

CEZARY KABAŁA, TADEUSZ CHODAK, BERNARD GAŁKA

WPLYW GENEZY OSADÓW ORAZ PROCESÓW PEDOGENICZNYCH NA SKŁAD MINERALOGICZNY FRAKCJI ILASTEJ GLEB W DOLINIE RZEKI DOBRA

THE INFLUENCE OF ORIGIN OF SEDIMENTS AND PEDOGENIC PROCESSES ON MINERAL COMPOSITION OF CLAY FRACTION IN SOILS OF THE VALLEY OF DOBRA RIVER

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu

Abstract: Determination of minerals present in clay fraction was carried out in soils occurring in a lower part of the valley of Dobra river, developed from alluvial sediments of various age (Pleistocene and Holocene) and glaciolacustrine clays. Clay fraction of soils under examination was dominated by minerals of illite, illite-smectite and smectite groups. Commonly associated minerals are kaolinite, finely dispersed quartz and feldspars. The composition of clay fraction depends to some extent on the origin and texture of sediments. However, the content of illite significantly decreases, while the amount of illite-smectite and smectite mineral increases in upper horizons of soils. Reductive conditions prevailing in deeper layers of fine-textured Fluvisols and Gleysols preserve the illite and kaolinite transformation, probably due to reduced activity of soil microorganisms.

Słowa kluczowe: minerały ilaste, illit, illit-smektyt, osady aluwialne.

Key words: clay minerals, illite, illite-smectite, alluvial sediments.

WSTĘP

Osady aluwialne zdeponowane w dolinach rzecznych odznaczają się na ogół dużą zmiennością w profilu oraz przestrzenną, co związane jest ze zróżnicowaniem warunków sedimentacji oraz zmianami rodzaju deponowanego materiału [Laskowski 1986; Migoń 2006; Urushadze i in. 2006]. Istotne znaczenie ma również czynnik czasu, albo wieku osadów, związany z długością trwania procesów postsedymenacyjnych [Allen, Hajek 1989]. Zmienność osadów znajduje odzwierciedlenie nie tylko w morfologii i uziarnieniu gleb dolin rzecznych, ale też w składzie jakościowym i ilościowym frakcji ilastej [Bogda

i in. 1998; Laskowski 1986]. Minerale frakcji koloidalnej osadów aluwialnych podlegają z czasem przemianom (wietrzeniu), których kierunek uzależniony jest m.in. od początkowego składu mineralogicznego, odczynu i zasobności roztworu glebowego w kationy wapnia, magnezu, glinu i potasu [Biesiacki, Zagórski 1996; Dąbkowska-Naskręt, Długosz 1996; Sawhney 1989; Tomar 1985]. Na intensywność transformacji minerałów wpływają również warunki klimatyczne, w tym szczególnie temperatura powietrza i ilość opadów, a także lokalne stosunki wilgotnościowe, pod wpływem których w profilu glebowym ustalają się warunki oksydacyjno-redukcyjne [Allen, Hajek 1989]. Wskutek regulacji koryt rzecznych i melioracji odwadniających w dolinach rzecznych obniża się zwierciadło wód gruntowych, co umożliwia głębszą penetrację gleby przez korzenie roślin i organizmy glebowe, dając nowy impuls procesom glebotwórczym, w tym przeobrażeniu minerałów ilastych.

Celem podjętych prac była charakterystyka składu mineralnego frakcji ilastej gleb występujących na różnowiekowych, częściowo osuszonych terasach w dolinie rzeki Dobrej, oraz określenie przyczyn istniejącego zróżnicowania składu frakcji ilastej gleb na tle czynników lito- i pedogenicznych.

