

WULKANOKLASTY DOLNOKARBOŃSKICH FORMACJI SKALNYCH POMORZA ZACHODNIEGO

VOLCANICLASTS OF LOWER CARBONIFEROUS ROCK FORMATIONS IN WESTERN POMERANIA

KATARZYNA GODYŃ¹

Abstrakt. W dolnokarbońskich formacjach Pomorza Zachodniego występują interesujące pod względem petrograficznym osady zawierające fragmenty skał wulkanicznych (tzw. wulkanoklasty). W ten specyficzny materiał obfitują przede wszystkim piaskowce karbonu dolnego. Wulkanity są jednak obecne praktycznie we wszystkich typach skał osadowych karbonu dolnego tej strefy. W artykule przedstawiono próbę klasyfikacji klastów wulkanicznych obecnych w turnejskich skałach strefy tektonicznej Koszalin–Chojnice. Kryterium ich wyróżnienia stanowiły przede wszystkim cechy strukturalne wulkanitów. Przeprowadzony podział wyłonił trzy główne zespoły wulkanoklastów. Zidentyfikowano fragmenty skał o strukturze: pełnokrystalicznej – mikrofelsytowej; pełnokrystalicznej, łączącej cechy struktury granofirowej, poikilitowej i sferolitycznej oraz półkrystalicznej – dendrytowej. Obserwowano także klasty, które w obrębie tego samego ziarna łączyły różne typy strukturalne. Skałami macierzystymi dla wulkanoklastów były kwaśne skały wylewne z grupy porfirów kwarcowych i bezkwarcowych (ryolit–dacyt).

Słowa kluczowe: wulkanoklasty, skały wulkaniczne, struktury skał, formacje dolnokarbońskie, Pomorze Zachodnie.

Abstract. Lower Carboniferous rocks of Western Pomerania are interesting in terms of petrographic composition containing fragments of volcanic rock (called volcaniclasts). This unique volcanic material is abundant in Lower Carboniferous sandstones. However, the volcanic clasts are present in all types of Lower Carboniferous sedimentary rocks of this zone. The paper presents an attempt of classification of clasts in volcanic rocks from the Koszalin-Chojnice zone. The volcaniclasts are divided into three main groups. Clasts were divided mainly according to their structural features. Some clasts have been identified as parts of holocrystalline - felsitic rocks with the attributes of granophyric, poikilitic and spherulitic structures, and as grains of semi-crystalline rock structures with dendritic development. There are also some clasts showing different structural types combined. Parent rocks for the volcaniclasts were acidic igneous rocks from the quartz porphyry and quartz-free porphyry group (rhyolite-dacite series).

Key words: volcaniclasts, volcanic rocks, rock structures, Lower Carboniferous rock formations, Western Pomerania.

WSTĘP

Spośród różnorodnych typów skał występujących w dolnokarbońskich formacjach skalnych Pomorza Zachodniego, na szczególną uwagę zasługują osady zawierające składniki wulkanoklastyczne. Formacje te, mające od kilku do ok. 500 m miąższości, zostały stwierdzone licznymi otwora-

mi wiertniczymi na głębokościach 2000–4000 m (fig. 1). Obecność wulkanoklastów stwierdzono w północnej, pociętej silnymi uskokami części Pomorza Zachodniego, na obszarze zwanym strefą tektoniczną Koszalin–Chojnice,ciągającą się na długości ok. 80 km.

¹ Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk, ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków; e-mail: godyn@img-pan.krakow.pl

