

O mineralizacji septariowej w kongrecjach węglanowych z utworów klastycznych karbonu otworu badawczego Chrzęstowice PIG 1

Artur Sosnal¹, Beata Naglik¹, Ryszard Habryn¹,
Paweł Derkowski¹, Agnieszka Braclawska¹, Jacek Nowak¹



A. Sosnal



B. Naglik



R. Habryn



A. Braclawska



J. Nowak

Septaria mineralization within carbonate concretions of Carboniferous clastic sediments of the Chrzęstowice PIG 1 borehole.
Prz. Geol., 73: 435–440; doi: 10.7306/2025.49

Abstract. The article presents the mineralogical and petrological characterization of carbonate concretions with septarian fissures found in Carboniferous clastic sedimentary rocks from a deep borehole of Chrzęstowice PIG 1 drilled in 2023 near the Kraków–Lubliniec Fault Zone. The concretions consist mainly of siderite and, less frequently, ankerite, accompanied by detrital phases of quartz, kaolinite, illite, chlorite, apatite, zircon, and titanium-iron oxide minerals. The nuclei of the concretions are built mostly of biogenic components, e.g. fossilized stalks. Septaria exhibit branching systems of open fractures filled with calcite, dolomite, quartz and apatite. Among the sulphide minerals, only pyrite is common. The presence of septarian veinlets provides insight into the diagenetic history of the host rock, specifically the involvement of hydrothermal fluids in the mineralization processes.

Keywords: septaria, carbonate concretions, mineralization, sphaerosiderite, Kraków–Lubliniec zone

W pracy zaprezentowano wyniki wstępnych badań mineralogiczno-petrograficznych kongrecji węglanowych, występujących w profilu otworu badawczego Chrzęstowice PIG 1. Wiek kongrecji oraz osadów je goszczących określono jako karboński. Większość kongrecji ma formę sferosyderytów o zmiennym składzie chemicznym. Kongrecje te wykazują silne poligonalnie spękania, z szerokimi szczelinami wypełnionymi wtórną asocjacją mineralną. Taka forma kongrecji marglistej lub syderytycznej występująca w osadach ilastych jest określana nazwą septarii (Ryka, Maliszewska, 1991).

Obecność mineralizacji septariowej w kongrecjach węglanowych została jak dotąd udokumentowana w wielu formacjach osadowych na całym świecie, w tym również w Polsce, m.in. w karbonie zarówno w Górnośląskim, jak i Lubelskim Zagłębiu Węglowym (Chodyncka, 1973; Bazarnik, Bazarnik, 2015) oraz w oligocenie w Karpatach fliszowych (Szczepańska, 2003).

POZYCJA GEOLOGICZNA OBSZARU BADAŃ

Otwór badawczy Chrzęstowice PIG 1, wywiercony w 2023 r. w okolicach Olkusza przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB),

