



## Nowe dane o litologii i biostratygrafii akritarchowej skał kambryjskich na Łysicy, najwyższym szczycie Gór Świętokrzyskich

Zbigniew Szczepanik<sup>1</sup>, Jan Malec<sup>2</sup>



Z. Szczepanik



J. Malec

**New data on the lithology and acritarch biostratigraphy of Cambrian rocks of Łysica Mt., the highest summit of the Holy Cross Mountains.** *Prz. Geol.*, 65: 564–575.

*Abstract.* The southern slope of Łysica Mountain, which is the highest elevation of the Holy Cross Mountains, is comprised of three lithological complexes divided by parallel fault zones. The uppermost part of the succession consists of quartzitic sandstone of the Wiśniówka Formation. The formation is underlain by a complex of sandstone with mudstone interbeds, with black claystone underneath, which is exposed in the upper part of the Głębozka ravine succession. The strata of the first and the third complexes dip northward, whereas those of the second complex dip southward. In the fault-bound zone between the second and the third complexes, there are concentrations of weathering iron ore. The black claystone, which is lithologically similar to this of the Pepper Mountains Formation, contains a taxonomically rich assemblage of organic-walled

microfossils (acritarchs) diagnostic of the Upper Cambrian (Lower Furongian) successions. The new record of microfossils allows determining the age of the succession composing the Łysogóry Mountains for the first time in the history of regional geological investigation.

**Keywords:** Cambrian, lithology, acritarchs, biostratigraphy, Holy Cross Mts.

Najwyższe pasmo Gór Świętokrzyskich – Łysogóry wraz z Pasmem Masłowskim na zachodzie i Jeleniowskim na wschodzie – tworzy łańcuch wzgórz określanych nieformalnie Pasmem Głównym Gór Świętokrzyskich (ryc. 1). Ten wyraźnie dominujący w morfologii terenu pas wzniesień, rozciągający się na długości ok. 60 km, jest zbudowany ze skał kambryjskich i górnego (Czarnocki, 1947, 1950). Najwyższe jego partie są utworzone ze zwięzłych piaskowców kwarcytowych, zwanych popularnie kwarcytami łysogórskimi. Skały budujące Pasma Głównego są bardzo ubogie w skamieniałości, a dane paleontologiczne pochodzą jedynie z jego zachodnich i wschodnich peryferii. Podstawę stratygrafii tych utworów stanowią trylobity opisane z obszaru Pasma Masłowskiego – Wiśniówka, Chabowe Doły (Gürich, 1896; Czarnocki, 1919, 1927; Orłowski, 1968a; Żylińska, 2001, 2002; Żylińska i in., 2006), oraz z położonego w okolicach Opatowa kamieniołomu w Wąworkowie (Samsonowicz, 1934; Orłowski, 1968a, b; Żylińska, 2001, 2002) (ryc. 1). Z obszaru Łysogór nie udokumentowano dotychczas obecności żadnych skamieniałości oprócz znalezisk Sedlaka (1975, 1980), których organiczne pochodzenie zostało ostatnio zakwestionowane (Bodzioch, 2000; Malec, 2007, 2008).

Celem prowadzonych badań geologicznych było rozpoznanie lito- i biostratygrafii skał kambryjskich na południowo-zachodnim zboczu Łysicy (ryc. 2). Położenie skał, odstaniających się w strefie podszczytowej Pasma Głównego, czyni z nich unikatowy i ważny obiekt badawczy. W efekcie przeprowadzonych prac uzyskano nowe dane, dokumentujące obecność pierwszych, a do tego ważnych stratygraficznie, skamieniałości pochodzących z Pasma Łysogórskiego Gór Świętokrzyskich, co przedstawiono w artykule.

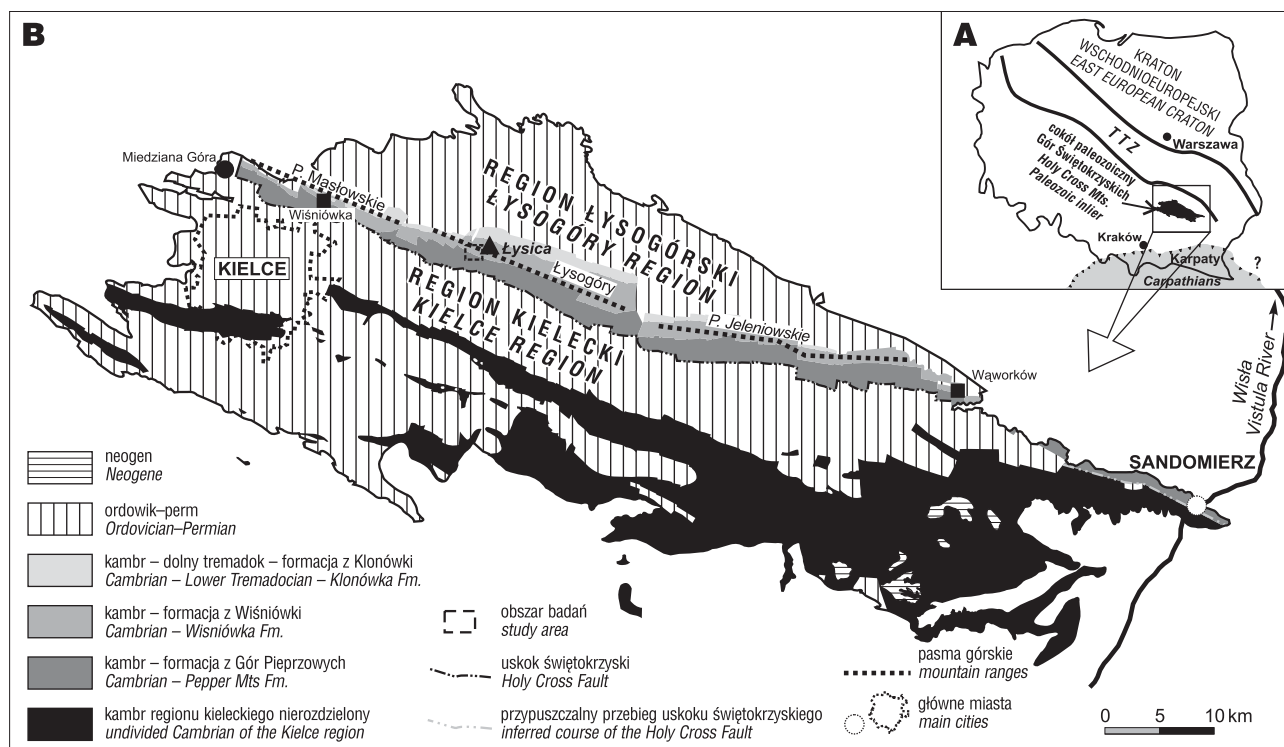
### ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Badania przeprowadzono w południowej części regionu łysogórskiego Gór Świętokrzyskich (*sensu* Czarnocki, 1950), w zachodniej części Łysogór, na południowo-zachodnim stoku Łysicy (ryc. 2). Obszar ten wchodzi w skład tektonicznej jednostki łysogórskiej o złożonej budowie wewnętrznej. Silnie zaburzone skały staropaleozoiczne występujące w jej południowej części tworzą strukturę, której tektonika jest przedmiotem intensywnych dyskusji naukowych (por. Czarnocki, 1947, 1950; Znosko, 1962, 1988, 1996; Mizerski, 1979, 1995, 1998; Stupnicka, 1988; Kowalczewski, 1994, 2000a, b; Kowalczewski, Salwa, 2009; Kowalczewski i in., 1986; Dadlez i in., 1994; Orłowski, Mizerski, 1995; Mastella, Mizerski, 2002; Salwa, 2006, 2009). Na obszarze tym, bezpośrednio na powierzchni lub pod cienką pokrywą osadów holocenu, występują skały kambryjskie reprezentujące trzy formacje: łupków z Gór Pieprzowych, piaskowców z Wiśniówki oraz łupków z Klonówki (Orłowski, 1975; Kowalczewski i in., 2006). Obszar występowania skał kambryjskich jest ograniczony od południa uskokiem świętokrzyskim, który w centralnej części Gór Świętokrzyskich oddziela je od młodopaleozoicznego kompleksu skalnego, występującego w obrębie synklinorium kielecko-łagowskiego.

Osady formacji łupków z Gór Pieprzowych (Orłowski, 1975; Kowalczewski i in., 2006) występują na dużym obszarze, od okolic Sandomierza na wschodzie do Miedzianej Góry na zachodzie (ryc. 1). W skład tej jednostki wchodzi zróżnicowane litologicznie serie skalne, obejmujące iłowce, mułowce, piaskowce, a nawet piaskowce kwarcytowe, które są często intensywnie zaburzone tekto-

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-135 Kielce; zbigniew.szczepanik@pgi.gov.pl.

<sup>2</sup> Emerytowany pracownik PIG-PIB, Oddz. Świętokrzyskiego, ul. M.C. Skłodowskiej 19, 25-652 Kielce; jan.malec@pgi.gov.pl.



**Ryc. 1. A** – szkicowa mapka Polski z lokalizacją cokołu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich w relacji do kratonu wschodnioeuropejskiego i strefy Teisseyre-Tornquista (TTZ); **B** – geologiczny szkic cokołu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, z rozprzestrzenieniem skał kambru i lokalizacją obszaru badań; wg Kowalczewskiego i in., 1990

**Fig. 1. A** – sketch-map of Poland with the location of the Holy Cross Mountains inlier in relation to the East European Craton and the Teisseyre-Tornquist Zone (TTZ); **B** – geological sketch-map of the Holy Cross Mountains Palaeozoic inlier showing the distribution of Cambrian deposits. According to Kowalczewski et al. (1990), with the study area location

nicznie (Kowalczewski i in., 1976; Malec, 2010b). Leżąca wyżej w profilu formacja piaskowców z Wiśniówki jest utworzona z naprzemianległych kompleksów gruboławicowych piaskowców kwarcytowych oraz skał ilasto-mułowcowych (Orłowski, 1975; Kowalczewski i in., 2006). Pakiety piaskowców kwarcytowych tworzą odporne na erozję wzniesienia Pasma Głównego Gór Świętokrzyskich oraz pojedyncze wychodnie, występujące dalej na wschód po okolice Opatowa (Orłowski, 1968b). Najmłodszy z kambryjskich kompleksów skalnych – formacja łupków z Klonówki, odsłania się jedynie w pojedynczych stanowiskach w zachodniej części Pasma Głównego. Osady tej formacji rozpoznano ponadto w licznych profilach wiertniczych, od okolic Zagnańska na zachodzie po obszar położony na wschód od Opatowa (Trela, 2006; Trela i in., 2015a, b). Jej niższą część – warstwy mączocickie (Tomczykowa, 1968) – tworzą mułowce i iłowce z licznymi wkładkami piaskowców, a górną – iłowce i mułowce znane jedynie z wierceń, wyróżnione jako formacja iłowca z Brzezinek (Trela, 2006).