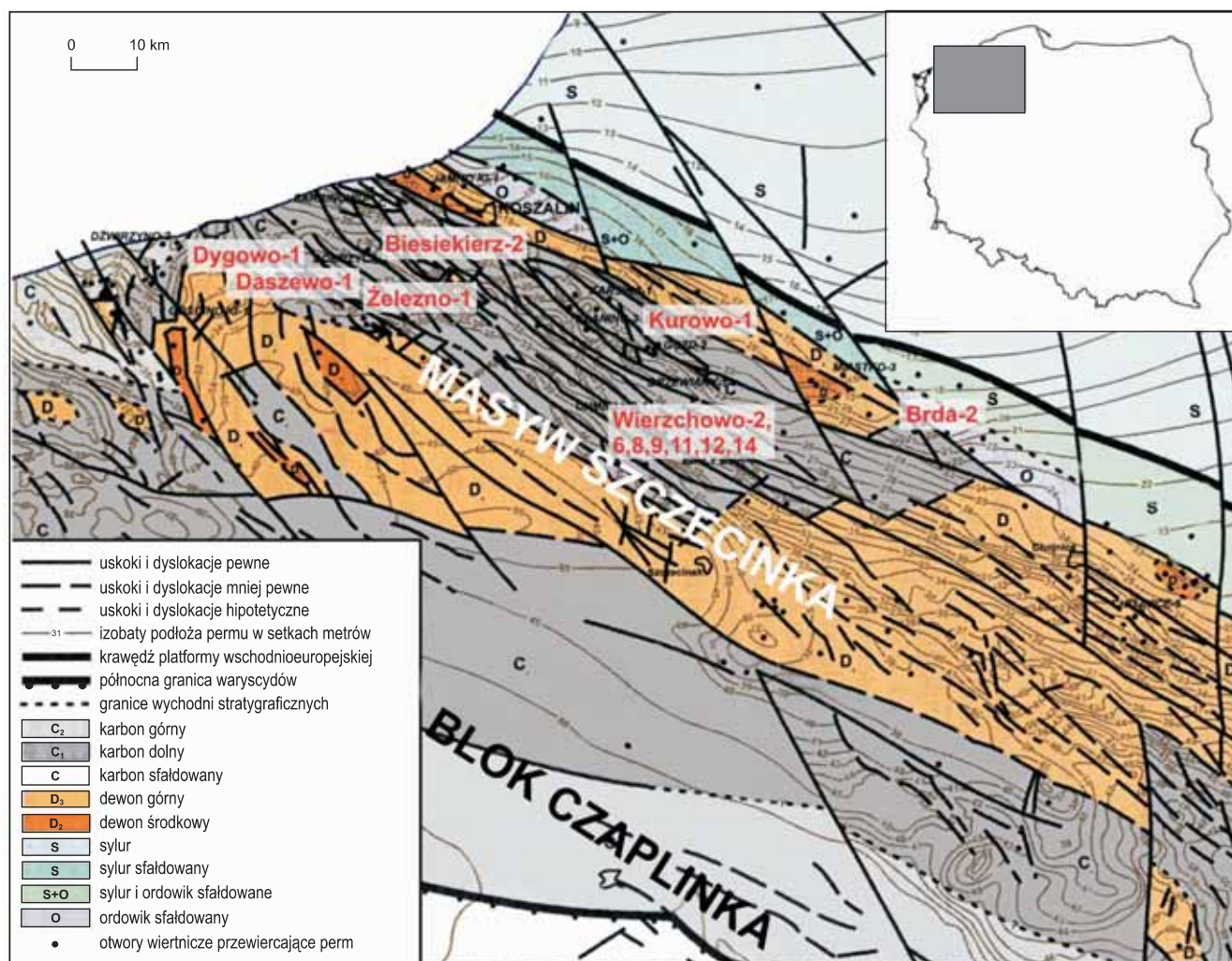


Fig. 1. Mapa geologiczno-strukturalna podłoża permu strefy tektonicznej Koszalin–Chojnice (Lech, 2001) z zaznaczoną lokalizacją otworów badawczych

Geological and structural map of the sub-Permian basement in the Koszalin–Chojnice tectonic zone (Lech, 2001), location of selected test boreholes is shown

Wulkanoklasty stanowią dominującą grupę składników ziarnowych budujących utwory osadowe turneju na obszarze Pomorza Zachodniego. Ich największe nagromadzenia odnotowano w piaskowcach wulkanoklastycznych typu arenitów oraz wak litycznych i sublitycznych z formacji piaskowców arkozowych z Gozdu oraz wapieni ooidowych z Kuro-

wa. W skałach tych ich zawartość przekracza niekiedy nawet 60% obj. (Godyń, Muszyński, 2002, 2004; Godyń, Ratajczak, 2009). Wulkanity są jednak obecne w niemal wszystkich odmianach dolnokarbońskich skał osadowych tej strefy i we wszystkich jednostkach litostratygraficznych tego rejonu (fig. 2).

METODYKA BADAŃ

Do badań wytypowano skały wulkanoklastyczne: arenity i waki lityczne oraz skały węglanowe, zawierające znaczną domieszkę frakcji psamitowej (tzw. węglany zapiaszczone – Godyń, Ratajczak, 2009). Dokonano analizy petrograficznej przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego do światła przechodzącego (m.in. Olympus BX-51, Axioplan firmy Zeiss). Wykonano analizy ilościowe, skupiając się na zliczeniu za-

wartości procentowej poszczególnych składników ziarnowych występujących w skałach. Badania te zostały poparte szczegółową dokumentacją fotograficzną. Przeanalizowano łącznie 21 próbek (13 próbek piaskowców, 6 wapieni oraz 2 dolomitów). Do analiz wykorzystano materiał skalny pobrany z 13 otworów wiertniczych zlokalizowanych w strefie tektonicznej Koszalin–Chojnice (fig. 1).

