

STRUKTURY IŁÓW POZNAŃSKICH W OBSERWACJACH MIKROSKOPOWYCH JAKO WSKAŹNIKI POLIGENEZY OSADÓW

MICROFABRIC OF THE POZNAŃ CLAYS IN MICROSCOPIC STUDIES AS THE INDICATION OF THE POLYGENETIC ORIGIN OF SEDIMENTS

AGATA DUCZMAL-CZERNIKIEWICZ¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono cechy mikrostrukturalne iłów poznańskich w świetle analiz mikroskopowych. Przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego opisano struktury po korzeniach roślin, mikrokonkrecje Fe-Mn, konkrecje kalcytowe i syderytowe, pustki będące pozostałościami po mikrokryształach „róż pustyni” oraz lustra ślizgowe. Struktury te mają charakter zarówno pierwotny, jak i wtórny, co wskazuje na wielostadialny sposób formowania się iłów poznańskich. Struktury po korzeniach roślin oraz lustra ślizgowe świadczą o rozwijających się procesach glebowych w powierzchniowych warstwach osadu, natomiast powstanie konkrecji żelazowo-manganowych i węglanowych jest związane ze zmianą warunków fizykochemicznych w osadach poddanych procesom wietrzenia.

Słowa kluczowe: mikrostruktury, konkrecje, lustra ślizgowe, ślady po korzeniach, iły poznańskie.

Abstract. This paper presents microfabric of the Poznań clays in microscopic investigations. The method allows describing the structures after plant roots, Fe-Mn globules, calcareous and siderite concretions, voids after “desert roses” microcrystallites, as well as slickensides. These features are of primary and secondary origin and indicate multistage formation of the studied sediments and polygenetic processes in their geological history. Root remnants, and slickensides indicate pedogenesis, while microcrystallites, Fe-Mn globules and calcareous concretions were formed during the changes of physical and chemical conditions during weathering processes.

Key words: microstructures, concretions, slickensides, roots remnants, Poznań clays.

WSTĘP

Iły poznańskie, z uwagi na swoje szerokie rozprzestrzenienie i wiele zastosowań praktycznych, są przedmiotem zainteresowań wielu badaczy z różnych dziedzin geologii, począwszy od badań surowcowych (Wyrwicki, 1975), inżynierskich (np.: Kaczyński, Grabowska-Olszewska, 1997; Choma-Moryl, 2007) aż do środowiskowych (Kłapyta, Żabiński, 1991; Gawriuczenkow, 2005). Wiele uwagi poświęcono składowi mineralnemu poszczególnych składników osadu, szczególnie składnikom frakcji ilastej (Wiewióra, Wyrwicki 1976; Wyrwicki, Maliszewska, 1977),

składowi chemicznemu (Wichrowski, 1981) oraz cechom strukturalnym i teksturalnym. Wielokrotnie postulowano w polskiej literaturze, że jednym z głównych czynników formujących osady formacji poznańskiej były procesy glebowe, które miały wpływ na skład mineralny oraz na cechy sedimentacyjno-strukturalne badanych osadów (Różycki, 1972; Górniak i in., 2001; Piwocki i in., 2004; Widera, 2007).

W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki obserwacji mikroskopowych, które obok badań terenowych

¹ Instytut Geologii, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań; e-mail: duczer@amu.edu.pl

i chemicznych stanowią standardowe narzędzie zarówno do analizy osadów glebowych kopalnych, jak i współczesnych. Na ich podstawie podjęto próbę wskazania pierwotnych cech strukturalnych osadów w porównaniu do cech wtórnych, wynikających z procesów wietrzenia zachodzących w osadach eksponowanych w badanych odsłonię-

ciach. Ze względu na charakter osadów do opisu zastosowano nomenklaturę używaną przez gleboznawców, która jest stosowana w badaniach paleogleb (Retallak, 1997; Sheldon, Tabor, 2009). Mimo bogatej literatury dotyczącej badanych utworów, iły poznańskie w tym ujęciu dotychczas nie były analizowane.

PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Badania mikrostrukturalne przeprowadzono w próbkach osadów z odsłoneń iłów poznańskich w dwóch odkrywkach eksploatacyjnych: czynnego złoża surowców ceramicznych w Brzostowie oraz złoża obecnie nie eksploatowanego (złoża zaniechane) w Dymaczewie Starym koło Poznania. Ponadto zbadano osady z otworu wiertniczego Leszno 1, w którym stwierdzono występowanie poziomu iłów poznańskich (Biernacka, 2004).

Wiek badanych osadów określono na środkowy miocen–pliocen (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1997; Piwocki, 2002; Słodkowska, 2004; Troć, Sadowska, 2006). Stanowią one górną część formacji poznańskiej, o miąższości maksymalnie 250 m i są znane w polskiej literaturze pod nazwą „iły poznańskie” (Ciuk, 1970; Dyjor, 1970).

Badane osady są wykształcone w postaci trzech ogniw różniących się głównie barwą: dolne jako osady barwy szarej, środkowe – zielonej i górne jako osady ilaste pstre z czer-

wono-zielonymi przebarwieniami. Geneza osadów wiąże się z sedymentacją w rozczłonkowanym, stosunkowo płytkim zbiorniku lądowym, okresowo zalewanym, a w okresach suchych poddawany wietrzeniu i procesom glebowym.

W składzie mineralnym wyróżniono (w zmiennych proporcjach): kwarc, skalenie, chloryty, beidellit, kaolinit, illit oraz tlenki i wodorotlenki żelaza: hematyt i getyt (Wiewióra, Wyrwicki, 1976; Wichrowski, 1981). Skład chemiczny w głównej mierze jest zależny od składu mineralnego (Wichrowski, 1981) i odzwierciedla procesy wietrzenia chemicznego zachodzące zarówno w trakcie sedymentacji, jak i po depozycji osadów (Duczmal-Czernikiewicz, 2010).

Badania przeprowadzono przy użyciu mikroskopu optycznego AXIOPLAN 2 (UAM, Poznań) oraz mikroskopy elektronowej CAMECA JEOL2 (Uniwersytet Warszawski). Obserwacjom poddano płytki cienkie o nienaruszonej strukturze, o rozmiarach 4×7 cm.

OBSERWACJE MIKROSKOPOWE

STRUKTURY PO KORZENIACH ROŚLIN

Struktury po korzeniach tworzą charakterystyczne, koncentryczne w przekroju poprzecznym formy, które składają się z detrytycznych ziaren, głównie kwarcu oraz spajających je minerałów ilastych (tabl. I, fig. 1, 2). Towarzyszą im zmiany barwy osadu z czerwonej na zielonkawą. Wewnątrz znajdują się puste przestrzenie, czasem wypełnione substancją złożoną z tlenków i wodorotlenków żelaza (tabl. I, fig. 3) lub gipsem, które stanowią pozostałości po wcześniejszych fragmentach organicznych. W osadach stwierdzono również ślady po korzeniach roślin zbudowane z mikrytu węglanowego, w centralnej części wypełnione syderitem (tabl. I, fig. 4) z domieszkami manganu nieprzekraczającymi 10% wagowych MnO. Często wokół struktur tego typu obserwuje się zmianę zabarwienia z czerwonego na zielonkawoszary. Struktury te były opisywane wielokrotnie w górnej części profilu glebowego, jednak nie można jednoznacznie stwierdzić, czy powstawały one w pierwotnie sedymentowanym osadzie, czy są wynikiem działalności procesów postdepo-

zycyjnych. Mogły tworzyć się w trakcie całej historii geologicznej osadów.

MIKROKONKRECJE I KONKRECJE Fe-Mn

Mikrokonkrecje (globule) są złożone z tlenków i wodorotlenków żelaza i manganu, tworzących koncentryczne skupienia owalne bądź nieregularne, które w polskiej literaturze były nazywane „pieprzem” (Dyjor i in., 1968; Piwocki i in., 2004). W badanych osadach stwierdzono liczne globule manganowe i żelazowe, w większości sferyczne, od niewielkich – o średnicy poniżej 5 mm (tabl. I, fig. 5) do dużych – o średnicy powyżej 15 mm, a także nodule zbudowane z tlenków Fe o wielkości do kilku centymetrów. W iłach zielonych powszechnie występują globule manganowe, małe i średniej wielkości (do 1 cm). We wszystkich zbadanych odsłonięciach w osadach pstrych stwierdzono plamy i przebarwienia o nieregularnych kształtach, powodujące efekt zaczerwienienia osadu.