Biostratygrafia skał kambryjskich regionu łysogórskiego jest oparta na faunie trylobitowej. Występowanie tych skamieniałości jest jednak bardzo nierównomierne. O ile w wyższej części profilu są one dosyć liczne, to w dolnej występują tylko sporadycznie.

Jedynie dane faunistyczne dotyczące formacji łupków z Gór Pieprzowych pochodzą z okolic Sandomierza, gdzie na podstawie trylobitów udokumentowano obecność poziomu *Paradoxides paradoxissimus* oraz prawdopodobnie *Paradoxides forchhammeri* kambru środkowego (trzeciego oddziału kambru) (Gürich, 1892; Samsonowicz, 1916; Orłowski, 1964). Formacja łupków z Gór Pieprzowych

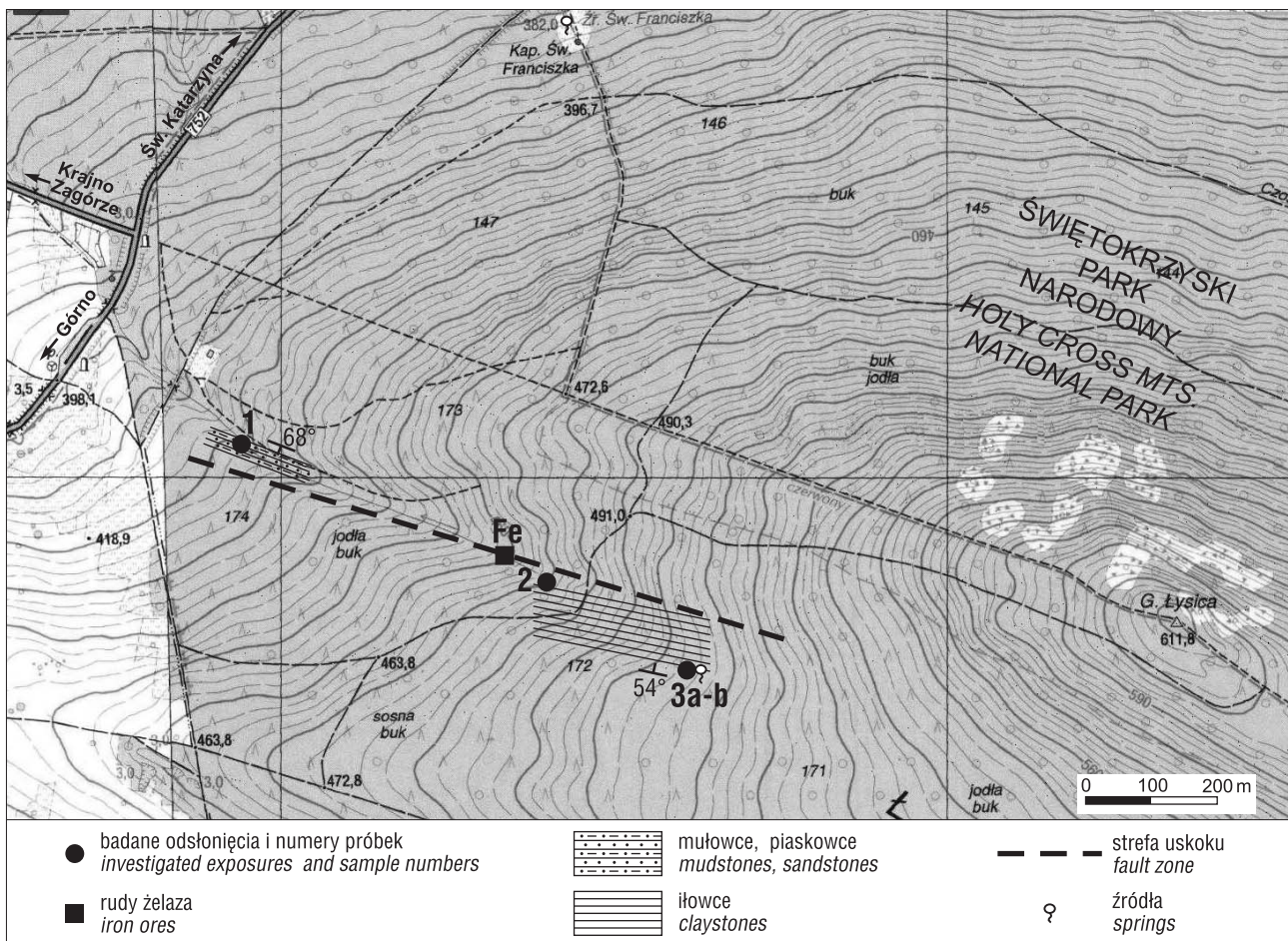
rozciąga się na przestrzeni prawie 100 km, ma znaczną miąższość, a w jej skład wchodzi bardzo różne ogniwa litologiczne (Kowalczewski i in., 1976; Malec, 2010b). Ekstrapolacja bardzo skromnych danych makrofaunistycznych z okolic Sandomierza na cały duży obszar występowania tej formacji i jej zróżnicowany litologicznie miąższy profil jest bardzo problematyczna.

W skałach zaliczanych do formacji z Wiśniówki nieliczne znaleziska trylobitów pochodzą z dwóch stanowisk zlokalizowanych na zachodnim i wschodnim skraju wychodni tej jednostki, a opisane z nich taksony reprezentują w znacznej części formy endemiczne. Na podstawie zrewidowanej fauny trylobitowej oraz nowych danych z Wiśniówki zakłada się, że formacja ta reprezentuje dolny furong, sięgając do poziomu *Parabolina brevispina* (Żylińska i in., 2006).

W przeciwieństwie do dwóch wcześniej wymienionych jednostek litostratygraficznych, w formacji łupków z Klonówki jest obecna liczna, zróżnicowana i ważna stratygraficznie fauna trylobitów. Skamieniałości te występują zarówno w niższej, mułowcowo-iłowcowej, jak i wyższej – iłowcowej części profilu i dokumentują obecność nadpoziomów *Peltura* oraz *Acerocare* górnego furongu, a także najniższego tremadoku (Orłowski, 1968a, b; Tomczykowa, 1968; Żylińska, 2001, 2002).

W ostatnich latach, obok rozpoznania makrofauny trylobitowej kambru łysogórskiego, prowadzono także badania palinologiczne mikroflory akritarchowej (Kowalczewski i in., 1986; Szczepanik, 2001, 2009, 2010, 2014; Żylińska, Szczepanik, 2002; Szczepanik i in., 2004; Żylińska i in., 2006). W ich efekcie udało się rozpoznać liczne, bogate i użyteczne stratygraficznie zespoły akritarchowe, które





Ryc. 2. Mapa topograficzna okolic Łysicy z lokalizacją badanych odsłoneń i próbek

Fig. 2. Topographical map of the Łysica Mountain vicinity showing the location of investigated outcrops and samples

zostały znalezione w znacznie większej liczbie stanowisk niż skamieniałości fauny. Uzyskane wyniki pozostają w zgodzie z danymi faunistycznymi, a w wielu wypadkach, szczególnie w osadach formacji łupków z Gór Pieprzowych i formacji piaskowców z Wiśniówki, pozwalają na datowanie profili, w których nie znaleziono do tej pory żadnych, przydatnych do celów stratygraficznych skamieniałości.

### LOKALIZACJA OBSZARU BADAŃ

Obszar badań jest zlokalizowany na południowo-zachodnim stoku Łysicy (ryc. 2). Na mapie geologicznej Kowalczewskiego (1975) obejmuje on strefę kontaktu formacji łupków z Gór Pieprzowych ze skałami formacji z Wiśniówki. Charakteryzuje się złożoną budową tektoniczną z równoleżnikowymi strefami o charakterze nasunięć (Kowalczewski, 1975, 2000b). Szczegółowe badania geologiczne są na nim znacznie utrudnione z powodu pokrycia terenu gęstym kompleksem leśnym oraz ograniczonymi możliwościami wykonywania prac terenowych w obrębie Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Badania prowadzono w wąwozie Głębozka, położonym na południowo-zachodnim zboczu Łysicy, w odległości ok. 0,7 km na SW od szczytu, na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego (ryc. 2). Dnem wąwozu, biegnącym równoległe do szczytu Pasma Głównego, płynie okresowo niewielki strumyk, zasilany przez źródło położone w jego

najwyższej części. Wąwóz ten ma ok. 1 km długości i szerokość od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Wcina się w podłoże na głębokość od kilku do (miejscami) kilkunastu metrów. Rozszerzone ujście wąwozu znajduje się na skraju lasu przy szosie prowadzącej do wsi Święta Katarzyna, ok. 100 m na południe od skrzyżowania z drogą do Krajno-Zagórze i pomnika poświęconego S. Żeromskiemu, usytuowanemu naprzeciwko tego skrzyżowania (ryc. 3A, B – patrz str. 600).

W dolnej części wąwozu, w odległości ok. 250 m od szosy, znajduje się małe odsłonięcie cienko- i średnioławicowych, drobnoziarnistych piaskowców kwarcytowych z przewarstwieniami szarych mułowców (ryc. 2, odsł. 1). Bieg i upad odsłoniętych warstw wynosi 111/68S. Na przeważającym odcinku wyższej części wąwozu, jego dno jest pokryte blokami piaskowców kwarcytowych o różnych rozmiarach (ryc. 3C – patrz str. 600). W górnej części, na przestrzeni kilkudziesięciu metrów, w północnym zboczu wąwozu, są widoczne zagłębienia o antropogenicznym pochodzeniu (N: 50°53'34.32"; E: 20°52' 56.34"). W kilku miejscach znajdują się tam małe hałdy z nagromadzonymi bryłami rudy żelaza o brunatnej barwie, wielkości od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów (ryc. 3D-F – patrz str. 600). W wyższej części wąwozu, w odległości ok. 50 m na wschód od hałd z rudami żelaza, w południowym zboczu wąwozu występuje mała wychodnia czarnych iłowców (ryc. 2, odsł. 2). Podobne skały, których położenie warstw wynosi 101/54N, odsłaniają się ok. 200 m dalej na wschód, w naj-

wyższej części wąwozu, na wysokości ok. 505 m n.p.m., u podnóża niewielkiej skarpy usytuowanej bezpośrednio obok źródła (ryc. 2, odsł. 3) (N: 50°53'28.26"; E: 20°53'10.80"). W okresach suchych i małego wypływu wody odsłonięcie to jest zamulone i niewidoczne. Uwidacznia się jedynie po długotrwałych opadach, w czasie większego wypływu wody.

### MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Celem wykonanych prac było przeprowadzenie badań litologiczno-sedymentologicznych i paleontologiczno-stratygraficznych skał odsłaniających się w wąwozie Głębozka. Materiał do badań sedymentologicznych i petrograficznych stanowiły próbki czarnych iłowców pochodzących z niewielkiego odsłonięcia zlokalizowanego w niszy źródłiskowej ciekłu, który płynie wąwozem (ryc. 2, odsł. 3), a także ruda żelaza znaleziona na hałdach sztolni badawczej, wykonanej na początku XX w. (ryc. 2). Struktury sedymentacyjne analizowano na zgładzonych powierzchniach wybranych próbek skał, a ich cechy petrograficzne określono w badaniach mikroskopowych płytek cienkich, w świetle przechodzącym. Iłowce badano także na zawartość pirytu w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM).

Bazując na mikroflorze akritarchowej badania mikropaleontologiczne przeprowadzono na podstawie czterech próbek z trzech lokalizacji (ryc. 2, odsł. 1–3). Próbkę pobrano zarówno z kompleksu mułowcowo-piaskowcowego odsłaniającego się w niższej części wąwozu (ryc. 2, odsł. 1, pr. 1), jak i kompleksu czarnych iłowców z jego górnych partii (ryc. 2, pr. 2, 3a, b). Próbka 3 pochodziła dokładnie z tego samego odsłonięcia, z którego pobrano próbki do badań sedymentologicznych i petrograficznych. Wszystkie badania mikropaleontologiczne realizowano przy użyciu standardowej metody preparacji. Wykorzystano proces rozpuszczania skał w silnych kwasach, HF (na zimno) oraz HCl (na zimno i na gorąco). Uzyskany macerat filtrowano na filtrach propylenowych (15 µm), a następnie koncentrowano materię organiczną w cieczach ciężkich. W procesie maceracji nie stosowano żadnych substancji utleniających, które mogłyby zafałszować obraz dojrzałości termicznej. Uzyskany koncentrat badano w świetle przechodzącym, przy wykorzystaniu mikroskopu Olympus BX 51, a dokumentację fotograficzną sporządzono za pomocą mikrokamery SC100 tej samej firmy. Preparaty wykorzystane do

realizacji badań palinologicznych będą zdeponowane w kolekcji Oddziału Świętokrzyskiego PIG-PIB w Kielcach.

## BADANIA LITOLOGICZNO-SEDMYMENTOLOGICZNE

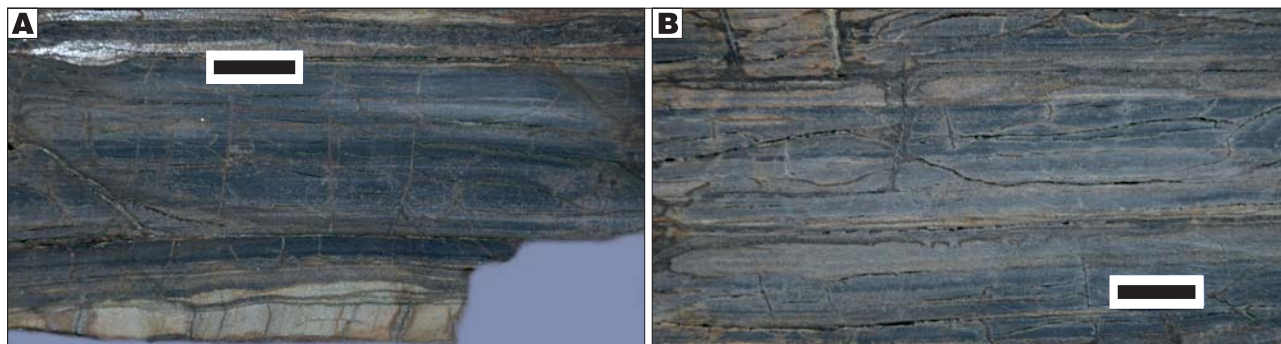
### Iłowce

Przedmiotem badań były czarne iłowce występujące w górnej części wąwozu Głębozka, których obecność udokumentowano na długości ok. 200 m. Obserwacje terenowe wskazują, że na tym obszarze ich miąższość wynosi prawdopodobnie nie mniej niż 40 m. Iłowce są poziomo laminowane, z podrzędnym udziałem cienkich lamin i smug mułowców, rzadziej bardzo drobnopięknych jasnoszarych piaskowców, o grubości 0,1–10,0 mm, najczęściej obocznie nieciągłych (ryc. 4A, B). Obecny w tych osadach materiał terygeniczny frakcji mułowej i drobnopięknej jest laminowany poziomo i przekątnie, tworząc często małe riplemarki o soczewkowatym kształcie (ryc. 4A). Laminacje mułowcowe, rzadziej piaskowcowe tworzą lokalnie zestawy złożone z kilku lamin o różnej grubości (ryc. 5A). Obecne w laminach mułowcowych bardzo drobne ziarna kwarcu charakteryzuje brak uporządkowania, dobra selekcja i słaby stopień obtoczenia (ryc. 5B). W czarnych iłowcach nie napotkano skamieniałości śladowych. Badania wykonane w skaningowym mikroskopie elektronowym wykazały obecność w tych osadach małych, kulistych struktur złożonych z glinokrzemianów o średnicy 3–8 µm, które mogą należeć do radiolarii, oraz brak pirytu.

Laminacje iłowcowe powstały podczas sedymentacji z suspensji, natomiast mułowcowe i piaskowcowe zostały utworzone w efekcie działalności słabych prądów trakcyjnych. Rytmiczna sedymentacja lamin mułowcowych i piaskowcowych świadczy o cyklicznym dostarczaniu do zbiornika bardzo drobnej frakcji materiału terygenicznego i odległym usytuowaniu jego obszaru źródłowego. Pod względem wielkości uziarnienia materiału okruszowego i struktur sedymentacyjnych, czarne iłowce z Głębozki są podobne do litofacji iłowcowych obecnych w obrębie formacji łupków z Gór Pieprzowych (Orłowski, 1975; Malec, 2010a).

### Ruda żelaza

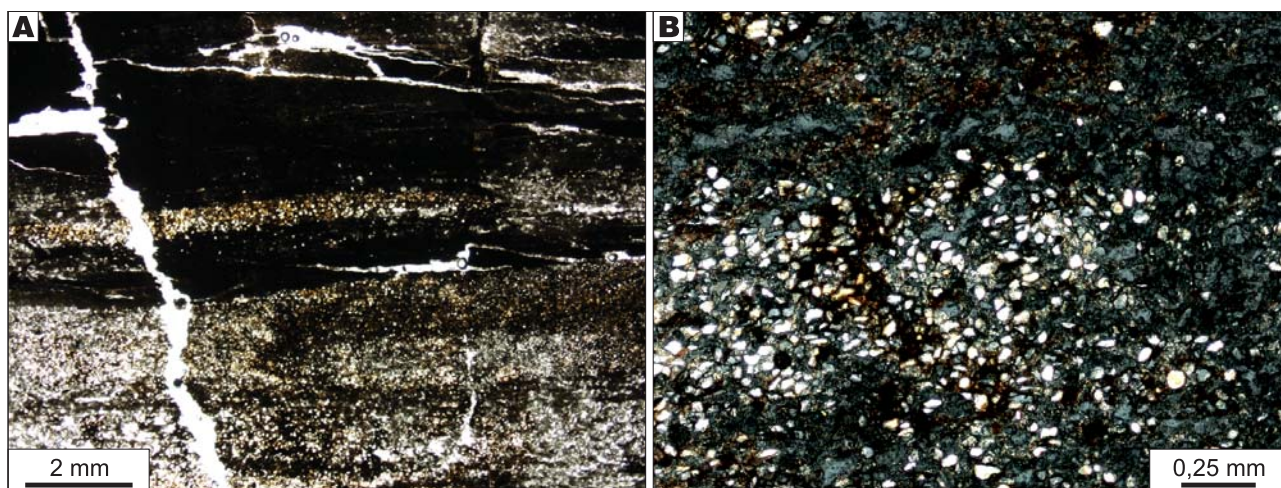
W pracy poświęconej geologii regionu łysogórskiego Czarnocki (1950) zamieścił krótką informację o rudzie żelaza z wąwozu Głębozka. Według tego autora, po raz



**Ryc. 4.** Iłowce z Głębozki (powierzchnie zgładzone). **A, B** – iłowce z cienkimi laminami i soczewkami mułowcowymi oraz piaskowcowymi. Skala – 1 cm. Fot. J. Malec

**Fig. 4.** Claystone from the Głębozka ravine (polished surface). **A, B** – claystone with thin laminae and lenses of mudstone and sandstone. Scale bar – 1 cm. Photo by J. Malec





**Ryc. 5.** Hłowiec z Głębozki w obrazie mikroskopowym. **A** – cienkie laminy mułowcowe (jaśniejsze) w obrębie lamin ilowcowych (ciemniejsze); **B** – fragment laminy mułowcowej z bardzo drobnymi ziarnami kwarcu o dobrym wysortowaniu i słabym obtoczeniu; nikole skrzyżowane. Fot. W. Trela

