

Wskaźniki obecności paleogleb w neogénskich iłach poznańskich okolic Leszna w południowej Wielkopolsce

Agata Duczmal-Czernikiewicz¹, Julita Biernacka¹



A. Duczmal-Czernikiewicz



J. Biernacka

Indicators of paleosols in the Neogene Poznań Clays in the Leszno area, southern Wielkopolska, Poland. *Prz. Geol.*, 73: 359–363; doi: 10.7306/2025.35

Abstract. This paper presents the results of a study on the pedogenic alteration of Neogene terrestrial Poznań Clays near Leszno, central-western Poland. Samples of clays and carbonate concretions were collected from drillcore of the Leszno Zaborowo borehole (64 m thick) and analysed by optical microscopic, XRD, isotopic, and chemical methods. Our findings reveal multiple indicators of soil-forming processes that significantly altered the clays. These include the massive structure of the sediment, localized slickensides, a beidellite-dominated mineral composition, and the presence of numerous siderite and calcite concretions exhibiting characteristic pedogenic textures. The isotopic compositions of these carbonates range from $\delta^{13}\text{C} = -18.54$ to -6.73% and $\delta^{18}\text{O} = -5.21$ to -1.56% . These data confirm that the carbonates crystallized as a result of organic matter decomposition by anaerobic microorganisms in a terrestrial environment.

Keywords: Poznań Clays, palaeosol, carbonate concretions, Neogene, Poland

Miocénsko-pliocénskie iły poznańskie, występujące w dużej części Niżu Polskiego i będące łatwo dostępnym surowcem na potrzeby ceramiki budowlanej, były przedmiotem zainteresowania geologów już od XIX w., które zostały podsumowane w pracy Jentzsch z początku XX w. (1913). Osady te, składające się z iłów i mułów z wkładkami pyłów i drobnoziarnistych piasków, powstały w zbiorniku lądowym i są stosunkowo słabo udokumentowane pod względem stratygraficznym. W podziale litostratygraficznym neogenu Niżu Polskiego iły poznańskie są częścią formacji poznańskiej (Dyjur, 1970; Piwocki, 2002; Piwocki i in., 2004; Kasiński, Słodkowska, 2024). Dobrze natomiast poznano ich skład mineralny (Wiewióra, Wyrwicki, 1974, 1976; Wyrwicki, 1975; Wyrwicki, Maliszewska, 1977; Wichrowski, 1981; Wyrwicki, Wiewióra, 1981; Duczmal-Czernikiewicz, 2010, 2011), a w ostatnim czasie powrócono do badań wieku i warunków powstania tej formacji (np. Troć, Sadowska, 2006; Widera i in., 2019; Kasiński, Słodkowska, 2024). Środowisko depozycji iłów poznańskich w rejonie Konina (np. Widera i in., 2019; Zieliński, Widera, 2020) i w rejonie Poznania (Duczmal-Czernikiewicz, 2013) opisano jako środowisko rzeki anastomozującej z rozległymi równinami powodziowymi, na których rozwijały się gleby. Górne partie iłów poznańskich charakteryzują się lokalnym występowaniem poziomów węglanów i siarczanów, które również genetycznie połączono z powstawaniem paleogleb (Duczmal-Czernikiewicz, 2013). Tym niemniej, aby przedstawić model rozwoju iłów poznańskich w większej skali, zgodnie ze współczesną wiedzą, potrzeba precyzyjnych danych z różnych części basenu sedymentacyjnego (ryc. 1).

Na początku lat 90. XX w. firma hydrogeologiczna *Hydroconsult* z siedzibą w Poznaniu wykonała w okolicach Leszna w południowej Wielkopolsce otwór Leszno-