KONKRECJE WĘGLANOWE

W opisywanych osadach powszechnie występują trzy rodzaje konkrecji węglanowych, które różnią się między sobą zarówno formą, wielkością, pozycją w stosunku do powierzchni, jak i składem mineralnym i chemicznym. Są to:

1. Konkrecje kalcytowe i margliste, o wielkości od kilku do kilkunastu centymetrów. Konkrecje margliste są zbudowane z kalcytu z domieszkami minerałów ilastych. Tworzą czasem warstwy bądź soczewki margliste (Brzostów). Występują w iłach zielonych.
2. Konkrecje kalcytowe z domieszkami Mn i Fe i kalcyto-dolomitowe, szarozielone z żółtymi i czerwonymi plamami, czasem impregnowane kulistymi skupieniami tlenków Fe-Mn, o rozmiarach od kilku centymetrów do 1 m średnicy, silnie spękane. Spękania są wypełnione kalcytem (znane z literatury jako septariowe lub typu *honeycomb*). Konkrecje kalcytowe i kalcyto-dolomitowe tworzą miejscami poziomy konkrecji (Leszno). Występują w iłach czerwonych i brunatnych.
3. Konkrecje kalcytowe i syderytowe (Leszno), o średnicach 30–40 cm i mniejszych, ciemnobrunatne, twarde i zwężłe. Mogą tworzyć poziomy konkrecji. Najczęściej występują w iłach zielonych.

Badania mikrochemiczne pozwoliły wyróżnić kalcyt z domieszką Mg, syderyt lub syderyt z domieszkami Ca i Mn, jako główne składniki budujące sferolity konkrecji węglanowych. Konkrecje często są zbudowane z węglanów mikrytowych cementujących ziarna kwarcu lub skaleni lub sferolitów syderytowych bądź syderyto-dolomitowych. Sferolity powstają często wokół detrytycznego ziarna kwarcu lub skalenia.

Głębokość występowania konkrecji pedogenicznych w profilu glebowym ma ogromne znaczenie paleogeograficzne. Na jej podstawie określa się wielkość rocznych średnich opadów (Retallack, 1997; Sheldon, Tabor, 2009). Jednak rozróżnienie w obserwacjach mikroskopowych konkrecji pedogenicznych od konkrecji powstałych w wyniku wytrącania się węglanów w wyniku migracji wód gruntowych nie zawsze jest jednoznaczne.

Skład mineralny iłów poznańskich: kwarc, skalenie, minerały ilaste, węglany w postaci konkrecji (kalcyt i syderyt), tlenki i wodorotlenki Fe, w postaci rdzawych, czerwonych lub żółtych plam, ich cechy granulometryczne (przewaga frakcji ilastej) oraz obecność stref ścięć są typowe dla tworzenia się gleb powstałych w warunkach okresowego wysuszenia osadów. Przewaga smektytów wśród składników frakcji ilastej jest cechą typową dla gleb typu vertisoli, umożliwiającą powstanie luster ślizgowych.

Obecność obwódek hematytowych wokół detrytycznych ziaren kwarcu widoczna w obrazie mikroskopowym jest

ŚLADY PO KRYSTAŁACH

W obrazie mikroskopowym widoczne są ślady po wcześniej istniejących kryształach. Puste przestrzenie miejscami przyjmują charakterystyczne gwiazdźiste kształty, które wskazują na występowanie najprawdopodobniej kryształów gipsu. Powstały one w wyniku rozpuszczenia bardzo drobnych zrostów kryształów, tak zwanych „róż pustyni” (ang. *desert roses*) bądź kryształów pojedynczych, ograniczonych regularnymi ścianami (tabl. I, fig. 2). Stanowią one wskaźnik warunków fizykochemicznych otaczającego środowiska, gdyż są typowe dla okresów suchych i stosunkowo niskiego pH (<3). Ślady po kryształach gipsu mogą więc wskazywać na okres suchy podczas tworzenia się tych kryształów. Struktury tego typu są często spotykane w osadach pochodzenia glebowego (Retallack 1997).