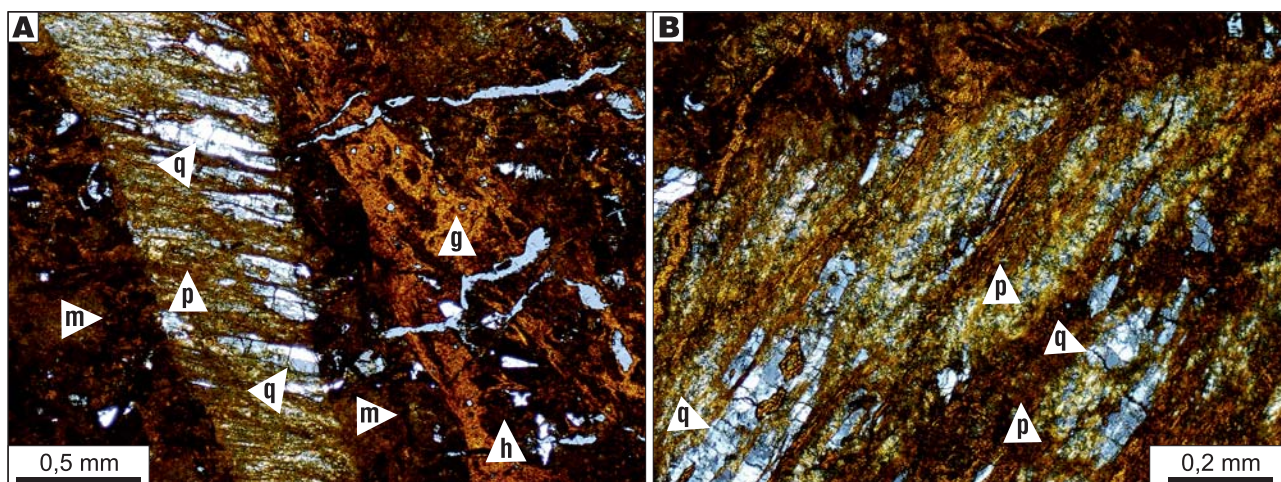
**Fig. 5.** Transmitted-light photomicrographs of thin sections from the Głębozka ravine claystone. **A** – thin laminae of mudstone (lighter in colour) in a darker claystone lamina; **B** – part of a mudstone lamina with well-sorted and poorly-rounded fine-grained quartz. Crossed nicols. Photo by W. Trela

pierwsza została ona tam odkryta na początku XIX w., w okresie staszycowskim. Późniejsze zainteresowania tym złożem, podjęte przez Hutę Bankową w 1922 r., pozwoliły na wyjaśnienie ogólnych warunków jego występowania. W złożu przeciętym przez sztolnię ujawniono, że „ruda żelaza o charakterze limonitu tworzy pokład gniazdowy wśród miękkich, pozbawionych uwarstwienia, kremowych łupków mułkowych”. Zjednoczenie Kopalń Rud Żelaza w Starachowicach wykonało wówczas analizę składu rudy, w której stwierdzono: Fe – 41,61%, Mn – 0,50%, P – 0,30%, SiO<sub>2</sub> – 18,36%. Prawdopodobnie z uwagi na małą wartość ekonomiczną złoża nie prowadzono dalszych prac górniczych na tym terenie.

Z aktualnie wykonanych badań wynika, że kompleks rudonośny z górnej części wąwozu Głębozka występuje w obrębie strefy tektonicznej, ograniczonej od południa czarnymi ilowcami, a od północy – cienko- i średnioławicowymi piaskowcami kwarcytowymi z przewarstwieniami szarych

mułowców. Warstwy pierwszego kompleksu zapadają na północ, a drugiego na południe (ryc. 2). Na tych ostatnich, leżą z niezgodnością tektoniczną gruboławicowe piaskowce formacji z Wiśniówki, których ławice zapadają na północ. Seria osadów „łupków mułkowych” z gniazdami rudy żelaza jest najprawdopodobniej lateralnie nieciągła, o grubości do kilku i długości do kilkudziesięciu metrów. Wyrażany był pogląd, że ruda żelaza z Głębozki reprezentuje syngenityczne syderyty i sferosyderyty pokładowe, utlenione w strefie wietrzenia (Fijałkowska, Fijałkowski, 1963).

Wstępne badania petrograficzne wskazują, że występująca w Głębozce ruda żelaza jest złożona głównie z tlenków i wodorotlenków żelaza, w tym goethytu i rozproszonego hematytu, tkwiących w masie ilasto-żelazistej. Wśród składników rudy są obecne inkorporowane tektonicznie małe porwaki skał ilastych, w których występuje rozproszony, sprasowany metamorficzny kwarc, ułożony współkształtnie do laminacji (ryc. 6A, B).



**Ryc. 6.** Ruda żelaza z wąwozu Głębozka w obrazie mikroskopowym. **A** – w obrębie masy ilasto-żelazistej (m) goethyt (g), hematyt (h) oraz porwaki skał ilastych z tlenkami i wodorotlenkami żelaza (p) i metamorficznymi kwarcami (q); **B** – fragment porwaka skał ilastych z tlenkami i wodorotlenkami żelaza (p) oraz metamorficznymi kwarcami (q). Fot. Z. Migaszewski

**Fig. 6.** Transmitted-light photomicrographs of iron ore thin sections from the Głębozka ravine: **A** – goethite (g), hematite (h), shard of claystone with iron oxyhydroxide (p) and metamorphic quartz (q) in the ferruginous-clay matrix; **B** – piece of clay rock shard with iron oxyhydroxide (p) and metamorphic quartz. Photo by Z. Migaszewski

Geneza powstania złoża nie została dotychczas wyjaśniona. Jest ono najprawdopodobniej wtórne, o czym świadczą dominacja tlenowych związków żelaza, wskazujących na znaczący udział procesów wietrzeniowych.

## BADANIA STRATYGRAFICZNE

### Liczebność zespołów mikroflorystycznych

Spośród czterech próbek pobranych z niewielkich odsłoneń w wąwozie Głębozka (ryc. 2) w trzech znaleziono stosunkowo liczne i zróżnicowane zespoły mikroflory akritarchowej. Pozytywne próbki pochodzą z kompleksu czarnych iłowców odsłaniających się w górnym odcinku wąwozu. W próbce pobranej z niszy źródłiskowej (ryc. 2, odsł. 3) liczebność palinoflory była wyraźnie wyższa (sięgała kilkuset okazów w preparacie) niż w próbce pobranej z niższej części wąwozu (odsłoneń 2), gdzie znaleziono „jedynie” kilkadziesiąt okazów w jednym preparacie.

Ponieważ z odsłoneń w niszy źródłiskowej pobrano dwie próbki, w celu uniknięcia problemów z identyfikacją i lokalizacją poszczególnych okazów w preparatach, opisano je jako 3a i 3b (ryc. 2; tab. 1).

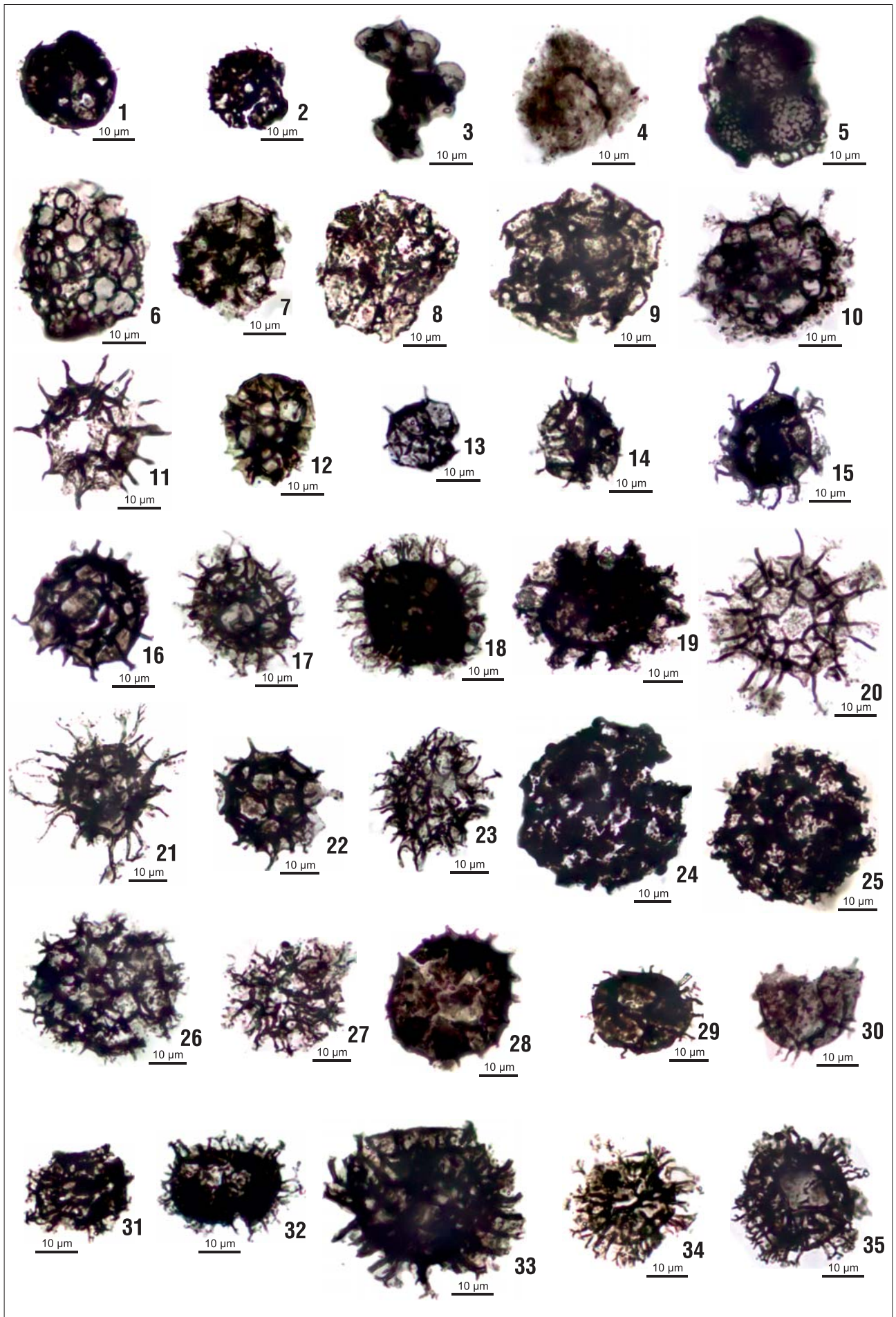
### Stan zachowania mikroflory

Znajdowane mikroszczałki organiczne charakteryzują się bardzo ciemną barwą – ciemnobrazową do czarnej (ryc. 7). Obserwacje te dowodzą, że skała i zawarta w niej materia organiczna była poddana oddziaływaniu wysokiej temperatury, znacznie przekraczającej 150°C. Taki wysoki stopień dojrzałości termicznej palinomorf jest bardzo charakterystyczny dla wszystkich skał kambryjskich w regionie Łysogórkim Gór Świętokrzyskich, a szczególnie dla skał formacji łupków z Gór Pieprzowych (Szczepanik, 1997, 2007). Pomimo wysokiego stopnia przemian termicznych materii organicznej, stan zachowania mikroflory jest zaskakująco dobry. Akritarchy nie wykazują większych