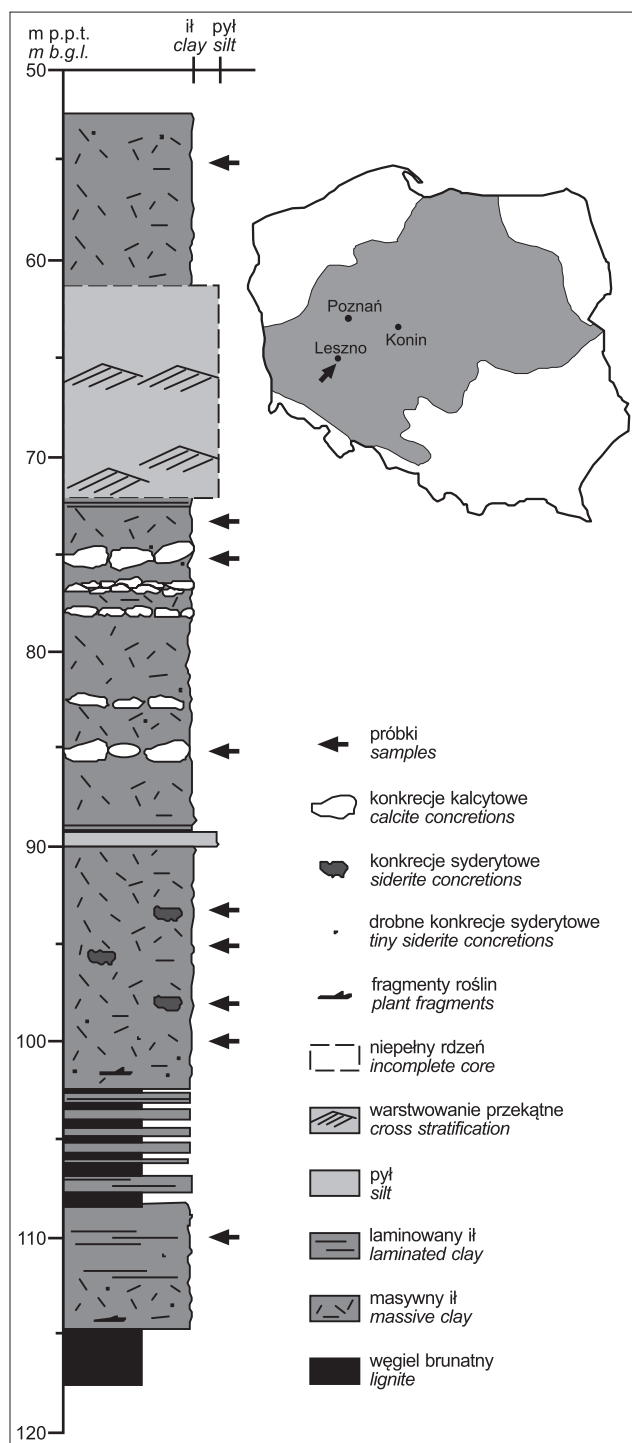
-Zaborowo sięgający 219 m i uzyskała prawie kompletny rdzeń wiertniczy, który znajduje się w zasobach Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (UAM). Osady piaszczyste paleogenu i neogenu były przedmiotem badań mineralogicznych (Biernacka, 2004), natomiast część uzyskanych wówczas wyników nie została opublikowana. Otwór Leszno-Zaborowo przewiercił formację poznańską o miąższości 64 m (ryc. 1).

W niniejszym artykule przedstawiamy wyniki analiz osadów ilastych i zawartych w nich kongrecji węglanowych i wskazujemy na powszechność procesów glebotwórczych, dzięki którym znacząca część iłów poznańskich osiągnęła współczesne cechy strukturalne i skład mineralny. Celem pracy jest wykazanie obecności paleogleb w profilu iłów poznańskich z wiercenia Leszno-Zaborowo.

MATERIAŁ BADAWCZY I METODY BADAŃ

Po opisanu zmienności litologicznej iłów poznańskich z rdzenia wiertniczego Leszno-Zaborowo pobrano 9 próbek iłów i 5 próbek kongrecji, część próbek iłów pobrano z tej samej głębokości co kongrecje (ryc. 1). Z kongrecji i wybranych próbek iłów wykonano płytki cienkie, do obserwacji których zastosowano mikroskop Zeiss Axioplan-2. Skład minerałów ilastych we frakcjach $<2\ \mu\text{m}$ i $<0,2\ \mu\text{m}$ analizowano w preparatach proszkowych orientowanych na dyfraktometrze X'ra ARL Thermo w Instytucie Geologii UAM. Pomiar w zakresie kątowym $3\text{--}30^\circ\ 2\theta\ \text{CuK}\alpha$ przeprowadzono trzykrotnie – w stanie powietrzno-suchym, glikolowanym i po wygrzaniu w temperaturze 550°C . Typ minerału pęczniącego (smektytu) określono przy pomocy testu Greene-Kelly'ego. Skład chemiczny 7 próbek iłów i 1 próbki kongrecji zbadano metodą ICP MS w laboratorium Actlabs w Kanadzie. Z 4 próbek kongrecji wykonano

