

## DIAGENEZA KREDY JEZIORNEJ I GYTII W OSADACH HOLOCENSKICH PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSKI

### DIAGENESIS OF LACUSTRINE CHALK AND GYTJA IN HOLOCENE DEPOSITS FROM NORTHWESTERN POLAND

ROKSANA MAĆKOWSKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono procesy diagenetyczne zachodzące w kredzie jeziornej i gytii z osadów holocenских północno-zachodniej Polski. Analizom poddano próbki pochodzące ze stanowisk Tarda (Pojezierze Iławskie) oraz Suliszewo (Pojezierze Choszczeńskie). Do oznaczenia składu mineralnego, oprócz metod klasycznych (analiza derywatograficzna), zastosowano nowoczesne metody badawcze. Wykorzystano między innymi analizę chemiczną w mikroobszarze (mikrosonda elektronowa), obserwacje przy pomocy mikroskopu elektronowego oraz analizę rentgenostrukturalną.

W kredzie jeziornej i gytii rozpoznano efekty procesów należących do wczesnego stadium diagenety (eodiagenety), głównie rozpuszczania minerałów węglanowych, pirytu i kwarcu. Znaczącą rolę odegrała także pirytyzacja oraz tworzenie się wczesnych cementów węglanowych. Stwierdzono, że w badanych osadach kompaktacja zachodziła tylko na niewielką skalę. Ponadto odtworzono kolejność procesów diagenetycznych. Najwcześniejszym procesem diagenetycznym w badanej kredzie jeziornej i gytii było tworzenie się cementu mikrytowego oraz pirytyzacja. W dalszej kolejności osady były poddawane procesom rozpuszczania. Dopiero potem nastąpiła kompaktacja. Po odwodnieniu próbek i ich osuszeniu z wód porowych wykrystalizował gips i halit.

**Słowa kluczowe:** kreda jeziorna, gytia, mikroskopia elektronowa, dyfrakcja rentgenowska, diagenetyza.

**Abstract.** The aim of this paper is to present the diagenetic processes occurring within lacustrine chalk and ooze in Holocene deposits from northwestern Poland. The analysed samples came from the Tarda (Iława Lake District) and Suliszewo (Choszczno Lake District) sites. For the purpose of mineral composition determination, both modern and classic (thermal analysis) research methods were applied. Composition analysis on a microprobe (Scanning Electron Microscopy) and X-ray structural analysis (Powder X-ray Diffraction) were used. Effects of early diagenesis processes (eodiagenesis) are observed in these sediments.

The most important diagenetic processes include dissolution of carbonate minerals, pyrite and quartz. An important role was also played by pyritization and formation of early carbonate cements. Compaction occurred only on a small scale. Moreover, the sequence of the diagenetic processes was reconstructed. The earliest diagenetic process that occurred within the lacustrine chalk and ooze was the formation of micritic cement and pyritization. Successively, the whole sediment was undergoing dissolution processes, followed by compaction. After dehydration and drying of the samples, gypsum and halite crystallized from the pore waters.

**Key words:** lacustrine chalk, gytja, electron microscopy, X-ray diffraction, diagenesis.

---

<sup>1</sup> Polska Akademia Nauk, Muzeum Ziemi, al. Na Skarpie 20/26, 27, 00-488 Warszawa; e-mail: r.mackowska@mz-pan.pl

## WSTĘP

Kreda jeziorna i gytia to osady nieskonsolidowane, o dużej porowatości i wilgotności (zawartość wody powyżej 50%). Większość stanowisk tych osadów stwierdzono na obszarach objętych ostatnim zlodowaceniem, czyli w północnej części Polski. Znane są także ich wystąpienia ze środkowo-wschodniej Polski, z okolic Białej Podlaskiej (Wyrwicki, 1999). Węglanowe osady jeziorne stanowią również kopalinę towarzyszącą węglowi brunatnemu w KWB Bełchatów i są składowane na wierzchołkach składowiska wewnętrzznego (Kuszneruk, 1994).