**Tab. 1.** Występowanie akritarch w badanych próbkach  
**Table 1.** Acritarch taxa in the investigated samples

Taksony Taxa	Próbka 1 Sample 1	Próbka 2 Sample 2	Próbka 3a Sample 3a	Próbka 3b Sample 3b
? <i>Acrum</i> sp.	–	–	–	+
<i>Adara</i> sp.	–	+	–	–
<i>Aranidium</i> sp.	–	–	+	+
<i>Comasphaeridium</i> sp.	–	+	+	+
<i>Cristallinium cambriense</i> (Slavikova) Vanguetaine, 1978	–	+	+	+
<i>Cristallinium</i> cf. <i>cambriense</i> (Slavikova) Vanguetaine, 1978	–	–	+	+
<i>Cristallinium</i> sp.	–	+	+	+
<i>Cymatiogalea</i> ssp.	–	+	+	+
? <i>Dictyotidium</i> sp.	–	–	+	–
<i>Heliosphaeridium lanceolatum</i> (Vanguetaine) Moczyłowska, 1998	–	+	–	–
<i>Heliosphaeridium</i> sp.	–	+	+	+
<i>Impluviculus</i> sp.	–	–	+	–
<i>Leiosphaeridia</i> sp.	?	+	+	+
? <i>Lophosphaeridium</i> sp.	–	–	+	–
<i>Multiplicisphaeridium</i> sp.	–	+	+	+
<i>Polygonium</i> sp.	–	–	–	+
<i>Retisphaeridium ovillense</i> (Cramer et Diez) Vanguetaine, 2002	–	+	+	+
<i>Retisphaeridium dichamerum</i> Staplin, Jansonius et Pottock, 1965	–	+	+	+
<i>Retisphaeridium</i> sp.	–	+	+	+
<i>Stelliferidium</i> ssp.	–	+	+	+
<i>Symplasphaeridium</i> sp.	–	–	+	+
<i>Timofeevia densa</i> Palacios, 2015	–	+	–	–
<i>Timofeevia lancarae</i> (Cramer et Diez) Vanguetaine, 1978	–	–	+	+
<i>Timofeevia</i> cf. <i>lancarae</i> (Cramer et Diez) Vanguetaine, 1978	–	–	+	+
<i>Timofeevia microretis</i> Martin in Martin et Dean, 1981	–	–	+	–
<i>Timofeevia pentagonalis</i> (Vanguetaine) Vanguetaine, 1978	–	–	+	+
<i>Timofeevia phosphoritica</i> Vanguetaine, 1978	–	+	+	+
<i>Timofeevia</i> sp.	–	+	+	+
<i>Vulcanisphaera</i> cf. <i>cantabrica</i> Palacios, 2015	–	+	+	+
<i>Vulcanisphaera spinulifera</i> (Volkova) Parsons et Anderson, 2000	–	+	+	+
<i>Vulcanisphaera</i> cf. <i>turbata</i> Martin in Martin et Dean, 1981	–	–	+	+
<i>Vulcanisphaera</i> sp.	–	+	+	+
? <i>Vulcanisphaera</i> sp.	–	–	+	–





**Ryc. 7.** Zespół akritarchowy z wąwozu Głębozcka  
**Fig. 7.** Acritarch assemblage from the Głębozcka ravine

1 – *Leiosphaeridia* sp., pr./sample 3a, M24\_1; 2 – *Aranidium* sp., pr./sample 3a, K39; 3 – *Symplasosphaeridium* sp., pr./sample 3a, J39, 4 – *Comasphaeridium* sp., pr./sample 3b, Q41\_4; 5 – ?*Acrum* sp., pr./sample 3b, Q32\_1; 6 – *Retisphaeridium ovillense* (Cramer et Diez) Vanguetaine, 2002, pr./sample 3b, K31\_4; 7 – *R. dichamerum* Staplin, Jansonijs et Pottock, 1965, pr./sample 3a, W37; 8, 9 – *Cristallinium cambriense* (Slavikova) Vanguetaine, 1978, 8 – pr./sample 3b, G36, 9 – pr./sample 2, H29; 10 – ?*Dictyotidium* sp. pr./sample 3a, V38; 11 – *Polygonium* sp., pr./sample 3b, L34; 12 – *Adara* sp., pr./sample 2, Y39\_1; 13 – *Impluviculus* sp., pr./sample 3a, Q42\_1; 14 – *Heliosphaeridium lanceolatum* (Vanguetaine) Moczydłowska, 1998, pr./sample 2, Q45; 15 – *Multiplicisphaeridium* sp., pr. (sample) 3a, U37\_4; 16, 17 – *Timofeevia phosphoritica* Vanguetaine, 1978, 16 – pr./sample 3a, F42, 17 – pr./sample 3b, Y42; 18 – *T. densa* Palacios, 2015, pr./sample 2, K37\_4; 19 – *T. microretis* Martin in Martin et Dean, 1981, pr./sample 3a, L39; 20 – *T. lancarae* (Cramer et Diez) Vanguetaine, 1978, pr./sample 3b, U42\_1; 21 – *T. cf. lancarae* (Cramer et Diez) Vanguetaine, 1978, pr./sample 3b, J38\_3; 22 – *T. pentagonalis* (Vanguetaine) Vanguetaine, 1978, pr./sample 3b, G41; 23 – *Vulcanisphaera* sp., pr./sample 2, K38; 24 – *V. cf. cantabrica* Palacios, 2015, pr./sample 3b, Q39\_3; 25, 26 – *V. spinulifera* (Volkova) Parsons et Anderson, 2000, 25 – pr./sample 3b, G38\_3, 26 – pr./sample 3b U42\_1; 27 – *V. cf. turbata* Martin in Martin et Dean, 1981, pr./sample 3b, L29; 28–30 – *Stelliferidium* sp.: 28 – pr./sample 3b, C37\_1, 29 – pr./sample 3b, L38, 30 – pr./sample 3a, R31\_3, L38; 31–35 – *Cymatiogalea* sp.: 31 – pr./sample 2R26, 32 – pr./sample 3a, Q44, 33 – pr./sample 3a, R41, 34 – pr./sample 3a, T44, 35 – pr./sample 3a, K29. Skala/Scale bar – 10 µm. Kolekcja/Collection PIG-PIB Kielce 2378 (3a), 2379 (3b), 2380 (2)



śladów zniszczeń mechanicznych. Wyrostki i inne większe elementy rzeźby są z reguły zachowane, chociaż wysoka temperatura doprowadziła do zniszczenia bardziej delikatnych elementów morfologicznych, co ograniczyło możliwość oznaczeń taksonomicznych na poziomie gatunkowym. Na powierzchni badanych palinomorf nie obserwuje się, powszechnych w innych osadach kambru, zniszczeń spowodowanych krystalizacją pirytu. Znaczące zróżnicowanie taksonomiczne badanych zespołów oraz stosunkowo duża liczebność palinomorf, może świadczyć o istnieniu dobrych warunków dla bytowania mikrofitoplanktonu. Tego typu zespoły palinomorf z reguły występują w morzach typu szelfowego. W osadach tworzących się zarówno w płytszych, jak i w głębszych środowiskach, zwykle spotyka się mniej zróżnicowane zespoły akritarchowe (por. Jacobson, 1979; Molyneux, 2009). Mimo położenia odsłonięć czarnych iłowców w bezpośredniej bliskości strefy tektonicznej nie odnotowano w badanym materiale mikroflorystycznym śladów spękań i innych odkształceń, będących efektem naprężeń tektonicznych.

#### Charakterystyka taksonomiczna

Zespół akritarchowy pochodzący z trzech próbek pobranych z czarnych iłowców jest bardzo podobny (tab. 1; ryc. 7). Zdecydowanie dominują formy o charakterystycznej poligonalnej strukturze powierzchni ciała centralnego. Reprezentują one rodzaje: *Retisphaeridium*, *Cristallinium*, *Timofeevia* i *Vulcanisphaera*. Pośród nich najliczniej występuje gatunek *Timofeevia phosphoritica* (ryc. 7: 16, 17), a w drugiej kolejności *Vulcanisphaera spinulifera* (ryc. 7: 25, 26). Dużo jest także form o poligonalnej powierzchni ciała centralnego, ale pozbawionych wyrostków. Mogą one reprezentować rodzaje: *Retisphaeridium*, *Cristallinium* bądź *Dictyotidium* (ryc. 7: 6–10). Z uwagi na zniszczenie drobnych elementów morfologicznych, w większości badanych okazów reprezentujących tę grupę palinomorf, nie ma możliwości ich dokładniejszego oznaczenia. Licznie reprezentowane (kilkadziesiąt okazów) są także formy z dużym, polarnie położonym otwarciem ciała centralnego, zaliczane do nieformalnej grupy „galeate”. Reprezentują one rodzaje *Stelliferidium* i *Cymatiogalea* (ryc. 7: 28–35). W przypadku tych form, nie było możliwości

oznaczenia na poziomie gatunkowym, a często nawet rodzajowym. Nie wynika to jednak ze słabego stanu zachowania okazów, ale jest związane z faktem, że systematyka tych taksonów bazuje na bardzo drobnych różnicach morfologicznych, najczęściej słabo zachowanych w kopalnym materiale. Dostyc często pośród obserwowanych akritarch można dostrzec zróżnicowane morfologicznie *Multiplicisphaeridium* (ryc. 8: 15), których nie oznaczano na poziomie gatunkowym. Stosunkowo rzadko są obecne w badanych próbkach *Leiosphaeridia* i inne, zwykle popularne w osadach kambru, formy sferomorficzne. Wszystkie rozpoznane w zespole z Głębozcki taksony akritarchowe ilustrują fotografie na rycinie 7.

