzne zapewnia określona i niepowtarzalna sukcesja fauny otwornicowej w profilach stratygraficznych. Możliwość dowiązania niektórych poziomów regionalnych do uniwersalnej bio-

stratygrafii pozwala na ich korelację z wydarzeniami o charakterze globalnym. Takie wydarzenia zostały zarejestrowane w zapisie kopalnym w obu badanych profilach.

I tak w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 w poziomie otwornicowym *Orbulina suturalis* (Z.b.I) wysoka frakwencja taksonów *Praeorbulina glomerata circularis* (FO – first occurrence – 14,89 Ma) oraz *Orbulina suturalis* (FO 14,74 Ma) umożliwia korelację z rozległą wczesnobadeńską transgresją morską obejmującą Paratetydę Środkową (Kováč i in., 2007; Rögl i in., 2008; Rupp, Hohenegger, 2009; Peryt, 2013). W czasie tej transgresji nastąpiła migracja ciepłolubnej głębokowodnej fauny otwornicowej ze strefy medyterańskiej w głąb basenu Paratetydy. Migracja ta znajduje odbicie w charakterystyce zespołu Z.b.I w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1. Z kolei w obu omawianych profilach zapisała się inna późnobadeńska transgresja morską obejmująca północną i wschodnią część zapadliska przedkarpackiego (13,6–13,4 Ma), wiązana z pojawieniem się w zespołach planktonicznych wskaźnikowego taksonu *Velapertina indigena* (Kováč i in., 2007). W badanych zespołach takson *Velapertina indigena* jest bardzo licznie reprezentowany w profilu otworu wiertniczego Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 w zespole Z.b.I oraz w znacznie mniejszym stopniu w profilu otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1 – zespół Z.b.III.

Niewielkie ochłodzenie klimatyczne i postępująca regresja morską wywołana zmianą poziomu morza doprowadziły do stratyfikacji kolumny wody w późnobadeńskim zbiorniku morskim, a także do powstania hypoksycznych warunków w jego strefie przydennej (Kováč i in., 2007). W badanych profilach wspomniane wydarzenia znajdują wyraz w ubożeniu asocjacji otwornicowych oraz dominacji w przypowierzchniowych strefach morza zimnolubnych, drobnych, cienkoskorupkowych form planktonicznych (*Globigerina bulloides*, *G. tarchanensis*, *G. diplostoma*, *G. concinna*, *Globorotalia bykovae*), natomiast w strefie przydennej – anoksycznego bentosu, składającego się głównie z przedstawicieli rodzaju *Bolivina* (próbki M1/5 i D1/6).

Podziękowania. Dziękuję Barbarze Olszewskiej i Jarmili Krzywińskiej za cenne uwagi merytoryczne i redakcyjne zawarte w recenzjach. Grzegorzowi Czapowskiemu i Andrzejowi Gąsiewiczowi dziękuję za konstruktywne uwagi dotyczące tej publikacji. Bogumile Giblewskiej dziękuję za przygotowanie części graficznej. Zdjęcia otwornic wykonano w Pracowni Mikroskopy Elektronowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego.

Opracowanie wykonano na zamówienie ministra środowiska za środki finansowe wypłacone przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz ze środków statutowych PIG-PIB (projekt nr 6.94.0005.00.0).