¹ Instytut Geologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Bogumiła Krygowskiego 12, 61-680 Poznań; agata.duczmal-czernikiewicz@amu.edu.pl; julita.biernacka@amu.edu.pl; ORCID ID: A. Duczmal-Czernikiewicz – 0000-0002-8682-7513, J. Biernacka – 0000-0002-1862-6373



Ryc. 1. Profil formacji poznańskiej w wierceniu Leszno-Zaborowo. Obok kontur Polski z dzisiejszym zasięgiem formacji poznańskiej **Fig. 1.** Poznań Formation lithological log in the Leszno-Zaborowo borehole, and the outline of Poland showing the present extent of the Poznań Formation

6 analiz izotopów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$; pomiary przeprowadzono w Laboratorium Spektrometrii Masowej w Instytucie Fizyki na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej (UMCS) w Lublinie (por. Duczmal-Czernikiewicz i in., 2017). Próbkę węglanową analizowano poprzez CO_2 wytworzony w reakcji z 100% H_3PO_4 w szklanej linii próżniowej podłączonej do spektrometru mas. Reakcja przebiegała w elektronicznie kontrolowanej temperaturze $25^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$. W celu normalizacji wartości $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ w każdej serii próbek ana-

lizowano międzynarodowy standard NBS-19. Niepewność analityczna obu wartości delta w kategoriach odchylenia standardowego była nie większa niż 0,06%.

LITOLOGIA

Iły poznańskie w profilu Leszno-Zaborowo są w przeważającej części ilami *sensu stricto* o zmiennej barwie – od czarnej do ciemnoszarej w części spągowej, poprzez zielonkawoszarą i zieloną w dużej części rdzenia, do barwy zielonkawej z czerwonymi lub rdzawymi przebarwieniami tlenkami żelaza w stropowej części. Ciemnoszare i szare ily znajdujące się w dolnej części zawierają rozproszoną materię organiczną, a także jej rozpoznawalne fragmenty w postaci drobnych gałązek. W tej części rdzenia zauważono też odciski liści w iłach. Na głębokości 62–72 m znajduje się wkładka o wyraźnie innej litologii: jasnoszare pyły i drobnoziarniste piaski warstwowane przekątnie, z których użysk materiału rdzeniowego był niewielki.

