

Graficzna prezentacja składu minerałów ciężkich lessów na wybranych przykładach z obszaru Polski i Ukrainy

Roman Chlebowski*, Petro F. Gozik**, Leszek Lindner*

Graphic presentation of the heavy minerals content in loesses based on selected examples from Poland and Ukraine. *Prz. Geol.*, 50: 526–531.

Summary. Analyses of heavy minerals in loesses are crucial for genetic interpretations, determination of the accumulation conditions, determination of the source areas and the origin of loess material. The authors propose not only to examine the heavy minerals fraction but also the light fraction of loesses, as both fractions can contain minerals with genetically variable density, such as e.g. glauconite and muscovite. Due to variable physical and morphological properties of heavy minerals, five mineral groups as well as a group of non-transparent minerals were distinguished within all transparent heavy minerals occurring in loesses: group I — minerals most resistant to erosion; II — minerals resistant to erosion; III — minerals poorly resistant to erosion; IV — minerals least resistant to erosion; V — minerals most susceptible to eolian factors, with a platy habit; VI — non-transparent minerals. For groups I–V radar five-vector graphs were computer generated. The graphs reflect the genetic tendencies of the analysed loesses, e.g., vectors I and II reflect debris of magmatic and metamorphic rocks, vectors III and IV reflect the “local” character of the loess material, and vector V reflects “eolian” tendencies, indicating the presence of minerals with a platy habit, susceptible to blowing out and eolian transport.

Key words: Poland, Ukraine, loesses, heavy minerals, radar graphs

Analizy mineralogiczne stanowią istotną problematykę badań lessów (m.in. Chlebowski & Lindner, 1992; Racinowski, 1976; Maruszczak & Racinowski, 1976; Łanczont & Wilgat, 1993; Kenig, 1997). Obecnie autorzy kontynuują swoje badania na obszarze Ukrainy, m.in. w dorzeczu Dniepru (Chlebowski i in., 2000).

W związku z dużym zainteresowaniem problematyką lessową zarówno wśród geologów, jak i geografów, autorzy przedstawili z okazji Konferencji INQVA – SEQS (9–14 Sept. 2001, Ukraina) nowy, graficzny sposób interpretacji zawartości minerałów ciężkich w lessach na przykładzie lessów dorzecza środkowego Dniepru (Gozik i in., 2001).

Autorzy w ostatnich latach prowadzą badania w szerszym zespole (Chlebowski i in., 2002), w ramach realizacji grantu KBN Nr 6 PO4E02918 na obszarze Polski (Wyżyna Lubelska oraz Podkarpacie i Pogórze Karpat rejonu Przemyskiego) i Ukrainy (Wyżyna Wołyńska, Podole i Podkarpacie Ukrainie). Niezależnie również są prowadzone analogiczne badania lessów na innych obszarach Polski, m.in. w Kotlinie Kłodzkiej (Chlebowski i in., 2001).

Zebrane doświadczenia po kolejnych próbach zastosowania nowego sposobu graficznego przedstawiania zawartości minerałów ciężkich w lessach pochodzących z różnych, dość odległych od siebie profilów spowodowały, że autorzy tego pomysłu zdecydowali się na pewne modyfikacje pierwotnego modelu i zaprezentowanie go w niniejszej publikacji w języku polskim. Autorom wydaje się, że jest konieczne zaprezentowanie tego modelu na łamach *Przeglądu Geologicznego*, zwłaszcza że interpretacje obecności minerałów ciężkich w różnych osadach bywają coraz częściej stosowane przy wydzieleniu horyzontów litologicznych służących do bardzo istotnych korelacji, a nawet do celów stratygraficznych, co było można zauwa-

żyć na łamach tego właśnie czasopisma geologicznego (Kotarbiński i in., 2000; Pochocka-Szwarc i in., 2001).

Autorzy uważają, że jest konieczne ujednoczenie metodycznego podejścia do interpretacji zawartości minerałów ciężkich zwłaszcza w lessach, a także i w innych osadach, tak aby prezentowane wyniki i ich interpretacje przez różnych autorów stały się porównywalne.