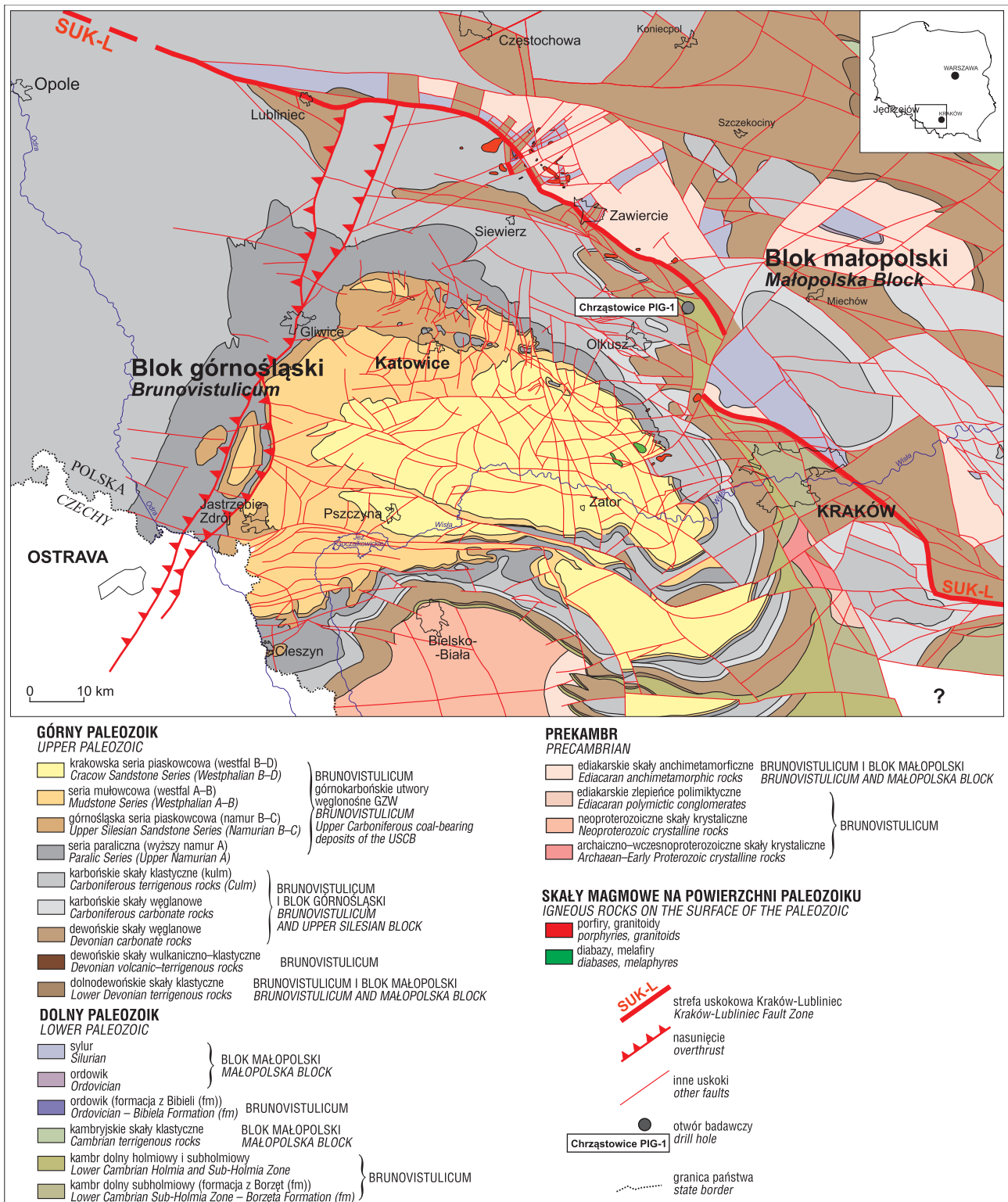
jest zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie strefy uskoku Kraków–Lubliniec (ryc. 1). Strefa ta jest regionalną strefą uskoku dzielącą omawiany obszar na część południowo-zachodnią należącą do bloku górnośląskiego i część północno-wschodnią będącą częścią bloku małopolskiego (Żelaźniewicz i in., 2011).

W profilu pionowym obszaru badań można wyróżnić kilka pięter litostratygraficznych: prekambryjskie, wczesno-paleozoiczne, dewońsko-karbońskie, permo-mezozoiczne i kenozoiczne. Wszystkie te piętra zostały nawiercone w trakcie wiercenia.

Co ciekawe, opisywany w tej pracy kompleks skał klastycznych wieku karbońskiego znajduje się pod osadami kambru dolnego oraz ediakaru i jest oddzielony od nich strefą tektoniczną. Taka pozycja tych osadów odbiega zatem od aktualnie obowiązujących geologicznych modeli strukturalnych obszaru badań. Otwór, po osiągnięciu planowanej głębokości i nawierceniu prawie 550 m skał karbońskich, nie dotarł do spągu tego kompleksu.