OBIEKT BADAŃ I METODYKA

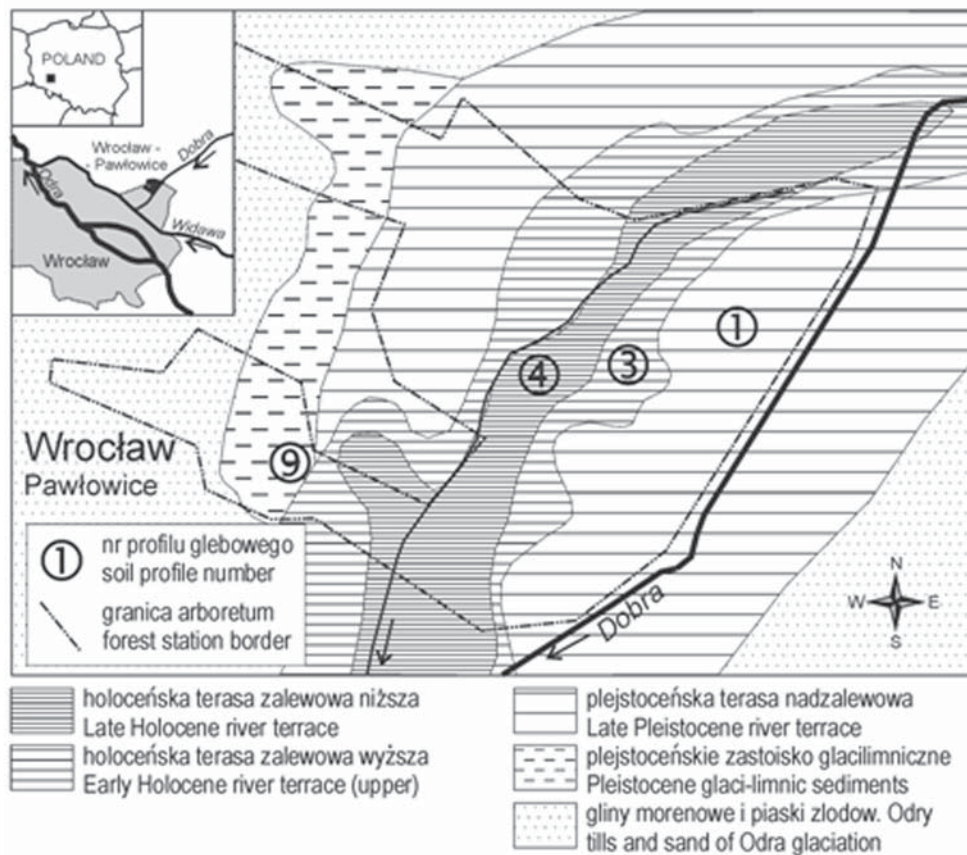
Próbki gleb pobrano w dolnym odcinku doliny rzeki Dobra, we Wrocławiu-Pawłowicach, na obszarze Arboretum Leśnego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W przekroju doliny zaznacza się strefowy układ teras rzecznych zbudowanych z różnowiekowych osadów aluwialnych. W obrębie glin zlodowacenia Sanu wyerodowana została dolina rzeczna o szerokości do 1 km. W początkowej fazie zlodowacenia Odry przynajmniej część tej doliny zajmowało zastoisko jeziorne [Winnicki 1990], zachowane obecnie szczątkowo w zachodniej części doliny. Jeszcze w czasie zlodowacenia Odry cały teren został pokryty glinami zwałowymi moreny dennej, w których od schyłku zlodowacenia trwał proces formowania (lub odtwarzania) doliny rzecznej. W czasie zlodowacenia Wisły w istniejącej szerokiej dolinie utworzona została obecna terasa nadzalewowa, która wówczas funkcjonowała jako rozległa równina zalewowa. Terasa plejstocenska zbudowana jest z różnoziarnistych piasków pochodzących z rozmycia okolicznych osadów wodnolodowcowych. W holocenie powstały terasy zalewowe (wyższa i niższa). Obecna terasa zalewowa wyższa zaczęła się tworzyć w okresie atlantyckim. Zbudowana jest z piasków kwarcowo-skaleniovych i glin piaszczystych. Już w czasach historycznych formowały się najmłodsze namuły den dolinnych, których skład zależy głównie od osadów występujących na wysoczyznach otaczających dolinę. Są to osady piaszczysto-gliniaste i pyłowo-gliniaste zawierające znaczne ilości materii organicznej.

Do analiz wybrano próbki z następujących gleb:

- próbka 1-B – gleba rdzawa typowa, poziom Bv, głębokość pobrania 20–30 cm; plejstocenska terasa nadzalewowa;
- próbka 3-B – mada brunatna, poziom B, głębokość pobrania 20–30 cm; holocenska wyższa terasa zalewowa;
- próbka 4-AB – mada (próchniczo-) brunatna, poziom AB, głębokość pobrania 20–30 cm; holocenska niższa terasa zalewowa (dno doliny);
- próbka 4-G – mada (próchniczo-) brunatna, poziom G, głębokość pobrania 80–90 cm; holocenska niższa terasa zalewowa (dno doliny);
- próbka 9-G – gleba gruntowo-glejowa, poziom G, głębokość pobrania 80–90 cm; plejstocenske zastoisko ilaste pogrzebane pod utworami aluwialnymi.

Próbki 1-B, 3-B i 4-AB tworzą chronosekwencję poziomów B gleb wytworzonych z osadów wieku (odpowiednio) górnoplejstocenijskiego, środkowoholocenijskiego oraz późnoholocenijskiego. Próbki 4-AB oraz 4-G reprezentują poziomy o odmiennych warunkach oksydo-redukcyjnych oraz o zróżnicowanym natężeniu procesu glebotwórczego w profilu osadów o podobnym wieku. Próbką 9-G reprezentuje stare, plejstocenijskie osady ilaste, w których niemal permanentnie panują warunki redukcyjne, a natężenie procesów pedogenicznych jest minimalne.