LUSTRA ŚLIZGOWE

W obserwacjach mikroskopowych widoczne są charakterystyczne struktury nazywane lustrami ślizgowymi (tabl. I, fig. 6), które wskazują na przemieszczanie się fragmentów osadu. Są to struktury typowe dla warunków, w których silne przesylenie wodą i wysuszenie następują po sobie i dla gleb typu vertisoli. Lustra ślizgowe w obserwacjach makroskopowych mają charakter wypolerowanych, gładkich powierzchni i tworzą się wzdłuż powierzchni ścięć, powstałych w wyniku zmniejszenia objętości iłów smektytowych w okresach suchych i ponownego wzrostu objętości iłów w okresach mokrych. Lustra ślizgowe (ang. *slickensides*), opisywane jako struktury typowe dla procesów glebowych, towarzyszą naprzemiennym cyklom mokrym i suchym panującym w trakcie ich powstawania. Tworzą się więc w warunkach okresowego osuszania powierzchni osadów (Retallack, 1997). Widoczne są zarówno w odmianach masywnych iłów (zazwyczaj o barwie zielonej), jak i w odmianach silnie pokruszonych (o barwie żółtawordzawej), w postaci rozdrobnionych fragmentów, które w poziomach przypowierzchniowych odznaczają się rozwojem korzeni współczesnych roślin.

DYSKUSJA

również charakterystyczna dla paleogleb. Dla gleb i paleogleb typu vertisoli typowe są poziomy konkrecji zarówno węglanowych, jak i syderytowych.

Istotną cechą profili glebowych jest występowanie konkrecji oraz poziomów konkrecji węglanowych: kalcytowych i syderytowych (ang. *calcisols*), a także konkrecji Fe-Mn. Powszechne też są siarczany w postaci gipsu i jarosytu. Konkrecje stwierdzono w każdym zbadanym odsłonięciu, największe i najbardziej zróżnicowane w Dymaczewie Starym. Mogą one służyć do analizy poziomu wód podczas ich formowania się oraz do analizy warunków redukcjno-oksy-

dacyjnych. Konkrecje syderytowe mogą wskazywać również na procesy diagenety zachodzące w osadach po ich pogrzebaniu. Konkrecje pedogeniczne zwykle nie przekraczają 10 cm średnicy i mogą występować w profilach o długości kilku i kilkunastu metrów, zależnie od warunków sedymentacji. Konkrecje węglanowe o dużych rozmiarach – o średnicach dochodzących do 50 cm – powstały prawdopodobnie w warunkach diagenetycznych (Wyrwicki, Maliszewska, 1977).

Obecność węglanów i siarczanów może być wskaźnikiem zmian paleośrodowiska, a mianowicie zmian klimatu z wilgotnego na bardziej suchy. Ponadto struktury po korzeniach roślin oraz szczeliny po korzeniach czasem są wypełnione gipsem, co może być wynikiem zarówno pierwotnej akumulacji siarczanowej, jak i wtórnej, w wyniku roz-

puszczania i ponownego wytrącania się gipsu. Wskutek zmian zachodzących w osadach spowodowanych procesami wietrzenia, na pierwotne tekstury i struktury badanych osadów ilastych zostało nałożone wiele wtórnych, włączając te, które tworzą się w wyniku współczesnych procesów glebowych.

Obserwowane w iłach poznańskich mikrostruktury wskazują na zmieniające się warunki fizykochemiczne (przesycenie wodą, zmienne pH) środowiska podczas ich formowania się. Na podstawie tych struktur można stwierdzić, że ily poznańskie powstawały częściowo w wyniku działania procesów glebowych. Obserwacje mikroskopowe stanowią jedną z podstawowych metod pozwalających opisać strukturalne i teksturalne zależności pomiędzy składnikami badanych osadów.

WNIOSKI

1. W iłach poznańskich powszechnie obserwuje się struktury po korzeniach roślin, które wskazują na procesy glebowe starsze i młodsze, czyli na procesy glebowe rozwijające się powtórnie na osadach powstałych w wyniku współczesnych procesów pedogenicznych.

2. Mikrokonkrety i konkrecje Fe-Mn („pieprze”) są wynikiem wtórnych procesów: wietrzenia i migracji związków Fe i Mn, w wyniku wahań pH środowiska.