Wspomniane wyżej piętro dewońsko-karbońskie, występujące w profilu otworu na głębokości od 961,10 m do 1502,00 m, jest reprezentowane przez osady mułowcowo-iłowcowe, miejscami o charakterze heterolitu, którym

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski w Sosnowcu, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; asos@pgi.gov.pl; bnag@pgi.gov.pl; rhab@pgi.gov.pl; pder@pgi.gov.pl; abra@pgi.gov.pl; jnowa@pgi.gov.pl; ORCID ID: A. Sosnal – 0000-0001-8153-6576; B. Naglik – 0000-0002-4452-3378; R. Habryn – 0000-0002-2699-9727; P. Derkowski – 0000-0002-4067-1242; A. Braclawska – 0000-0002-6598-0420



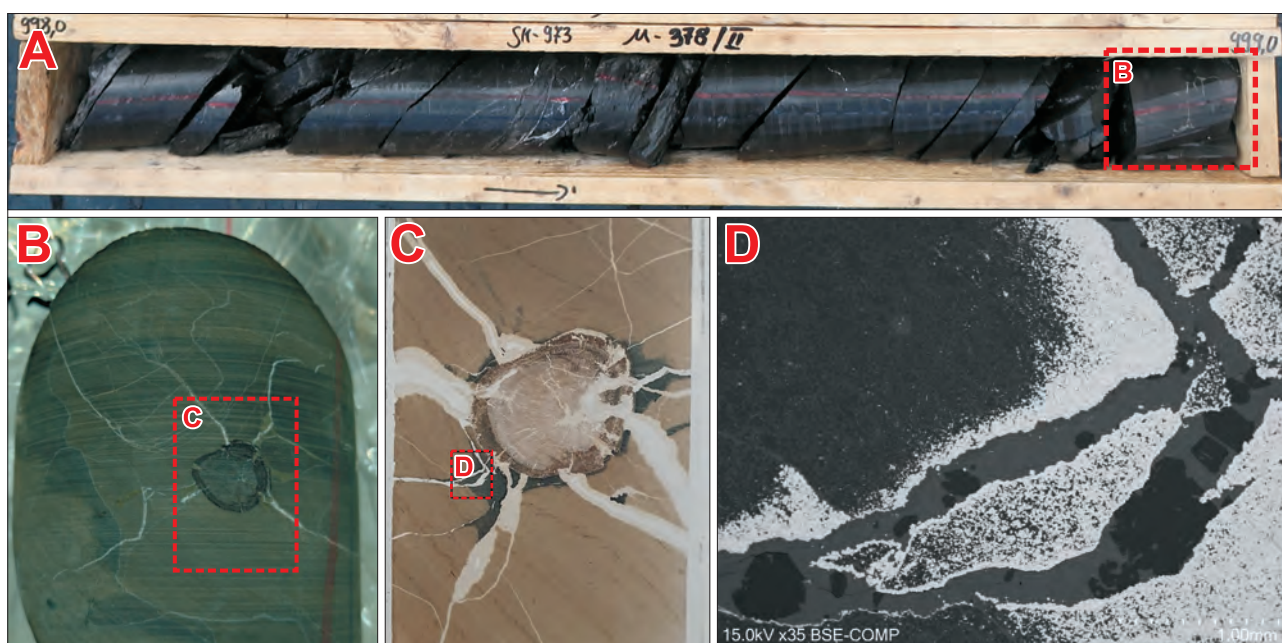
Ryc. 1. Mapa geologiczna odkryta po karbon z zaznaczeniem lokalizacji otworu badawczego Chrzastowice PIG 1 (Jureczka i in., 2005; Buła, Habryn, 2008)

Fig. 1. Geological map without formations younger than the Carboniferous, with the Chrzastowice PIG 1 borehole location (Jureczka et al., 2005; Buła, Habryn, 2008)

towarzyszą skały średnioklastyczne, tj. piaskowce drobno- i bardzo drobnoziarniste wieku missisip i pensylwan (datowanie na podstawie oznaczeń makroflory kopalnej, palinostratygrafii oraz wieku U-Pb cyrkonów wulkanicznych we wkładkach tuffitowych).

Piaskowce reprezentują skały przeważnie barwy szarej z makroskopowo dostrzegalnymi zaburzeniami lamin, dia-

pirami mułowymi, powierzchniami reaktywacyjnymi i bimodalnym warstwowaniem przekątnym. Szkielet ziarnowy piaskowców tworzą: kwarc, dość dobrze zachowane skalenie – głównie plagioklasy i w mniejszej ilości skalenie potasowe, oraz lyszczki (muskowit, biotył) w różnym stopniu schlorityzowane. W obrazie petrograficznym badanych skał nie stwierdzono obecności litoklastów skał