WYNIKI BADAŃ

W osadach wulkanoklastycznych występujących na obszarze Pomorza Zachodniego stwierdzono obecność wielu różnorodnych typów skał osadowych (fig. 2). Do dolnokarbońskich skał, w których składzie stwierdzono występowanie wulkanoklastów, należą:

- turnejskie piaskowce wulkanoklastyczne typu arenitów i wak litycznych;
- arenity kwarcowe i sublityczne wizenu;
- skały drobnookruchowe należące do turnejskich formacji litostratygraficznych, wśród których stwierdzono obecność różnego rodzaju mułowców i pyłowców, często o podwyższonej zawartości substancji węglanowej;
- skały węglanowe turneju – wapienie piaszczyste oraz szeroko rozpowszechniona grupa węglanów ooidowych (wapieni i dolomitów);
- skały ilaste z domieszkami frakcji mułkowej i piaszczystej oraz K-bentonity (turnej-wizen), zbudowane przede wszystkim z minerałów mieszanopakietowych

typu illit/smektyt, a podrzędnie także z kaolinitu i chlorytu (Godyń, Ratajczak, 2009).

Analizy mikroskopowe tych typów osadów pozwoliły wytypować do dalszych obserwacji skały najbardziej zasobne w materiał wulkanoklastyczny. Do badań przeznaczono osady piaskowcowe oraz węglany z domieszką frakcji psamitowej. Przeprowadzono analizę ilościową próbek pod względem zawartości poszczególnych składników okrzuchowych (kwarcu, skaleni, wulkanoklastów).

Zawartość składników ziarnowych budujących analizowane osady wynosi (tab. 1):

- w turnejskich piaskowcach formacji z Gozdu i Kurowa – średnio 58,7% obj. (przy maksymalnych wartościach dochodzących do 66% obj.);
- w skałach węglanowych formacji z Kurowa – ok. 40% obj.

Dla porównania, w leżącej wyżej wizeńskiej formacji z Drzewian zawartość składników ziarnowych waha się od 6 do 11% obj. szkieletu ziarnowego.

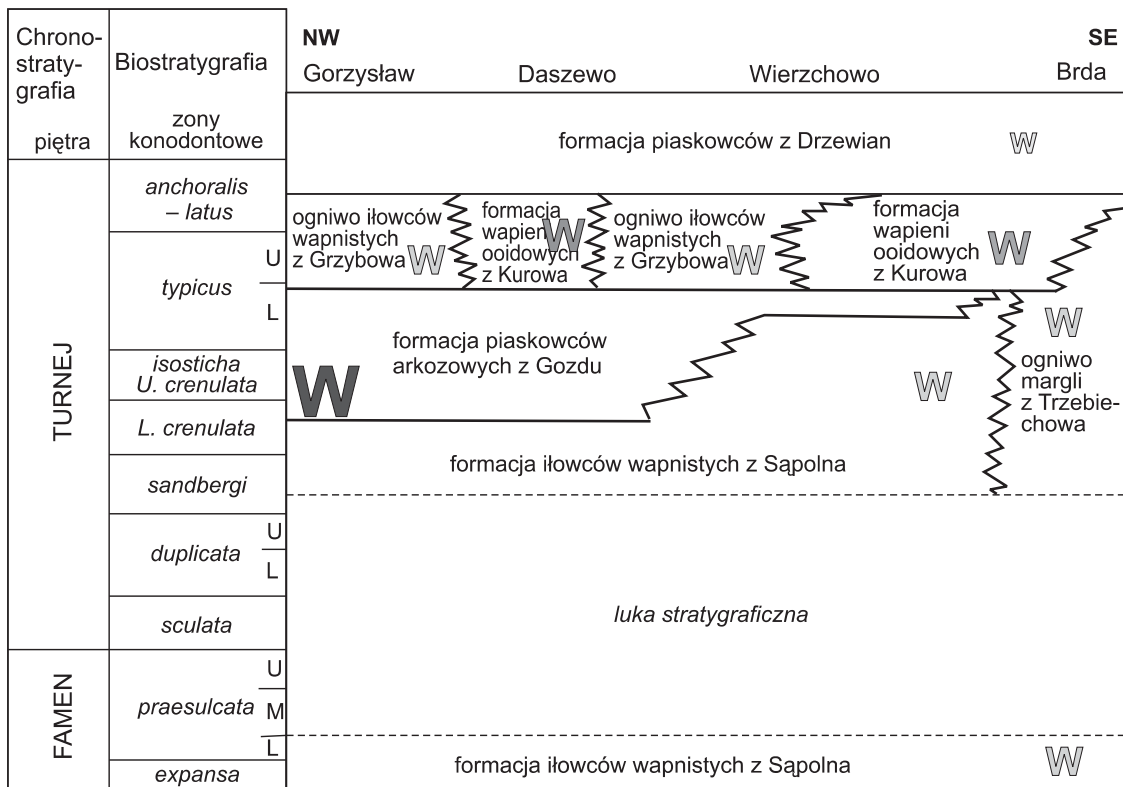


Fig. 2. Schemat litostratygraficzny jednostek litologicznych karbonu w strefie Koszalin–Chojnice (wg Lipca, Matyi, 1998; Matyi i in., 2000)