#### Regionalne porównania mikroflorystyczne

Zespoły rozpoznane w iłowcach kambryjskich spod Łysicy, są bardzo typowe dla pogranicza kambru „środkowego” oraz „górnego” na obszarze prawie wszystkich kambryjskich paleokontynentów. Nieopodal obszaru badań, ale już poza Łysogórami, w kamieniołomie Wiśniówka Mała rozpoznano praktycznie identyczny zespół akritarchowy (Moczydłowska w: Kowalczewski i in., 1986; Żylińska i in., 2006; Szczepanik, 2009), który od asocjacji spod Łysicy różni się jedynie mniejszą ilością form z rodzajów *Cristallinium* i *Retisphaeridium* oraz nieco mniejszym stopniem dojrzałości termicznej.

W strefie Narol–Biłgoraj, która wydaje się być bezpośrednim przedłużeniem regionu łysogórskiego w kierunku kratonu wschodnioeuropejskiego, analogiczną asocjację palinomorf znaleziono w spażu wiercenia Narol PIG 2 (Szczepanik, 2015). Zespół akritarchowy z tego profilu, charakteryzuje zbliżony skład taksonomiczny i podobny, wysoki stopień dojrzałości termicznej, do zespołu mikroflorystycznego z Głębozcki. Pozwala to na poparcie tezy o strukturalnej bliskości regionu łysogórskiego oraz strefy Narol–Biłgoraj. Mikroflora z Narola jest szczególnie cenna dla korelacji biostratygraficznych, ponieważ znaleziono ją w skałach, w których są obecne także trylobity, dokumentujące obecność najniższego furongu (Jendryka-Fuglewicz, 1995).

Analogiczna mikroflora akritarch, znaleziona została także w kilku wierceniach wykonanych na południowy



SYSTEM SYSTEM	ODDZIAŁ SERIES	PIĘTRO STAGE	Volkova i Kiryanov, 1995	Vanguetaine i Van Looy, 1983	Palacios, 2015	Jachowicz-Zdanowska, 2011	Parsons i Andreson, 2000	Martin i Dean, 1998	Szczepanik, 2009		
KAMBR CAMBRIAN	ODDZIAŁ 3 SERIES 3	PIĘTRO 10 STAGE 10	VK 4B	<i>A. rommelari</i> <i>V. africana</i>			IX	Ra10b RA10a	A5b	M XII	
			VK 4A				RA9	M XI b			
			JIANG-SHANIAN				VK 3	RA8		M XI a	
							VK 2B	RA7b		A5a	M X
							VK 2A	RA7a			M IX
		PAIBIAN	VK 1B	<i>T. revinium</i> <i>V. dumntii</i>	VII	RA5	? A4	?			
			VK 1	<i>T. pentagonalis</i> <i>- V. turbata</i>	VI	?	?	?			
			SK 2		RA4	M VI – M VIII					
			GUASHANGIAN		SK 1	A3b	M V				
						A3a	M IV				
	DRUMIAN	PIĘTRO 5 STAGE 5	SK 1		<i>C. cambriense-</i> <i>Eliasum – Timofevia</i>		↑? IMC6	V	A2 – część górna = Tp-Vt A2 – upper part = Tp-Vt	M III	
				IV				A2 – część dolna = Tp-Vt A2 – lower part = Tp-Vt	M II		
				IMC5				A1 = <i>Adara alea</i>	M I		
				IMC4				A0 = <i>Rugasphaera terranovana</i>			
				IMC3				A0-1			
				IMC2							
				IMC1							
				<i>S. compressa</i>							

najbardziej prawdopodobny *most probable*  
 zasięg stratygraficzny badanej mikroflory  
*stratigraphic range of examined microflora*  
 przypuszczalny *inferred*

Ryc. 8. Korelacja biostratygraficzna nowego zespołu akritarchowego z poziomami wyższego kambru  
 Fig. 8. Stratigraphic correlation between the new acritach assemblage and the upper Cambrian zones

wschód od Gór Świętokrzyskich, w strefie peryferyjnej masywu małopolskiego (ryc. 8, zesp. V) (Jachowicz-Zdanowska, 2011). W porównaniu z zespołami z regionu łysogórskiego Gór Świętokrzyskich, akritarchy z tych wierzeń są w znacznie mniejszym stopniu zmienione termicznie. Podobne, różniące się jednak brakiem form reprezentujących rodzaje *Timofeovia* i *Vulcanisphaera*, asocjacje mikroflorystyczne rozpoznano także na obszarze Górnego Śląska (Moczydłowska, 1998; Jachowicz-Zdanowska, 2013) oraz w syneklizie perybałtyckiej na kratonie wschodnioeuropejskim (Szczepanik, 2000).

W położonych dalej na wschód obszarach kratonu wschodnioeuropejskiego zespoły mikroflory akritarchowej, o składzie taksonomicznym bardzo zbliżonym do zespołów z Głębozki, zostały rozpoznane w wierceniach zgłębianych na obszarze syneklizy moskiewskiej oraz w rejonie Sankt Petersburga (Volkova, 1990). Obecna tam mikroflora z licznymi *Vulcanisphaera spinulifera* i *V. turbata*, a także *Timofeovia phosphoritica* oraz *T. lancarae*, została zaliczona do lokalnej strefy WK1 (Volkova, 1990; Volkova, Kiryanov, 1995), datowanej na pogranicze kambru środkowego i górnego (ryc. 8). W stosunku do mate-

riału z Gór Świętokrzyskich, zespół WK1 charakteryzuje się brakiem form „galeate”, obecnych w Głębozce, w profilu Małej Wiśniówki i w przyspągowym odcinku profilu wiercenia Narol PIG 2.

Na obszarze wschodniej Kanady, zespoły akritarchowe z pogranicza kambru środkowego i górnego udokumentowano na obszarze Nowej Funlandii (Martin, Dean, 1981, 1988; Parsons, Andreson, 2000) oraz Nowej Szkocji (Palacios i in., 2009). Dzięki obecności trylobitów możliwe było ustalenie wieku tych zespołów, których skład taksonomiczny jest bardzo zbliżony do asocjacji mikroflorystycznej z Głębozki. Fauna ze wschodniej Kanady (ryc. 8, górna część zony A2) dokumentuje obecność najwyższej części trzeciego oddziału kambru i najniższego furongu, z tym że warstwy, w których stwierdzono występowanie akritarch z grupy „galeate” są tam uznawane już za furong. Podobnie jak w Górach Świętokrzyskich, w skałach kambru kanadyjskiego najliczniej są reprezentowane formy z rodzajów: *Timofeovia*, *Vulcanisphaera*, *Cristallinium*, *Stelliferidium* i *Cymatiogalea*.

Zespoły palinologiczne bardzo podobne do akritarch z Głębozki rozpoznano także w osadach najwyższej części profilu trzeciego oddziału kambru i najniższego furongu w Górach Kantabryjskich (NW Hiszpania) (Palacios, 2015). Zespół z Głębozki, z licznymi formami z rodzaju *Timofeovia* i *Vulcanisphaera*, jest podobny do akritarch z poziomu IMC6 oraz pochodzących z nieco młodszych warstw z formacji Barrios, korelowanych z najwyższym piętnem trzeciego oddziału kambru, a także częściowo z osadami uznawanymi już za furong (ryc. 8).

Analogeniczna do łysogórskiej mikroflora akritarchowa jest obecna także w kambrze północnej Norwegii (kaledonidy skandynawskie) (Welsch, 1986), w paleozoicznych masywach północnej Francji i Belgii (Vanguetaine, 1974; Ribecai, Vanguetaine, 1993; Vanguetaine, Leonard, 2005), Irlandii (Brück, Vanguetaine, 2004), Szwecji (Bagnoli i in., 1988), północnej Afryki (Vanguetaine, van Looy, 1983) i innych obszarów (ryc. 8).

Zespoły mikroflorystyczne, bardzo podobne do asocjacji znalezionej w wąwozie Głębozka, są rozpoznawane na obszarze prawie całego świata. Akritarchy są zatem bardzo użyteczne w korelacji osadów kambru obecnych na różnych obszarach. Ich znaczenie podnosi fakt, że występująca w tym samym czasie fauna trylobitowa cechuje się silnym prowincjonalizmem.

#### Wiek badanych osadów w świetle danych palinologicznych

Analiza zasięgów stratygraficznych akritarch z wąwozu Głębozka pozwala na zaliczenie występującej tutaj asocjacji mikroflorystycznej do ścisłego pogranicza trzeciego oddziału kambru i furongu, co w tradycyjnym, i powszechnie stosowanym w Górach Świętokrzyskich podziale chronostratygraficznym odpowiada najniższemu poziomowi kambru górnego. W lokalnym schemacie biostratygraficznym zespół ten można uznać za odpowiednik zony M-IV (Szczepanik, 2009). Znalezienie w spągu otworu wiertniczego Narol PIG 2 przewodnich trylobitów (Jendryka-Fuglewicz, 1995) wraz z asocjacją palinologiczną bardzo podobną do zespołu z Głębozki (Szczepanik, 2015), pozwala na datowanie wieku badanych iłowców na bezpo-

średnie pogranicze trzeciego oddziału kambru i furongu, bądź też, co wydaje się bardziej prawdopodobne, na najniższy furong (ryc. 8).

#### PODSUMOWANIE

Na południowym zboczu Łysicy, w niewielkiej odległości od grani Łysogór (ok. 200–300 m), udokumentowano obecność kompleksu czarnych iłowców podobnych do litofacji iłowcowych formacji łupków z Gór Pieprzowych, z warstwami nachylonymi na północ. Graniczą one od północy wzdłuż strefy tektonicznej z kompleksem cienko- i średnioławicowych piaskowców kwarcytowych zapadających na południe. Na te ostatnie są najprawdopodobniej nasunięte gruboławicowe piaskowce formacji z Wiśniówki, budujące szczytowe partie Łysogór. W obrębie strefy tektonicznej ograniczającej od północy czarne iłowce, występują koncentracje rudy żelaza w postaci wietrzeniowej czapy żelaznej.