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., 1958 — Zarys stratygrafii mikrofaunistycznej miocenu śląsko-krakowskiego. *Kwart. Geol.*, **2**, 1: 54–81.
- BARWICZ-PISKORZ W., 1981 — Horizon with radiolarians in the Miocene sediments of Carpathian Foredeep. *Bull. Acad. Pol. Sci. Sér. Sci. Terre*, **29**: 99–107.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., SWISHER III C.C., AUBRY M.-P., 1995 — A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *W: Geochronology time scales and global stratigraphic correlation* (red. W.A. Berggren i in.). *SEMP Spec. Publ.*, **54**: 129–212.
- BLOW W.H., 1969 — Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *W: Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva 1967* (red. P. Brönnimann, H.H. Renz). T. 1: 199–422. E.J. Brill, Leiden.
- BOLLI H.S., SAUNDERS J.B., 1985 — Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. *W: Planktonic stratigraphy* (red. H.M. Bolli). T. 1: 155–261. Cambr. Univ. Press, Cambridge.
- CITA M.B., BLOW W.H., 1969 — The biostratigraphy of the Langhian, Serravallian and Tortonian Stages in the type-sections in Italy. *Riv. Ital. Paleont. Stratigr.*, **75**: 549–603.
- CICHA I., 1975 — Biozonal division of the Upper Tertiary basins of the Eastern Alps and West Carpathians. *W: Proceedings of the VIth Congress of the R.C.M.N.S., Bratislava, September 1975*: 5–143. Ústř. úst. geol., Praha.
- CICHA I., RÖGL F., RUPP Ch., ČTYROKÁ J., 1998 — Oligocene–Miocene foraminifera of the Central Paratethys. *Abh. Senckb. Natur. Ges.*, **549**: 1–325.
- CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., 2015 — Wykształcenie, stratygrafia i środowiska depozycji utworów pogranicza badenu i sarmatu z SW otoczenia Gór Świętokrzyskich – profile otworów badawczych Busko (Młyny) PIG-1 i Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **461**: 9–52.
- CZEPIEC I., 1996 — Biostratygrafia i warunki depozycji osadów północnej strefy brzeżnej sarmatu Polski. *Kwart. AGH Geologia*, **22**: 309–338.
- CZEPIEC I., 1997 — Mikrofauna otworowa sarmatu zapadliska przedkarpackiego. *Kwart. AGH Geologia*, **23**: 258–305.
- GAŚIEWICZ A., CZAPOWSKI G., PARUCH-KULCZYCKA J., 2004 — Granica baden–sarmat w zapisie geochemicznym osadów w północnej części zapadliska przedkarpackiego – implikacje stratygraficzne. *Prz. Geol.*, **52**, 5: 413–420.
- GONERA M., 1997 — Miocene foraminiferal assemblages in the Gliwice Area (Upper Silesia, Poland). *Bull. Pol. Acad. Sci. Earth. Sci.*, **45**: 97–105.
- GRILL R., 1941 — Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasse-Anteilen. *Öl und Kohle* (Berlin), **37**: 595–602.
- GRILL R., 1943 — Über mikropaläontologische Gliederungsmöglichkeiten im Miozän des Wiener Becken. *Mitt. Reichsanst. Bodenf.*, **6**: 33–44.
- HUDÁČKOVÁ N., HALÁSOVÁ E., FORDINÁL K., SABOL M., JONIAK P., KRÁL J., 2003 — Biostratigraphy and radiometric dating in the Vienna Basin Neogene (Slovak part). *Slovak Geol. Mag.*, **9**: 233–235.
- JASIONOWSKI M., 1997 — Zarys litostratygrafii osadów mioceńskich wschodniej części zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **375**: 43–60.
- JURKIEWICZ H., KARNKOWSKI P., 1961 — Poziom spiralisowy w tortonie przedgórz Karpát. *Prz. Geol.*, **9**, 1: 24–28.
- KOVÁČ M., ANDREYEVA-GRIGOROVICH A., BAJRAKTA-REVIĆ Z., BRZOBOHATÝ R., FILIPESCU S., FODOR L., HARZHAUSER M., NAGYMAROSY A., OSZCZYPKO N., PAVELIĆ D., RÖGL F., SAFTIĆ B., SILVA L., STUDENČKA B., 2007 — Badenian evolution of Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea-level changes. *Geol. Carpatica*, **58**: 479–606.
- KRÓL E., JELEŃSKA M., 1999 — The local magnetostratigraphic scale for the supra-evaporitic Miocene deposits in the northern part of Carpathian Foredeep and its stratigraphic implications (drill-core Jamnica S-119). *Geol. Quart.*, **43**, 4: 509–518.
- ŁUCZKOWSKA E., 1964 — Stratygrafia mikropaleontologiczna miocenu w rejonie Tarnobrzeg–Chmielnik. *Pr. Geol. Kom. Nauk. Geol. PAN Oddz. w Krakowie*, **20**: 1–70.
- ŁUCZKOWSKA E., 1974 — Miliolidae (Foraminiferida) from Miocene of Poland. Part 2. Biostratigraphy, palaeoecology and systematics. *Acta Palaeont. Pol.*, **19**: 3–176.
- ODRZYWOLSKA-BIEŃKOWA E., 1975 — Stratygrafia mikropaleontologiczna miocenu w centralnej części zapadliska przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, **23**, 12: 597–603.
- OLSZEWSKA B., 1999 — Biostratygrafia neogenu zapadliska przedkarpackiego w świetle nowych danych mikropaleontologicznych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **168**: 9–29.
- OSZCZYPKO N., 1996 — Mioceńska dynamika polskiej części zapadliska przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, **44**, 10: 1007–1018.
- OSZCZYPKO N., 2006 — Powstanie i rozwój polskiej części zapadliska przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, **54**, 5: 396–403.
- PAPP A., 1963 — Die biostratigraphische Gliederung des Neogens im Wiener Becken. *Mitt. Geol. Gesellsch. Wien*, **56**: 225–317.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 1997 — Mikrofauna miocenu zapadliska przedkarpackiego; paleoekologia i biostratygrafia. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa*.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 2003 — Znaczenie stratygraficzne mikroorganizmów z rodzaju *Bolboforma* (Protohyta, *incertae sedis*) w osadach miocenu środkowego zapadliska przedkarpackiego i Rostocza (Polska). *Prz. Geol.*, **51**, 12: 1064–1068.
- PARUCH-KULCZYCKA J., 2007 — Pozycja biostratygraficzna zespołów mikrofauny z odsłoneń w Gałuszczyńcach i Kołubajowcach (NW Ukraina). *W: „Granice paleontologii”. XX Konferencja Naukowa Paleobiologów i Biostratygrafów Polskiego Towarzystwa Geologicznego* (red. A. Żylińska): 104. PTG, Kraków.
- PERYT D., 2013 — Foraminiferal record of the Middle Miocene climate transition prior to the Badenian salinity crisis in the Polish Carpathian Foredeep Basin (Central Paratethys). *Geol. Quart.*, **57**, 1: 141–164.
- RÖGL F., 1998 — Palaeogeographic considerations for the Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **99 A**: 279–310.
- RÖGL F., SPEZZAFERRI S., 2003 — Foraminiferal paleoecology and biostratigraphy of the Mühlbach section (Gaiandorf Formation, Lower Badenian), Austria. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **104 A**: 32–75.
- RÖGL F., ČORIĆ S., HARZHAUSER M., JIMENEZ-MORENO G., KROH A., SCHULTZ O., WESSELY G., ZORN I., 2008 — The Middle Miocene Badenian stratotype at Baden-Sooss (Lower Austria). *Geol. Carpatica*, **59**: 367–374.
- RUPP Ch., HOHENEGGER J., 2009 — Paleoecology of planktonic foraminifera from the Baden-Sooss section (Middle Miocene, Badenian, Vienna Basin, Austria). *Geol. Carpatica*, **59**: 425–445.