W – wulkanoklasty; im ciemniejszy kolor symbolu, tym liczniej występują w profilach dolnokarbońskich

Lithostratigraphic scheme of the Carboniferous lithologic units in the Koszalin–Chojnice zone (after Lipiec, Matyja, 1998; Matyja *et al.*, 2000)

W – volcanoclasts; the more intensive their colour the higher their abundance in the Lower Carboniferous sections

Tabela 1

**Udział procentowy poszczególnych składników budujących szkielet ziarnowy
wybranych skał karbonu dolnego Pomorza Zachodniego**

Percentage of components of the grain fabric in selected Lower Carboniferous rocks
of Western Pomerania

Zawartość składników szkieletu ziarnowego	Składniki okrucowe wybranych skał [% obj.]		
	kwarc	skalenie	wulkanoklasty
Piaszkowce wulkanoklastyczne (turnejskie formacje z Gozdu i Kurowa)			
Minimalna	15,33	11,79	29,83
Maksymalna	58,38	26,05	65,94
Średnia	21,27	19,98	58,75
Węglany zapiaszczone (turnejskie formacje z Gozdu i Kurowa)			
Minimalna	38,63	19,43	39,22
Maksymalna	40,52	20,26	41,94
Średnia	39,57	19,84	40,58
Piaszkowce kwarcowe wizenu (formacja z Drzewian)			
Minimalna	86,24	1,92	6,05
Maksymalna	91,18	3,22	11,38
Średnia	88,32	2,59	9,09

Dalsze analizy mikroskopowe pozwoliły dokonać wyszczególnienia i opisu odmian struktur klastów wulkanicznych występujących w dolnokarbońskich skałach Pomorza Zachodniego. Przeprowadzono podział wulkanoklastów na podstawie ich struktury, a następnie na podstawie ich składu mineralnego. W osadach stwierdzono trzy grupy klastów, w obrębie których wyróżniono podgrupy oraz tzw. formy przejściowe pomiędzy poszczególnymi grupami. Wyróżniono następujące grupy:

- klasty o strukturze holokrystalicznej – mikrofelsytowej;
- klasty o strukturze pełnokrystalicznej, łączącej cechy struktury granofirowej, poikilitowej i sferolitycznej;
- klasty o strukturach półkrystalicznych.

KLASTY O STRUKTURACH PEŁNOKRYSTALICZNYCH

Klasty o strukturze holokrystalicznej – mikrofelsytowej (tabl. I, fig. 1, 2). Klasty z tej grupy charakteryzują się strukturą pełnokrystaliczną, mikrokryystaliczną, równoziarnistą. Jako składniki wchodzące w skład szkieletu ziarnowego osadów, wykazują zazwyczaj wysoki stopień obtoczenia. Są to zwykle wydłużone, owalne formy, których największe średnice dochodzą do ok. 500 μm długości. Wulkanoklasty są zbudowane z drobnych minerałów o szarych, niskich barwach interferencyjnych. Zidentyfikowano je jako kwarc oraz kwaśne skalenie. Pomiedzy wykrystalizowanymi składnikami po-

jawia się sporadycznie nieznaczna domieszka szkliwa wulkanicznego. Poszczególne kryształy, w zależności od analizowanego ziarna, występują jako niewielkie, ksenomorficzne formy (kwarc) oraz niekiedy hipautomorficzne, nieregularne tabliczki (skalenie). Kryształy, w niektórych klastach, są wykształcone w formie drobnych, sferolitycznych skupień. Ich wielkość waha się w granicach od >1 do ok. 20 μm .

Niektóre wulkanoklasty charakteryzują się strukturą mikrofelsytowo-trachitową. W ich obrębie zaznaczają się ułożone równolegle względem siebie listewkowe kryształy skalenia potasowego (sanidynu).

Struktury mikrofelsytowe charakteryzują zwykle skały wylewne z grupy kwaśnych skał magmowych (ryolit-dacyt). Tego typu struktury mogą mieć charakter pierwotny – powstają z lawy, jako efekt szybkiej krystalizacji. Mogą też powstawać na skutek krystalizacji ze zdewitryfikowanego szkliwa, jako struktury wtórne.