W pobranych próbkach gleb oznaczono skład granulometryczny – metodą sitowo-areometryczną (nazewnictwo frakcji i grup granulometrycznych podano według klasyfikacji PTG z 2008 roku), zawartość węgla organicznego – metodą Tiurina oraz pH w wodzie destylowanej – metodą potencjometryczną. Frakcję ilastą <0,002 mm, wydzieloną metodą wirówkową, poddano działaniu H_2O_2 w celu usunięcia materii organicznej, nasycono jonami Mg^{2+} oraz solwatowano gliceryną według standardowej metodyki [Jackson 1960]. Analizę mineralogiczną przeprowadzono metodą dyfraktometrii rentgenowskiej na dyfraktometrze DRON przy użyciu promieniowania $CuK\alpha$ i filtru Ni.



RYSUNEK 1. Lokalizacja odkrywek glebowych na tle zróżnicowania osadów aluwialnych w dolinie Dobrej

FIGURE 1. Situation of soil pits as related to zonation of alluvial sediments in the valley of Dobra river

W ocenie przybliżonego ilościowego udziału minerałów we frakcji ilastej posługiwano się wskaźnikami Lavesa i Jahna [Kahle i in. 2002]. W niektórych próbkach wykonano ponadto analizę termogravimetryczną (DTA+DTG) na derywatografie Paulik-Paulik.

WYNIKI BADAŃ

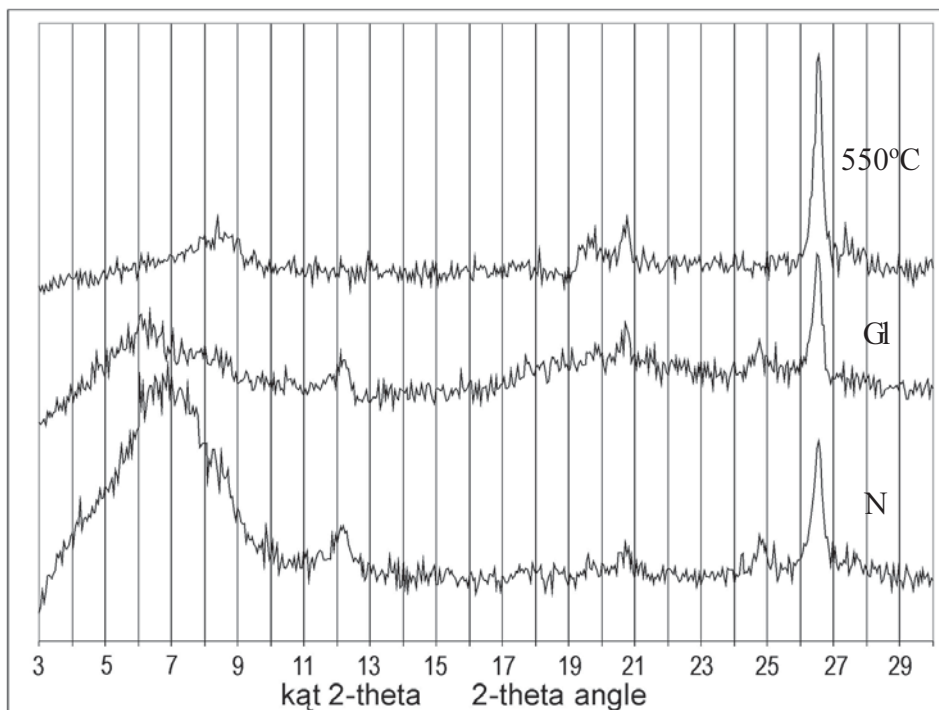
Trzy pierwsze analizowane próbki pochodzą z poziomów B, w których zachodzą intensywne procesy pedogeniczne, przejawiające się m.in. zanikiem pierwotnej stratyfikacji osadów, wytworzeniem swoistej struktury agregatowej, nagromadzeniem materii organicznej oraz zmianą barwy w kierunku rdzawej/brunatnej, w warunkach wyraźnie wysokiej aktywności biologicznej (m.in. duże zagęszczenie korzeni roślin, obecność dżdżownic). Analizowane próbki gleb różnią się znacznie uziarnieniem (od piasku słabogliniastego w próbce 1-B, przez glinę piaszczystą w 3-B do gliny zwykłej w 4-AB), odczynem (wartość pH w H₂O rośnie od 4,2 w próbce 1-B do 6,5 w próbce 4-AB) oraz zawartością węgla organicznego (w zakresie od 0,33 do 1,9%). Próbki z głębszych poziomów zarówno mady (próbka 4-G), jak i gleby gruntowo-glejowej (próbka 9-G) odznaczają się zwięzłym uziarnieniem (odpowiednio gliny zwykłej i iłu pylastego), obojętnym lub słabo alkalicznym odczynem oraz względnie niską zawartością substancji organicznej (tab. 1).