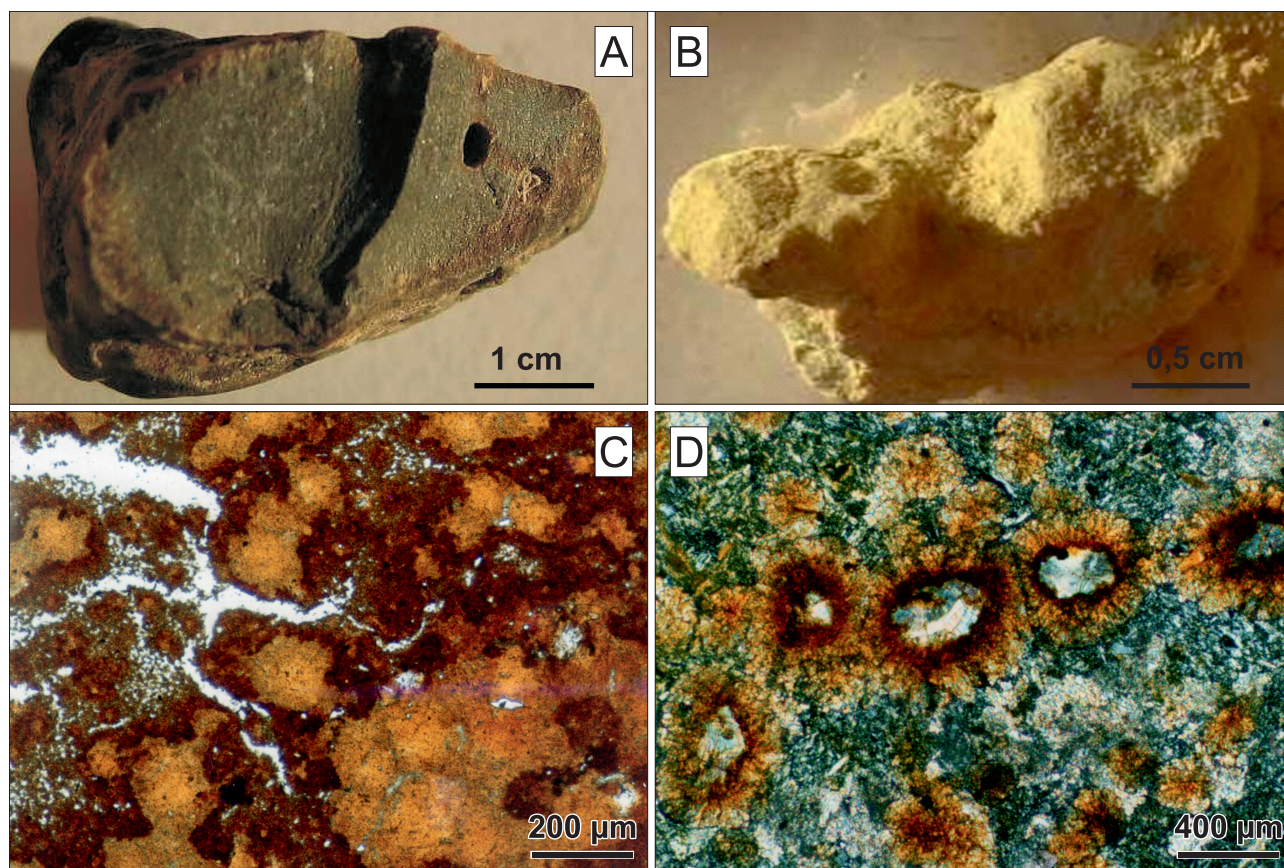
Tylko lokalnie i w niewielkim stopniu zachowała się laminacja pozioma w iłach (ryc. 1). Charakterystyczną cechą dużej części iłów poznańskich z Leszna Zaborowa jest ich masywna struktura, pozbawiona widocznych struktur sedimentacyjnych. W trakcie kruszenia rdzenia można było miejscami zaobserwować ustawione pod dowolnym kątem gładkie, lśniące powierzchnie ślizgu (*slickensides*). Górne 20 m rdzenia było dodatkowo zaburzone tektonicznie, z drobnymi uskokami tnącymi, zabarwione hematytami cienkie smugi i struktury sedimentacyjne.

Osady ilaste zawierają liczne konkrecje węglanowe o zmiennej wielkości, od części mm do kilku centymetrów. W środkowej partii profilu obserwowano wielokrotne nagromadzenia konkrecji, zajmujące całą średnicę rdzenia (ryc. 1); nagromadzenia te mogły być częścią bardziej rozległych horyzontów węglanowych. Barwa konkrecji zmienia się od brunatnej, ciemnobrązowej w dolnej części do jasnokremowej i jasnoszarej w górnej części profilu (ryc. 2A, B). Zmienia się też mineralogia konkrecji – w części dolnej występują syderyty, natomiast w środkowej i górnej – konkrecje mieszane, syderytowe, syderytowo-kalcytowe i kalcytowe.

MINERALOGIA I GEOCHEMIA

Dominującym składnikiem iłów poznańskich z Leszna-Zaborowa jest minerał pęczniący – smektyt. Na podstawie testu Greene-Kelly'ego (1953) potwierdzono, że jest to beidellit. Dyfraktogramy pokazują szerokie i niewyraźne refleksy smektytu, wskazując na niewielkie krystality tego minerału (słabą krystaliczność), zwłaszcza w górnej części profilu. Poza smektytem rozpoznano kaolinit, kwarc, minerały mieszanopakietowe illit/smektyt, oraz illit. Zawartość kaolinitu jest największa w dolnej części profilu, ku górze jego ilość maleje, a zawartość smektytu rośnie. Z kolei udział minerałów illitowych jest zmienny, bez wyraźnego trendu.