3. Konkrecje węglanowe mogą mieć charakter pierwotny (margliste, syderytowe) i wtórny (septariowe, kalcytowe).

4. Lustra ślizgowe (ang. *slickensides*) obserwowane zarówno makroskopowo, jak i w obrazie mikroskopowym, są wynikiem zmian objętości osadów w naprzemiennych okresach mokrych i suchych, przesycenia wodą i przemieszczania się fragmentów iłów względem siebie.

5. Ślady po kryształach gipsu („róże pustyni”) o rozmiarach mikroskopowych wskazują na istnienie suchego okresu w historii geologicznej obszaru.

6. Dzisiejszy obraz mikrostruktur obserwowanych w iłach poznańskich jest wynikiem wielu następujących po sobie procesów. Na pierwotne cechy sedymentacyjne nakładały się wtórne procesy wietrzenia oraz procesy związane z rozwojem gleb na powierzchni odsłoniętych osadów. Na podstawie obserwacji mikroskopowych iłów poznańskich można stwierdzić ich poligenetyczny charakter.

7. W osadach formujących się w wyniku procesów glebowych badania mikroskopowe mają podstawowe znaczenie. Umożliwiają opis zjawisk zachodzących zarówno w czasie, jak i po ich depozycji, jakkolwiek nakładanie się tych procesów może całkowicie zatrzeć pierwotny charakter osadu.

LITERATURA

- BIERNACKA J., 2004 — Heavy mineral suites in Oligocene–Miocene sediments (Fore-Sudetic Monocline, SW Poland): Provenance signals versus weathering alteration. *Geol. Sudet.*, **36**: 1–20.
- CIUK E., 1970 — Schematy litostratygraficzne trzeciorzędu Niżu Polskiego. *Kwart. Geol.*, **14**, 1: 754–771.
- CHOMA-MORYL K., 2007 — Ocena wpływu ujemnych temperatur na plastyczność i pęcznienie wybranych gruntów spoiстых. *Geologos*, **11**: 439–446.
- DUZMAL-CZERNIKIEWICZ A., 2010 — Geochemistry and mineralogy of Poznań Formation (Polish Lowland). Wyd. UAM, Poznań.
- DYJOR S., 1970 — Seria poznańska w Polsce Zachodniej. *Kwart. Geol.*, **14**, 1: 819–835.
- DYJOR S., BOGDA A., CHODAK T., 1968 — Wstępne badania składu mineralnego iłów poznańskich. *Rocz. PTG*, **38**, 4: 491–510.
- GAWRIUCZENKOW I., 2005 — Iły poznańskie jako izolacyjne bariery geologiczne składowisk odpadów komunalnych. *Prz. Geol.*, **53**, 8: 691–694.
- GÓRNIĄK K., SZYDLAK T., SIKORA W., GAWĘŁ A., BAHRANOWSKI K., RATAJCZAK T., 2001 — Minerale ilaste w różnobarwnych odmianach skał występujących nad pokładem węgla brunatnego w rejonie Konina. *Gór. Odkryw.*, **43**, 2/3: 129–139.
- KACZYŃSKI R., GRABOWSKA-OLSZEWSKA B., 1997 — Soil mechanics of the potentially expansive clays in Poland. *Applied Clay Sc.*, **11**: 337–355.
- KŁAPYTA Z., ŻABIŃSKI W., 1991 — Iły poznańskie. W: Sorbenty mineralne Polski (red. W. Żabiński): 57–64. Wyd. AGH, Kraków.
- PIWOCKI M., 2002 — Ewolucja poglądów na stratyografię utworów formacji poznańskiej na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, **50**, 3: 255.