Kreda jeziorna i gytia wykazują budowę dwufazową, tzn. składają się z dwóch równorzędnych części: płynnej, czyli zmineralizowanej wody, oraz stałej, w której wiodącą rolę odgrywa kalcyt i substancja organiczna. Składniki stałe tworzące kredę jeziorną i gytie można podzielić na trzy grupy: składniki główne (kalcyt, fitogenetyczna substancja or-

ganiczna), składniki akcesoryczne autigeniczne (piryt, getyt) oraz składniki akcesoryczne allogeniczne (kwarc, skalenie, minerały ilaste, łyszczyki, glaukonit, epidot) (Maćkowska, 2008). Podstawowym kryterium klasyfikacji węglanowych i organicznych osadów jeziornych jest zawartość węgla wapnia. Za kredę jeziorną uznano utwory zawierające powyżej 80%  $\text{CaCO}_3$ , za gytie węglanową – o zawartości pomiędzy 40 a 80%  $\text{CaCO}_3$ , natomiast gytie określono jako organiczną i mineralną skałę zawierającą mniej niż 40%  $\text{CaCO}_3$ . Powyższego podziału dokonano na podstawie klasyfikacji Markowskiego (1980).

Problematyka związana z diagenetą węglanowych osadów jeziornych jest rzadko poruszana przez polskich badaczy. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie procesów diagenetycznych zachodzących w kredzie jeziornej i gytii.

## OBSZAR BADAŃ

Próbki kredy jeziornej i gytii pobrano z dwóch stanowisk holoceničkih: z terenu czynnej kopalni kredy jeziornej Suliszewo-Kiełpino oraz ze stanowiska Tarda (fig. 1). Jeziora występujące na omawianym terenie wyschły najprawdopodobniej w okresie atlantyckim (w środkowym holocenie). Obszar złoża kredy jeziornej Suliszewo-Kiełpino (w dalszej części tekstu nazywanego Suliszewem) znajduje się w północno-wschodniej części województwa zachodniopomorskiego, na terenie gmin Choszczno i Drawno, w odległości ok. 2 km od miejscowości Suliszewo. Pod względem fizycznogeograficznym rejon dokumentowanego złoża jest położony w południowo-zachodniej części Pojezierza Zachodniopomorskiego w obrębie mniejszej jednostki zwanej Pojezierzem Choszczeńskim (Kinas, 1987; Wałęcki, 2002). Stanowisko Tarda znajduje się w obrębie Pojezierza Iławskiego, wchodzącego w skład Pojezierza Wschodniopomorskiego (Marciniak, 1976). Teren badań jest położony w odległości 12 km od Ostródy, 3 km na północny wschód od Miłomłyna.



Fig. 1. Lokalizacja badanych stanowisk

Location of the study sites

## PREPARATYKA I METODY BADAŃ

Do badań posłużyły próbki o naturalnej wilgotności, pobrane za pomocą sondy wciskanej Instorf. Uzyskano w ten sposób 99 próbek (34 z Suliszewo i 65 z Tardy). Dodatkowo pobrano fragmenty rdzeni o nienaruszonej strukturze. Próbkę pobierano w sposób ciągły. W ramach badań terenowych wykonano 3 wierceń w Suliszewie i 10 w obrębie stanowiska Tardy. W przypadku złoża Suliszewo głębokość otworów wynosiła od ok. 2 do 10 m, natomiast w przypadku Tardy – od 4 do 6 m. W warunkach laboratoryjnych próbki były suszone w temperaturze nieprzekraczającej 60°C.

Do oznaczenia składu mineralnego oprócz metod klasycznych (analiza derywatograficzna i mikroskopia optyczna) zastosowano analizę składu chemicznego za pomocą mikroskopy elektronowej oraz analizę rentgenostrukturalną.