Klasty o strukturze pełnokrystalicznej, łączącej cechy struktury granofirowej, poikilitowej i sferolitycznej (tabl. I, fig. 3–5). Struktury te występują często obok siebie w obrębie tych samych wulkanoklastów. Ziarna te mają zwykle nieregularne kształty, przy stosunkowo dużym stopniu obtoczenia, a ich średnice zazwyczaj nie przekraczają 600 μm . Analizowane wulkanity są zbudowane z szarych, niskodwójłomnych minerałów – skalenia i kwarcu. Struktury występujące w badanych klastach są zwykle wiązane kwaśnymi skałami wylewnymi z grupy porfirów kwarcowych.

Struktury granofirowe (tabl. I, fig. 3) tworzą przerosty skalenioowo-kwarcowe. Kwarc o robaczkowych, wydłużonych formach jest poprzerastany nieregularnie przez skałki potasowe. Charakterystyczną cechą takich struktur jest to, że wszystkie fragmenty kryształów kwarcu mają tę samą orientację krystalograficzną (Vernon, 2004). Takie zrosty tworzą się podczas krystalizacji z mieszaniny eutektycznej, lecz mogą powstawać również w wyniku metasomatycznego zastępowania skałki przez kwarc (Majerowicz, Wierchołowski, 1990). W analizowanych klastach dominującą grupą są skałki, wykształcone jako formy tabliczkowe, pręcikowe, niekiedy igielkowe. Ich wielkość jest zmienna, obserwuje się znaczne różnice w wielkości poszczególnych osobników skałki nie tylko w obrębie tej samej próbki, ale również w obrębie tego samego ziarna. Występujący między skałkami kwarc pojawia się w ilości ok. 20–30% obj.

Struktury poikilitowe (tabl. I, fig. 4) tworzą skałkę potasową, poikilitowo zamkniętą w większych ziarnach kwarcu. Takie struktury powstają najczęściej w ten sposób, że w początkowej fazie procesu krystalizacji obu substancji, jeden z minerałów narastając, zamyka w sobie drobniejsze kryształy drugiego, krystalizującego w tym samym czasie, lub nieco później (Bolewski, Turnau-Morawska, 1963; Vernon, 2004).

W klastach o strukturach poikilitowych kryształy skałki tworzą niewielkie tabliczki, listewki i pręciki w osobnikach kwarcu. Dominującą formą występowania kryształów skałki są cienkie listewki, często ułożone względem siebie równolegle lub prawie równolegle. Zazwyczaj kumulują się przy zewnętrznych fragmentach kryształu kwarcu. Wielkość takich form waha się od bardzo niewielkich ($>10\ \mu\text{m}$) do wydłużonych nawet do ok. $100\ \mu\text{m}$. Formy tabliczkowe są zwykle nieco większe, zorientowane i rozmieszczone bezładnie w kryształach kwarcu. Maksymalne pola powierzchni takich tabliczek wynoszą $>5000\ \mu\text{m}^2$. Cechą analizowanych struktur wulkanoklastów jest stosunek kwarcu do skałki, który wynosi ok. 1:1. Ze względu na te proporcje struktura taka nazywana jest chadoikitową (Ryka, Maliszewska, 1991).

Struktury sferolityczne (tabl. I, fig. 5) tworzą izolowane formy pojedynczych sferolitów lub występują jako agregaty wielu owalnych skupień. Ich budowa charakteryzuje się występowaniem ułożonych promieniście pręcikowych lub nie-

kiedy włóknistych składników mineralnych. Poszczególne sferolity mają przeciętnie około $40\text{--}50\ \mu\text{m}$ średnicy. Minerale pręcikowe budujące te owalne formy są utworzone ze skałki alkalicznych i mikrokrystalicznego kwarcu. Struktury tego typu mogą pojawiać się w skałach wulkanicznych kwaśnych, ulegających odszkleniu. Powstają w szybko stygnących lawach, a podczas dewitryfikacji szkliwa może następować ich dalszy wzrost. Kwarc i skałka alkaliczne mogą pierwotnie wzrastać razem, jako sferolitowe przerosty granofirowe z przechłodzonego, stygnącego stopu magmy (Vernon, 2004).

KLASY O STRUKTURACH PÓLKRYSTALICZNYCH

Do grupy **klastów o strukturach półkrystalicznych** (tabl. I, fig. 6, 7) należą dobrze obtoczone ziarna, chociaż pojawiają się także nieliczne osobniki o nieregularnych kształtach. Wulkanity te są zbudowane z częściowo zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego, zawierającego formy dendrytowe. Tego typu formy strukturalne tworzą się w szybko stygnących lawach, zwykle na peryferiach pokryw lawowych. Właśnie w trakcie szybkiego stygnięcia i krystalizacji obserwuje się powstawanie kryształów o strukturze dendrytovej. Z szybko stygnącej lawy krystalizuje szereg małych tabliczkowych słupków równoległych do siebie. W analizowanych okruskach proces schładzania przebiegał prawdopodobnie dość gwałtownie, gdyż poszczególne słupki są cienkie (nawet poniżej $1\ \mu\text{m}$) i dość gęsto ułożone.