- SENEŠ J., 1971 — Korrelation des Miozäns der Zentralen Paratethys (Stand 1970). *Geol. Zborn. – Geol. Carpathica*, **22**: 3–9.
- SENEŠ J., 1979 — Correlation du la Néogène de la Tethys et de la Paratethys. Base de la reconstitution de la géodynamique récente de la région de la Méditerranée. *Geol. Zborn. – Geol. Carpathica*, **30**: 309–319.
- STEININGER F.F., WESSELY G., 2000 — From the Tethyan Ocean to the Paratethys Sea: Oligocene to Neogene stratigraphy, paleogeography and paleobiogeography of the circum-Mediterranean region and the Oligocene to Neogene Basin evolution in Austria. *Mitt. Österr. Geoll. Ges.*, **92**: 95–116.
- STEININGER F.F., RÖGL F., MARTINI E.E., 1976 — Current Oligocene/ Miocene biostratigraphic concept of the Central Paratethys (Middle Europe). *Newsl. Stratigr.*, **4**: 174–202.
- SZCZECHURA J., 1982 — Middle Miocene foraminiferal biochronology and ecology of SE Poland. *Acta Palaeont. Pol.*, **27**: 3–44.
- SZCZECHURA J., 1997 — Bolboforms (Protophyta, *incertae sedis*) from the Middle Miocene of Upper Silesia (Carpathian Foredeep, southwestern Poland). *Bull. Pol. Acad. Sci. Earth. Sci.*, **45**: 133–144.
- SZCZECHURA J., 2000 — Age and evolution of depositional environments of the supra-evaporitic deposits in the northern, marginal part of the Carpathian Foredeep: micropalaeontological evidence. *Geol. Quart.*, **44**, 1: 81–100.
- TÚNYI I., VASS D., KAROLI S., JANOČKO J., HALÁSOVÁ E., ZLÍNSKÁ A., BELÁČEK B., 2005 — Magnetostratigraphy of Badenian evaporite deposits (East Slovak Basin). *Geol. Carpathica*, **56**: 273–284.
- WENGLINSKI I.W., 1975 — Foraminifery i biostratygrafia mioce-nowych otłóżeń Zakarpatskogo progiba. Nauk. Dumka, Kijew.
- VOICU G., 1981 — Upper Miocene and Recent mysid statolithes in Central and Eastern Paratethys. *Micropaleontology*, **27**: 227–247.
- ZLÍNSKÁ A., 1998 — Mikrobiostratigrafia sedimentov bádenú východoslovenskej panvy na základe foraminifer. *Knihovnička Zemní Plyn Nafta*, **43**: 111–152.
- ZLÍNSKÁ A., HALÁSOVÁ E., 1999 — Correlation of Badenian foraminifer and nannoplankton associations from borehole VTB-1 (BRUTY, SE part of the Danube Basin). *Miner. Slov.*, **31**: 77.

