

Laminowane kongrecje węglanowe z łupków krośnieńskich w oknie tektonicznym Świątkowej Wielkiej (wschodnia część polskich Karpat zewnętrznych)

Maciej Bojanowski*

Kilka typów kongrecji węglanowych zostało zebranych z łupków krośnieńskich (górnego eocenu–najwyższego oligocenu). W niniejszej pracy opisane zostały najbardziej charakterystyczne — kongrecje laminowane. Posiadają one dyskooidalne i elipsoidalne kształty i składają się z dwóch typów lamin: brunatnych marglistych i szarych wapiennych. Oprócz mikrytowego kalcytu jako głównego składnika obu typów lamin, pierwszy typ zawiera także minerały ilaste (głównie illit) stłoczone pomiędzy kryształami kalcytu, podczas gdy drugi rozproszona ziarna kwarcu i dolomitu we frakcji mułowej. Wyrządzający się z wód interstycjalnych kalcyt musiał najpierw spojść laminy luźnego osadu a następnie rozpychać poszczególne jego ziarna. Skorupki otwornic planktonicznych występują wyłącznie w obrębie lamin marglistych, ponieważ zostały zdeponowane wraz z zawieszoną frakcją ilastej. Lamin są równoległe na całej swej długości, co wskazuje na najwyżej nieznaczne tempo kompaktacji podczas wzrostu kongrecji. Organizmy penetrujące osad docierały do kongrecji kiedy te były jeszcze miękkie ale już utworzone i składające się z obu typów lamin: marglistych i wapiennych. Ponadto dinocysty wypreparowane z kongrecji są wyjątkowo dobrze zachowane i nie posiadają oznak wpływu kompaktacji. Tak więc badane kongrecje laminowane powstawały podczas przerwy w depozycji tuż pod dnem morza i uległy wczesnodiagenetycznej lityfikacji. Szczeliny septariowe powstały po wstępnym zlityfikowaniu kongrecji i następnie zostały wypełnione miodowym kalcytem.

Słowa kluczowe: polskie Karpaty zewnętrzne, łupki krośnieńskie, diagenеза, kongrecje węglanowe

Maciej Bojanowski — **Laminated carbonate concretions in the Krosno shales within the Świątkowa Wielka tectonic window (eastern part of the Polish Outer Carpathians).** Prz. Geol., 49: 627–630.

S u m m a r y. Several types of carbonate concretions were collected from the flysch Krosno shales (upper Eocene–uppermost Oligocene). This paper describes the most characteristic type — laminated concretions. They are discoidal to ellipsoidal in shape and consist of two types of laminae: brown marly, and gray calcium carbonate ones. Apart from micritic calcite (principal constituent of both types of laminae), the brown marly concretions consist also of clay minerals (mainly illite) infilling calcite intergranular spaces, whereas the second type is highlighted by scattered aleuritic quartz and dolomite grains. The calcite precipitating from interstitial water must have originally cemented laminae of loose host sediment and then displaced sediment grains. Planctonic foraminifer tests occur exclusively within the marly laminae because they were deposited together with suspended clayey particles. The laminae are parallel which indicates that the compaction rate during the growth of concretions was extremely slow. Yet, organisms penetrating the host sediment reached the concretions when they were still soft, but already formed and composed of these two types of laminae: marly, and calcium carbonate ones. Moreover, dinocysts, extracted from these concretions, are exceptionally well-preserved having apparently avoided compactional flattening. Therefore, the examined laminated concretions formed during a deposition break close to the water-sediment interface, and underwent early-diagenetic lithification. Septarian cracks were produced after primary lithification, and subsequently filled with light brown calcite.

Key words: Polish Outer Carpathians, Krosno shales, diagenesis, carbonate concretions

Świątkowa Wielka jest położona w Beskidzie Niskim, 6 km na zachód od Krempnej. W jej okolicach występuje jedno z licznych w obrębie jednostki magurskiej Karpat fliszowych okien tektonicznych (ryc. 1; Kozikowski, 1956; Karnkowski, 1963; Książkiewicz, 1972; Koszarski, 1985; ryc. 1). W obrębie jednostki okiennej, wzdłuż jej południowego brzegu, odsłaniają się warstwy krośnieńskie, wśród których występują badane kongrecje węglanowe.