Konkrecje są zbudowane z syderytu i/lub kalcytu. Większe z nich wypełnione są mikrytem, mikrosparytem, miejscami sparytem. W konkrecjach zachowały się wydłużone pustki otoczone mikrosparytem (ryc. 2C). Mikryt może przybierać barwę ciemnobrązową do czarnej lub żółtawą ze względu na obecność tlenowodorotlenków Mn i Fe; analizy chemiczne konkrecji wykazały wyraźnie podwyższoną zawartość Mn i Fe (tab. 1). Drobne, mikroskopijnej



Ryc. 2. Konkrecje z ilów poznańskich (wiercenie Leszno-Zaborowo). **A** – konkrecja syderytowa, 98,5 m (próbka L98,5); **B** – konkrecja kalcytowa, 85 m (próbka L85); **C** – mikrostruktura konkrecji syderytowej, 93 m (próbka L93); **D** – mikrokonkrety syderytowe, 75,6 m (próbka L75,6)

Fig. 2. Concretions in the Poznań Clays (from Leszno-Zaborowo drillcore). **A** – siderite concretion, 98.5 m (sample L98.5); **B** – calcite concretion, 85 m (sample L85); **C** – texture of siderite concretion, 93 m (sample L93); **D** – siderite microconcretions, 75.6 m (sample L75.6)

Tab. 1. Skład chemiczny [% wag.] ilów z rdzenia wiertniczego Leszno-Zaborowo oraz wskaźnik wietrzenia CALMAG (wg Nordta, Driese'a, 2014). Numer próbki wskazuje na głębokość jej pobrania z rdzenia wiertniczego

Table 1. Chemical composition [weight %] of the Poznań Clays from the Leszno-Zaborowo drillcore and the CALMAG weathering index (acc. to Nordt, Driese, 2014). The sample number indicates the sampling site depth in the drillcore

Próbka Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Strata prażenia LOI	Suma Total	CALMAG
L55	59,58	16,02	6,61	0,144	1,37	0,72	0,13	2,18	0,853	0,10	11,51	99,20	88
L73	57,59	17,91	7,45	0,021	1,24	0,51	0,11	2,07	0,902	0,13	11,12	99,03	91
L75,6	58,75	18,29	5,30	0,016	1,74	0,76	0,12	2,42	0,823	0,05	11,69	99,95	88
L85	52,70	14,70	4,74	0,126	1,87	7,32	0,20	2,49	0,774	0,08	14,36	99,34	62
L85C*	20,55	6,23	6,22	0,932	1,06	31,35	0,05	1,04	0,306	0,18	30,82	98,75	–
L95	55,45	18,79	5,09	0,042	2,07	1,28	0,14	3,09	0,772	0,05	12,60	99,36	85
L100	61,29	16,55	4,61	0,038	1,99	1,44	0,14	2,80	0,888	0,09	9,53	99,36	83
L110	62,82	16,79	4,24	0,016	1,92	0,55	0,15	2,74	0,869	0,05	8,85	98,99	87

*C konkrecja / concretion.

wielkości konkrecje syderytowe, spotykane w całym profilu, składają się z ziaren węglanowych obrośniętych wokół kryształami syderytu (ryc. 2D).

Wartości izotopów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ w węglanach konkrecji (tab. 2) zmieniają się w stosunkowo szerokich granicach. Wartość $\delta^{13}\text{C}$ mieści się w zakresie od $-6,73\%$ do $-18,54\%$, przy czym w górę profilu, w kierunku zwiększenia nagromadzeń konkrecji, obserwuje się wyraźne zmniejszenie wartości $\delta^{13}\text{C}$ (tab. 2). Z kolei wartość $\delta^{18}\text{O}$ oscyluje mię-

dzy $-1,56\%$ a $-5,21\%$ i również wykazuje trend zmniejszania wartości w górę profilu.

Analizy chemiczne próbek ilu (tab. 1) wskazują na zawartość SiO₂ w przedziale 52,70–62,82%, Al₂O₃ – 14,70–18,79% i wysokie wartości strat prażenia (8,85–14,36%), zatem potwierdzają wysoką zawartość minerałów ilastych i obecność węglanów. Obecność tych ostatnich potwierdza również podwyższona zawartość CaO w składzie chemicznym osadów (tab. 1).