W wyniku prowadzonych prac, po raz pierwszy w ponad 100-letniej historii badań geologicznych Pasma Łysogór, udokumentowano w występujących tam skałach obecność organicznych mikroskamieniałości z grupy Acritarcha. Pozwalają one na datowanie badanych osadów na dolny furong (starsza część górnego kambru). Bogata asocjacja mikroflorystyczna daje możliwość korelacji ze skałami zbliżonego wieku występującymi na różnych paleokontynentach. Jest to szczególnie istotne, ponieważ trylobity, najważniejsze dla badań biostratygraficznych skamieniałości kambru, cechują się znacznym prowincjonalizmem. Obecność w iłowcach z Głębozki, przypominających osady formacji łupków z Gór Pieprzowych, mikroflory bardzo podobnej do znanej z niższej części profilu formacji piaskowców z Wiśniówki, może wskazywać na częściową równowiekowość tych osadów.

Autorzy składają podziękowanie Dyrekcji Świętokrzyskiego Parku Narodowego za wyrażenie zgody na prowadzenia badań geologicznych na terenie Łysogór. Dziękujemy prof. dr. hab. Dzisławowi Migaszewskiemu za korektę tekstu w j. angielskim, dr. hab. Wiesławowi Treli i mgr. inż. Dominikowi Szrekowi za wykonanie zdjęć płytek cienkich i badań w mikroskopie skaningowym, a inż. Mariuszowi Wrzaskiewiczowi za wykonanie naszlifów i szlifów. Bardzo dziękujemy prof. Małgorzacie Moczyłowskiej-Vidal oraz anonimowemu Recenzentowi za szereg cennych uwag i sugestii, które wykorzystano w ostatecznej wersji publikacji.

#### LITERATURA

- BAGNOLI G., STOUGE S., TONGIORGI M. 1988 – Acritarchs and conodonts from the Cambro-Ordovician Furuhall (Kopingsklint) section (Oland, Sweden). Riv. Ital. Paleontol. Stratigr., 94: 163–248.  
 BODZIOCH A. 2000 – Pseudoskamieniałości Corallicyathida z kambru Łysogór. Inst. Geol. UAM, 9: 39–46.  
 BRÜCK P.M., VANGUESTAINE M. 2004 – Acritarchs from the Lower Palaeozoic succession on the south County Wexford coast, Ireland: new age constraints for the Cullenstown Formation and the Cahore and Ribband Groups. Geol. J., 39: 199–224.  
 CZARNOCKI J. 1919 – Stratygrafia i tektonika Gór Świętokrzyskich. Stratygrafia i tektonika staropaleozoicznych utworów Gór Świętokrzyskich (kambr, sylur, dewon dolny). Pr. Tow. Nauk. Warszaw., 28: 1–172.  
 CZARNOCKI J. 1927 – Kambr i jego fauna w środkowej części Gór Świętokrzyskich. Sprawozd. Państw. Inst. Geol., 4: 189–207.  
 CZARNOCKI J. 1947 – Przewodnik XX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Górach Świętokrzyskich w r. 1947. Roczn. Pol. Tow. Geol., 17: 237–299.



- CZARNOCKI J. 1950 – Geologia regionu łysogórskiego w związku z zagadnieniem złoża rud żelaza w Rudkach. Pr. Państw. Inst. Geol., 1: 1–404.
- DADLEZ R., KOWALCZEWSKI Z., ZNOSKO J. 1994 – Some key problems of the pre-Permian tectonics of Poland. Geol. Quart., 38: 169–190.
- FIJAŁKOWSKA E., FIJAŁKOWSKI J. 1963 – Występowanie pirytu w niektórych punktach Gór Świętokrzyskich. Roczn. Muz. Świętokrzyskiego, 1: 45–56.
- GÜRICH G. 1892 – Über eine cambrische Fauna von Sandomir in Russisch-Polen. Neues Jahr. Miner., 1: 69–70.
- GÜRICH G. 1896 – Das Paläozoikum im polnischen Mittelgebirge. Verhandlungen der Russisch-Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg, 2: 433–436.
- JACHOWICZ-ZDANOWSKA M. 2011 – Cambrian organic microfossils at the border area of the East and West-European Platforms (SE Poland and Western Ukraine). Ann. Soc. Geol. Polon., 81: 241–267.
- JACHOWICZ-ZDANOWSKA M. 2013 – Cambrian phytoplankton of the Brunovistulicum – taxonomy and biostratigraphy. Spec. Pap. Polish Geol. Inst., 28: 1–79.
- JACOBSON S.R. 1979 – Acritarchs as paleoenvironmental indicators in Middle and Upper Ordovician rocks from Kentucky, Ohio and New York. J. Paleont., 53: 1197–1212.
- JENDRYKA-FUGLEWICZ B. 1995 – Wyniki badań brachiopodów z profilu kambru otworu Narol PIG 2 i Dyle IG 1 (południowa Lubelszczyzna). Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol., 51: 4–6.
- KOWALCZEWSKI Z. 1975 – Tektonika i tektogeneza paleozoiku i mezozoiku Gór Świętokrzyskich. Studium strukturalne Pasma Masłowskiego i Klonowskiego. Nar. Arch. Państw. Inst. Geol., Kielce.
- KOWALCZEWSKI Z. 1994 – The Holy Cross Mts. in the Early Paleozoic. [W:] Europrobe Trans European Suture Zone Workshop Kielce, Poland. Excursion Guidebook: 1–18.
- KOWALCZEWSKI Z. 2000a – Litostratygrafia, paleogeografia, facje i tektonika kambru świętokrzysko-nidziańskiego (zagadnienia podstawowe i stan ich znajomości). Pr. Inst. Geogr. WSP Kielce, 4: 7–56.
- KOWALCZEWSKI Z. 2000b – Wybrane problemy geologii Pasma Głównego Gór Świętokrzyskich. Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol., 56: 138–140.
- KOWALCZEWSKI Z., SALWA S. 2009 – Zarys rozwoju budowy geologicznej Gór Świętokrzyskich. [W:] Ludwikowska-Kędzia M., Wiatrak M. (red.), Znane fakty – nowe interpretacje w geologii i geomorfologii Gór Świętokrzyskich. Mat. Konf., Kielce 2009: 9–20.
- KOWALCZEWSKI Z., LISIK R., CHLEBOWSKI R. 1976 – Nowe dane o budowie geologicznej okolic Opatowa. Biul. Inst. Geol., 296: 167–200.
- KOWALCZEWSKI Z., KULETA M., LISIK R., MOCZYDŁOWSKA M. 1986 – Nowe dane o skałach kambru i dolnego ordowiku z okolic Wiśniówki w Górach Świętokrzyskich. Kwart. Geol., 30: 201–228.
- KOWALCZEWSKI Z., ROMANEK A., STUDENCKI M. 1990 – Mapa geologiczna odkryta paleozoiku Gór Świętokrzyskich 1 : 200 000. Nar. Arch. PIG-PIB, Kielce.
- KOWALCZEWSKI Z., ŻYLIŃSKA A., SZCZEPANIK Z. 2006 – Kambr w Górach Świętokrzyskich w: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich [W:] Skąpski S., Żylińska A. (red.), 77 Zjazd Pol. Tow. Geol., Ameliówka k. Kielce, 28–30 czerwca 2006, materiały konferencyjne: 14–27.
- MALEC J. 2007 – Uwagi o skamieniałościach kambru w formacji piaskowców z Wiśniówki. Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol., 63: 91–93.
- MALEC J. 2008 – Cambrian pseudofossils from the Holy Cross Mountains (Poland) from the collection of Włodzimierz Sedlak. [W:] 9<sup>th</sup> Paleontological Conference Warszawa, 10–11 October 2008. Abstracts: 56–57.
- MALEC J. 2010a – Charakterystyka litologiczno-sedymentologiczna osadów kambru Gór Pieprzowych. Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol., 66: 23–26.
- MALEC J. 2010b – Sekwencja kambru w profilu Jurkowie–Opatów. Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol., 66: 27–29.
- MARTIN F., DEAN W.T. 1981 – Middle and Upper Cambrian and Lower Ordovician acritarchs from Random Island, eastern Newfoundland. Geol. Surv. Canada, Bull., 343: 1–43.
- MARTIN F., DEAN W.T. 1988 – Middle and Upper Cambrian acritarch and trilobite zonation at Manuels River and Random Island, eastern Newfoundland. Geol. Surv. Canada, Bull., 381: 1–91.
- MASTELLA L., MIZERSKI W. 2002 – Budowa geologiczna jednostki łysogórskiej (Góry Świętokrzyskie) na podstawie analizy zdjęć radarowych. Prz. Geol., 50: 767–772.
- MIZERSKI W. 1979 – Tectonics of the Łysogóry unit in the Holy Cross Mts. Acta Geol. Pol., 29: 1–38.
- MIZERSKI W. 1995 – Geotectonic evolution of the Holy Cross Mts, in central Europe. Biul. Państw. Inst. Geol., 372: 1–47.
- MIZERSKI W. 1998 – Podstawowe problemy tektoniki i tektogenezy utworów paleozoicznych Gór Świętokrzyskich. Prz. Geol., 46: 337–342.
- MOCZYDŁOWSKA M. 1998 – Cambrian acritarchs from Upper Silesia, Poland; biochronology and tectonic implications. Fossils and Strata, 30: 1–121.
- MOLYNEUX S. G. 2009 – Acritarch (marine microphytoplankton) diversity in an Early Ordovician deep-water setting (the Skiddaw Group, northern England): Implications for the relationship between sea-level change and phytoplankton diversity. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 275: 59–76.
- ORŁOWSKI S. 1964 – Kambr środkowy w Górach Świętokrzyskich. Acta Geol. Pol., 14: 547–560.
- ORŁOWSKI S. 1968a – Upper Cambrian fauna of the Holy Cross Mts. Acta Geol. Pol., 18: 257–291.
- ORŁOWSKI S. 1968b – Kambr antykliny łysogórskiej Gór Świętokrzyskich. Biul. Geol. UW., 10: 153–218.
- ORŁOWSKI S. 1975 – Jednostki litostratygraficzne kambru i górnego prekambru Gór Świętokrzyskich. Acta Geol. Pol., 25: 431–448.
- ORŁOWSKI S., MIZERSKI W. 1995 – Jeszcze raz o budowie geologicznej Góry Wiśniówki (Góry Świętokrzyskie). Prz. Geol., 43: 11–14.
- PALACIOS T. 2015 – Acritarch assemblages from the Oville and Barrios Formations, northern Spain: A pilot proposal of a Middle Cambrian (Series 3) acritarch biozonation in northwestern Gondwana. Rev. Palaeobot. Palynol., 219: 71–105.
- PALACIOS T., JENSEN S., BARR S.M., WHITE C.E. 2009 – Acritarchs from the MacLean Brook Formation, south eastern Cape Breton Island, Nova Scotia, Canada: New data on Middle Cambrian–Lower Furongian acritarch zonation. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 273: 123–141.
- PARSONS M.G., ANDERSON M.M. 2000 – Acritarch microflora succession from the Late Cambrian and Ordovician (early Tremadoc) of Random Island, eastern Newfoundland, and its comparison to coeval microfloras, particularly those of the East. Am. Assoc. Stratigr. Palynologists, Contribut. Series, 38: 1–123.
- RIBECAIC., VANGUESTAINE M. 1993 – Latest Middle–Late Cambrian acritarchs from Belgium and northern France. Spec. Pap. Palaeontol., 48: 45–55.
- SALWA S. 2006 – Wstępna charakterystyka strukturalno-petrograficzna fylitów z Podmachocic w regionie łysogórskim Gór Świętokrzyskich. Prz. Geol., 54: 513–520.
- SALWA S. 2009 – Tektonika skał staropaleozoicznych regionu łysogórskiego Gór Świętokrzyskich. [W:] Ludwikowska-Kędzia M., Wiatrak M. (red.), Znane fakty – nowe interpretacje w geologii i geomorfologii Gór Świętokrzyskich. Mat. Konf., Kielce 2009: 72–74.
- SAMSONOWICZ J. 1916 – Kambr i kambrosylur Gór Świętokrzyskich. Materiały do geologii Gór Świętokrzyskich. Spraw. TNW, 9: 321–351.
- SAMSONOWICZ J. 1934 – Objasnienie arkusza Opatów. Ogólna Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 1–117.
- SEDLAK W. 1975 – Some aspects on the stratigraphy and taxonomy of Cambrian fauna on Lysa Góra (the Świętokrzyskie Mountains, Central Poland). [W:] Second symposium international sur les coraux et recif corallines fossils. Paris, September 1975: 42–48.
- SEDLAK W. 1980 – Cambrian megascopic alga – like forms accompanying Corallicyathida in quartzite beds of Lysa Góra. Acta Palaeont. Pol., 25: 669–670.
- STUPNICKA E. 1988 – Charakter i geneza dyslokacji świętokrzyskiej. Prz. Geol., 36: 40–46.
- SZCZEPANIK Z. 1997 – Preliminary results of thermal alteration investigations of the Cambrian acritarchs in the Holy Cross Mts. Geol. Quart., 41: 257–264.
- SZCZEPANIK Z. 2000 – The Cambrian of the western part of the Pomeranian Caledonides foreland, Peribaltic Syncline; microfloral evidence. Geol. Quart., 44: 261–273.
- SZCZEPANIK Z. 2001 – Acritarchs from Cambrian deposits of the southern part of the Łysogóry Unit in the Holy Cross Mountains, Poland. Geol. Quart., 45: 117–130.
- SZCZEPANIK Z. 2007 – Regionalny gradient paleotermiczny w zapisie palinologicznym starszego paleozoiku i dewonu Gór Świętokrzyskich. [W:] Żylińska A. (red.), XX Konf. Nauk. Paleobiologów i Biostratygrafów PTG, Św. Katarzyna pod Łysicą 10–13 września 2007: 129–132.
- SZCZEPANIK Z. 2009 – Biostratygrafia akritarchowa kambru świętokrzyskiego – raport wstępny. [W:] Ludwikowska-Kędzia M., Wiatrak M. (red.), Znane fakty – nowe interpretacje w geologii i geomorfologii Gór Świętokrzyskich, Mat. Konf., Kielce 2009: 21–38.
- SZCZEPANIK Z. 2010 – Succession of the acritarchs assemblages in Cambrian of the Holy Cross Mts. (Central Poland). CIMP Joint Meeting