Ryc. 2. Septaria z otworu Chrzastowice PIG 1 widoczna w obrazie: **A** – ze skrzynki z rdzeniem na placu wiertniczym, **B** – makroskopowym, **C** – płytki cienkiej, **D** – skaningowego mikroskopu elektronowego (BSE)

Fig. 2. Septaria found in the Chrzastowice PIG 1 borehole: **A** – drilling core, **B** – macroscopic image, **C** – thin section sample, **D** – BSE picture

starszych. W piaskowcach powszechnie występuje spoiwo kalcytowe, miejscami o charakterze spoiwa bazalnego, a podrzędnie można spotkać spoiwo typu matrix, zbudowane z niejednorodnej substancji ilastej.

Skały drobnoklastyczne w profilu karbonu to skały o strukturze pelitowej i aleurytowej, teksturze zbitej, bezładnej, czasem równoległej, zaznaczonej kierunkowym ułożeniem detrytycznych minerałów blaszkowych (mik) oraz pasm materii organicznej. Miejscami stwierdzono laminację przekątną, z zaburzeniami synsedymacyjnymi. Szkielet ziarnowy jest zbudowany z kwarcu, biotyty noszącego znamiona chlorytyzacji, muskowitu, rzadziej skalenia, reprezentowanych przez plagioklasy oraz w mniejszym stopniu skalenie potasowe. Podobnie jak w piaskowcach, spoiwo tworzy cement węglanowy lub matrix złożony z niejednorodnej substancji ilastej.