Tab. 2. Wartości izotopów węgla i tlenu w konkrecjach węglanowych z iłów poznańskich z rdzenia wiertniczego Leszno-Zaborowo. Numer próbki wskazuje na głębokość jej pobrania z rdzenia wiertniczego**Table 2.** Carbon and oxygen isotope values in carbonate concretions from the Poznań Clays in the Leszno-Zaborowo drillcore. The sample number indicates the sampling site depth in the drillcore

Nr próbki <i>Sample No.</i>	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ [‰]	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ [‰]	Mineralogia <i>Mineralogy</i>
L 75,6 środek / <i>core</i>	-17,62	-5,21	kalcyt i syderyt <i>calcite and siderite</i>
L 75,6 zewnętrzna część / <i>rim</i>	-18,54	-5,17	kalcyt i syderyt <i>calcite and siderite</i>
L 85	-12,03	-4,80	kalcyt / <i>calcite</i>
L 93	-11,40	-4,24	syderyt / <i>siderite</i>
L 98,5 środek / <i>core</i>	-6,73	-1,56	syderyt / <i>siderite</i>
L 98,5 zewnętrzna część / <i>rim</i>	-7,95	-2,69	kalcyt / <i>calcite</i>

WPLYW PROCESÓW GLEBOWYCH NA WSPÓLCZESNY SKŁAD I STRUKTURĘ IŁÓW POZNAŃSKICH

Iły poznańskie z rejonu Leszna w południowej Wielkopolsce wykazują szereg cech, które można interpretować jako wynik zachodzących w nich procesów glebotwórczych, które z kolei rozwijały się z różną intensywnością równoległe z przyrastaniem iłó w profilu. Można przyjąć, że same ily były deponowane w warunkach podobnych do tych z rejonu Konina czy Poznania, czyli rozległej równi zalewowej wokół koryt rzeki anastomozującej (Badura, Przybylski, 2004; Zieliński, Widera, 2020). Wkładka piaszczysto-pyłowa z górnej części profilu reprezentowałaby w takim ujęciu osady kanałowe. Procesy glebotwórcze, które zachodziły w podłożu bogatym w minerały pęczniące, okresowe wysychanie i zalewanie wodą, rozwój roślinności, doprowadziły do zaniku pierwotnych struktur sedimentacyjnych i wytworzenia się masywnej struktury oraz lokalnych powierzchni ślizgu (*slickensides*). Gleby bogate w smektyt to vertisole. Beidellit, główny minerał badanych iłó w, mógł zostać zarówno odziedziczony jako minerał detrytyczny z wcześniejszych osadów/gleb, jak i utworzyć się *in situ* w profilu glebowym z wietrzejących i przechodzących do roztworu składników, zwłaszcza w warunkach lekko alkalicznych, przy stosunkowo niewielkich ilościach wody (Wilson, 1999).

Charakterystyczną cechą iłó w poznańskich z okolic Leszna są liczne konkrecje węglanowe, tworzące powtarzające się nagromadzenia w profilu. Silnie ujemne wartości izotopów węgla ($\delta^{13}\text{C}$) wskazują na biogeniczne pochodzenie węgla w konkrecjach z rozkładu materii organicznej (procesy fermentacji w strefie mikrobiologicznej metanogenezy; Irvin i in., 1977). Z kolei wyraźnie ujemne wartości $\delta^{18}\text{O}$ węglanów wskazują na obecność wody meteorycznej, której skład izotopowy mógł być zmienny w zależności od ilości opadów, ich sezonowości, średniej rocznej temperatury. Badania izotopowe potwierdziły zatem jednoznacznie lądowe, pedogeniczne pochodzenie węglanów. Ponadto konkrecje zawierają często wydłużone pustki i struktury wewnętrzne, które można zinterpretować jako struktury utworzone wokół korzeni lub innych części roślin, które uległy rozpadowi i nie zachowały się. Mikrostruktury konkrecji – powszechność mikrytu, obecność mikrosparytu i sparytu, mikrokonkrecje syderytowe – odpowiadają mikrostrukturam pedogenicznych węglanów (Wright, 1990).