- Spores/Pollen and Acritarch Subcommissions, Abstracts. Warsaw, Poland: 70–75.
- SZCZEPANIK Z. 2014 – Acritarch assemblages in Cambrian mudrocks from the Holy Cross Mountains (Poland) and their stratigraphic significance. *Geoshale – Book of Abstracts*, Warsaw, Polish Geological Institute – National Research Institute: 82.
- SZCZEPANIK Z. 2015 – Stratygrafia utworów furongu na podstawie mikroflory akritarchowej. [W:] Paczeńska J., Sobień K. (red.), *Profil Głęb. Otw. Wiert. Państw. Inst. Geol.*, 143, Narol IG 1, PIG 2: 76–95.
- SZCZEPANIK Z., ŻYLIŃSKA A., SALWA S. 2004 – Nowe stanowisko utworów kambru górnego w zachodniej części regionu łysogórskiego Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 52: 131–134.
- TOMCZYKOWA E. 1968 – Stratygrafia osadów najwyższego kambru w Górach Świętokrzyskich. *Pr. Inst. Geol.*, 54: 1–85.
- TRELA W. 2006 – Litostratygrafia ordowiku w Górach Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 54: 622–631.
- TRELA W., MALEC J., PODHALAŃSKA T., SZCZEPANIK Z. 2015a – Profil litologiczno-stratygraficzny otworu wiertniczego Wilków 1. [W:] Trela W. (red.), *Profil Głęb. Otw. Wiert. Państw. Inst. Geol.*, 147, Wilków 1, Daromin IG 1: 14–18.
- TRELA W., MALEC J., PODHALAŃSKA T., SZCZEPANIK Z. 2015b – Profil litologiczno-stratygraficzny otworu wiertniczego Daromin IG 1. [W:] Trela W. (red.), *Profil Głęb. Otw. Wiert. Państw. Inst. Geol.*, 147, Wilków 1, Daromin IG 1: 19–22.
- VANGUESTAINE M. 1974 – *Especies zonales d'Acritarches du Cambro-Tremadocien de Belgique et de l'Ardenne française*. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 18: 63–82.
- VANGUESTAINE M., LEONARD R. 2005 – New biostratigraphic and chronostratigraphic data from the Sautou Formation and adjacent strata (Cambrian, Givonne Inlier, Revin Group, Northern France) and some lithostratigraphic and tectonic implications. *Geol. Belg.*, 8: 131–144.
- VANGUESTAINE M., VAN LOOY J. 1983 – *Acritarches du Cambrien moyen de la vallée de Tcheddir (Haut-Atlas Maroc) dans le cadre d'une nouvelle zonation du Cambrien*. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 106: 69–85.
- VOLKOVA N. 1990 – *Akritarkhi srednego i verknego kembriya vostochno-evropejskoy platformy*. Nauka, Moskwa: 1–114.
- VOLKOVA N.A., KIRYANOV V.V. 1995 – *Regionalnaya stratigraficheskaya skhema sredne-verhnekembriiskikh otlozhenii vostochno-evropejskoy platformy*. *Stratigr. Geol. Correlation*, 3: 66–74.
- WELSCH M. 1986 – *Die Acritarchen der hoheren Digermul-Gruppe, Mittelkambrium bis Tremadoc, Ost-Finmark, Nord-Norwegen*. *Palaeontographica B*, 201: 1–109.
- ZNOSKO J. 1962 – *W sprawie nowego nazewnictwa jednostek tektonicznych Gór Świętokrzyskich*. *Prz. Geol.*, 9: 455–456.
- ZNOSKO J. 1988 – *O niektórych interpretacjach tektonicznych Gór Świętokrzyskich*. *Prz. Geol.*, 36: 597–601.
- ZNOSKO J. 1996 – *Tectonic style of the Early Paleozoic sequences in the Holy Cross Mountains*. *Geol. Quart.*, 40: 1–21.
- ŻYLIŃSKA A. 2001 – *Late Cambrian trilobites from the Holy Cross Mountains, Central Poland*. *Acta Geol. Pol.*, 51: 333–38.
- ŻYLIŃSKA A. 2002 – *Stratigraphic and biogeographic significance of Late Cambrian trilobites from the Holy Cross Mountains (Central Poland)*. *Acta Geol. Pol.*, 52: 217–238.
- ŻYLIŃSKA A., SZCZEPANIK Z. 2002 – *Korelacja pomiędzy poziomami akritarchowymi i trylobitowymi w górnym kambrze Gór Świętokrzyskich – wstępne dane*. *Prz. Geol.*, 50: 1228–1229.
- ŻYLIŃSKA A., SZCZEPANIK Z., SALWA S. 2006 – *Cambrian of the Holy Cross Mountains, Poland; biostratigraphy of the Wiśniówka Hill succession*. *Acta Geol. Pol.*, 56: 443–461.

Praca wpłynęła do redakcji 10.04.2017 r.

Akceptowano do druku 7.07.2017 r.



**Nowe dane o litologii i biostratygrafii akritarchowej skal kambryjskich na Łysicy, najwyższym szczycie Gór Świętokrzyskich (patrz str. 564)**  
**New data on the lithology and acritarch biostratigraphy of Cambrian rocks of Łysica Mt., the highest summit of the Holy Cross Mountains (see p. 564)**



**Ryc. 3.** Okolice wąwozu Głębozca. **A** – pomnik poświęcony S. Żeromskiemu, piewcy i prekursorowi ochrony puszczy świętokrzyskiej, zlokalizowany w pobliżu wylotu wąwozu; **B** – końcowa sentencja tekstu poematu „Puszcza Jodłowa” S. Żeromskiego, wyryta na pomniku; **C** – bloki kambryjskich piaskowców kwarcytowych w środkowej części wąwozu; **D** – bryły rudy żelaza widoczne na hałdzie na północnym zboczu w górnej części wąwozu; **E** – rozłupana bryła rudy żelaza; **F** – rozcięta bryła rudy żelaza z widocznymi naskorupieniami o kopułowym kształcie. Skala – 1 cm. Fot. J. Malec

**Fig. 3.** Environs of the Głębozca ravine. **A** – monument dedicated to S. Żeromski, precursor of the Holy Cross pristine forest protection, located near the mouth of the Głębozca ravine; **B** – final excerpt from the poem by S. Żeromski’s “Fir wilderness”, imprinted on the monument; **C** – blocks of quartzitic sandstones in the middle part of the Głębozca ravine; **D** – lump of iron ore on a slag heap on the northern slope of the ravine; **E** – split lump of iron ore; **F** – surface of cut lump of iron ore covered with a dome-shaped crust. Scale bar – 1 cm. Photo by J. Malec