Widoczne niekiedy w obrębie szkliwa drobne, ksenomorficzne kryształy o niskiej dwójłomności to wykrystalizowane skałki alkaliczne.

Wszystkie opisane typy strukturalne wulkanoklastów mogą występować wspólnie, w obrębie tego samego ziarna, tworząc tzw. formy pośrednie pomiędzy poszczególnymi grupami klastów (fig. 3).

Powszechnym procesem obserwowanym we wszystkich wyróżnionych odmianach klastów jest ich rozpuszczanie oraz korozja ziaren. Procesy te prowadzą do zastępowania ich przez węglany, a w mniejszym stopniu także przez minerały ilaste bądź minerały z grupy SiO_2 .

WNIOSKI

Skomplikowana budowa tektoniczna oraz zróżnicowana litologia dolnokarbońskich wulkanoklastyków strefy tektonicznej Koszalin–Chojnice to efekt długiej i złożonej historii przemian tych sedymentów. Spowodowały one, że osady te należą do skał niejednorodnych petrograficznie oraz genetycznie.

Do dolnokarbońskich skał, w których składzie stwierdzono występowanie wulkanoklastów, należą: piaskowce

wulkanoklastyczne typu arenitów i walek litycznych; skały drobnookruszowe, wśród których pojawiają się różnego rodzaju mułowce i pyłowce, często o podwyższonej zawartości substancji węglanowej; skały węglanowe (wapienie piaszczyste oraz szeroko rozpowszechniona grupa węglanów ooidowych); różnorodne skały ilaste z domieszkami frakcji mułkowej i piaszczystej oraz tzw. K-bentonity (Górniak i in., 2004a, b; Bahranowski i in., 2007).