Obecność syderytu w osadach lądowych wskazuje na środowiska redukcyjne, co jest zgodne z powyżej opisanymi procesami rozpadu materii organicznej i biogenicznej metanogenezy zachodzącymi w środowisku anoksycznym lub dysoksycznym. W warunkach wahania poziomu wód gruntowych i zmiennego Eh żelazo (i mangan) mogą być mobilne i łatwo wchodzić w reakcje (Chesworth, 2000). Z kolei obecność kalcytu świadczy o alkalicznym odczynie wód (kalcyt wytrąca się przy $\text{pH} > 7,8$), łatwo dostępnych jonach Ca^{2+} , pochodzących zapewne z rozpadu (wietrzeń) mało trwałych minerałów. Kalcyt, w odróżnieniu od syderytu, mógł się wytrącać w różnych warunkach Eh, więc współwystępowanie tych dwóch minerałów wskazuje na wahania Eh, charakterystyczne dla profili glebowych.

Nordt i Driese (2010) zaproponowali oszacowanie nawodnienia gleb typu vertisoli na podstawie zawartości pierwiastków głównych i wprowadzili wskaźnik wietrzeń CALMAG:

$$\text{CALMAG} = 100 [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO})].$$

W iłach z otworu Leszno-Zaborowo wskaźnik ten najczęściej oscyluje między 83 a 91 (tab. 1), wskazując na dobre nawodnienie. Wyjątkiem są ily stowarzyszone z konkrecjami (próbka L85, CALMAG = 62), które mogły powstać w bardziej suchych warunkach.

WNIOSKI

Neogenskie ily poznańskie z okolic Leszna w południowej Wielkopolsce mają wiele cech świadczących o tym, że podlegały procesom glebotwórczym:

- wykazują masywną strukturę z obecnością lokalnych powierzchni ślizgu (*slickensides*),
- zawierają liczne konkrecje syderytowe i kalcytowe o mikrostrukturach typowych dla pedogenicznych węglanów,
- konkrecje te zawierają ślady po korzeniach roślin,
- skład izotopowy $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ węglanów potwierdza ich krystalizację w warunkach terygenicznym w wyniku rozkładu materii organicznej przez anaerobowe mikroorganizmy.

Samo zróżnicowanie węglanów wskazuje na częste wahania Eh, typowe dla środowiska gleb. Główny minerał ily iłó w poznańskich – beidellit – mógł również częściowo powstawać w glebach typu vertisoli. Wymienione cechy są obecne w dużej części ponad 60-metrowego profi-

lu osadów, świadcząc o długotrwałości procesów glebotwórczych i równowadze między przyrostem ilów na równi zalewowej niskoenergetycznej, nizinnej rzeki a procesami glebotwórczymi. Wyjątkowe nagromadzenie węglanów w środkowej części profilu może wskazywać na klimat z mniejszą ilością opadów, a więc na ponadregionalne zmiany środowiskowe.

Bardzo dziękujemy dr hab. Aleksandrze Kozłowskiej za uważne przeczytanie tekstu i załączone uwagi.

