

## Pre-, syn- i postdepozycyjne obwódki ilaste na ziarnach w osadach klastycznych

Katarzyna Skolasińska<sup>1</sup>



Pre-, syn- and postdepositional clay coatings on grains of clastic deposits. *Prz. Geol.*, 60: 226–231.

*A b s t r a c t.* Clay coats on skeleton grains in clastic deposits may be of allogenic origin (detrital coats) or authigenic origin (diagenetic coats). Three types of allogenic coats are distinguished: predepositional – inherited grain rims, syndepositional – rotational plasters on skeleton grains, and postdepositional – coats resulting from mechanical clay infiltration and those formed during pedological processes. The aim of this paper is a review of literature on allogenic coats on skeleton grains, with emphasis on identification of features which may be helpful in distinguishing coats of different origin. Analyses of thin sections carried out by means of polarizing and scanning electron microscopes are suitable techniques to study microstructure of the coats. Basing on them it is possible to find distinct differences between allogenic and autigenic coats. The allogenic coats are often variable in thickness and sometimes laminated. They are usually polymineral and contain organic matter and iron compounds. The amount of coats within a layer may change significantly. Some coats form geopetal structures. Distinguishing between detrital clay coats and authigenic clay coats becomes difficult in the case of rocks subjected to advanced burial diagenesis and resulting recrystallization of clay minerals. The correct interpretation of origin of the coatings on the basis of microstructural analysis is essential to further sedimentological interpretations, as it provides more data on conditions of sediment transport and deposition as well as early and late diagenetic processes. Results of microstructural analyses of glacial deposits performed by different researchers in the last years led to discovery of new mechanisms responsible for formation of detrital coats. Thus the questions of the origin of some coatings still remain open.

**Keywords:** clay coatings, clay rims, mechanical infiltration, cutans, clay illuviation, micromorphology

Obwódki ilaste na powierzchniach ziaren w osadach klastycznych (*coatings, rims, cutans*) są dość powszechne i mimo że często wyglądają podobnie, mogą mieć różną genezę. Do właściwej interpretacji obwódek niezbędna jest wnikliwa analiza przestrzennego ich rozmieszczenia w osadach oraz analiza mikroskopowa, obejmująca takie cechy jak grubość, ciągłość, skład mineralny czy sposób wypełnienia przestrzeni porowej. Określenie pochodzenia obwódek nie zawsze jest łatwe i jednoznaczne, szczególnie w skałach, w których doszło do zaawansowanych przemian diagenetycznych. Właściwa interpretacja genezy obwódek jest jednak bardzo istotna, zarówno z sedimentologicznego, jak i petrograficznego punktu widzenia, gdyż na jej podstawie można wnioskować np. o warunkach transportu i depozycji osadu, a nawet o wczesnej i późnej diagenecie (np. Du Bernard & Carrio-Schaffhauser, 2003; Ketzer i in., 2005). Artykuł jest zestawieniem opisywanych w literaturze i dobrze udokumentowanych rodzajów obwódek ilastych, choć, jak się okazuje, detaliczny opis obwódek na ziarnach w coraz to nowszych pracach (np. van der Meer i in., 2010) dostarcza nowych wyjaśnień dotyczących możliwości ich powstawania i ciągle jest tematem otwartym. W pracy przedstawiono kryteria odróżniania obwódek różnego pochodzenia, ze szczególnym uwzględnieniem obwódek infiltracyjnych.

Minerały ilaste w osadach piaszczystych mogą być dwojakiego pochodzenia: allogenicznego – detrytycznego – i autigenicznego – diagenetycznego (Wilson & Pittman, 1997). Detrytyczne mogą wchodzić w skład matrix, tworzyć laminy w obrębie osadów piaszczystych, być inkorporowane w wyniku bioturbacji lub tworzyć oblepienia na ziarnach piasku, czyli obwódki. Takie detrytyczne obwódki ilaste są bezpośrednio związane z procesami zachodzącymi w luźnym, często nawodnionym osadzie i powstają krótko po depozycji lub są obecne na ziarnach już podczas ich transportu. Powstanie ilastych obwódek autigenicznych

jest znacznie późniejsze. Tworzą się, gdy osad straci kontakt z wodami powierzchniowymi, i nie mają bezpośredniego związku z procesami zachodzącymi w środowisku sedymentacji. Obwódki autigeniczne będą w pracy omówione bardzo ogólnie, gdyż tematem artykułu nie jest rozpatrywanie obwódek w kategoriach zjawisk diagenetycznych, a jedynie z punktu widzenia środowisk depozycji osadu.

Trendy, jakie dają się zaobserwować w badaniach nad obecnością minerałów ilastych w osadach piaszczystych, nakreślili w przeglądowym artykule Houseknecht i Pittman (1992). Początkowo, tzn. w latach 40. i 50. XX w., kiedy narzędziami badawczymi, jakimi dysponowano do tego typu badań, były mikroskop optyczny i dyfraktometr, większość geologów rozważała detrytyczne pochodzenie materiału ilastego. Wynikało to głównie z faktu, że badania były ograniczone do piaskowców zawierających względnie dużą ilość matrix. W latach 60. XX w. pojawiły się prace, w których dokumentowano inną genezę substancji ilastej, np. wskutek bioturbacji (Curry, 1960; w: Houseknecht & Pittman, 1992) bądź chemicznych przemian klastów litycznych (Cummins, 1962; w: Houseknecht & Pittman, 1992). Zastosowanie mikroskopu skaningowego (SEM) przyniosło wiele nowych danych na temat autigenicznych cementów ilastych obecnych w piaskowcach. Badania przy użyciu SEM powszechnie prowadzone w latach 70. i 80. XX w. pozwoliły na dobre udokumentowanie autigenicznych minerałów ilastych i przyczyniły się do tego, że mniej uwagi poświęcano minerałom ilastym o innej genezie. Pionierskie prace Walkera i in. (1978), na podstawie których zidentyfikowane zostały minerały ilaste wprowadzone do osadów w wyniku infiltracji zawiesiny, doprowadziły do wyróżniania obwódek na ziarnach nie tylko autigenicznego, lecz również allogenicznego pochodzenia. W pracach badaczy kontynuujących ten trend (np. Dunn, 1992; Moraes & De Ros, 1992) zaczęto wskazywać kryteria pozwalające na odróżnianie materiału ilastego detrytycznego pochodzenia.