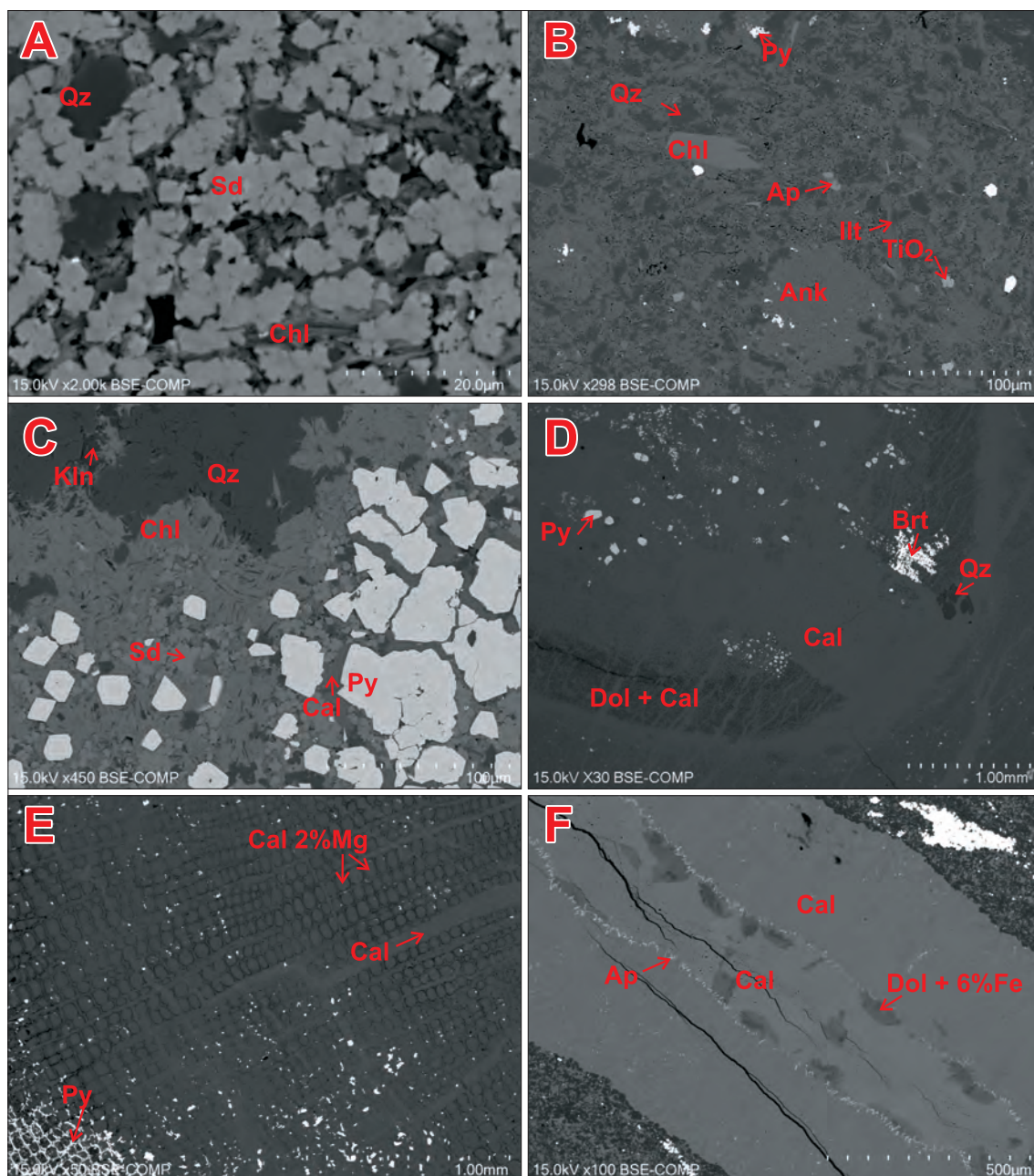
METODY BADAŃ

Badania mineralogiczno-petrograficzne wykonano na siedmiu reprezentatywnych próbkach (płytkach cienkich), pobranych z następujących głębokości: 976,80 m, 983,8 m, 992,7 m, 999,0 m, 1030,8 m, 1031,4 m i 1228,0 m. Badania te obejmowały obserwacje mikroskopowe w świetle przechodzącym oraz odbitym. Obserwacje mikroskopowe wykonano w Oddziale Górnośląskim PIG-PIB za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego ZEISS, operującego przy powiększeniach 5×, 10×, 20×, 50× oraz 100×. Obserwacje dokumentowano fotograficznie. Wykonano również badania i obrazowania z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego z przystawką do badań geochemicznych w mikroobszarze (SEM-EDS) w Laboratorium Analiz w Mikroobszarze PIG-PIB w Warszawie. Użyto urządzenia Hitachi SU3500 wyposażonego w detektor dyspersji energii (EDS) Thermo Scientific UltraDry Compact. Podczas badań stosowano napięcie przyspieszające 15 kV.

CHARAKTERYSTYKA KONKRECJI WĘGLANOWYCH

Konkreje węglanowe w opisywanym profilu są spotykane jako wkładki i nodule w obrębie ilowców, mułowców, niekiedy również piaskowców, a zatem we wszystkich odmianach skał karbonu. Charakteryzują się one barwą od jasno- do ciemnobrunatnoszarej i przyjmują zwykle postać zmiennych pod względem wielkości owalnych i nieregularnych ciał. Miejscami tworzą przewarstwienia zajmujące całą objętość rdzenia. Przewarstwienia te mogą być zarówno przejawem występowania węglanów w formie ławic i płaskur, jak i nawierconymi konkrejami o rozmiarze znacznie przekraczającym średnicę rdzenia (ok. 10 cm). Część konkreji wykazuje reliktową wewnętrzną laminację. Większość konkreji ma owalną formę i charakteryzuje się występowaniem promienistych szczelin zwięzających się ku brzegom konkreji, najczęściej wypełnionych wtórnym materiałem krystalicznym oraz centralnie ułożonymi szczątkami roślinnymi. Szczątki te stanowią załazek, wokół którego rozwinęła się cała forma konkrecyjna (ryc. 2).

Skład zasadniczej masy konkreji tworzą węglany szeregu syderyt–magnezyt. Część konkreji nie zawierała w swym składzie syderytu, a w jego miejscu występował ankeryt z niewielką zawartością czystego kalcytu. W konkrejach oprócz węglanów występują składniki pochodzenia detrytycznego, głównie kwarc oraz minerały ilaste (kaolinit i illit; ryc. 3A–C). Podrzędnie spotykane są blaszki chlorytu, ziarna apatyty oraz rozproszone drobne kryształy piryty, cyrkonu oraz tlenków tytanu i żelaza (ryc. 3B). Piryt rozproszony w masie konkreji wykazuje niekiedy objawy rekrystalizacji w postaci obwódek o izometrycznej formie, otaczających słabiej wykształcone kryształy piryty (ryc. 3C). W próbce z głębokości 1030,80 m wewnątrz pozostałości organicznych natrafiono na drobnokrystaliczny baryt (ryc. 3D).