LITERATURA

- BADURA J., PRZYBYLSKI B. 2004 – Evolution of the Late Neogene and Eopleistocene fluvial system in the foreland of the Sudetes Mountains, SW Poland. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 74: 43–61.
- BIERNACKA J. 2004 – Heavy mineral suites in Oligocene-Miocene sediments (Fore-Sudetic Monocline, SW Poland): Provenance signals versus weathering alteration. *Geologia Sudetica*, 36: 1–20.
- CHESWORTH W. (red.) 2008 – *Encyclopedia of Soil Science*. Springer, Dordrecht, Netherland; <https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-1-4020-3995-9>
- DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ A. 2010 – Geochemistry and mineralogy of Poznań Formation (Polish Lowland). *Wyd. Nauk. UAM, Poznań, Seria Geologia*, 21: 1–88.
- DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ A. 2011 – Struktury ilów poznańskich w obserwacjach mikroskopowych jako wskaźniki poligeny osadów. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 444: 47–54.
- DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ A. 2013 – Evidence of soils and paleosols in the Poznań Formation (Neogene, Polish Lowland). *Kwartalnik Geologiczny*, 57 (2): 189–204.
- DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ A., HAŁAS S., GEBUS B., CZUPYT Z. 2017 – Stable isotopic composition of carbonates and sulfates from soils and paleosols of Poznań Formation (Neogene, Polish Lowland). *Mineralogia, Special Papers*, 39: 38–41.
- DYJOR S. 1970 – Seria poznańska w Polsce zachodniej. *Kwartalnik Geologiczny*, 14: 819–835.
- GREENE-KELLY R. 1953 – The identification of montmorillonoids in clays. *Journal of Soil Science*, 4 (2): 232–237.
- IRVIN H., CURTIS C., COLEMAN M. 1977 – Isotopic evidence for source of diagenetic carbonates formed during burial of organic-rich sediments. *Nature*, 269: 209–213.
- JENTZSCH A. 1913 – Der Posener Ton und die Lagerstätte der Flora von Moltkegrube. *Jahrbuch der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt*, 31, 1910 (1): 192–201.
- KASIŃSKI J.R., SŁODKOWSKA B. 2024 – Litostratygrafia osadów wyższej części neogenu na obszarze Niziny Polskiej. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 209: 25–62.
- NORDT L.C., DRIESE S.D. 2010 – New weathering index improves paleorainfall estimates from Vertisols. *Geology*, 38 (5): 407–410.
- PIWOCKI M. 2002 – Ewolucja poglądów na stratygrafię utworów formacji poznańskiej na Nizinie Polskiej. *Przegląd Geologiczny*, 50: 255.
- PIWOCKI M., BADURA J., PRZYBYLSKI B. 2004 – Niz Polski i jego południowe obrzeżenie. Neogen. [W:] Peryt T.M., Piwocki M. (red.), *Budowa geologiczna Polski. Stratygrafia. Kenozoik – Paleogen i neogen*, 1(3a): 71–133. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TROĆ M., SADOWSKA A. 2006 – Wiek utworów formacji poznańskiej rejonu Poznania. *Przegląd Geologiczny*, 54: 588–593.
- WICHROWSKI Z. 1981 – Studium mineralogiczno-geochemiczne ilów serii poznańskiej. *Archiwum Mineralogiczne*, 37 (2): 93–196.
- WIDERA M., CHOMIAK L., ZIELIŃSKI T. 2019 – Sedimentary Facies, Processes and Paleochannel Pattern of an Anastomosing River System: An Example from the Upper Neogene of Central Poland. *Journal of Sedimentary Research*, 89 (6): 487–507.
- WILSON M.J. 1999 – The origin and formation of clay minerals in soils: Past, present and future perspectives. *Clay Minerals*, 34 (1): 7–25.
- WIEWIÓRA A., WYRWICKI R. 1974 – Minerale ilaste poziomu ilów płomienistych. *Kwartalnik Geologiczny*, 20: 615–635.
- WIEWIÓRA A., WYRWICKI R. 1976 – Beidellit osadów serii poznańskiej. *Kwartalnik Geologiczny*, 20: 331–341.
- WRIGHT V.P. 1990 – A micromorphological classification of fossil and recent calcic and petrocalcic microstructures. [W:] Douglas L.A. (red.), *Soil Micromorphology. A Basic and Applied Science*, Elsevier, Amsterdam: 401–407.
- WYRWICKI R., MALISZEWSKA A. 1977 – Utwory węglanowe w osadach ilastych serii poznańskiej (neogen). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 298: 269–314.
- WYRWICKI R. 1975 – Skład mineralny a własności surowcowe pstrych ilów poznańskich. *Kwartalnik Geologiczny*, 19 (3): 633–648.
- WYRWICKI R., WIEWIÓRA A. 1981 – Clay minerals of the Upper Miocene sediments in Poland. *Bulletin Polish Academy of Science, Earth Sciences*, 29: 67–71.
- ZIELIŃSKI T., WIDERA M. 2020 – Anastomosing-to-meandering transitional river in sedimentary record: A case study from the Neogene of central Poland. *Sedimentary Geology*, 404: 1–16.

Praca wpłynęła do redakcji 13.03.2025 r.
Akceptowano do druku 27.03.2025 r.