SUMMARY

Stratigraphy of Miocene deposits from the Busko (Młyny) PIG-1 and Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 boreholes drilled in the northern part of the Carpathian Foredeep (Fig. 1) is based on foraminiferal data (Fig. 3).

In the Busko (Młyny) PIG-1 borehole, five foraminiferal assemblages (Z.b.I–Z.s.V) have been defined (Fig. 2). The oldest assemblage – Z.b.I (sample M-1/1, depth 199.6 m) – quite rich and well-preserved, contains planktic and benthic forms. Index species *Orbulina suturalis* Brönnimann and the characteristic species of *Praeorbulina glomerosa glomerosa* (Blow), *P. glomerosa circularis* (Blow), *Globigerinoides trilobus* (Reuss) and *G. bisphericus* Todd date this assemblage for the Early Badenian (Moravian substage; planktonic foraminiferal zone *Orbulina suturalis*/ *Praeorbulina*; Fig. 3).

The next assemblage from this borehole – Z.b.II (samples M-1/3 and M-1/4, depth 151.4–156.3 m) – includes both benthic and planktonic taxa, represented by few, minute, poorly preserved and often fragmented and recrystallized specimens. Such state of preservation results from highly dynamic environment and chemical corrosion by fluids coming from sulphates occurring below. The occurrence of index species *Neobulimina longa* Vengliniski attributes these samples to the benthic foraminiferal zone *Neobulimina longa* (Fig. 3), indicative for the lower part of the Late Badenian.

The foraminiferal assemblage Z.b.III from the Busko (Młyny) PIG-1 borehole (sample M-1/5, depth 134.7 m), with numerous taxa and abundant individuals, is dominated by planktonic forms, accompanied by benthic ones. Numerous index species *Velapertina indigena* (Łuczkowska) and characteristic planktonic foraminifers *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *G. diplostoma* Reuss, *G. druryi* (Akers), attribute this assemblage to the Late Badenian planktonic foraminiferal zone *Velapertina indigena* (Fig. 3).