<sup>1</sup>Institut Geologii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań; katskol@amu.edu.pl.



**Tab. 1.** Typy obwódek ilastych w osadach klastycznych  
**Table 1.** Types of clay coatings in clastic deposits

Typy obwódek <i>Types of coatings</i>		Bibliografia <i>Bibliography</i>
Allogeniczne – detrytyczne <i>Allogenic – detritic</i>	predepozycyjne <i>predepositional</i>	odziedziczone <i>inherited clay rims</i>
	syndepozycyjne <i>syndepositional</i>	rotacyjne <i>rotating plasters</i>
	postdepozycyjne <i>postdepositional</i>	namyte w wyniku infiltracji zawiesiny <i>mechanical infiltrated clays</i>
		iluwalne (struktury glebowe) <i>cutans, illuviation clays</i>
Autigeniczne – diagenetyczne <i>Authigenic – diagenetic</i>		Wilson & Pittman (1977)

### TYPY OBWÓDEK ALLOGENICZNYCH (DETRYTYCZNYCH)

Na podstawie przeglądu literatury można dziś wyróżnić następujące typy obwódek allogenicznego pochodzenia (tab. 1):

– predepozycyjne – odziedziczone po osadzie, którego ziarna wraz z obwódkami zostały redeponowane (*inherited grain-rimming clays*; Wilson, 1992), są obecne na ziarnach podczas transportu i depozycji;

– syndepozycyjne – nabyte w czasie transportu, powstają w obrębie osadów kohezyjnych, np. debrytów, glin lodowcowych (*plastering*; np. Kilfeather i in., 2009);

– postdepozycyjne – powstałe w osadzie na skutek infiltracji wód niosących zawiesinę, której drobne cząstki są przyłączane do powierzchni ziaren (*mechanical infiltrated clays*; np. Walker i in., 1978; Matlack i in., 1989; Moraes & De Ros, 1990; Skolasińska, 2006); podobny proces ma miejsce podczas formowania profilu glebowego, gdy dochodzi do translokacji cząstek frakcji ilastej (tzw. plazmy) z poziomów wyższych do niższych (*clay illuviation*) – takie obwódki określane są terminem *cutans* wprowadzonym przez Brewera w 1964.

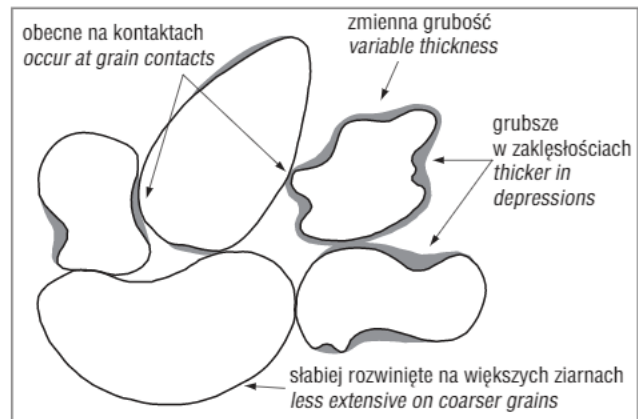
Czy obwódki infiltracyjnego pochodzenia i mikrostruktury glebowe (*cutans*) można traktować analogicznie, jest tematem otwartym, ze wskazaniem, że mimo iż mechanizm przyłączania cząstek ilastych do powierzchni ziaren jest taki sam, to jednak te dwa procesy należałoby rozdzielać ze względu na inne warunki powstawania (Buurman i in., 1998). Ten problem będzie jeszcze dyskutowany w dalszej części artykułu.

Badania mikrostrukturalne detrytycznych obwódek ilastych, prowadzone zarówno pod mikroskopem polaryzacyjnym, jak i skaningowym, dostarczają informacji na temat ich kształtu, grubości, składu, a także ułożenia kryształitów i innych cech charakterystycznych, które mogą być wskaźnikowe dla ich odróżniania, co opisane zostanie w kolejnych rozdziałach.

#### Obwódki odziedziczone (*inherited clay rims*)

Obwódki odziedziczone, czyli takie, które istnieją na powierzchniach ziaren przed ich depozycją, zostały wyróżnione i szczegółowo opisane przez Wilsona (1992) na podstawie próbek piaskowców pochodzących z eolicznego i szelfowego środowiska sedymentacyjnego. Cechy charakterystyczne dla tego typu obwódek to (ryc. 1):

– występowanie na kontaktach między ziarnami (szczególnie kiedy są kompletne, czyli otaczają całe ziarna);



**Ryc. 1.** Typowe cechy obwódek odziedziczonych (wg Wilsona, 1992)

**Fig. 1.** Typical features of inherited clay rims (after Wilson, 1992)

– duże zróżnicowanie grubości (zwykle grubsze w zakłębłościach powierzchni ziaren);

– słabiej rozwinięte lub nieobecne na powierzchniach większych ziaren (dużo lepiej zachowują się w piaskach drobnodziarnistych niż gruboziarnistych);

– ich występowanie może się znacznie różnić w sąsiednich warstwach czy laminach.

