

Jacek Skurzyński¹, Zdzisław Jary¹, Jerzy Raczyk¹,
Przemysław Mroczek², Piotr Moska³, Marcin Krawczyk¹,
Andrij Bogucki⁴, Olena Tomeniuk⁴

¹Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Uniwersytet Wrocławski

²Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin

³Centrum Naukowo Dydaktyczne, Instytut Fizyki, Politechnika Śląska, Gliwice

⁴Narodowy Uniwersytet im. Iwana Franki, Lwów, Ukraina



Wielopierwiastkowa interpretacja składu chemicznego lessów ukraińskich na przykładzie profilu w Wołoczysku (Podole)

Sekwencja lessowo-glebowa w Wołoczysku uznawana jest za kluczowy profil północnej części Podola (np. Fedorowicz i in. 2018). Ze względu na swoje położenie stanowisko to może stanowić ważny punkt odniesienia dla analiz geochemicznych prowadzonych na obszarze lessów polskich (np. Skurzyński i in. 2020) w centralnej części północnego sektora Europejskiego Pasa Lessów. Należy zaznaczyć, że dostępność danych geochemicznych z obszaru zachodniej Ukrainy jest bardzo ograniczona, zwłaszcza w kontekście analiz wielopierwiastkowych (Łącka i in. 2007; Bugge i in. 2008; Bosq i in. 2020). Ukraina nie była objęta m.in. badaniami na potrzeby Geochemicznego Atlasu Europy (Salminen i in. 2005), co utrudnia wnioskowanie paleośrodowiskowe oparte o cechy chemiczne.

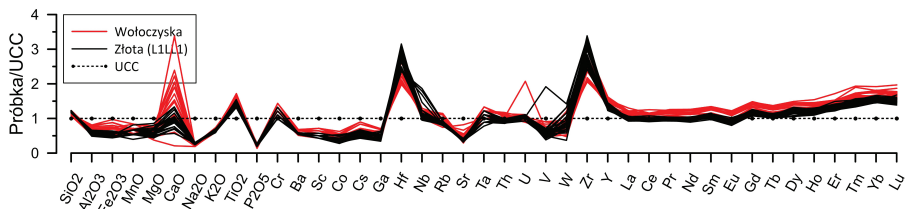
Skład geochemiczny stanowiska w Wołoczysku oznaczono dla 14 próbek lessów i gleb kopalnych, reprezentujących zmienność lito- i pedo-

stratygraficzną (nie uwzględniając gleby współczesnej – próbki pobrano z głębokości 1,3; 1,45; 1,6; 2,0; 2,2; 2,35; 2,5; 2,9; 3,05; 3,3; 3,6; 4,6; 4,9; 5,3 m p.p.t.). Do pomiarów zastosowano technikę indukcyjnie sprzężonej plazmy w dwóch wariantach: ICP-ES i ICP-MS. Analizowano wyciągi kwaśne, uzyskane po uprzednim stopieniu w mieszaninie z czteroboraniem litu. Przed analizą z materiału usunięto frakcję piaszczystą, w celu zminimalizowania wpływu lokalnego materiału piaszczystego.

Analizowane próbki z profilu Wołoczysk wykazują bardzo wyraźne podobieństwo (ryc. 1) do sekwencji lessowo-glebowej w Złotej, reprezentującej lessy polskie (Skurzyński i in. 2020). Utwory te są silnie zhomogenizowane ($La_N/Sm_N = 3,68-4,02$; $Eu/Eu^* = 0,55-0,62$; $Gd_N/Yb_N = 1,20-1,41$) oraz wzbogacone w pierwiastki związane z minerałami chemicznie odpornymi, takimi jak kwarc (SiO_2) lub cyrkon (Zr i Hf). Dodatkowo anomalie Zr i Hf (ryc. 1) w Europie są powszechne w lessach peryglacialnych (Rousseau i in. 2014) i ograniczone wyłącznie do utworów zdeponowanych w pobliżu zasięgu zlodowaceń skandynawskich (Scheib i in. 2014; Bosq i in. 2020). Wartości Nb, Ta, Th, U i REE w badanych profilach oscylują wokół analogicznych wartości UCC bądź też są istotnie wzbogacone (szczególnie ciężkie pierwiastki ziem rzadkich, tj. HREE). Kompozycja relatywnie wzbogaconych pierwiastków (ryc. 1) nawiązuje raczej do skał felzytowych (Reeder i in. 2006). Wyraźnie wzbogacone są tylko dwa maficzne pierwiastki: TiO_2 i Cr – ich podwyższony udział można wyjaśnić związanymi z transportem procesami sortowania granulometrycznego i domieszką m.in. minerałów ciężkich (Skurzyński i in. 2020). Należy zaznaczyć, że lessy w Wołoczysku (w porównaniu do Złotej) są bogatsze w węglany. Mimo to w próbkach z Wołoczysk, w stosunku do Złotej, stwierdzono wyższe wartości wskaźnika CIA (61,8–70,4), powszechnie wiążanego z intensywnością wietrzenia chemicznego. Zauważane są też wyższe zawartości licznych pierwiastków śladowych, zwłaszcza ziem rzadkich (ryc. 1), co jest związane najprawdopodobniej z wysortowaniem granulometrycznym.