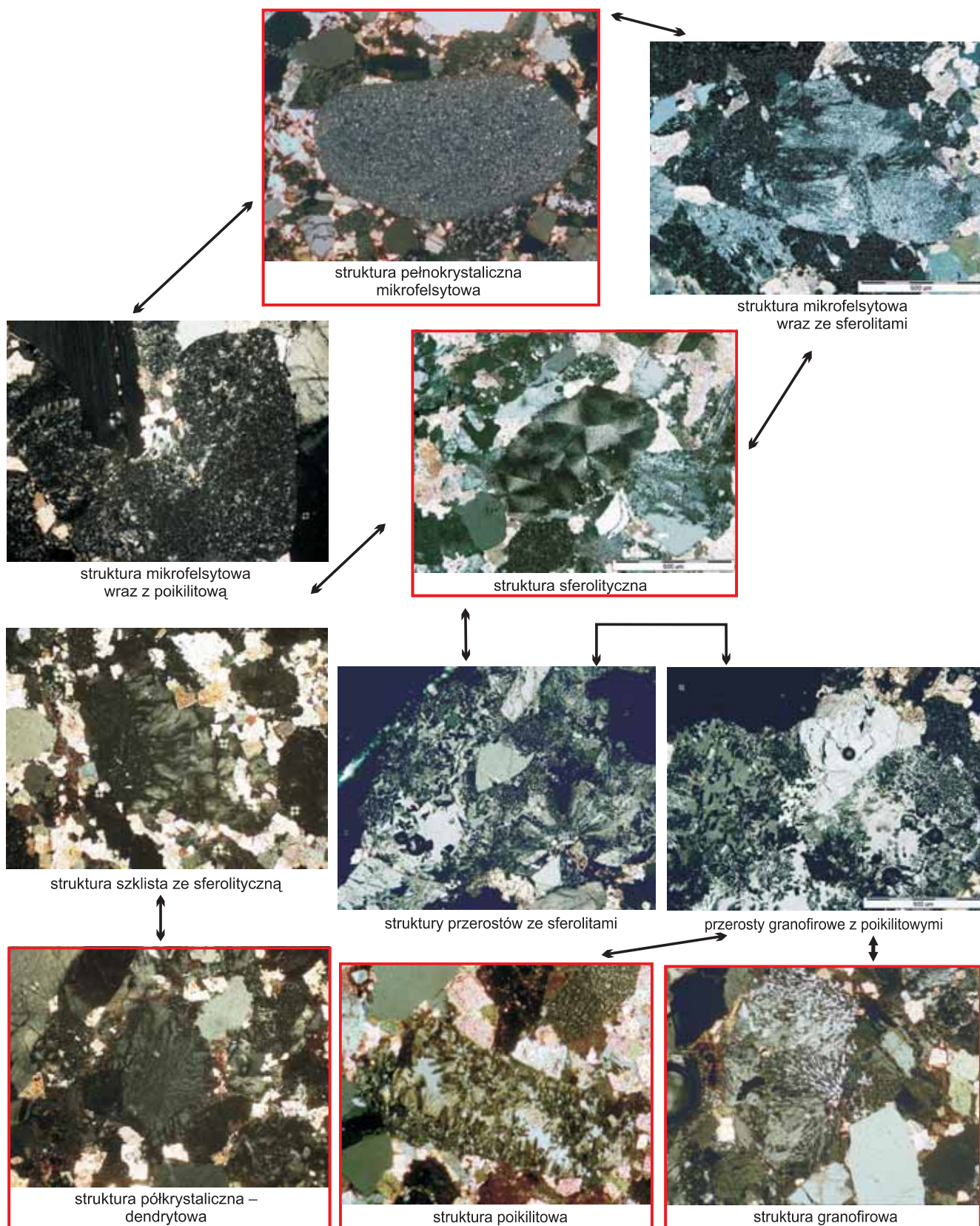


Fig. 3. Współwystępowanie różnych typów strukturalnych wulkanoklastów w obrębie tych samych ziaren

W czerwonych ramkach zaznaczono główne typy klastów

Co-appearance of different types of structural volcaniclasts within the same grains

Main clast types are marked in red frames

Największa zawartość materiału wulkanoklastycznego występuje w arenitach i wachach litycznych pochodzących z formacji piaskowców arkozowych z Gozdu (nawet <60% obj.). Porównywalnie dużo składników pochodzących z wulkanitów występuje we wkładkach piaskowcowych pośród węglanów ooidowych (formacja wapieni ooidowych z Kurowa – ok. 40% obj. materiału okruszowego). W pozostałych formacjach dolnokarbońskich Pomorza Zachodniego materiał wulkanoklastyczny pojawia się, lecz jego zawartość waha się od kilku do kilkunastu procent objętościowych skał.

Analiza struktur poszczególnych klastów wulkanicznych wykazała istnienie klastów o strukturze pełnokrystalicznej, mikrofelsytowej, niekiedy także mikrofelsytowo-trachitowej; fragmentów skał magmowych o strukturze pełnokrystalicznej, łączącej cechy struktury granofirowej, poikilitowej i sferolitycznej oraz ziaren o strukturze półkrystalicznej, zwykle dendrytowej, zbudowanych częściowo ze zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego. Składnikami mineralnymi budującymi analizowane klasty wulkaniczne są: kwarc, K-skalenie oraz kwaśne plagioklasy.

Opisane typy strukturalne wulkanoklastów występują niekiedy wspólnie w obrębie tego samego ziarna. Wulkanity

mogą pochodzić z tego samego ciała lawowego o zmiennej wertykalnie strukturze, odzwierciedlającej prędkość stygnięcia. Zróżnicowanie ich struktur i tekstur następowało prawdopodobnie w efekcie zmiennych warunków mających miejsce podczas krystalizacji magmy – prędkości stygnięcia stopu. Współwystępowanie struktur w tych samych klastach wskazuje na prawdopodobieństwo ich pochodzenia z tego samego źródła. Były nimi kwaśne skały magmowe należące do grupy porfirów kwarcowych i bezkwarcowych, najprawdopodobniej z grupy ryolit-dacyt. Według takich autorów, jak m.in. Muszyński i in. (1996) oraz Biernacka (1999), materiał wulkanoklastyczny skał dolnokarbońskich tworzył się w efekcie niszczenia niewielkich form wulkanicznych zbudowanych ze skał o składzie odpowiadającym ryolitom. Mają one jedno źródło materiału wulkanicznego o składzie pokrewnym ryolitom. Obszar alimentacyjny najprawdopodobniej znajdował się na lądzie zlokalizowanym na północny wschód od strefy Koszalin–Chojnice.

Praca finansowana z prac statutowych Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk.