Różni badacze znajdowali bloki wapieni tkwiące w skałach fliszowych badanego terenu i opisywali je jako skały egzotyczne (Kozikowski, 1956; Karnkowski, 1963; Koszarski & Tokarski, 1968 *fide* Mastella & Rubinkiewicz, 1998; Koszarski, 1985). Pierwszy bardziej szczegółowy opis wapieni ze Świątkowej zawiera praca Mastelli i Rubinkiewicza (1998). Na podstawie analizy mikrofacjalnej autorzy ci stwierdzili, iż wapienie te są prawdopodobnie mioceńskimi egzotykami z redeponowanymi otwornicami kredowymi. Wapienie tego typu nie zostały znalezione przez autora na badanym terenie. Stwierdzone zostały natomiast inne skały węglanowe — o genezie kongrecyjnej, o których brak wzmianek w literaturze.

Spośród kilku typów kongrecji węglanowych zebranych przez autora, kongrecje laminowane charakteryzują

się największą różnorodnością struktur. Dzięki temu możliwe jest określenie środowiska ich powstawania, co jest przedmiotem niniejszego artykułu.

Budowa geologiczna

Jednostka grybowska (okienna) jest zbudowana z siedmiu łusek, których skały są silnie zdeformowane tektonicznie w postaci fałdów obalonych o wergencjach północnych (Mastella & Rubinkiewicz, 1998). Łuski jednostki okiennej tworzą tym samym typowy przykład międzynyasunięciowego dupleksu kontrakcyjnego (*op. cit.*). Najbardziej południowa łuska, spośród odsłaniających się, zbudowana jest z łupków krośnieńskich zawierających badane kongrecje (Bojanowski, 2000). Łupki krośnieńskie są osadem ilasto-mułowcowym wapnistym o barwie popielatej do czarnej. Wietrzejąc pokrywają się białym nalotem. Z uwagi na swą znaczną podatność łupki są najczęściej silnie sfałdowane i potrzaskane, przez co trudno jest prześledzić przebieg pojedynczych warstewek.

Warstwy krośnieńskie mają charakter raczej głębokomorski (Dzulyński & Ślaczka, 1959; Koszarski & Żytko, 1961) i odpowiadają finalnym etapom sedymentacji fliszowej (Ślaczka, 1961). Są one wieku od górnioeocenu, poprzez oligocen, aż po dolny miocen (*op. cit.*). Z wyjątkiem magurskiej, warstwy krośnieńskie występują we wszystkich płaszczowinach i w związku z migracją

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, e-mail: mbojan@geo.uw.edu.pl



Ryc. 1. Lokalizacja okna tektonicznego Świętokrzyskiej Wielkiej
Fig. 1. Location of the Świętokrzyska Wielka tectonic window

facji w kierunku północno-wschodnim w okresie ich depozycji są coraz młodsze w coraz niższych płaszczowinach (Ślaczka, 1969). Jednostka grybowska stanowi część większej jednostki dukielskiej (Roca i in., 1995), która jest najbardziej wewnętrzną (południową) jednostką we wschodniej części polskich Karpat fliszowych zawierającą te warstwy (Książkiewicz, 1972). Zatem wiek warstw krośnieńskich w jednostce grybowskiej jest od górnego eocenu po najwyższy oligocen (Kozikowski, 1956).

Charakterystyka kongrecji laminowanych

Kongrecje dość często występują *in situ* w łupkach krośnieńskich i stanowią znaczną część (miejscami więcej niż 5%) odsypów potoków. Są obłe, dyskooidalne (ryc. 2) lub elipsoidalne ze stosunkiem najkrótszego wymiaru do najdłuższego od 1/3 do 1/2. Najdłuższy ich wymiar sięga od kilku do 40 centymetrów. Przy pewnej różnicy poglądów, naukowcy zgadzają się co do jednego, że to anizotropia przepuszczalności osadu jest czynnikiem decydującym o tak charakterystycznych kształtach kongrecji w łupkach (Tarr & Twenhofel, 1961; Raiswell, 1971; Eder & Ricken, 1991; Hounslow, 1997).