Analizę rentgenowską przeprowadzono na 19 próbkach (13 z Suliszewo i 6 z Tardy). Wyboru próbek dokonano po przeprowadzeniu analizy derywatograficznej. Proszkową dyfrakcyjną analizę rentgenowską przeprowadzono w Instytucie Geochemii, Mineralogii i Petrologii Wydziału Geologii (G. Koproń), a także w Pracowni Rentgenowskiej

Katedry Nauk o Środowisku Glebowym na Wydziale Rolnictwa i Biologii SGGW. Analiza miała na celu identyfikację głównych faz mineralnych.

Analizy mikroskopowe w świetle przechodzącym wykonano przy użyciu mikroskopu optycznego firmy Nikon (model Eclipse E600W Pol z kamerą Nikon DS-5Mc). Miały one na celu wstępne rozpoznanie składu mineralnego skały, określenie wzajemnego rozmieszczenia składników oraz opisanie tekstury i struktury skały. Obserwacje pod mikroskopem optycznym przeprowadzono na 6 płytkach cienkich ze stanowiska Suliszewo i 8 ze stanowiska Tardy.

## WYNIKI BADAŃ

Wszystkie próbki kredy jeziornej i gytii pobrane z badanych stanowisk zawierają kalcyt, kwarc oraz śladowe ilości minerałów ilastych (prawdopodobnie illitu); większość z nich zawiera także piryt. W niektórych próbkach stwierdzono również obecność refleksów pochodzących od plagioklazów, skaleni potasowych, chlorytów, amfiboli, dolomitu, syderytu i gipsu (fig. 2A–C).

Na podstawie obserwacji w mikroskopie optycznym i elektronowym stwierdzono, że badane skały są zbudowane przede wszystkim z mikrytowego kalcytu (tabl. I, fig. 1), który w wielu przypadkach stanowi spoiwo węglanowe, oraz z substancji organicznej pochodzenia roślinnego. Substancja organiczna tworzy nieregularne, często powyginane laminy. W niektórych próbkach występują liczne bioklasty (pokruszone muszle mięczaków), często wypełnione gipsem. W skład materiału detrytycznego wchodzi kwarc, skalenie, glaukonit, chloryty, epidot i biotyt. Największe zróżnicowanie składu mineralnego wykazują próbki pochodzące ze stanowiska Tardy.

Kreda jeziorna i gytia charakteryzują się bardzo dużą pierwotną porowatością intergranularną i wtórną (tabl. I,

Obserwacje w mikroskopie elektronowym oraz analizy EDS przeprowadzono w Międzyinstytutowym Laboratorium Właściwości i Mikrostruktur Geomateriałów w Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego JSM-6380LA, sprzężonego z mikrosondą elektronową EDS, firmy JEOL (Japonia). Do badań posłużyły próbki w stanie powietrzno-suchym o nienaruszonej strukturze. Preparaty napyłono złotem.

fig. 1). W badanych osadach zaobserwowano liczne ślady ługowania, najprawdopodobniej przez kwaśne roztwory (tabl. I, fig. 2). Często można zauważyć także oznaki działalności mikroorganizmów.

Istotnym składnikiem kredy jeziornej i gytii jest piryt. Mineral ten występuje przede wszystkim w formie framboidów o rozmiarach od 10 do 15  $\mu\text{m}$  (tabl. I, fig. 3, 4). Większość framboidów jest bardzo dobrze zachowana, spotyka się jednak także osobniki zwietrzałe, noszące ślady rozpuszczania (tabl. I, fig. 5), a także zniszczone mechanicznie. Na powierzchni niektórych pirytów są widoczne drobne, kuliste wytrącenia siarki pochodzenia bakteryjnego. W opisywanych próbkach można zauważyć także pojedyncze kryształy pirytu ośmio- lub dwunastościenne (tabl. I, fig. 6). Framboidy o średnicach większych niż 10  $\mu\text{m}$  powstają wyłącznie pod powierzchnią osadu, w warunkach beztlenowych (Wilkin i in., 1996; Wignall, Newton, 1998; Zatoń i in., 2008). W opisywanych próbkach rozmiary framboidów oraz fakt, że poszczególne kryształy są euhedralne, wskazują na ich powstanie po zakończeniu sedymentacji, w warunkach beztlenowych.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