LITERATURA

- BAHRANOWSKI K., GAWĘŁ A., GODYŃ K., GÓRNIAK K., MUSZYŃSKI M., PROTAS A., RATAJCZAK T., SZYDŁAK T., 2007 — Czarne łupki dolnego karbonu – skały macierzyste złóż bituminiów w rejonie Pomorza Zachodniego. *Prz. Geol.*, **55**, 4: 281.
- BIERNACKA J., 1999 — Diageniza serii wulkanoklastyczno-węglanowej dolnego karbonu (formacja z Chmielna) z Pomorza Zachodniego [pr. doktor.]. Arch. UAM, Wyd. Nauk Geogr. i Geol., Poznań.
- BOLEWSKI A., TURNAU-MORAWSKA M., 1963 — Petrografia. Wyd. Geol., Warszawa.
- GODYŃ K., MUSZYŃSKI M., 2002 — An unusual fraction of heavy minerals from the Lower Carboniferous of Western Pomerania (NW Poland). *Miner. Pol.*, **33**, 1: 35–52.
- GODYŃ K., MUSZYŃSKI M., 2004 — Pseudorutyl z frakcji minerałów ciężkich z karbonu Pomorza Zachodniego. Pozycja geologiczna i petrologia utworów podłoża permu w strefie Koszalin–Chojnice: 129–144. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- GODYŃ K., RATAJCZAK T., 2009 — Minerale ciężkie z dolnokarbońskich wulkanoklastyków Pomorza Zachodniego (strefa Koszalin–Chojnice). Wyd. Inst. Gospod. Sur. Miner. i Energią PAN, Kraków.
- GÓRNIAK K., GAWĘŁ A., MUSZYŃSKI M., PROTAS A., RATAJCZAK T., SZYDŁAK T., 2004a — Wpływ głębokości pogrzebania na proces illityzacji smektytu w czarnych łupkach dinantu z Pomorza Zachodniego. Pozycja geologiczna i petrologia utworów podłoża permu w strefie Koszalin–Chojnice: 43–66. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- GÓRNIAK K., GAWĘŁ A., MUSZYŃSKI M., PROTAS A., RATAJCZAK T., SZYDŁAK T., 2004b — Illityzacja smektytu jako wskaźnik zdiagnozowania skał paleozoicznych Pomorza Zachodniego. Pozycja geologiczna i petrologia utworów podłoża permu w strefie Koszalin–Chojnice: 67–95. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- LECH S., 2001 — Mapa geologiczno-strukturalna podłoża permu Pomorza, 1:500 000. Arch. PGNiG S.A. Ośrodek Północ, Piła.
- LIPIEC M., MATYJA H., 1998 — Architektura depozycyjna basenu dolnokarbońskiego na obszarze pomorskim. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **165**: 101–111.
- MAJEROWICZ A., WIERZCHOŁOWSKI B., 1990 — Petrologia skał magmowych. Wyd. Geol., Warszawa.
- MATYJA H., TURNAU E., ŻBIKOWSKA B., 2000 — Lower Carboniferous (Mississippian) stratigraphy of northwestern Poland: conodont, miospore and ostracod zones compared. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **70**: 193–217.
- MUSZYŃSKI A., BIERNACKA J., LORENC S., PROTAS A., URBANEK Z., WOJEWODA J., 1996 — Petrologia i środowisko sedymentacji dolnokarbońskich utworów wulkanicznych w rejonie Dygowa i Kłanina (strefa Koszalin–Chojnice). *Geologos*, **1**: 93–126.
- RYKA W., MALISZEWSKA A., 1991 — Słownik petrograficzny. Wyd. Geol., Warszawa.
- VERNON R.H., 2004 — A practical guide to Rock Microstructure. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

TABLICA I

- Fig. 1, 2. Struktury pełnokrystaliczne – mikrofelsytowe klastów wulkanicznych obecnych w wulkanoklastycznych formacjach dolnokarbońskich strefy tektonicznej Koszalin–Chojnice
1 – struktura mikrofelsytowa, 2 – struktura mikrofelsytowo-trachitowa
Holocrystalline – felsitic structures of volcanic clasts in the Lower Carboniferous volcanoclastic strata of the Koszalin–Chojnice tectonic zone
1 – microfelsitic structure, 2 – microfelsitic-trachyte structure
- Fig. 3–5. Klasty o strukturze pełnokrystalicznej, łączącej cechy struktury granofirowej, poikilitowej i sferolitycznej, obecne w wulkanoklastycznych formacjach dolnokarbońskich strefy tektonicznej Koszalin–Chojnice
3 – struktura granofirowa, 4 – struktura poikilitowa, 5 – struktura sferolityczna
Holocrystalline features combining granophyric, poikilitic and spherulitic structures, observed in the Lower Carboniferous volcanoclastic strata of the Koszalin–Chojnice tectonic zone
3 – granophyric structure, 4 – poikilitic structure, 5 – spherulitic structure
- Fig. 6, 7. Struktury półkrystaliczne – dendrytowe klastów wulkanicznych obecnych w wulkanoklastycznych formacjach dolnokarbońskich strefy tektonicznej Koszalin–Chojnice
Semi-crystalline structures with dendritic development in volcanic clasts of the Lower Carboniferous volcanoclastic strata from the Koszalin–Chojnice tectonic zone