Kongrecje mają zewnętrzną powierzchnię gładką. Występują pojedynczo i są rozprzestrzenione bezładnie w profilu, więc warunki sprzyjające ich powstawaniu były przez pewien okres stabilne. Ułożone są najkrótszym wymiarem prostopadle do powierzchni uławicenia łupków, które zdają się łagodnie je opływać. Z uwagi na charakter łupków krośnieńskich nie da się prześledzić kontynuacji lamin kongrecji w obrębie osadu otaczającego.

Kongrecje laminowane składają się z dwóch typów lamin: brunatnych marglistych i szarych wapiennych. W kilku okazach laminy margliste mają czarną barwę i wykazują wyraźne podobieństwo do łupka krośnieńskiego. Nieliczne okazy zawierają bardzo dobrze zachowane skamieniałości śladowe w postaci ryć wypełnionych wymieszany materiałem z obu typów lamin (ryc. 3). Po charakterze tych struktur poznać można, iż kongrecja była jeszcze miękka oraz że składała się z obu typów litologicznych lamin w momencie rycia. To zawęży głębokość powstawania tych kongrecji do poziomu żerowania zwierząt. Laminacja jest przy tym zaw sze równoległa, co najczęściej przypisywane jest

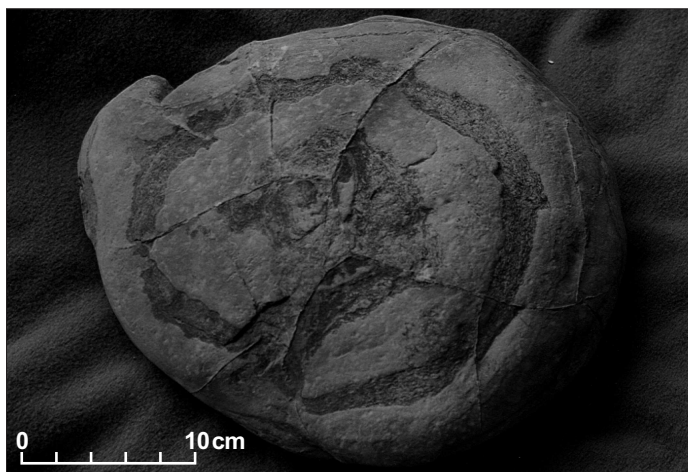
wzrostowi na większych głębokościach niż poziom żerowania zwierząt (Raiswell, 1971). Otóż największe tempo kompaktacji osadu istnieje na początku jego historii diagenetycznej, a wraz ze wzrostem głębokości pogrzebienia maleje. Na niewielkich głębokościach pogrzebienia przy ciągłej depozycji na dnie zbiornika, kompaktacja jest szybka i kongrecje tam powstające będą miały zdeformowane laminy, a na większych głębokościach pogrzebienia, bez względu na ciągłość i tempo depozycji, kompaktacja jest powolna i będzie zachowana równoległość lamin kongrecji (Raiswell, 1971). Jest możliwe jednak, aby kongrecje z równoległą laminacją powstawały na niewielkich głębokościach, ale wymaga to: 1) przerwy bądź znacznego spowolnienia sedymentacji, 2) niezwykle szybkiego przyrastania kongrecji lub też 3) krótkiego okresu jej przyrastania (*op. cit.*). Zawsze prawdziwym twierdzeniem będzie, że laminacja równoległa wskazuje na najwyżej niewielki wzrost stopnia kompaktacji w czasie wzrostu kongrecji. Wydaje się, że dwie ostatnie możliwości są mało prawdopodobne, ponieważ w płytkich strefach pogrzebienia kompaktacja zachodzi najszybciej i kongrecje takie musiałyby być dużo mniejsze, aby przy ciągłej depozycji uniknąć zawarcia w sobie bardziej skompaktowanej laminki osadu. Kongrecje wzrastały zatem w czasie przerwy lub znacznego spowolnienia depozycji osadu. Ponieważ łupki krośnieńskie są dystalnymi facjami sedymentacji fliszowej, która charakteryzuje się epizodycznością depozycji, częste musiały być przerwy w depozycji. Scenariusz taki wydaje się więc bardzo prawdopodobny.