Rozpoznanie obwódek odziedziczonych może być kłopotliwe, gdy są one bardzo cienkie bądź ukryte pod otoczką detrytycznego matrix. Ze względu na to, że szkielet ziarnowy osadu z takimi obwódkami jest redeponowany, określenie genezy samych obwódek jest zwykle niemożliwe.

Ziarna posiadające obwódki w czasie transportu mogą je zachować tylko w sprzyjających warunkach. Transport wodny dość szybko je eliminuje i dlatego w wysokoenergetycznych środowiskach, takich jak rzeczne lub przybrzeżne, raczej nie są one notowane, ale teoretycznie mogą być obecne w każdym osadzie.

#### Obwódki rotacyjne (*plasters*)

Takie obwódki stwierdzono w diamiktonach: glinach lodowcowych oraz osadach spływów rumoszu (np. Hart i in., 2004; Phillips, 2006; Kilfeather i in., 2009). Są one interpretowane jako pokrewne bardzo powszechnym w takich osadach mikrostrukturom deformacyjnym, tzw. strukturom rotacyjnym (*galaxy* lub *turbate structures* – np. van der Meer, 1997; Lachniet i in., 2001; Hiemstra & Rijdsdijk, 2003; Menzies & Zaniewski, 2003), które powstają syndepozycyjnie, w czasie powolnego przemieszczania się kohezyjnej





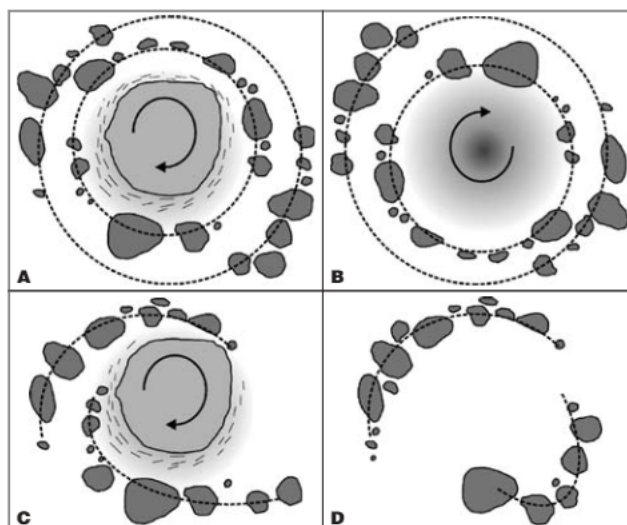
masy osadu. Hiemstra i Rijsdijk (2003) oraz Hart i in. (2004) wskazują, że jeśli takie struktury są obecne w dużej ilości i nie współwystępują z innymi wskazującymi na deformację bardziej kruche (np. ścinanie), to głównym czynnikiem deformacyjnym jest płynięcie osadu w postaci plastycznej masy. Struktury rotacyjne składają się z ziaren szkieletu ułożonych w okręgi lub spirale, często (choć nie zawsze) posiadających ziarno centralne (zwykle nieco większe), wokół którego struktura się rozwija (ryc. 2). W silnie kohezyjnych osadach struktury rotacyjne są zwykle asymetryczne, ponieważ rotujące ziarno „pociąga” otaczające matrix *en masse*. Wraz ze wzrostem przepuszczalności oraz zawartości wody w glinach (lub debrytach) struktury rotacyjne osiągają bardziej symetryczne formy.

W niektórych przypadkach w czasie rotacji dochodzi do powstania obwódki ilastych wokół ziaren centralnych (np. Hart i in., 2004). Obwódki są zwykle drobniej ziarniste i trochę ciemniejsze niż otaczające matrix. Z osadów kohezyjnych opisane zostały obwódki zarówno asymetryczne i nieciągłe, jak i symetryczne i ciągłe, czyli otaczające całe ziarna. Z powstawaniem obwódek na rotowanych ziarnach jest podobnie jak z rozwojem struktur rotacyjnych. Zwiększona porowatość glin, a co za tym idzie większa ilość wody w osadzie, jest czynnikiem sprzyjającym powstawaniu obwódek ciągłych. Obwódki opisane z osadów glacialno-morskich spływu rumoszu są ciągłe i symetryczne, co wskazuje, że podczas ich powstawania ziarna musiały być zawieszane w wodzie w trakcie rotacji (Kilfeather i in., 2009). Dodatkowo otoczki te są koncentrycznie laminowane.

Nie wszystkie otoczki, które występują w diamiktach, są wyłącznie rotacyjne. Mogą być także obwódki odziedziczone, a ostatnio van der Meer i in. (2010) opisali w polodowcowych osadach Islandii mikrostruktury, których geneza nie jest do końca wyjaśniona. Autorzy przypisują ich powstanie występującym na przemian okresom zamarzania i topienia wewnątrz osadów, które posiadają cienkie laminy ilaste. Laminy te podczas rytmicznie zachodzącego zamarzania i odmarzania kurczą się, pękają i tworzą obwódki okalające ziarna od góry. Jest to interesujące wyjaśnienie, choć jednocześnie wygląd tych obwódek i ich rozprzestrzenienie w osadzie upodabniają je do oblepień ziaren na ich górnych powierzchniach (*silt cappings*), jakie opisywane są ze stref peryglacialnych (np. Elliott, 1996; Harris, 1998). Te obwódki powstają wskutek nagromadzenia drobnego materiału na ziarnach podczas przesączania wody w przypowierzchniowej strefie pokrywy soliflukcyjnej (mają zatem genezę zbliżoną do obwódek iluwialnego pochodzenia). Jednocześnie, gdy osad ten zostanie przemieszczony po stoku, rotacja ziaren wewnątrz osadu może doprowadzić do oblepienia całej powierzchni ziaren (Harris, 1998).