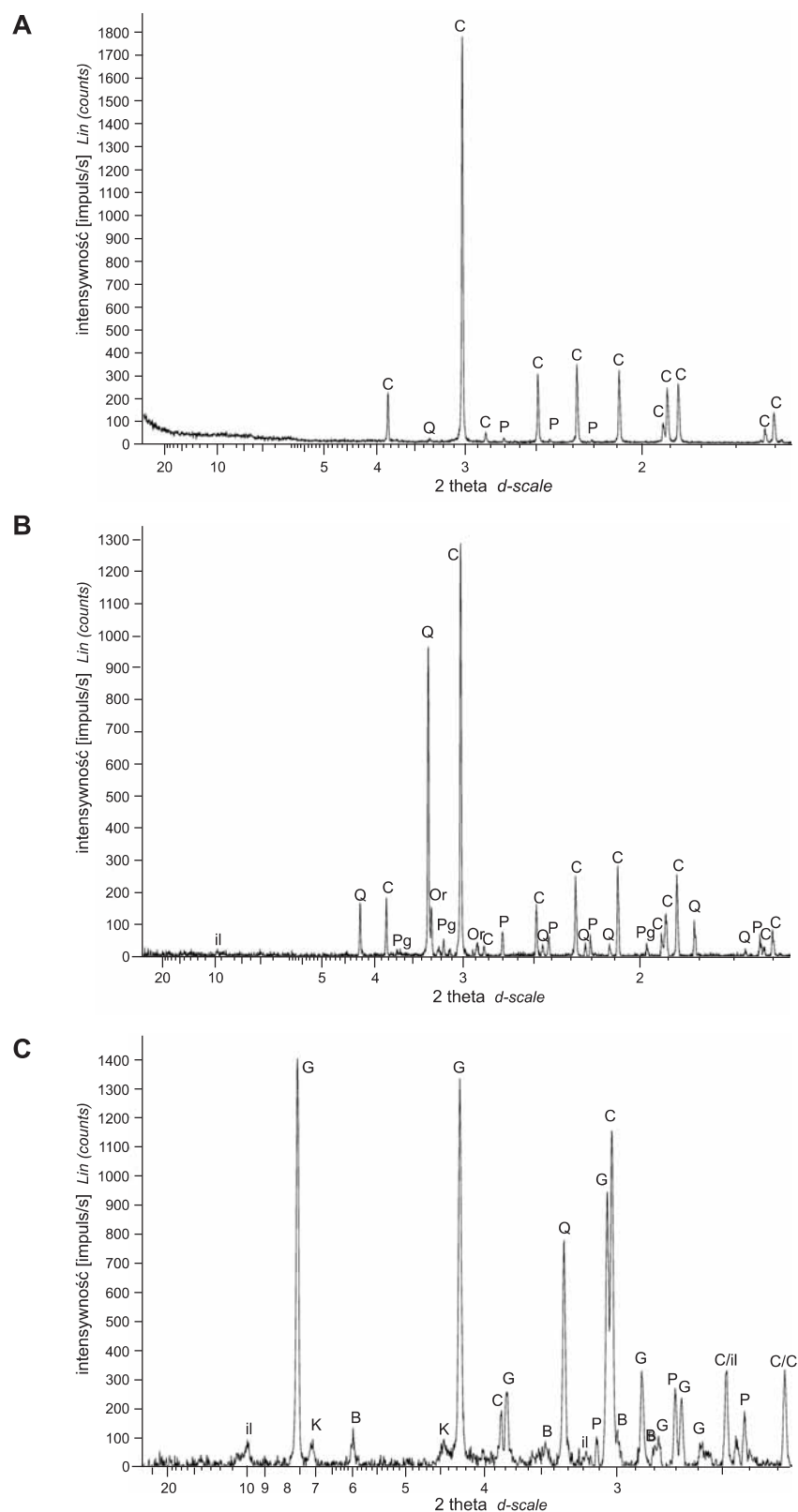
Przemiany diagenetyczne w badanych osadach są charakterystyczne dla wczesnego etapu diagenезy (eodiagenезy).