Piaskowe uziarnienie próbki 1-B wyjaśnia występowanie w składzie frakcji ilastej tej gleby silnej linii dyfrakcyjnej 0,42 nm we wszystkich wariantach analizy – w próbkach naturalnych (N), nasyconych gliceryną (G1) oraz prażonych w 550°C, świadczącej o znacznej zawartości kwarcu (rys. 2). Na dyfraktogramach najwyraźniej zaznacza się szerokie pasmo w zakresie 1,06–1,46 nm, koncentrujące się w rejonie 1,4–1,5 nm po nasyceniu gliceryną i przemieszczające się w rejon 1,0 nm po wyprażeniu. Pozwala to na stwierdzenie obecności minerałów mieszanopakietowych z grupy illitu-smektytu, lub illitu-wermikulitu, za czym przemawiałoby stosunkowo słabe przemieszczenie linii dyfrakcyjnych po nasyceniu gliceryną. Jednakże próbek nie nasycano jonami potasowymi, co uniemożliwia na razie jednoznaczne rozstrzygnięcie rodzaju pakietów występujących w mieszaninie z miką. W mniejszej ilości występuje również „czysty” illit (linie dyfrakcyjne w rejonie 1,0 i 0,5 nm, nie przemieszczające się po nasyceniu gliceryną i po wyprażeniu), a także kaolinit (linia 0,35 nm, stabilna po nasyceniu gliceryną, ale zanikająca po wyprażeniu). W niewielkich ilościach występują też drobno zdyspergowane skalenie zaznaczone liniami w rejonie 0,32 nm.

W składzie frakcji ilastej próbki 3-B pobranej z poziomu brunatnienia wyraźnie zaznacza się występowanie minerałów smektytowych, o czym świadczy przemieszczenie się części pasma skoncentrowanego wokół 1,4 nm na 1,8 nm po nasyceniu gliceryną i na 1,0 nm po wyprażeniu (rys. 3). W próbce tej dominującym minerałem

TABELA 1. Uziarnienie, pH i zawartość węgla organicznego w analizowanych glebach
TABLE 1. Particle size distribution, pH, and organic carbon of soils under investigation

Właściwości gleb Soil properties	Symbol próbki glebowej (numer profilu-poziom) Symbol of soil sample (number of profile-soil horizon)				
	1-B	3-B	4-AB	4-G	9-G
Piasek, Sand [%] (2,0–0,05 mm)	92	72	47	31	21
Pył, Silt [%] (0,05–0,002 mm)	4	21	41	45	41
İł, Clay [%] (<0,002 mm)	4	7	12	24	38
pH w– in H ₂ O	4,2	5,2	6,5	6,9	7,7
C-org, TOC [%]	0,33	0,87	1,9	0,32	0,42

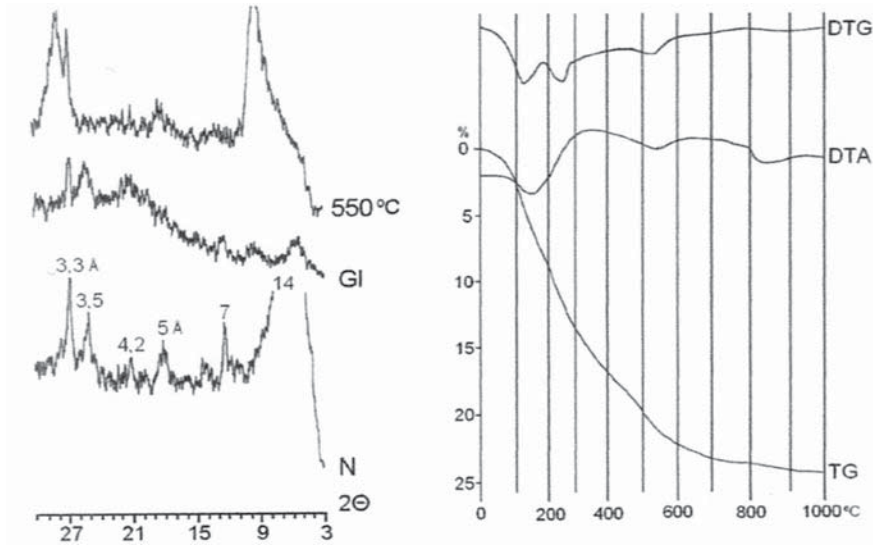


RYSUNEK 2. Dyfraktogramy frakcji ilastej z poziomu B gleby rdzawej (profil 1) wytworzonej z piasków plejstoceńskiej terasy nadzalewowej
 FIGURE 2. XRD diagrams of clay fraction from B horizon of Brunic Arenosol (profile No 1) developed from sands on a Late Pleistocene river terrace

jest jednak illit (wyraźna linia dyfrakcyjna około 1,0 nm w próbce nasyconej gliceryną), oraz minerały mieszanopakietowe typu illit-smektyt. Podrzędnie występuje również kaolinit, a także drobno zdyspergowane kwarc i skalenie. Duże straty wagowe podczas prażenia frakcji ilastej, wynoszące około 25% (rys. 3), mają związek z dość wysoką zawartością substancji organicznej (mimo jej częściowego usunięcia na etapie przygotowania próbki do analizy mineralogicznej), a także uwodnionych tlenków i wodorotlenków żelaza.