#### Obwódki namyte w wyniku infiltracji zawiesiny (*mechanical infiltrated clays*)

Rozwój obwódek na ziarnach w wyniku infiltracji wód niosących zawiesinę ma miejsce przede wszystkim w przypowierzchniowych, dobrze przepuszczalnych osadach piaszczystych i żwirowych. Strefa wzbogacenia w namyty materiał ilasty obejmuje strefę aeracji lub znajduje się w pobliżu zwierciadła wód gruntowych (Walker, 1976). Obwódki powstające w strefie aeracji są bardzo specyficzne, gdyż materiał namyty nie zaburza pierwotnej struktury osadu, a jedynie osadza się na ziarnach i wypełnia wolne



**Ryc. 2.** Koncentryczne ułożenie ziaren związane z rotacją w obrębie glin lodowcowych: **A** – koncentryczne wokół większego ziarna; **B** – koncentryczne, bez ziarna centralnego; **C** – spiralne wokół ziarna centralnego; **D** – łukowato ułożone grupy ziaren (wg Phillipsa, 2006)

**Fig. 2.** Circular grain arrangements associated with rotational deformation within diamictos: **A** – concentric arrangement of grains around a large clast; **B** – concentric arrangement of grains without "core stone"; **C** – spiral arrangement of grains around larger clast; **D** – arcuate clusters of grains (after Phillips, 2006)

przestrzenie porowe, zmieniając de facto pierwotną teksturę osadu (rośnie zawartość frakcji pylasto-ilastej, maleje stopień wysortowania osadu). Zostały one rozpoznane i opisane w stanie kopalnym przez wielu badaczy (m.in. Walker i in., 1978; Moraes & De Ros, 1990, 1992; Dunn, 1992), a także uzyskane na drodze eksperymentów laboratoryjnych polegających na infiltracji zawieszin przez osady piaszczyste (np. Matlack i in., 1989; Skolasińska, 2006). Najczęściej opisywane mikrostruktury wskaźnikowe dla tego typu obwódek to (np. Matlack i in., 1989; Moraes & De Ros, 1990; Price, 1996; Skolasińska, 2006):

- nagromadzenia substancji ilastej między ziarnami przyjmujące postać mostków o meniskowym kształcie (*bridges*), które są efektem obecności cienkich otoczek wody błonkowej dookoła ziaren i między sąsiednimi ziarnami w strefie aeracji;

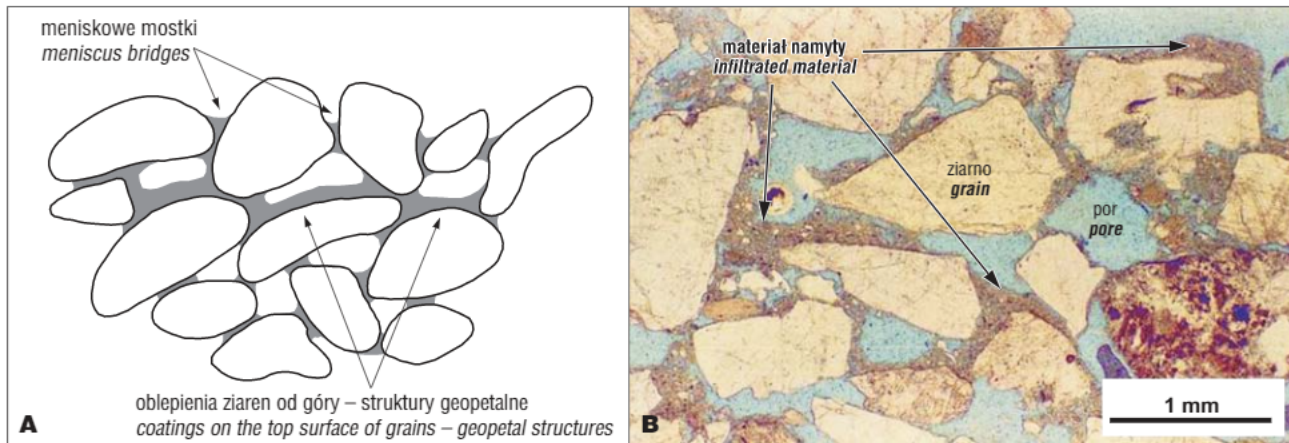
- koncentracja namytego materiału ilastego na górnych powierzchniach ziaren (*ridges*) lub w dolnych partiach większych porów, wskazująca kierunek infiltracji i zaliczana do struktur geopetalnych.

Charakterystyczne grzbiety i mostki mogą się łączyć, dając kompletne obwódki wokół ziaren (ryc. 3). Obwódki infiltracyjne są jednak najczęściej nieciągłe i mają zmienną grubość, a jedynie te powstające w strefie nasycenia porów wodą – w pobliżu zwierciadła wód gruntowych – rozwijają się jako kompletne otoczki wokół ziaren (Moraes & De Ros, 1990; Skolasińska, 2006).