The following assemblage Z.b.IV from the Busko (Młyny) PIG-1 borehole (samples from M-1/6 to M-1/8, depth 117.4–127.5 m) evidenced the successive disappearing of planktonic forms and dominance of numerous benthic ones. Index taxon *Hanzawaia crassiseptata* (Łuczkowska) and a significant number of foraminifers such as *Bulimina insignis* Łuczkowska, *Bolivina dilatata maxima* Cicha et Zapletalova, *Uvigerina bellicosta* Łuczkowska and *U. costatoides* Papp et Schmid correlate this interval with the Late Badenian benthic foraminiferal zone *Hanzawaia crassiseptata* (Fig. 3).

The last assemblage from the Busko (Młyny) PIG-1 borehole – Z.s.V (samples M-1/9 to M-1/16, depth 47.3–101.5 m) – corresponds with the benthic foraminiferal zone *Anomalinoidea dividens* of the Early Sarmatian (Volhynian substage; Fig. 3). It records three input episodes of redeposited older Badenian foraminifers.

The Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 section records only three foraminiferal assemblages (Z.b.I–Z.s.III; Fig. 2). The first one, Z.b.I (samples D-1/3 to D-1/6, depth 160.5–176.5 m), in its lower part is monotonous, mainly planktonic, with foraminifers highly recrystallized and filled with transparent substantiation. Occurrence of index taxon *Velapertina indigena* (Łuczkowska) and characteristic forams – *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *G. diplostoma* Reuss, *G. druryi* (Akers) – enabled to correlate this assemblage with the Late Badenian planktonic foraminiferal zone *Velapertina indigena* (Fig. 3).

The next defined assemblage from the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole – Z.s.II (sample D-1/7, depth 154.5 m) – represents a quite rich association of Milliolidae, composed mainly of the genera *Varidentella* and *Cycloforina*, characteristic for the benthic foraminiferal zone *Varidentella sarmatica* of the upper part of the Early Sarmatian (Volhynian substage; Fig. 3). Forams assemblages are accompanied

by numerous pyrite aggregates, rare elements, fish skeletal, otholites and mysid statholites. The mysid statholites are regarded as a good correlation fossil for the deposits of the Volhynian to Besarabian transition in the whole Parathetys area (Voicu, 1981; Paruch-Kulczycka, 2007).

The last assemblage from the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 borehole – Z.s.III (samples D-1/8 to D-1/16, depth 90.5–150.5 m) – is scanty and poorly preserved. It contains Sarmatian foraminifers and redeposited Badenian ones.

Presented results evidence the regional changes of microfaunal assemblages due to environmental differentiation observed in the marginal part of Late Badenian to the Early Sarmatian marine basin that occupied the Carpathian Fore-deep area.

The succession of foraminiferal assemblages in both boreholes proves the changing depositional conditions. In the Busko (Młyny) PIG-1 section, deposition in the near-shore marine zone prevailed, but in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 section, it took place in a deeper open-marine

basin (Czapowski, Gąsiewicz, 2015). Such facies difference is best indicated within the Upper Badenian complex, and the Busko (Młyny) PIG-1 section is characterised by the dominant benthic foraminifers (Z.b.II and Z.b.IV). In the corresponding deposits from the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1, the planktonic forms are dominant (Z.b.I).

In the Sarmatian complex of both sections, the differentiation of foraminifers within the assemblages is lower because these deposits were accumulated in the environment that favoured the development of benthic fauna. Episodic more dynamic events (storms, seiche) eroded the bottom sediments, local swells and barriers, producing the sediment redeposition and the final enrichment of existed foraminiferal fauna with the older, Badenian specimens. Such enrichment is interpreted for almost the whole Sarmatian succession (Z.s.V) of the Busko (Młyny) PIG-1 section but in the Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 section it is best recorded at the top of Sarmatian deposits (Z.s.III).