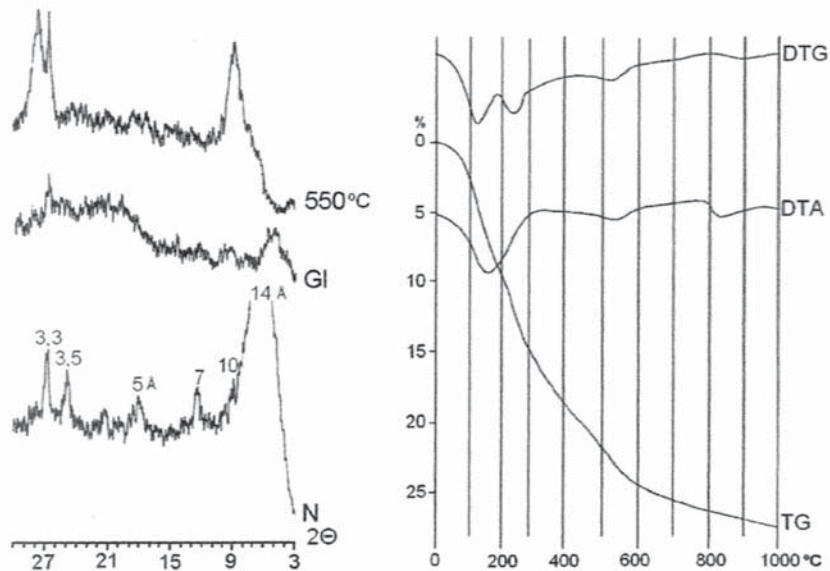
Dość zbliżony jest skład frakcji ilastej próbki 4-AB pobranej z poziomu AB mady (próchniczno-) brunatnej na współczesnej terasie zalewowej (choć już niezalewanej wskutek przesunięcia koryta rzeki poza dno doliny). Wyraźnie zaznacza się obecność minerałów smektytowych, o czym świadczy przemieszczenie się linii 1,4 nm w rejon 1,8 nm po nasyceniu gliceryną i na 1,0 nm po wyprażeniu (rys. 4). W próbce tej przewaga illitu oraz minerałów mieszanopakietowych typu illit-smektyt jest mniejsza niż w próbce 3-B. Nadal obecny jest kaolinit, drobno zdyspergowany kwarc oraz skalenie. Straty wagowe podczas prażenia frakcji ilastej są większe niż w próbce 3-B, około 27% (rys. 4), co wynika z jeszcze wyższej zawartości substancji organicznej i uwodnionych tlenków oraz wodorotlenków żelaza (a co przejawia się też słabszą czytelnością dyfraktogramu nasyconego gliceryną).

W próbce 4-G, o uziarnieniu gliny zwykłej, pobranej z poziomu glejowego mady (próchniczno-) brunatnej występują te same minerały, co w warstwie powierzchniowej tej gleby (próbka 4-AB), ale w innych proporcjach (rys. 5). Szczególnie wyraźna jest



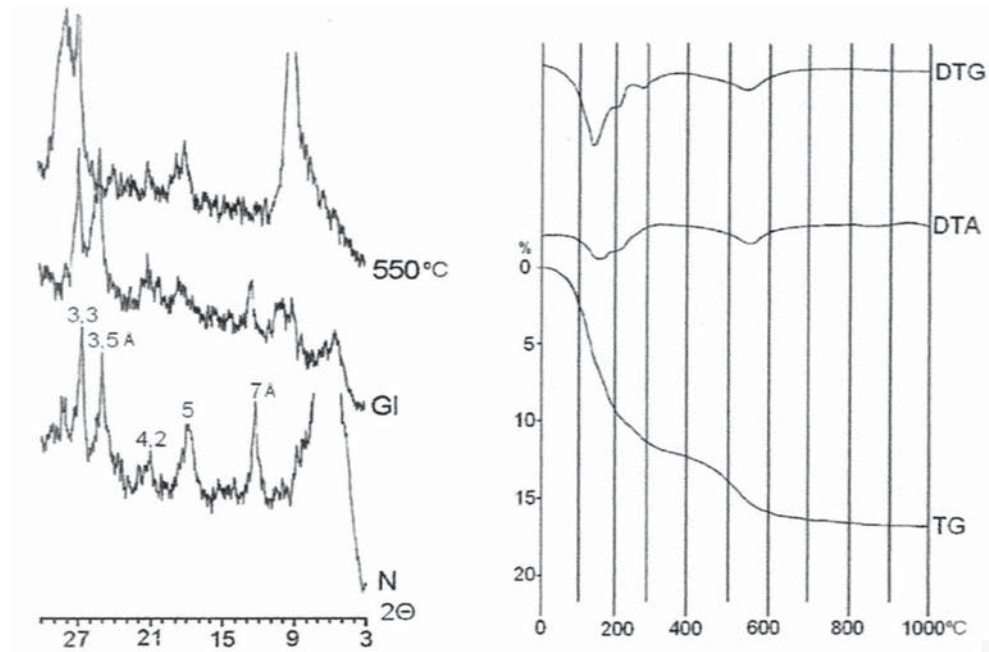
RYSUNEK 3. Dyfraktogramy i derywatogramy frakcji ilastej z poziomu B mady brunatnej (profil 3) wytworzonej z glin piaszczystych holocenińskiej wyższej terasy zalewowej: N – próbka powietrznie sucha, GI – nasycona gliceryną, 550°C – prażona w 550°C; TG – krzywa utraty masy, DTG – krzywa różnicowa masy, DTA – krzywa różnicowa temperatury