Ryc. 3. Zdjęcia septarii wykonane w skaningowym mikroskopie elektronowym (BSE). **A** – wewnątrz kongrecji syderytowej, **B** – wewnątrz kongrecji ankerytowej, **C** – piryt z objawami rekrytalizacji, **D** – pozostałość po organizmie, prawdopodobnie z grupy otwornic, z kryształami barytu, **E** – reliktowa struktura komórkowa, **F** – żyłka kalcytowa z dolomitami i apatytami. Ank – ankeryt, Ap – apatyt, Brt – baryt, Cal – kalcyt, Chl – chloryt, Dol – dolomit, Ill – illit, Kln – kaolinit, Py – piryt, Sd – syderyt, Qz – kwarc

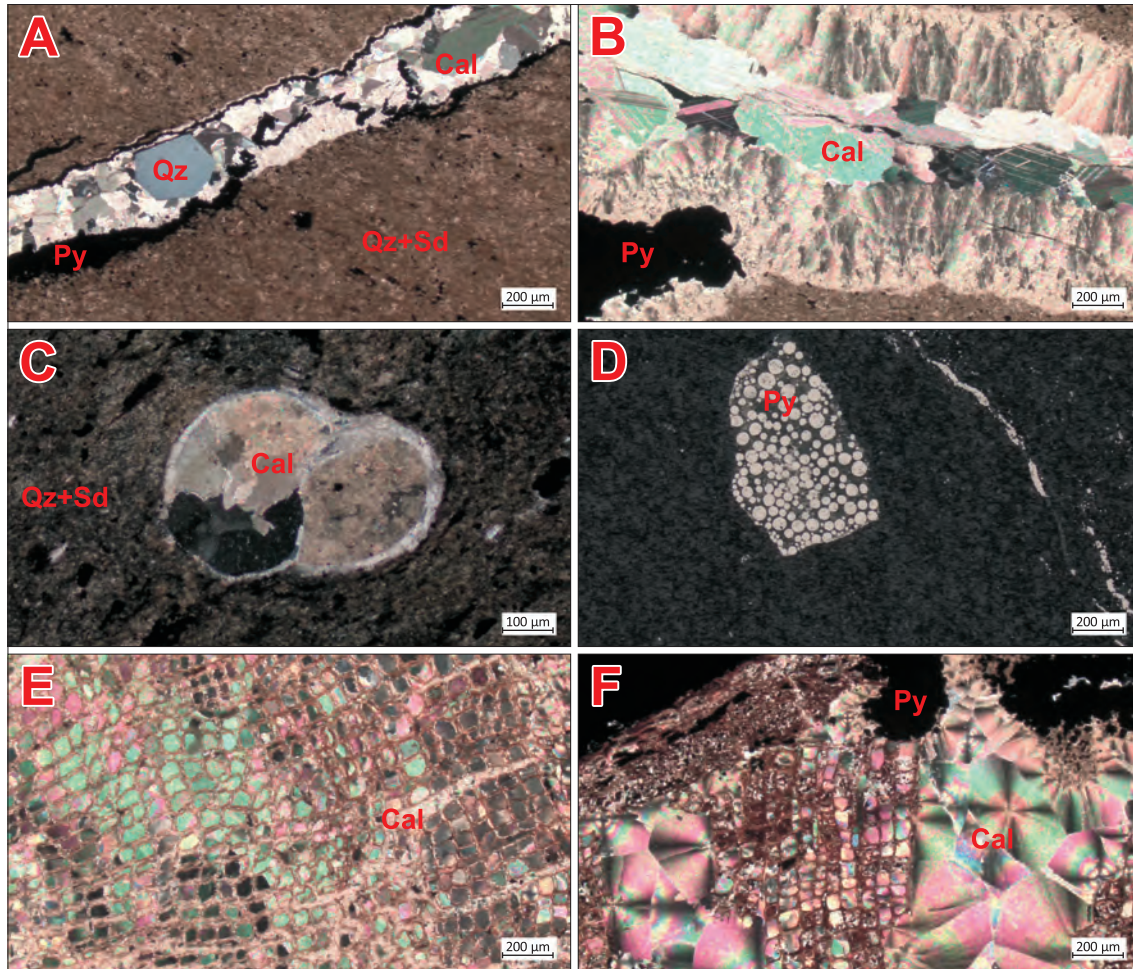
Fig. 3. BSE image of septarias. **A** – siderite concretion, **B** – ankerite concretion, **C** – pyrite with signs of recrystallization, **D** – fossil with barite crystals, **E** – relict organic structure, **F** – calcite veinlet containing dolomite and apatite. Ank – ankerite, Ap – apatite, Brt – barite, Cal – calcite, Chl – chlorite, Dol – dolomite, Ill – illite, Kln – kaolinite, Py – pyrite, Sd – siderite, Qz – quartz