Badania wykazały wyraźne podobieństwo pomiędzy polskimi i ukraińskimi pokrywami lessowymi. W obu przypadkach bardzo istotnym źródłem materiału są osady glacygeniczne związane ze zlodowaceniami skandynawskimi. Różnice w zawartościach poszczególnych pierwiastków

śladowych pomiędzy stanowiskami w Wołoczysku i Złotej kontrolowane są najprawdopodobniej składem granulometrycznym.



Ryc. 1. Wykres składu chemicznego normalizowanego analogicznymi wartościami UCC (Rudnick, Gao 2003) w profilach Wołoczysk (Ukraina) i Złotej (Polska). Każda linia odzwierciedla UCC – normalizowany skład geochemiczny indywidualnej próbki; autor: J. Skurzyński

Badania geochemiczne finansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu pt. „Stratygraficzna i przestrzenna zmienność składu chemicznego późnoplejstocenijskich sekwencji lessowo-glebowych Polski w kontekście zmian paleośrodowiskowych i paleoklimatycznych” (nr projektu 2017/27/N/ST10/01208). Pozostałe prace finansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu pt. „Gwałtowne ochłodzenia w trakcie ostatniego zlodowacenia w centralnej części Europejskiego Pasa Lessowego – w Polsce i w zachodniej części Ukrainy” (nr projektu 2017/27/B/ST10/01854).

Bosq M., Bertran P., Degeai J.-P., Queffelec A., Moine O., 2020. Geochemical signature of sources, recycling and weathering in the Last Glacial loess from the Rhône Valley (southeast France) and comparison with other European regions. *Aeolian Research*, 42, 100–561.

Buggle B., Glaser B., Zoller L., Hambach U., Marković S., Glaser I., Gerasimenko N., 2008. Geochemical characterization and origin of Southeastern and Eastern European loesses (Serbia, Romania, Ukraine). *Quaternary Science Reviews*, 27, 1058–1075.

Fedorowicz S., Łanczont M., Mroczek P., Bogucki A., Standzikowski K., Moska P., Kusiak J., Bluszcz A., 2018. Luminescence dating of the Volochysk section – a key Podolian loess site (Ukraine). *Geological Quarterly*, 62, 3, 729–744.

Łącka B., Łanczont M., Madeyska T., Boguckij A., 2007. Geochemical composition of Vistulian loess and micromorphology of interstadial palaeosols at the Kolodiiv site (East Carpathian Foreland, Ukraine). *Geological Quarterly*, 51, 2, 127–146.

Reeder S., Taylor H., Shaw R.A., Demetriades A., 2006. Introduction to the chemistry and geochemistry of the elements, [in:] T. Tarvainen, W. De Vos (eds), *Geochemical Atlas of Europe*, 2, *Interpretation of Geochemical Maps, Additional*

- Tables, Figures, Maps, and Related Publications*, Geological Survey of Finland, Espoo, 48–429.
- Rousseau D.-D., Chauvel C., Sima A., Hatte C., Lagroix F., Antoine P., Balkanski Y., Fuchs M., Mellett C., Kageyama M., Ramstein G., Lang A., 2014. European glacial dust deposits: Geochemical constraints on atmospheric dust cycle modeling. *Geophysical Research Letter*, 41, 21, 7666–7674.
- Rudnick R.L., Gao S., 2003. Composition of the continental crust, [in:] H.D. Holland, K.K. Turekian (eds), *Treatise on Geochemistry*, 3, Elsevier-Pergamon, Oksford–Londyn, 1–64.
- Salminen R., Batista M.J., Bidovec M., Demetriades A., De Vivo B., De Vos W., Duris M., Gilucis A., Gregorauskiene V., Halamic J., Heitzmann P., Lima A., Jordan G., Klaver G., Klein P., Lis J., Locutura J., Marsina K., Mazreku A., O'Connor P.J., Olsson S.A., Ottesen R.-T., Petersell V., Plant J.A., Reeder S., Salpeteur I., Sandstrom H., Siewers U., Steenfelt A., Tarvainen T., 2005. *Geochemical Atlas of Europe*, 1, *Background Information, Methodology and Maps*, Geological Survey of Finland, Espoo.
- Scheib A.J., Birke M., Dinelli E., GEMAS Project Team, 2014. Geochemical evidence of aeolian deposits in European soils. *Boreas*, 43, 175–192.
- Skurzyński J., Jary Z., Kenis P., Kubik R., Moska P., Raczyk J., Seul C., 2020. Geochemistry and mineralogy of the Late Pleistocene loess-palaeosol sequence in Złota (near Sandomierz, Poland): Implications for weathering, sedimentary recycling and provenance. *Geoderma*, 375, 114–459.