FIGURE 3. XRD and DTA/DTG diagrams of clay fraction from B horizon of Fluvic Cambisol (profile No 3) developed from sandy loam on a Early Holocene river terrace: N – air-dried sample, GI – solvated with glycerol, 550°C – heated at 550°C; TG – thermo-gravimetric curve, DTG – differential termo-gravimetric curve, DTA – differential thermal analysis curve

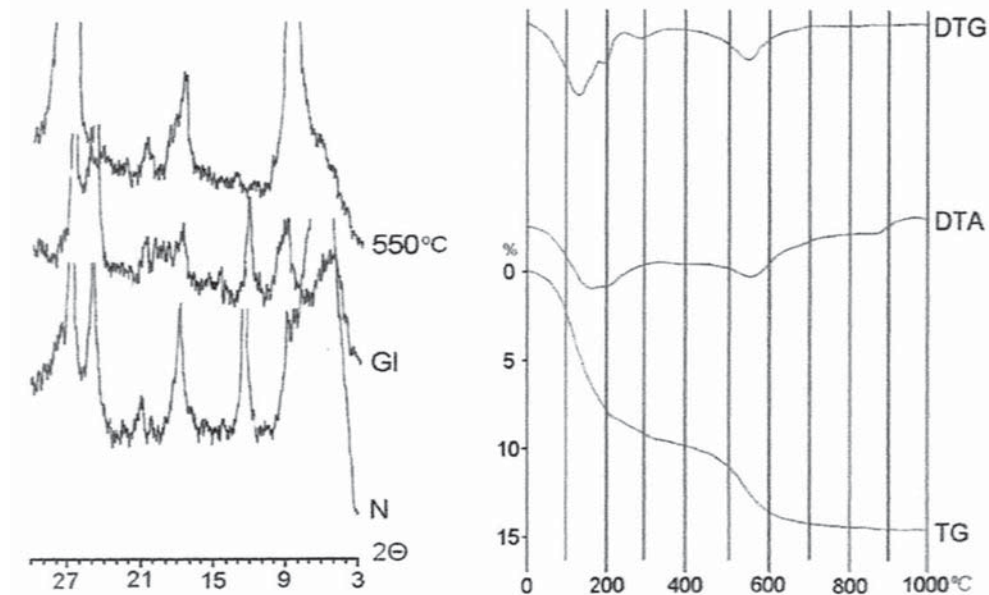


RYSUNEK 4. Dyfraktogramy i derywatogramy frakcji ilastej z poziomu AB mady (próchniczno-) brunatnej (profil 4) wytworzonej z glin holocenińskiej niższej terasy zalewowej

FIGURE 4. XRD and DTA/DTG diagrams of clay fraction from AB horizon of Fluvic Mollic Gleysol (profile No 4) developed from loam on a Late Holocene river terrace



RYSUNEK 5. Dyfraktogramy i derywatogramy frakcji ilastej z poziomu G mady (próchniczno-) brunatnej (profil 4) wytworzonej z glin holocenijskiej niższej terasy zalewowej
 FIGURE 5. XRD and DTA/DTG diagrams of clay fraction from G horizon of Fluvic Mollic Gleysol (profile No 4) developed from loam on a Late Holocene river terrace



RYSUNEK 6. Dyfraktogramy i derywatogramy frakcji ilastej z poziomu G gleby gruntowo-glejowej (profil 9) wytworzonej z plejstocenijskich ilów zastoiskowych
 FIGURE 6. XRD and DTA/DTG diagrams of clay fraction from B horizon of Fluvic Gleysol (profile No 9) developed from glaciolimnic Pleistocene clay

przewaga illitu nad minerałami mieszanopakietowymi (illit-smektyt) oraz smektytem. Wyróżnia się również względnie wysoka zawartość kaolinitu, któremu dodatkowo towarzyszy drobnodispersyjny kwarc oraz skalenie.