Duża porowatość oraz brak kontaktu między ziarnami świadczy o mało zaawansowanej kompaktacji. Jedynym śladem tego procesu jest wygięcie poszczególnych lamin utworzonych głównie przez substancję organiczną oraz mechaniczne przekształcenie bądź też zniszczenie framboidów pirytowych. W badanych osadach ma miejsce jedynie kompaktacja mechaniczna.

Do procesów diagenetycznych w badanych osadach można zaliczyć wytrącanie się wczesnych, węglanowych cementów mikrytowych. Wytrącający się kalcyt osadzał się na powierzchni szczątków organicznych oraz ziaren detrytycznych, najprawdopodobniej tuż po depozycji osadu.

Ważnym procesem diagenetycznym w badanych osadach jest pirytyzacja. Duże rozmiary framboidów oraz kształt kryształów pirytu świadczą o tym, że powstawał on po złożeniu osadu na dnie jeziora. Można również stwierdzić, że granica redosynkliny, tzn. granicy zasięgu warunków tlenowych, znajdowała się blisko powierzchni osadu. Piryt tworzył się więc w typowych warunkach anoksycznych.

Na etapie wczesnej diagenезy miało miejsce rozpuszczanie węglanu wapnia pod wpływem kwaśnych roztworów powstałych podczas utleniania pirytu oraz rozkładu substancji organicznej. Proces ten jest bardzo powszechny w badanych osadach, o czym świadczy wiele śladów ługowania kalcytu i pirytu. Degradacja kalcytu może zachodzić także pod wpływem mikroorganizmów, o których działalności świad-



**Fig. 2. Dyfraktogram kredy jeziornej i gytii**

Stanowisko Tarda, otwór wiert. 5; **A** – głęb. 3,20–3,90 m, **B** – głęb. 3,90–4,50 m, **C** – głęb. 4,50–5,30 m; C – kalcyt, Q – kwarc, P – piryt, Or – ortoklaz/mikroklina (skałań potasowy), Pg – plagioklaz, B – bassanit, G – gips, il – illit, K – kaolinit

X-ray plot of lacustrine chalk and gytija

Tarda site, borehole 5; **A** – depth 3.20–3.90 m, **B** – depth 3.90–4.50 m, **C** – depth 4.50–5.30 m; C – calcite, Q – quartz, P – pyrite, Or – K-feldspar, Pg – plagioclase, B – bassanite, G – gypsum, il – illite, K – kaolinite

czą liczne struktury bakteryjne. Rozpuszczaniu w niewielkim stopniu uległ także kwarc, co zauważono podczas obserwacji pod mikroskopem elektronowym. Do procesów postdiagenetycznych można zaliczyć degradację pirytu, który był najprawdopodobniej utleniany i rozpuszczany przez bakterie utleniające siarczany. Rozpuszczanie framboidów pirytowych, kalcytu, krystalizacja gipsu i wtórnego kalcytu mogą świadczyć także o uruchomieniu kwaśnego drenażu siarczanowego (ang. *acid sulphate drainage*), będącego skutkiem wietrzenia osadów podczas osuszania jeziora.

Sekwencja procesów diagenetycznych przedstawia się następująco:

Najwcześniejszym procesem stwierdzonym w kredzie jeziornej i gytii było tworzenie się cementu mikrytowego oraz niemal równoczesna pirytyzacja. W dalszej kolejności niektóre składniki, np. kalcyt i piryt, były poddawane proce-

som rozpuszczania. Na dalsze etapy ewolucji osadów węglanowych składała się m.in. degradacja pirytu, a następnie po przejściu w warunki hipergeniczne – wietrzenie kalcytu, odwodnienie, osuszenie i krystalizacja gipsu z wód porowych. Odwodnienie mogło nastąpić zarówno w wyniku procesów naturalnych, jak i działalności człowieka (eksploatacji kredy jeziornej).