- PIWOCKI M., BADURA J., PRZYBYLSKI B., 2004 — Neogen. W: Budowa geologiczna Polski, T. 1. Stratygrafia, część 3a: Kenozoik, paleogen, neogen (red. T. Peryt, M. Piwocki): 71–118. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1997 — Neogene of the Polish Lowland lithostratigraphy and pollen-spore zones. *Geol. Quart.*, **41**, 1: 21–40.
- RETALLACK G.J., 1997 — A colour guide to paleosols. John Wiley & Sons, Chichester-Toronto.
- RÓŻYCKI Z.R., 1972 — Plejstocen Polski środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. PWN, Warszawa.
- SHELDON N.D., TABOR N.J., 2009 — Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. *Earth-Sc. Rev.*, **95**, 1/2: 1–52.
- SŁODKOWSKA B., 2004 — Palynological studies of the Paleogene and Neogene deposits from the Pomeranian Lakeland area (NW Poland). *Pol. Geol. Inst. Sp. Papers*, **14**.
- TROĆ M., SADOWSKA A., 2006 — Wiek utworów formacji poznańskiej rejonu Poznania. *Prz. Geol.*, **54**: 588–593.
- WICHROWSKI Z., 1981 — Studium mineralogiczne iłów serii poznańskiej. *Arch. Miner.*, **37**, 2: 93–196.
- WIEWIÓRA A., WYRWICKI R., 1974 — Minerale ilaste poziomu iłów płomienistych. *Kwart. Geol.*, **18**, 3: 615–635.
- WIEWIÓRA A., WYRWICKI R., 1976 — Beidellit osadów serii poznańskiej. *Kwart. Geol.*, **20**, 2: 331–341.
- WIDERA M., 2007 — Litostratygrafia i paleotektonika kenozoiku podplejstocénskiego Wielkopolski. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- WYRWICKI R., 1975 — Skład mineralny a własności surowcowe pstrych iłów poznańskich. *Kwart. Geol.*, **19**, 3: 633–648.
- WYRWICKI R., MALISZEWSKA A., 1977 — Utwory węglanowe w osadach ilastych serii poznańskiej (neogen). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **298**: 269–314.

TABLICA I

- Fig. 1. Fragment koncentrycznej struktury po korzeniu rośliny, wewnątrz której ziarna kwarcu i łuszczyków są spojone minerałami ilastymi; struktura ta odznacza się szarozielonkawą barwą, pozbawioną tlenków Fe (odsłonięcie Brzostów). Strzałka na fotografii wskazuje krawędź struktury, kwadratem zaznaczono szczegół powiększony na figurze 2
- Fragment of concentric remnant, inside quartz and mica grains are cemented by clay minerals; the rhizocretion is grey-green in colour and contains no Fe-oxides (Brzostów outcrop). The arrow shows an edge of this structure, the square marked the detail on the Figure 2.
- Fig. 2. Ślady po mikrokryształach (najprawdopodobniej gipsu tworzącego „róże pustyni”) występujące w formie gwiazdzistych pustek lub symetrycznych zarysów pojedynczych kryształów (odsłonięcie Brzostów). Wokół śladów po kryształach ziarna kwarcu scementowane są minerałami ilastymi oraz tlenkami Fe. Powiększenie figury 1, nikole skrzyżowane
- Microcrystalline remnants (probably after gypsum crystals forming “desert roses”) as star-like or symmetrical voids after single crystals (Brzostów outcrop); around the root remnants the quartz grains are cemented by clay minerals and Fe-oxides; a detail of the Figure 1. A detail of Figure 1, cross nicols
- Fig. 3. Struktura po korzeniu rośliny, wewnątrz której jest widoczna zmiana barwy osadu z czerwonej na jasnoszarą. Pustka w centralnej części jest wypełniona tlenkami żelaza
- Root remnant structure, inside the colour changes from red to light grey. The void in the centre of this structure is filled by Fe-oxides
- Fig. 4. Pozostałość po korzeniu rośliny o koncentrycznej budowie, stwierdzona wewnątrz konkrecji węglanowej. Otwór wiertniczy Leszno, głęb. 77,1 m; a – przekrój poprzeczny, b – przekrój podłużny rizokrecji
- Concentric root remnant, consist of calcareous micrite, inside a calcareous concretion. Leszno borehole, depth 77.1 m; a – cross-section, b – longitudinal cross-section
- Fig. 5. Owalne lub o nieregularnym kształcie konkrecje Fe-Mn (zaznaczone strzałkami), znane w polskiej literaturze jako globule lub „pieprze” (odsłonięcie Dymaczewo Stare)
- Fe-Mn concretions, oval or irregularly-shaped (marked with arrows), known as globules or “pepper” in the Polish literature (Dymaczewo Stare outcrop)
- Fig. 6. Lustra ślizgowe w skali mikroskopowej. Strzałki wskazują linie, wzdłuż których miało miejsce przemieszczanie fragmentów osadu względem siebie (Brzostów)
- Slickensides in microscopic scale. Arrows indicate the lines along which the sediments were moved (Brzostów)