Szczałki roślinne znajdujące się w centrach kongrecji mają częściowo zachowane struktury komórkowe i są zbudowane z uwęglonej materii organicznej. Miejscami materia organiczna jest zastępowana pirytem, a wolne przestrzenie są wypełnione krystalicznym kalcytem, niekiedy z niewielkimi domieszkami magnezu (do 2% wag.; ryc. 3E).

Szczałki roślinne są często otoczone drobnokrystaliczną masą pirytową. Czasami otoczka pirytowa tworzy rozchodzące się promieniście ramiona sięgające w głąb kon-

krekcji. Nagromadzenia pirytu są często rozcięte późniejszymi promieniastymi spękaniami.

Spękania, rozchodzące się od centrum kongrecji, są wypełnione wtórną asocjacją mineralną. Głównym minerałem spotykanym w wypełnieniach szczelin jest kalcyt, który w przeciwieństwie do spotykanego wewnątrz centrów kompaktacji ma domieszki żelaza (do 1,5% wag.), a nie magnezu. Kalcyt występuje w formie grubokrystalicznej, masywnej.



Ryc. 4. Zdjęcia z mikroskopu polaryzacyjnego wykonane w świetle odbitym (**D**) i przechodzącym ze skrzyżowanymi nikolami (**A–C, D, E**). **A** – żyłka kalcytowa z kwarcem i pirytem, **B** – dwufazowa żyłka kalcytowa, **C** – pozostałość po organizmie, prawdopodobnie z grupy otwornic, **D** – nagromadzenie framboidów pirytowych, **E–F** – reliktowa struktura komórkowa łądgi rośliny. Cal – kalcyt, Py – piryty, Sd – syderyt, Qz – kwarc

Fig. 4. Microscopic thin section image in reflected light (**D**) and transmitted light, cross nicols (**A–C, D, E**). **A** – calcite veinlet with quartz and pyrite crystals, **B** – two-stage calcite mineralization, **C** – remnants of an organic fossil, **D** – concentration of framboidal pyrite, **E–F** – relict organic structure. Cal – calcite, Py – pyrite, Sd – siderite, Qz – quartz

Oprócz dominującego kalcytu w szczelinach powszechnie występuje dolomit. Można go głównie spotkać w formie skrytokrystalicznej na krawędziach szczelin oraz jako inkluzje wewnątrz kryształów kalcytu (ryc. 3F). Dolomit ten wykazuje duże zawartości żelaza (do 6% wag.).

W części szczelin występują nieliczne, ale dobrze wykształcone automorficzne kryształy kwarcu (ryc. 4A) oraz piryty i apatyt. Zarówno piryty, jak i apatyt występują w postaci drobnych kryształów wypełniających wolne przestrzenie między kryształami kalcytu (ryc. 3F). Niektóre ze spękań są wypełnione dwufazową mineralizacją, gdzie dodatkowo sam kalcyt tworzy drobnokrystaliczne szczotki w zewnętrznej części szczelin (ryc. 4B).

W masie niektórych kongregacji są rozproszone słabo zachowane szczątki organiczne niewielkich organizmów, prawdopodobnie z grupy otwornic. Szczątki te wypełnione są kalcytem i dolomitem, którym w niewielkich ilościach towarzyszy piryty (ryc. 4C). Sporadycznie jest spotykany też piryty framboidalny (ryc. 4D). Identyfikacyjnie wykształcone szczątki otwornic i nagromadzenia framboidów pirytowych spotykane są powszechnie w otaczających skałach detrytycznych, ich występowanie wewnątrz kongregacji ma więc charakter reliktowy.