Skład mineralny próbki 9-G, pochodzącej z gleby gruntowo-glejowej, jest bardzo zbliżony do składu próbki 4-G, mimo odmiennych warunków sedymentacji i wieku utworów. Wspólnymi cechami tych gleb są stale w nich panujące warunki redukcyjne (wskutek podsiąkania wód gruntowych) oraz obojętny/alkaliczny odczyn związany z obecnością niewielkich ilości węgla wapnia w osadach. Na dyfraktogramach (rys. 6) najwyraźniej zaznacza się występowanie minerałów smektytowych i mieszanopakietowych illitowo-smektytowych – obecnością szerokiego i silnego pasma w rejonie 1,4 nm, przemieszczającego się częściowo w kierunku 1,8 nm po nasyceniu gliceryną i na 1,0 nm po wyprażeniu. Ilościowo w próbce dominuje jednak illit zaznaczony silną i stabilną linią w rejonie 1,0 nm. W szczególnie dużych ilościach (względem illitu) występuje ponadto kaolinit (linia 0,35 nm, stabilna po nasyceniu gliceryną, ale zanikająca po wyprażeniu). Wyraźne są też linie dyfrakcyjne drobno zdyspergowanego kwarcu. Przebieg krzywej DTG próbki z ilastego poziomu glejowego wskazuje na duży udział jonów wapnia w kompleksie sorpcyjnym badanej gleby, o czym świadczy ugięcie około 200°C związane z obecnością Ca-montomoryllonitu. Powierzchnia właściwa frakcji ilastej tej gleby jest względnie duża (około 260 m²·g⁻¹), ale mniejsza niż powierzchnia frakcji ilastej gliny aluwialnej (próbka 4-G), co potwierdza większy udział minerałów innych niż smektyty – illitu i kaolinitu.

DYSKUSJA

Znaczny udział mik we frakcji ilastej gleb młodszych i słabiej wykształconych, w tym mad rzecznych, jest zjawiskiem często obserwowanym. Dominacja mik w utworach wietrzeniowych lub lodowcowych występujących na obszarach alimentacyjnych dorzecza w szczególności i oczywisty sposób sprzyja nagromadzeniu tych minerałów w osadach aluwialnych [Allen, Hajek 1989; Fanning i in. 1989]. Wysoką zawartość illitu w madach rzecznych Dolnego Śląska stwierdzili m.in. Bogda i in. [1998] oraz Laskowski [1996], co wyjaśniane jest powszechnym występowaniem tego minerału we frakcji ilastej plejstocenijskich glin zwałowych oraz lessów tego regionu [Chodak 1980]. Podobnie Dąbkowska-Naskręt i Długosz [1996] uważają, że ilościowa dominacja illitu we frakcji koloidalnej mad doliny dolnej Wisły ma związek z dużą zawartością tego minerału w glinach morenowych zlodowacenia bałtyckiego.

W powierzchniowych warstwach utworów podlegających procesom glebotwórczym miki pierwotne z reguły wykazują silniejszy stopień zwiętrzenia niż w głębszych warstwach profilu glebowego, czemu towarzyszy wzrost udziału minerałów mieszanopakietowych, najczęściej illitowo-smektytowych [Allen, Hajek 1989]. Wyraźną przewagę minerałów mieszanopakietowych w górnych poziomach glebach wytworzonych z lessów Dolnego Śląska wykazał m.in. Chodak [1980]. Wydaje się, że stwierdzone w glebach doliny Dobrej zmniejszanie się przewagi illitu w poziomach brunatnienia gleb oraz wzrost udziału minerałów mieszanopakietowych illitowo-smektytowych oraz smektytu również jest potwierdzeniem powyższej prawidłowości. Podobnie Dąbkowska-Naskręt i Długosz [1996] w madach doliny Wisły wykazali smektytowy kierunek transformacji illitu poprzez przejściowe mieszanopakietowe stadium illitowo-smektytowe. Inni autorzy [Tomar 1985]

wskazują, że przeobrażeniu illitu w smektyt w osadach aluwialnych może towarzyszyć powstawanie minerałów nieregularnie mieszanopakietowych, niekiedy trójfazowych (illit-kaolinit-smektyt). Jest wielce prawdopodobne, że w warunkach silnego ługowania kationów zasadowych i większego zakwaszenia gleby, co ma miejsce w piaszkowych glebach rdzawych terasy nadzalewowej w dolinie Dobrej (profil 1), illit w większym stopniu ulega wermikularyzacji niż smektytyzacji, a we frakcji ilastej występują obydwa typy minerałów mieszanopakietowych (illit-smektyt i illit-wermikulit). Teza ta wymaga jednak potwierdzenia w toku dalszych badań.

Dyskutowany powyżej model smektytyzacji illitu w osadach aluwialnych, choć teoretycznie poprawny, nie przez wszystkich badaczy jest uważany za dostatecznie udowodniony. Laskowski [1985] opisał duże przestrzenne i profilowe zróżnicowanie uziarnienia osadów aluwialnych tego samego wieku, któremu towarzyszy wyraźne zróżnicowanie proporcji illitu do minerałów mieszanopakietowych. Autor ten uważa, że skład frakcji ilastej w poszczególnych poziomach mad rzecznych w największym stopniu zależy od lokalnych warunków sedymentacji osadów, dlatego w utworach piaszkowych dominują minerały mieszanopakietowe typu illit-montmoryllonit, natomiast w osadach gliniastych dominuje „czysty” montmoryllonit. Podobnie na badanym odcinku doliny Dobrej zróżnicowane proporcje illitu do minerałów mieszanopakietowych i smektytu występują w glebach wytworzonych z osadów o odmiennym uziarnieniu, a więc różniących się genezą. Jednoznaczne wnioskowanie na temat przeważającej roli litogenezy lub procesów pedogenicznych jest utrudnione wskutek braku gleb o zbliżonym uziarnieniu na różnowiekowych terasach rzecznych.