Istnienie namytych cząstek w osadach klastycznych zostało opisane po raz pierwszy w warunkach suchego i półsuchego klimatu na przykładzie stożków aluwialnych i okresowych strumieni (Walker, 1976; Walker i in., 1978). Takie warunki klimatyczne, które generują miększą strefę aeracji oraz cechują się okresowymi nawałnicowymi opadami splukującymi materiał zwietrzelinowy, wydają się najbardziej dogodnie do zajścia tych procesów. Warunki sprzyjające infiltracji zawiesin istnieją też np. w osadach







**Ryc. 3.** Cechy charakterystyczne materiału ilastego namytego wskutek infiltracji zawiesiny. **A** – schemat wg Wilsona (1992); **B** – mikro-fotografia próbki osadu piaszczystego, który został wzbogacony we frakcję pylasto-ilastą na drodze infiltracji zawiesiny w warunkach laboratoryjnych, jeden polaryzator (fot. K. Skolasińska)

**Fig. 3.** Common features of mechanically infiltrated clays. **A** – diagram after Wilson (1992); **B** – microphotography of sample of sandy deposits, in which silty-clay material was introduced by infiltration of suspension during laboratory experiment, one polarizer (phot. by K. Skolasińska)

odsypów meandrowych i równi deltowych, gdzie następują fluktuacje poziomu wody, a w czasie wysokich stanów woda niesie dużo materiału zawiesinowego. Podczas opadania wód powodziowych materiał zawieszony ulega zdeponowaniu i jest wkomponowywany w osady aluwialne. Jeśli te osady podlegają dalszej redepozycji w małym stopniu, to kolejne epizody namycia mogą zostać zapisane w stanie kopalnym.

Podobne procesy mają też miejsce na infiltracyjnych ujęciach wody, gdzie warstwa wodonośna zasilana jest najczęściej wodą rzeczną poprzez wymuszoną infiltrację w specjalnie wybudowanych stawach. Przepuszczalna strefa pod dnem tych zbiorników, stanowiąca naturalne medium oczyszczające wody, podlega sukcesywnie tzw. kolmatacji, polegającej na zapelnianiu wolnych przestrzeni porowych materiałem namytem oraz związkami wytrąconymi z wody (np. Skolasińska, 2001, 2006). Kolmatacja związana z eksploatacją wód, a także węglowodorów, wynikająca z osadzania materiału niesionego przez szczyperywane media, zachodzi nie tylko w osadach, ale także w filtrach i w różnych urządzeniach technicznych i jest zjawiskiem niekorzystnym, któremu należy zapobiegać. Stąd wiele badań, często bardzo wnikliwych i szczegółowych, z zakresu hydrogeologii i geologii złożowej (naftowej) związanych z tym problemem (np. Muecke, 1979; Gruesbeck & Collins, 1982; Potter & Dibble, 1983; Leverenz i in., 2009).

#### Obwódki iluwialne (*cutans*)

*Cutans* to termin wprowadzony na oznaczenie obwódek na ziarnach powstających w iluwialnym poziomie profilu glebowego na skutek translokacji cząstek o średnicy  $< 2 \mu\text{m}$  (plazmy) w procesie formowania gleby. Mimo że mechanizm adhezyjnego przyłączania cząstek do powierzchni ziaren jest tu analogiczny do tego, z jakim mamy do czynienia w przypadku infiltracji zawiesiny, należy wyraźnie oddzielić struktury glebowe określane jako *cutans* od obwódek z namycia. Są to dwa różne genetycznie procesy, których odpowiedników szukamy też w stanie kopalnym, wyciągając wnioski odnośnie do paleośrodowiska sedymentacji. Problem ten był dyskutowany przez Buurmana i in. (1998), którzy wyraźnie podkreślili różnice w tworzeniu się obu typów obwódek:

- *cutans* powstają z cząstek znajdujących się w osadzie (*internal material*), które z wyższych poziomów glebowych są transportowane w głębsze partie bez dodatkowych dostaw zawiesiny, jak ma to miejsce w przypadku obwódek z namycia (*external material*);

- strefa wzbogacenia w materiał z namycia rozwija się od powierzchni aż do poziomu wód gruntowych lub wręcz w pobliżu zwierciadła wód gruntowych, natomiast strefa iluwacji (wzbogacenia w różne związki, w tym minerały ilaste) znajduje się w pewnej odległości od powierzchni i w tym przypadku nie jest znana akumulacja w pobliżu zwierciadła wód gruntowych.

Należy wyraźnie podkreślić, że mechaniczna infiltracja zawiesiny nie jest procesem związanym z formowaniem gleby i dlatego sedymentolodzy nie powinni pożyczyc terminu *cutans* od gleboznawców do określenia wszelkiego rodzaju obwódek na ziarnach powstających w strefie aeracji, co jest dość powszechne w literaturze, nie zawsze w odniesieniu do struktur glebowych (np. Molenaar, 1986; Moraes & De Ros, 1990, 1992). *Cutans* są z definicji strukturami glebowymi, dlatego terminem tym powinniśmy określać wyłącznie obwódki powstałe w osadach, które podlegały procesom wietrzenia prowadzącym do powstania gleby.

#### OBWÓDKI DIAGENETYCZNE (DIAGENETIC COATS)

Temat obwódek powstających na ziarnach na etapie cementacji osadu w procesach diagenetyki jest bardzo szeroki i – jak wcześniej wspomniano – będzie on rozpatrywany jedynie w celu wskazania podstawowych cech odróżniających je od obwódek detrytycznych. Wskaźnikami diagenetycznego pochodzenia cząstek ilastych są (m.in. Wilson & Pittman, 1977):


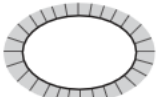
- ich morfologia (kryształy automorficzne);
- orientacja kryształów i rozkład w porach oraz „delikatność” – wykluczająca transport;
- są zwykle monomineralne, ewentualnie dwuskładnikowe.