Bardzo często badane kongrecje laminowane zawierają nawet znaczne ilości automorficznego pirytu o kryształach dochodzących do 1 cm wielkości. Piryt może powstawać na niemal każdym etapie diagenety (Raiswell, 1987), a występowanie jego w większych ilościach wskazuje na redukcyjny charakter środowiska (Hudson, 1978).

Inną, bardzo charakterystyczną i typową dla kongrecji węglanowych, cechą są spęknięcia septariowe. Wypełnia je miodowy, przezroczysty kalcyt. Szczeliny septariowe tworzyły się w późniejszym etapie, kiedy zarówno laminy wapienne jak i margliste odkształcały się już bardziej krucho. Ich wykształcenie jest wręcz modelowe, gdy porównuje się je z opisami i zdjęciami szczelin septariowych w kongrecjach węglanowych z literatury (Tarr & Twenhofel, 1961; Raiswell, 1971; Hudson, 1978; Astin & Scotchman,

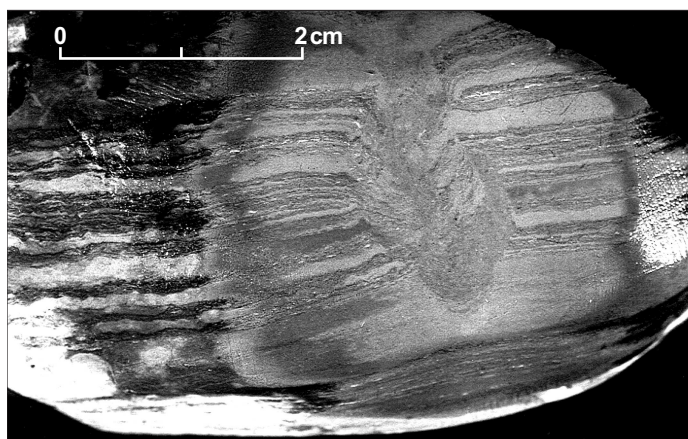
Tab. 1. Skład mineralny kongrecji laminowanej i łupka krośnieńskiego określony na podstawie analizy derywatograficznej
Table 1. Mineral composition of a laminated concretion and a Krosno shale based on derivatographic analysis

Substancja	Lamina wapienna kongrecji	Lamina marglista kongrecji	Łupki krośnieńskie
Wilgoć	1%	1,5%	2%
Substancja organiczna		1%	
Piryt	1%	2,5%	2%
Illit	6%	34%	44%
Dolomit			12%
Kalcyt	79%	60%	18%
Suma składników czynnych termicznie w temp. do 1000°C	87%	99%	78%
Pozostałe składniki	13%	1%	22%

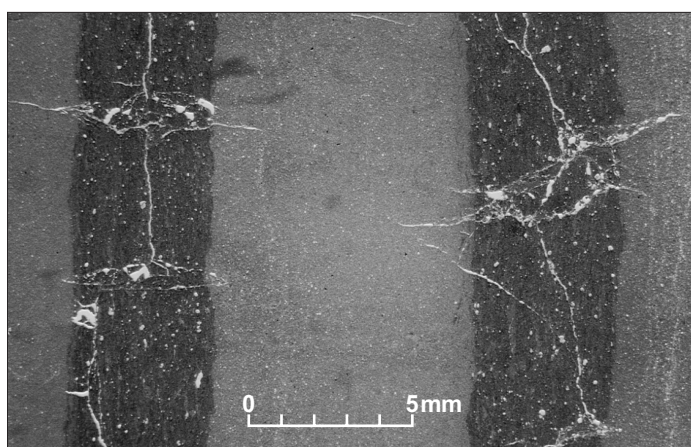


Ryc. 2. Dyskoidalna konkrecja laminowana ze szczelinami septariowymi dochodzącymi do powierzchni zewnętrznej
Fig. 2. Discoidal laminated concretion with septarian cracks reaching the surface of concretion