Postawiona w niniejszej pracy teza, że smektytyzacji illitu sprzyja obniżenie zwierciadła wody gruntowej w dolinie rzecznej, które umożliwia głębszą penetrację i większą aktywność mikroorganizmów i grzybów przyspieszających transformację minerałów, potwierdzona została w licznych badaniach eksperymentalnych i obserwacjach terenowych [Fanning i in. 1989]. Przyjęcie tego założenia pozwalałoby wyjaśnić trwałość kaolinitu oraz względną przewagę illitu nad minerałami mieszanopakietowymi i smektytem w głębszych, silnie oglejonych poziomach mad i ilastych gleb gruntowo-glejowych. Również Bogda i in. [1998] stwierdzili, że skład frakcji koloidalnej ilastych gleb gruntowo-glejowych jest mało zróżnicowany w całym profilu, a więc nie podlega transformacji wobec słabego natężenia procesów pedogenicznych. Z obserwacji Biesiackiego i Zagórskiego [1996] wynika jednak, że w poziomach opadowoglejowych występuje wzbogacenie w smektyty, natomiast w poziomach gruntowo-glejowych wzrasta udział minerałów mieszanopakietowych illitowo-smektytowych.

WNIOSKI

1. W składzie frakcji ilastej gleb wytworzonych z różnowiekowych osadów aluwialnych i zastoiskowych w dolinie Dobrej dominuje illit, któremu towarzyszą minerały mieszanopakietowe illit-smektyt, smektyty oraz kaolinit.
2. W powierzchniowych poziomach odwodnionych mad terasy zalewowej i gleb rdzawych terasy nadzalewowej illit ulega transformacji w smektyt, co prowadzi do nagromadzenia minerałów mieszanopakietowych typu illit-smektyt.
3. Warunki redukcyjne panujące w głębszych poziomach gliniastych mad rzecznych i ilastych gleb gruntowo-glejowych konserwują pierwotny skład frakcji ilastej osadów, co przejawia się wysoką zawartością kaolinitu oraz wyraźną przewagą illitu nad minerałami mieszanopakietowymi i smektytem.

LITERATURA

- ALLEN B. L., HAJEK B. F. 1989: Mineral occurrence in soil environments. W: Minerals in soil environment. Dixon J. B., Weed S. B. (red.) *Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin*: 199–278.
- BIESIACKI P. W., ZAGÓRSKI Z. 1996: Zmiany w składzie mineralnym frakcji ilastej pod wpływem intensywnych procesów glejowych. *Rocz. Glebozn.* **47**, 3–4: 181–193.
- BOGDA A., CHODAK T., SZERSZEŃ L. 1998: Właściwości i skład minerałów ilastych gleb Dolnego Śląska. Wyd. AR, Wrocław: 89 ss.
- CHODAK T. 1980: Badania nad właściwościami oraz składem mineralnym gleb wytworzonych z lessu Dolnego Śląska. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* **21**: 49 ss.
- DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., DŁUGOSZ J. 1996: Occurrence and characteristics of layer silicates in alluvial soils from the Lower Wisła river valley, Poland. *Appl. Clay Sci.* **11**: 77–83.
- FANNING D. S., KERAMIDAS V. Z., EL-DESOKY M. A. 1989: Micas. W: Minerals in soil environment. Dixon J. B., Weed S. B. (red.) *Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin*: 551–634.
- JACKSON M. L. 1960: Soil chemical analysis – advanced course. Madison, Wisconsin: 168 ss.
- KAHLE M., KLEBER M., JAHN R. 2002: Review of XRD-based quantitative analyses of clay minerals in soils: the suitability of mineral intensity factors. *Geoderma* **109**: 191–205.
- LASKOWSKI S. 1986: Powstawanie i rozwój oraz właściwości gleb aluwialnych doliny środkowej Odry. *Zesz. Nauk AR Wrocław* **56**: 68 ss.
- MIGON P. 2006: Geomorfologia. PWN, Warszawa: 460 ss.
- SAWHNEY B. L. 1989: Interstratification in layer silicates. W: Minerals in soil environment. Dixon J. B., Weed S. B. (red.) *Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin*: 789–828.
- TOMAR K. P. 1985: High-spacing irregularly interstratified layer-silicates in the alluvial soil clays of Meerut, India. *Clay Min.* **20**: 115–124.
- URUSHADZE A. T., CHIZNIKOVA N. P., URUSHADZE T. F. 2006: Mineralogical composition of the clay fraction in alluvial soils of eastern Georgia. *Eurasian Soil Sci.* **39**, 5: 516–527.
- WINNICKI L. 1990: Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Trzebnica. Wyd. Geolog., Warszawa: 78 ss.

Dr hab. Cezary Kabala
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska,
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław,
E-mail: cezary.kabala@up.wroc.pl