Kreda jeziorna i gytia z obu omawianych stanowisk wykazują podobny skład mineralny. Jedyna różnica polega na tym, że osady ze stanowiska Tarda zawierają większe ilości minerałów ciemnych, niż osady ze stanowiska Suliszewo. Formy i ilości pozostałych minerałów są takie same dla obydwu stanowisk. Procesy diagenetyczne w osadach z obu omawianych złóż, znajdujących się w znacznej odległości od siebie, były identyczne, co świadczy o tym, że procesy te mają charakter regionalny i są typowe dla jezior holocenijskich.

## LITERATURA

- KINAS R., 1987 — Dokumentacja geologiczna kat. C1 złoża kredy jeziornej Suliszewo. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KUSZNERUK C., 1994 — Złoże wtórne kredy jeziornej na wierzchołku zwałowiska wewnętrznego KWB Bełchatów. *Prz. Geol.*, **42**, 8: 667–668.
- MAĆKOWSKA R., 2008 — Wstępne wyniki badań składu mineralnego kredy jeziornej i gytii w świetle nowoczesnych metod badawczych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **429**: 75–78.
- MARCINIAK A., 1976 — Dokumentacja geologiczna w kategorii C2 złoża kredy jeziornej w rejonie miejscowości Tarda nr 11725. Kombinat Geologiczny Północ. Zakład Projektów i Dokumentacji Geologicznych.
- MARKOWSKI S., 1980 — Struktura i właściwości podtorfowych osadów jeziornych rozprzestrzenionych na Pomorzu Zachodnim jako podstawa ich rozpoznawania i klasyfikacji. *W: Mat. Konf. nauk.-tech. „Kreda jeziorna i gytie”*. Gorzów Wlkp. – Zielona Góra, luty 1980, 2: 44–55.
- WAŁECKI J., 2002 — Dodatek nr 1 do dokumentacji kat. C1 złoża kredy jeziornej Suliszewo. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WIGNALL P.B., NEWTON R., 1998 — Pyrite framboid diameter as a measure of oxygen deficiency in ancient mudrocks. *Amer. J. Sci.*, **298**: 537–552.
- WILKIN R.T., BARNES H.L., BRANTLEY S.L., 1996 — Size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **60**, 20: 3897–3912.
- WYRWICKI R., 1999 — Trzeciorzędowa kreda jeziorna a czwartorzędowa analiza porównawcza. *Streszcz. ref. PTG*, **9**: 86–93.
- ZATOŃ M., RAKOCIŃSKI M., MARYNOWSKI L., 2008 — Framboidy pirytowe jako wskaźniki paleośrodowiska. *Prz. Geol.*, **56**, 2: 158–164.

TABLICA I

- Fig. 1. Mikryt kalcytowy, dobrze widoczna znaczna porowatość skały. Stanowisko Tarda; obraz SEM  
Micrite calcite, well visible porosity. Tarda site; SEM image
- Fig. 2. Kryształy kalcytu noszące ślady rozpuszczania. Stanowisko Tarda; obraz z mikroskopu skaningowego  
SEM image of calcite crystals showing etching tracks; Tarda site
- Fig. 3. Piryt framboidalny na tkance roślinnej. Stanowisko Tarda; obraz SEM  
Framboidal pyrite on plant tissue. Tarda site; SEM image
- Fig. 4. Duże nagromadzenie framboidów pirytowych. Stanowisko Suliszewo; obraz SEM  
Large accumulation of pyrite framboids. Suliszewo site; SEM image
- Fig. 5. Zwietrzały framboid pirytowy. Stanowisko Tarda; obraz SEM  
Pyrite framboid showing etching tracks. Tarda site; SEM image
- Fig. 6. Ośmiościenne kryształy pirytu, w tle widoczna substancja organiczna oraz kalcyt. Stanowisko Tarda; obraz SEM  
Octahedral pyrite crystals. Organic matter and calcite in background. Tarda site; SEM image