1988; Hounslow, 1997). Tworzenie się szczelin septario-



Ryc. 3. Rycie w konkrecji laminowanej
Fig. 3. Bioturbation in a laminated concretion



Ryc. 4 Obraz mikroskopowy płytki cienkiej konkrecji laminowanej. Ciemniejsze laminy margliste zawierają liczne otwornice, a jaśniejsze wapienne zawierają rozproszony drobnookruchowy kwarc
Fig. 4. Photomicrograph of laminated concretion in thin section. Dark laminae contain numerous foraminifers, whereas light laminae contain dispersed silty quartz grains

wych przypisywane jest głębszym strefom pogrzebienia – poniżej 10 m (Hounslow, 1997).

W obrazie mikroskopowym szare laminy wapienne są mikrytem pozbawionym jakichkolwiek struktur. Oprócz kalcytu występuje w nich jeszcze nieznaczna ilość rozproszonego kwarcu we frakcji mułowej. Brunatne laminy margliste składają się głównie z mikrytowego kalcytu i materii ilastej. Drobnookruchowy kwarc występuje znacznie rzadziej. Laminy są wyraźnie wyodrębnione, o ostrych granicach i mniej więcej stałej grubości (ryc. 4). Są one równoległe na całej swojej długości.

Charakterystyczną cechą konkrecji jest nieobecność mikroskamieniałości w szarych wapiennych laminach. Natomiast brunatne laminy margliste bywają wręcz przepelnione drobnymi otwornicami planktonicznymi, które nie są pokruszone ani spłaszczone. Takie przywiązanie otwornic wyłącznie do frakcji ilastej wydaje się być wynikiem ich depozycji z zawiesiny.

Skład mineralny

W celu określenia przybliżonego składu mineralnego konkrecji i osadu je otaczającego wykonano analizę derywatograficzną (tab. 1). Łączna masa oznaczonych termicznie składników to 87% dla laminy wapiennej i 99% dla laminy marglistej konkrecji oraz 78% dla łupka krośnieńskiego. Pozostałe składniki to substancje termicznie nieaktywne poniżej 1000°C lub które w niewielkich ilościach nie manifestują się. Kwarc zaznacza się małym pikiem na krzywej DTA w temperaturze ok. 573°C dopiero przy zawartościach ponad 30% (inf. z wykładów prof. R. Wyrwickiego). Najprawdopodobniej więc te substancje to głównie kwarc, który w obrazie mikroskopowym był częsty i wyraźny.

Trzy opisywane próbki różnią się głównie zawartością węglanów, illitu i kwarcu. Łupek krośnieński jest głównie ilasty (illit), lecz także zawiera znaczne ilości kwarcu, a jego wapnistość wynosi ok. 30%, z czego znaczna część to dolomit. Lamina marglista konkrecji składa się prawie w całości z kalcytu (ok. 60%) i illitu. Lamina wapienna zawiera ok. 80% kalcytu oraz domieszkę kwarcu, a illit występuje w ilości śladowej. We wszystkich próbkach występuje również piryt.

Dane z analizy chemicznej w mikroobszarze i obrazu konkrecji w elektronowym mikroskopie skaningowym pozwoliły stwierdzić, że dominującym składnikiem obu typów laminy jest kalcyt niskomagnezowy (np.: 98,36% CaCO_3 , 1,42% MgCO_3 , 0,30% MnCO_3 , 1,66% FeCO_3), a jako domieszki występują: kwarc, dolomit (np.: 56,59% CaCO_3 , 42,20% MgCO_3 , 0,00% MnCO_3 , 0,45% FeCO_3) i minerały ilaste (głównie illit). Częstość ich występowania jednak różni się pomiędzy oboma typami laminy. W obrębie laminy wapiennej domieszkę stanowią kwarc i dolomit, które występują jako oddzielne, bezładnie rozproszone ziarna. W obrębie laminy marglistej minerały ilaste wypełniają szczelnie przestrzenie pomiędzy kryształami kalcytu tworząc jakby sieć, a kwarc i dolomit występują rzadko. Ponadto w obu typach laminy występują kryształy automorficznego pirytu.