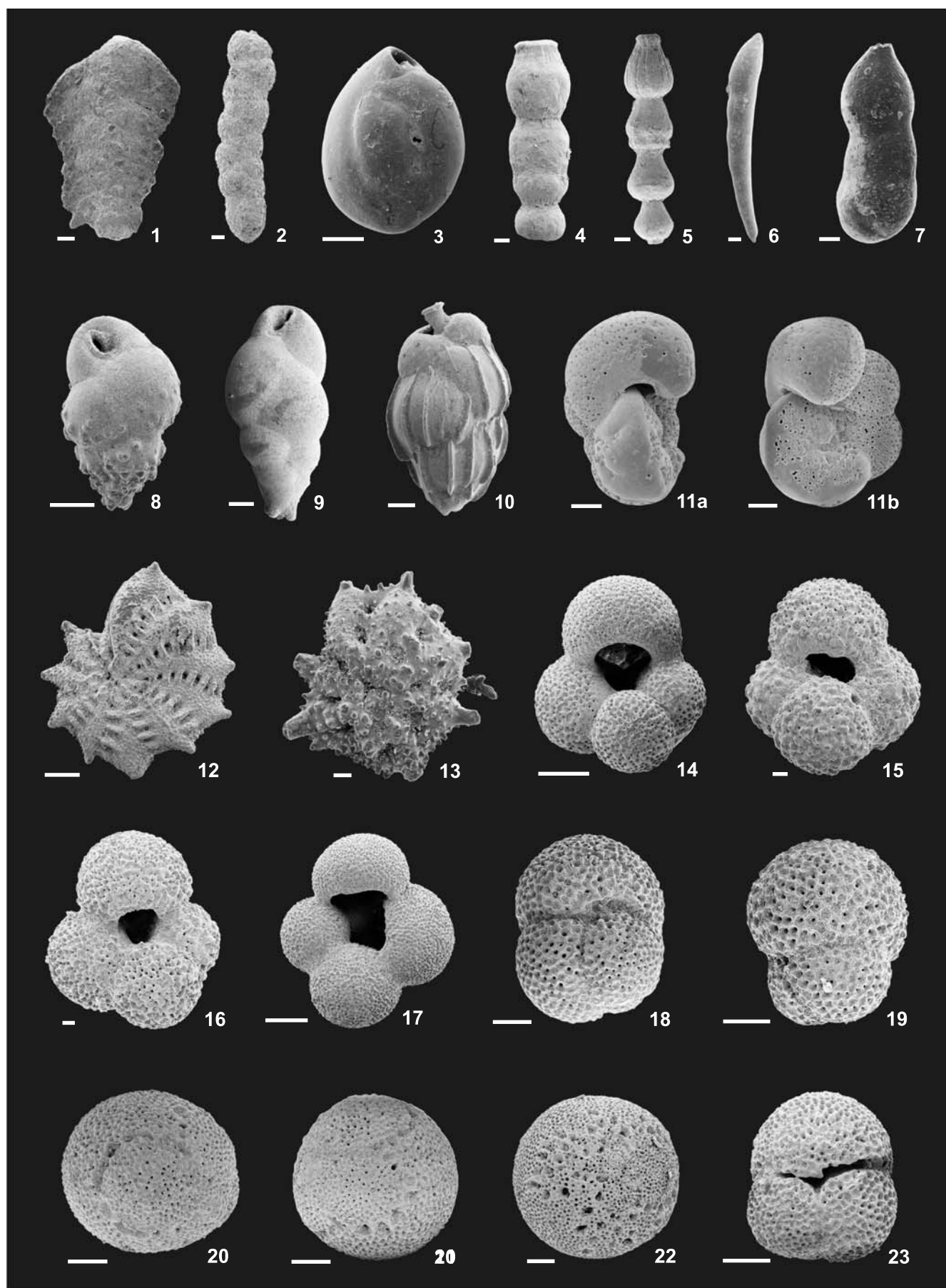
TABLICA I

Otwornice z otworu wiertniczego Busko (Młyny) PIG-1

Foraminifers from the Busko (Młyny) PIG-1 borehole

- Fig. 1. *Spirorutilus carinatus* (d'Orbigny) – wczesny baden (moraw), głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Spirorutilus carinatus (d'Orbigny) – Early Badenian (Moravian), depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 2. *Martinottiella karreri* (Cushman) – wczesny baden (moraw), głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Martinottiella karreri (Cushman) – Early Badenian (Moravian), depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 3. *Varidentella reussi* (Bogdanowicz) – wczesny sarmat (wołyn), głęb. 56,8 m (próbka M-1/15)
Varidentella reussi (Bogdanowicz) – Early Sarmatian (Volhynian), depth 56.8 m (sample M-1/15)
- Fig. 4. *Articulina sarmatica* (Karrer) – wczesny sarmat (wołyn), głęb. 71,9 m (próbka M-1/12)
Articulina sarmatica (Karrer) – Early Sarmatian (Volhynian), depth 71.9 m (sample M-1/12)
- Fig. 5. *Articulina problema* Bogdanowicz – wczesny sarmat (wołyn), głęb. 71,9 m (próbka M-1/12)
Articulina problema Bogdanowicz – Early Sarmatian (Volhynian), depth 71.9 m (sample M-1/12)
- Fig. 6. *Laevidentulina elegans* (d'Orbigny) – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Laevidentulina elegans (d'Orbigny) – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 7. *Vaginulinopsis pedum* (d'Orbigny) – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Vaginulinopsis pedum (d'Orbigny) – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 8. *Bulimina subulata* Cushman et Parker – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Bulimina subulata Cushman et Parker – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 9. *Bulimina insignis* Łuczowska – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Bulimina insignis Łuczowska – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 10. *Uvigerina bellicosta* Łuczowska – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Uvigerina bellicosta Łuczowska – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 11a, b. *Anomalinoidea dividens* Łuczowska – wczesny sarmat (wołyn), głęb. 71,9 m (próbka M-1/12)
Anomalinoidea dividens Łuczowska – Early Sarmatian (Volhynian), depth 71.9 m (sample M-1/12)
- Fig. 12. *Elphidium josephinum* (d'Orbigny) – wczesny sarmat (wołyn), głęb. 71,9 m (próbka M-1/12)