Wyraźne różnice widać przy zastosowaniu SEM, pod którym często można zaobserwować, że pojedyncze blaszki ilaste w obwódkach detrytycznych układają się równolegle





**Tab. 2.** Zestawienie cech wskaźnikowych dla różnego typu obwódek ilastych  
**Table 2.** List of the indicator features for different types of clays coatings

Obwódki <i>Coatings</i>		Grubość <i>Thickness</i>	Skład mineralny <i>Mineral composition</i>	Układ kryształitów <i>Clay plates arrangement</i>	Łączą sąsiednie ziarna <i>Connect adjacent grains</i>	Tworzą struktury geopetalne <i>Form geopetal structures</i>	Laminacja <i>Lamination</i>
allogeniczne – detrytyczne <i>allogenic – detritic</i>	odziedziczone <i>inherited clay rims</i>	zmienna <i>variable</i>	często polimineralne <i>often polimineral</i>		nie, często na kontaktach <i>no, often at grain contacts</i>	nie <i>no</i>	nie <i>no</i>
	rotacyjne <i>rotating plasters</i>	zmienna <i>variable</i>	często polimineralne <i>often polimineral</i>		tak <i>yes</i>	nie <i>no</i>	tak <i>yes</i>
	namyte mechaniczne infiltracyjne <i>mechanical infiltrated clay</i>	zmienna <i>variable</i>	często polimineralne <i>often polimineral</i>		tak, oraz wyszczelniają pory <i>yes, and pores lining</i>	tak <i>yes</i>	rzadko <i>rarely</i>
illuwalne <i>cutans</i>	tak, oraz wyszczelniają pory <i>yes, and pores lining</i>			nie <i>no</i>	nie <i>no</i>		
autigeniczne – diagenetyczne <i>authigenic – diagenetic</i>		stała – obwódki izopachytowe <i>regular – isopachous</i>	monomineralne (jeden, ewentualnie dwa składniki) <i>monomineral (one or two components)</i>		tak, oraz wyszczelniają pory <i>yes, and pores lining</i>	nie <i>no</i>	nie <i>no</i>

do powierzchni ziaren, a w obwódkach autigenicznych kryształy zwykle rosną prostopadle do powierzchni ziaren (tab. 2). Cząstki detrytyczne mogą ulec rekrytalizacji – często w trakcie diagenetyzacji następuje regeneracja detrytycznych obwódek do illitu i/lub chlorytu. To powoduje, że w skałach, w których doszło do zaawansowanych przemian diagenetycznych, zaklasyfikowanie genetyczne obwódek jest skomplikowane (np. Pittman i in., 1992; Ketzer i in., 2005).

Jednocześnie, jak wynika z prac wielu autorów (Moraes & De Ros, 1992; Pittman i in., 1992; Bloch i in., 2002), obecność obwódek detrytycznych ma wpływ na procesy diagenetyczne – powstrzymuje powstawanie kwarcowych obwódek regeneracyjnych, co ma duże znaczenie, jeśli chodzi np. o własności zbiornikowe piaskowców.

#### ROZPOZNAWANIE OBWÓDEK ILASTYCH DETRYTYCZNEGO POCHODZENIA

Charakterystyczne cechy mikrostrukturalne wyróżnionych w tabeli 1 i opisanych w artykule typów obwódek zestawiono w tabeli 2.

Biorąc pod uwagę mikrostrukturę obwódek detrytycznych, należy uznać, że wskaźnikowe znaczenie mają następujące cechy (tab. 2):

- polimineralny skład i obecność agregatów cząstek ilastych zawierających również materię organiczną i związki żelaza,
- obwódki są najczęściej niekompletne i mają zmienną grubość,
- mogą być laminowane (np. rotacyjne lub namyte),
- mogą w specyficzny dla siebie sposób wypełniać przestrzeń porową między ziarnami osadu (np. namyte wskutek infiltracji zawiesiny łączą sąsiednie ziarna i tworzą struktury geopetalne),
- częstość ich występowania może znacząco zmieniać się w profilu pionowym (np. namyte, odziedziczone).

Z dotychczasowych badań mikrostrukturalnych obwódek detrytycznych na ziarnach w osadach klastycznych wynika, że interpretacja sposobu ich powstawania powinna być oparta na kompleksowej analizie, obejmującej obserwację częstości występowania obwódek i zmienności tej cechy w przekroju przez warstwę czy laminę, a nie wyłącznie punktowo, oraz analizę zespołu cech charakterystycznych

dla danych obwódek, a nie tylko cech pojedynczych, gdyż niektóre z nich mogą występować w obwódkach różnego typu.

#### ZAGADNIENIA Dyskusyjne

Przegląd literatury, szczególnie w odniesieniu do namytych cząstek ilastych, ujawnia przynajmniej dwa problemy, które wymagałyby usystematyzowania w rozważaniach sedymentologicznych.

Pierwszy z nich dotyczy wyraźnego rozróżnienia namytego mechanicznie materiału ilastego od drobnej frakcji translokowanej w obrębie profili glebowych, dość powszechnie są one bowiem traktowane łącznie. O ile termin „obwódka” może być stosowany do oblepień na ziarnach o różnej genezie, to termin *cutans* wskazuje na konkretną genezę i odnosi się do obwódek powstających w procesach glebowienia. Ponieważ brak jest wyraźnych kryteriów, które pozwalają odróżniać *cutans* od obwódek infiltracyjnego pochodzenia, to – jeżeli nie istnieją inne przesłanki wskazujące, że dany osad podlegał procesom glebowienia – poprawniej jest określać otoczki na ziarnach jako obwódki, a nie jako *cutans*. Problem ich rozróżniania w stanie kopalnym na podstawie cech mikrostrukturalnych wymaga dalszych badań.