W miarę zbliżania się do skraju kongregacje wykazują zazwyczaj malejącą zawartość węglanów, natomiast głównymi składnikami mineralnymi stają się chloryt i illit. Zewnętrzna część kongregacji jest zwykle mniej zwięzła i łatwo oddziela się od skały otaczającej, współkształtnie do morfologii kongregacji.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

W osadach karbońskich w profilu otworu badawczego Chrzastowice PIG 1 obserwuje się sferyczne kongregacje syderytowe (septarie) o regularnej budowie. W centralnej ich części znajdują się często bardzo dobrze zachowane formy organiczne o owalnym kształcie, najprawdopodobniej przekroje przez pozostałości roślinne (najprawdopodobniej łądżki). Wolne przestrzenie międzykomórkowe wewnątrz szczątek roślinnych zostały wypełnione krystalicznym kalcytem (ryc. 4E–F). Koncentrycznie od formy organicznej rozchodzą się żyłki kalcytowe, sporadycznie z nielicznymi kryształami kwarcu. Część z tych żyłek wykazuje wyraźną dwudzielną budowę, z drobnokrystalicznym kalcytem przy krawędziach żył i grubym sparytem w ich wnętrzu. Wokół formy organicznej oraz na krawę-

dziach żył (a tylko z rzadka wewnątrz obu form) występują duże nagromadzenia drobnokrystalicznego pirytu, miejscami o pokroju izometrycznym.

Tworzenie się kongrecji syderytowej należałoby wiązać z etapem wczesnej diagenety, zaś podczas kompaktacji osadów powstawały szczeliny i spękania septariowe, w obrębie których – na etapie późnej diagenety i/lub epigenety, wykryły się wtórne węglany (głównie kalcyt, podreżnie dolomit) oraz piryt. Zarówno węglany, jak i piryt wykryły się najprawdopodobniej w efekcie krążenia w skałach niskotemperaturowych fluidów mineralotwórczych (wody porowe lub hydrotermalne). Proces krystalizacji apatyty należy wiązać z uwolnieniem jonów fosforanowych i zakwaszeniem wód interstycjalnych w efekcie bakteriowego rozkładu obecnej w osadzie materii organicznej (Lucas, Prevot, 1991). W przeciwieństwie do kongrecji syderytowych, znanych z LZW (np. Bazarnik, Bazarnik, 2015), tu nie napotkano okruszczenia chalkopirytem, sfalerytem czy galeną.

Autorzy serdecznie dziękują za rzetelną recenzję i cenne uwagi. Badania finansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

LITERATURA

- BAZARNIK M., BAZARNIK J. 2015 – Mineralizacja septariowa w kongrecjach węglanowych z Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 465: 59–66.
- BUŁA Z., HABRYN R. (red.) 2008 – Atlas geologiczno-strukturalny podłoża paleozoicznego Karpat zewnętrznych i zapadliska przedkarpackiego. Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa.
- CHODYNIECKA L. 1973 – Karbońskie sferosyderyty ilaste z Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (studium mineralogiczno-chemiczne). Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria, Górnictwo, 369.
- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCZYŃSKI J., MARTINEC P. 2005 – Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Państwowy Instytut Geologiczny i Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- LUCAS J., PREVOT L.E. 1991 – Phosphates and fossil preservation. [W:] Allison P.A., Briggs D.E.G. (red.), Taphonomy. Data Locked in the Fossil Record: 389–409. Plenum Press, New York.
- RYKA W., MALISZEWSKA A. 1991 – Słownik petrograficzny. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- SZCZEPAŃSKA M. 2003 – Kongrecje węglanowe jednostki skolskiej. Gospodarka surowcami mineralnymi 19 – 1: 5–33.
- ŻELAŻNIEWICZ A., ALEKSANDROWSKI P., BUŁA Z., KARNKOWSKI P.H., KONON A., OSZCZYPKO N., ŚLĄCZKA A., ŻABA J., ŻYTKO K. 2011 – Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.

Praca wpłynęła do redakcji 20.02.2025 r.
Akceptowano do druku 28.03.2025 r.