Elphidium josephinum (d'Orbigny) – Early Sarmatian (Volhynian), depth 71.9 m (sample M-1/12)
- Fig. 13. *Elphidium koberi* Tollmann – wczesny sarmat (wołyn), głęb. 71,9 m (próbka M-1/12)
Elphidium koberi Tollmann – Early Sarmatian (Volhynian), depth 71.9 m (sample M-1/12)
- Fig. 14. *Globigerina bulloides* d'Orbigny – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Globigerina bulloides d'Orbigny – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 15. *Globigerina decoraperta* Takayanagi et Saito – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Globigerina decoraperta Takayanagi et Saito – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 16. *Globigerina druryi* (Akers) – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Globigerina druryi (Akers) – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 17. *Globigerina diplostoma* Reuss – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Globigerina diplostoma Reuss – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)
- Fig. 18. *Globigerinoides trilobus* (Reuss) – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Globigerinoides trilobus (Reuss) – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 19. *Globigerinoides bisphericus* Todd – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Globigerinoides bisphericus Todd – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 20. *Praeorbulina glomerata circularis* (Blow) – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Praeorbulina glomerata circularis (Blow) – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 21. *Praeorbulina glomerata glomerata* (Blow) – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Praeorbulina glomerata glomerata (Blow) – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 22. *Orbulina suturalis* Brönnimann – wczesny baden, głęb. 199,6 m (próbka M-1/1)
Orbulina suturalis Brönnimann – Early Badenian, depth 199.6 m (sample M-1/1)
- Fig. 23. *Velapertina indigena* (Łuczowska) – późny baden, głęb. 134,7 m (próbka M-1/5)
Velapertina indigena (Łuczowska) – Late Badenian, depth 134.7 m (sample M-1/5)

Skala liniowa = 100 µm/ Scale bar = 100 µm



Jolanta Paruch-Kulczycka — Biostratygrafia osadów miocenu z otworów wiertniczych Busko (Młyny) PIG-1 I Kazimierza Wielka (Donosy) PIG-1 na podstawie otwornic (północna część zapadliska przedkarpackiego)