Z powyższych analiz i analizy mikroskopowej w mikroskopie polaryzacyjnym wynika, iż pierwotny osad ilasto-mułowcowy został znacznie rozproszony i rozepchany przez krystalizujący kalcyt. Laminacja jest wynikiem krystalizacji kalcytu w obrębie dwóch rodzajów warstewek osadu: ilastej (lamina marglista konkrecji) i mułowcowej (lamina wapienna konkrecji). Występowanie pojedynczych izolowanych ziaren dolomitu wskazuje, że konkrecja nie została zdolomityzowana ani zdedolomityzowana w czasie diagenety, gdyż nieobecne są jakiegokolwiek struktury, które mogłyby o tym świadczyć (związane z przemianą dolomit/kalcyt). Jednocześnie łupek krośnieński zawiera aż 12% dolomitu przy 18% kalcytu. Można zatem mniemać, iż pojedyncze ziarna dolomitu zostały inkorporowane z osadu otaczającego w obręb konkrecji w ten sam sposób jak kwarc.

Cysty Dinoflagellata

Badania cyst Dinoflagellata z konkrecji laminowanej zostały wykonane przez dr. Marcina Barskiego i dr. Przemysława Gedla. Analiza biostratygraficzna zespołu oznaczonych cyst wskazuje jednoznacznie na oligocen (inf. ustna P. Gedl). Taki wiek konkrecji zawiera się w przyjętym dla warstw krośnieńskich jednostki grybowskiej przedziale stratygraficznym górny eocen – najwyższy oligocen (Kozikowski, 1956). Niemniej jednak potrzeba przeprowadzić dokładne analizy porównawcze mikroskamieniałości z konkrecji i jej otoczenia.

Stan zachowania cyst Dinoflagellata jest wręcz idealny. Żadna z cyst nie została spłaszczona przez kompaktację zachowując wszystkie swoje cechy morfologiczne w stanie nienaruszonym. Taki stan zachowania cyst Dinoflagellata jest zaskakująco dobry i nietypowy dla osadów fliszowych (inf. ustna P. Gedl), które będąc jeszcze niezlityfikowane ulegają znacznej kompaktacji w czasie diagenety. Konkrecje węglanowe uległy więc niezwykle szybkiej lityfikacji. Kompaktacja nie zdążyła w konkrecji zatrzeć pierwotnego obrazu osadu i cyst, zanim ta uległa trwałej lityfikacji. Fakt ten potwierdza, iż konkrecje powstały we wczesnych etapach diagenety.

Rekonstrukcja warunków powstawania konkrecji

Łupki krośnieńskie reprezentują dystalne facje fliszu. Ich osad transportowany był epizodycznie przez prądy zawieszinowe. Na dno deponowany był najpierw kwarc o frakcji mułowej, a następnie frakcja ilasta, złożona głównie z illitu, wraz ze skorupkami otwornic planktonicznych. W czasie przerwy w depozycji, w miejscach o warunkach silnie redukcyjnych, wytrącał się węglan wapnia w przestrzeni porowej osadu. Pole precypitacji w przekroju pionowym miało postać elipsy odzwierciedlającej anizotropię przepuszczalności osadu. Energia krystalizacji kalcytu była tak znaczna, że po wypełnieniu przestrzeni porowej, wzrastające kryształki zaczęły rozpychać ziarna osadu. W ten sposób osad został tak rozproszony, że wypełnia obecnie jedynie przestrzeń pomiędzy kryształkami kalcytu. Tam, gdzie osad był mułowcowy, powstała lamina wapienna z domieszką głównie kwarcu, a tam gdzie osad był ilasty, powstała lamina marglista z domieszką głównie illitu.

Konkrecje wzrastały w czasie przerw w depozycji przy najwyższym przyroście kompaktacji, gdyż laminy nie są wygięte a równoległe. Konkrecje uległy bardzo szybkiej lityfikacji i zawarte w nich cysty Dinoflagellata uniknęły spłaszczenia przez kompaktację i zachowały się w doskonałym stanie. Otwornice również nie zostały spłaszczone ani pokruszone. Zanim jednak konkrecje stwardniały, organizmy penetrujące osad zdążyły zryć jeszcze miękkie, ale już uformowane ciało konkrecji. W głębszych strefach pogrzebienia (od ok. 10 m) wewnątrz konkrecji powstały szczeliny septariowe, które zostały następnie wypełnione krystalizującym z wód interstycjalnych miodowym kalcytem. Warunki sprzyjające powstawaniu konkrecji trwały przez dłuższy czas, ponieważ występują one na różnych poziomach stratygraficznych.