Drugie zagadnienie, to czy obwódki pochodzenia infiltracyjnego można zakwalifikować jako produkt wczesnej diagenetyzacji – eogenezy. Obwódki te są traktowane w podręcznikach (np. Berner, 1980) oraz przez niektórych badaczy (np. Du Bernard & Carrio-Schaffhauser, 2003) jako produkt wczesnodiagenetycznych zmian w osadzie.

Jeśli zdefiniujemy eogenezę za Boggsem (2009) jako procesy zachodzące na powierzchni sedymentacji lub w jej pobliżu, gdzie geochemia wód porowych jest kontrolowana głównie przez środowisko sedymentacji (facje, skład mineralny i warunki klimatyczne), to obwódki infiltracyjnego pochodzenia są produktem eogenezy. Gdy jednak przyjąć rozwinięcie tej definicji za Wordenem i Moradem (2003), którzy twierdzą, że składniki pochodzenia eogenicznego powstają na drodze wytrącania z wód porowych, zastępowania pierwotnych, niestabilnych składników osadu lub zastępowania istniejących faz minerałów ilastych przez inne, to namyty materiał ilasty tworzący obwódki nie kwalifikuje się do produktów eogenezy. Jeśli uznać



namywanie za proces wczesnodiaogenetyczny, to można się zastanawiać, czy odwrotny proces przemywania osadów i usuwania z nich drobnych frakcji (*washout fines*, *winnowing fines*) też należy traktować jako wczesnodiaogenetyczny? Wydaje się, że raczej nie.

Z sedymentologicznego punktu widzenia właściwsze wydaje się zatem, aby namyte cząstki ilaste zaliczać do struktur postdepozycyjnych powstających w miękkim, nawodnionym osadzie (*soft-sediment structures*), podobnie jak struktury deformacyjne czy bioturbacyjne.

Podobne podejście prezentują Worden i Morad (2003), którzy wśród minerałów ilastych obecnych w piaskowcach wyróżniają grupę minerałów ilastych detrytycznego pochodzenia, włączonych do osadu po depozycji (*post-depositional incorporation of detrital clay minerals in sandstone*) w wyniku bioturbacji lub mechanicznej infiltracji zawiesiny, natomiast nie zaliczają ich do produktów eogenetycznych. Autorzy wyraźnie oddzielają minerały ilaste inkorporowane przed diagenezą od wczesno- i późnodiaogenetycznych, co podziela autorka artykułu.

Wyrażam podziękowanie współpracownikom z Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza: prof. dr. hab. Stanisławowi Lorencowi, dr. Julicie Biernackiej, dr. Joannie Rotnickiej i dr. Witoldowi Szczucińskiemu za dyskusje oraz sugestie do niniejszego artykułu. Dziękuję również dr. Marcie Kuberskiej i dr. hab. Annie Wysockiej za wnikliwe recenzje oraz cenne uwagi redakcyjne. Badania dotyczące obwódek infiltracyjnych finansowane były z funduszu badań własnych Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz z grantu KBN nr 6 PO4D01814.