Składam serdeczne podziękowania prof. dr. hab. B. A. Matyja za konstruktywną opiekę w czasie badań magisterskich, dr. M. Barskiemu i dr. P. Gedlowi za wykonanie analizy palinologicznej oraz prof. dr. hab. R. Wyrwickiemu za pomoc przy analizie derywatograficznej.

Literatura

- ASTIN T. & SCOTCHMAN I. 1988 — The diagenetic history of some septarian concretions from the Kimmeridge Clay, England. *Sedimentology*, 35: 349–368.
- BOJANOWSKI M. 2000 — Charakterystyka „egzotyków” wapiennych z fliszu karpaccyckiego w oknie tektonicznym Świętokowej Wielkiej. Praca magisterska, Archiwum Instytutu Geologii Podstawowej Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.
- DŻUŁYŃSKI S. & ŚLĄCZKA A. 1959 — Sedymentacja i wskaźniki kierunkowe transportu w warstwach krośnieńskich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 28 : 205–260.
- EDER W. & RICKEN W. 1991 — Diagenetic modification of Calcareous Beds – an Overview. [W:] *Cycles and Events in Stratigraphy*. Edyt.: G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher.
- HOUNSLOW M. 1997 — Significance of localized pore pressure to the genesis of septarian concretions. *Sedimentology*, 44: 1133–1147.
- HUDSON J. 1978 — Concretions, isotopes, and the diagenetic history of the Oxford Clay of Central England. *Sedimentology*, 25: 339–370.
- KARNKOWSKI P. 1963 — Uwagi o budowie geologicznej wschodniej części polskich Karpat fliszowych w świetle głębokich wierceń. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 33: 457–470.
- KOSZARSKI L. 1985 — Geology of the Middle Carpathians and the Carpathian Foredeep. [W:] *Carpatho-Balkan Geological Association XIII Congress, Cracow, Guide to Excursion 3*, stop 51: 213–215.
- KOSZARSKI L. & ŻYTKO K. 1961 — Łupki jasielskie w serii menilitowo-krośnieńskiej w Karpatach Środkowych. *Biul. Inst. Geol.*, 166: 87–232.
- KOZIKOWSKI H. 1956 — Jednostka Ropy-Pisarzowej, nowa jednostka tektoniczna polskich Karpat fliszowych. *Biul. Inst. Geol.*, 110: 93–137.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1972 — Karpaty. [W:] *Budowa Geologiczna Polski*, 4.
- MASTELLA L. & RUBINKIEWICZ J. 1998 — Duplex structures within the Świętokowa Wielka tectonic window: structural analysis and photointerpretation. *Kwart. Geol.*, 42: 173–182.
- RAISWELL R. 1971 — The growth of Cambrian and Liassic concretions. *Sedimentology*, 17: 147–171.
- RAISWELL R. 1987 — Non-steady microbiological diagenesis and the origin of concretions and nodular limestones. [W:] *Marshall J., Diagenesis of Sedimentary Sequences*: 41–54.
- ROCA E., BESSEREAU G., ROURE F., JAWOR E. & KOTARBA M. 1995 — Pre-Neogene evolution of the Western Carpathians: Constraints from the Bochnia – Tatra Mountains section. *Tectonics*, 14: 855–873.
- ŚLĄCZKA A. 1961 — Geneza poziomu egzotykowego z Bukowca koło przełęczu Użockiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 31: 129–144.
- ŚLĄCZKA A. 1969 — Final stages of geosynclinal development in the SE part of the Polish Carpathians. *Acta Geol. Acad. Sci. Hungaricae*, 13: 331–335.
- TARR W. & TWENHOFEL W. 1961 — Concretions. [W:] *Treatise on Sedimentation*, 2: 696–716.