## LITERATURA

- BERNER R.A. 1980 – Early diagenesis. A theoretical approach. Princeton Univ. Press, New Jersey: 239.
- BLOCH S., LANDER R.H. & BONNELL L. 2002 – Anomalously high porosity and permeability in deeply buried sandstone reservoirs: origin and predictability. AAPG Bull., 86: 301–328.
- BOGGS S., JR. 2009 – Petrology of sedimentary rocks. Cambridge Univ. Press, England: 268–311.
- BREWER R. 1964 – Pedological features I: cutans. [In:] Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley & Sons, New York: 205–233.
- BUURMAN P., JONGMANS A.G. & PIPUJOL M.D. 1998 – Clay illuviation and mechanical clay infiltration – is there a difference? Quat. Int., 51–52: 66–69.
- DU BERNARD X. & CARRIO-SCHAFFHAUSER E. 2003 – Kaolinitic meniscus bridges as an indicator of early diagenesis in Nubian sandstones, Sinai, Egypt. Sedimentology, 50: 1221–1229.
- DUNN T.L. 1992 – Infiltrated materials in Cretaceous volcanogenic sandstones, San Jorge Basin, Argentina. [In:] Houseknecht D.W. & Pittman E.D. (eds.) Origin, diagenesis and petrophysics of clay minerals in sandstones. SEPM Spec. Publ., 47: 159–174.
- ELLIOTT G. 1996 – Microfabric evidence for podzolic soil inversion by solifluction processes. Earth Surf. Proc. Land., 21: 467–476.
- GRUESBECK C. & COLLINS R.E. 1982 – Entrainment and deposition of fine particles in porous media. Soc. Petr. Eng. J., 22: 847–856.
- HARRIS C. 1998 – The micromorphology of paraglacial and periglacial slope deposits: a case study from Morfa Bychan, West Wales, UK. J. Quatern. Sci., 13: 73–84.
- HART J.K., KHATWA A. & SAMMONDS P. 2004 – The effect of grain texture on the occurrence of microstructural properties in subglacial till. Quat. Sci. Rev. 23: 2501–2512.
- HIEMSTRA J.F. & RIJSDIJK K.F. 2003 – Observing artificially induced strain: implications for subglacial deformation. J. Quatern. Sci., 18: 373–383.
- HOUSEKNECHT D.W. & PITTMAN E.D. 1992 – Clay minerals in sandstones: historical perspective and current trends. [In:] Houseknecht D.W. & Pittman E.D. (eds.) Origin, diagenesis and petrophysics of clay minerals in sandstones. SEPM Spec. Publ., 47: 1–4.
- KETZER J.M., DE ROS L.F. & DANI N. 2005 – Kaolinitic meniscus bridges as an indicator of early diagenesis in Nubian sandstone, Sinai, Egypt – discussion. Sedimentology, 52: 213–217.
- KILFEATHER A.A., COFAIGH C.Ó., DOWDESWELL J.A., MEER J.J.M., VAN DER & EVANS D.J.A. 2009 – Micromorphological characteristics of glacial marine sediments: implications for distinguishing genetic processes of massive diamicts. Geo-Mar. Lett., 30: 77–97.
- LACHNIET M.S., LARSON G.J., LAWSON D.E., EVENSON E.B. & ALLEY R.B. 2001 – Microstructures of sediment flow deposits and subglacial sediments: a comparison. Boreas, 30: 254–264.
- LEVERENZ H.L., TCHOBANOGLIOUS G. & DARBY J.L. 2009 – Clogging in intermittently dosed sand filters used for wastewater treatment. Water Res., 43: 695–705.
- MATLACK K.S., HOUSEKNECHT D.W. & APPLIN K.R. 1989 – Emplacement of clay into sand by infiltration. J. Sediment. Res., 59: 77–87.
- MEER J.J.M., VAN DER 1997 – Particle and aggregate mobility in till: microscopic evidence of subglacial processes. Quat. Sci. Rev., 16: 827–831.
- MEER J.J.M., VAN DER, CARR S.J. & KJÆR K.H. 2010 – Mýrdallsjökull's forefields under the microscope. The micromorphology of meltout and subglacial tills. [In:] Schomacker A., Krüger J. & Kjær K.H. (eds.) The Mýrdallsjökull ice cap, Iceland. Glacial processes, sediments and landforms on an active volcano. Dev. Quat. Sci., 13: 159–180.
- MENZIES J. & ZANIEWSKI K. 2003 – Microstructures within a modern debris flow deposit derived from Quaternary glacial diamicton – a comparative micromorphological study. Sediment. Geol., 157: 31–48.
- MOLENAAR N. 1986 – The interrelation between clay infiltration, quartz cementation and compaction in Lower Givetian terrestrial sandstones, Northern Ardennes, Belgium. J. Sediment. Res., 56: 359–369.
- MORAES M.A.S. & DE ROS L.F. 1990 – Infiltrated clays in fluvial Jurassic sandstones of Reconcavo Basin, northeastern Brazil. J. Sediment. Res., 60: 809–819.
- MORAES M.A.S. & DE ROS L.F. 1992 – Depositional, infiltrated and authigenic clays in fluvial sandstones of the Jurassic Sergi Formation, Reconcavo Basin, northeastern Brazil. [In:] Houseknecht D.W. & Pittman E.D. (eds.) Origin, diagenesis and petrophysics of clay minerals in sandstones. SEPM Spec. Publ., 47: 197–208.
- MUECKE T.W. 1979 – Formation fines and factors controlling their movement in porous media. J. Petrol. Technol., 31: 144–150.
- PHILLIPS E. 2006 – Micromorphology of a debris flow deposits: evidence of basal shearing, hydrofracturing, liquefaction and rotational deformation during emplacement. Quat. Sci. Rev., 25: 720–738.
- PITTMAN E.D., LARESE R.E. & HEALD M.T. 1992 – Clay coats: occurrence and relevance to preservation of porosity in sandstones. [In:] Houseknecht D.W. & Pittman E.D. (eds.) Origin, diagenesis and petrophysics of clay minerals in sandstones. SEPM Spec. Publ., 47: 241–255.
- POTTER J.M. & DIBBLE W.E., JR. 1983 – Formation damage due to colloid plugging. Soc. Pet. Eng. AIME, Pap., SPE-11801: 257–262.
- PRICE G.D. 1996 – Significance of infiltrated clays within the Lower Permian Yellow Sands of north-east England. Geol. J., 31: 189–195.
- SKOLASIŃSKA K. 2001 – Clogging of sandy deposits by iron compounds under infiltration conditions (Holocene, Warta River Valley, Poznań – water intake). Pr. Spec. Pol. Tow. Min., 18: 189–194.
- SKOLASIŃSKA K. 2006 – Clogging microstructures in the vadose zone – laboratory and field studies. Hydrogeol. J., 14: 1005–1017.
- WALKER T.R. 1976 – Diagenetic origin of continental red beds. [In:] Falke H. (ed.) The continental Permian in Central, West and South Europe. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Holland: 240–282.
- WALKER T.R., WAUGH B. & GRONE A.J. 1978 – Diagenesis in first-cycle desert alluvium of Cenozoic age, southwestern United States and northwestern Mexico. GSA Bull., 89: 19–32.
- WILSON M.D. 1992 – Inherited grain-rimming clays in sandstones from eolian and shelf environments: their origin and control on reservoir properties. [In:] Houseknecht D.W. & Pittman E.D. (eds.) Origin, diagenesis and petrophysics of clay minerals in sandstones. SEPM Spec. Publ., 47: 209–225.
- WILSON M.D. & PITTMAN E.D. 1977 – Authigenic clays in sandstones: recognition and influence on reservoir properties and paleoenvironmental analysis. J. Sediment. Res., 47: 3–31.
- WORDEN R.H. & MORAD S. 2003 – Clay minerals in sandstone: controls on formation, distribution and evolution. [In:] Worden R.H. & Morad S. (eds.) Clay mineral cements in sandstones. Spec. Publ. of the Int. Assoc. of Sedimentol., 34: 3–41.