Badania mineralogiczne lessów

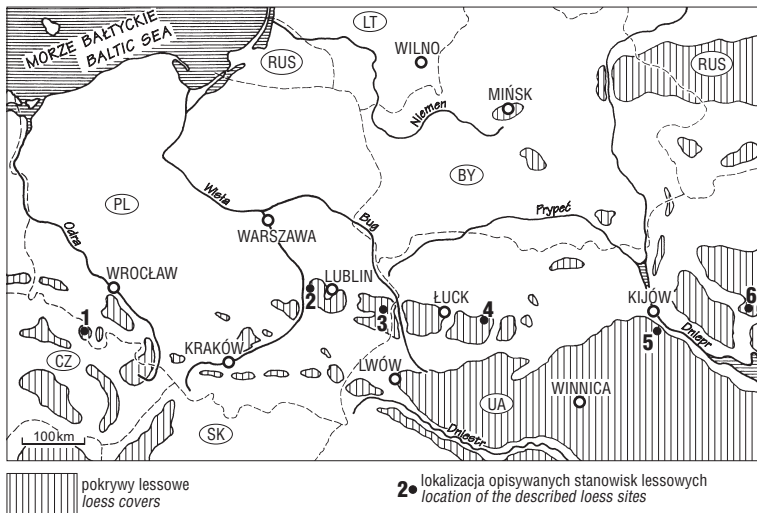
Metodyka badań. Badaniom mineralogicznym, których wyniki autorzy prezentują, poddano zarówno frakcję minerałów ciężkich, jak i lekkich rozdzielonych w bromoformie (gęstość 2,70–2,83 g/cm³) z wydzielonej w analizie granulometrycznej frakcji pyłowej (0,01–0,063 mm). Koniecznym staje się wyjaśnienie niezbędności analizowania frakcji lekkiej w sytuacji, gdy mówimy o minerałach ciężkich. Chodzi o to, że niektóre minerały, niezwykle ważne dla celów interpretacyjnych, jak np. glaukonit, czy muskowitz mogą występować zarówno wśród minerałów ciężkich, jak lekkich. Jest to spowodowane dość silnie zróżnicowaną gęstością obu tych minerałów, gdyż np. glaukonit ze względu na swój bardzo zmienny skład chemiczny, w konsekwencji ma też zróżnicowaną gęstość (ciężar właściwy) w granicach: 2,4–2,95 g/cm³ w różnych ziarnach tej samej badanej próbki, niekiedy występuje nawet w trzech frakcjach gęstościowych: 2,4–2,5 g/cm³, 2,5–2,6 g/cm³ i powyżej 2,6 g/cm³ (Krzowski, 1993). Muskowit natomiast podobne zróżnicowanie wykazuje w granicach 2,77–2,88 g/cm³.

Konsekwencje tego stanu rzeczy są takie, że w badanej próbce obydwie wymienione minerały mogą występować, natomiast we frakcji ciężkiej nie stwierdza się ich obecności. Interpretacja więc może być bardzo różna i nawet bardzo zniekształcająca prawdziwy skład mineralogiczny lessów, gdyż wspomniany glaukonit, jak niewiele innych minerałów, ma niezwykle istotną wymowę genetyczną, wskazując wprost na skały macierzyste, w których występował na pierwotnym złożu. Nie przechodzi on kilku cykli sedimentacyjnych ze względu na niezbyt dużą odporność na czynniki wietrzeniowe. Obecność tego minerału w składzie mineralogicznym np. lessów, zważywszy właśnie na jego dość łatwą podatność na czynniki wietrzeniowe i

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; romanch@geo.uw.edu.pl

**Instytut Nauk Geologicznych, NAN Ukrainy, O. Gonczara 55B, Kijów 252601

***Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; lindner@geo.uw.edu.pl



Ryc. 1. Występowanie głównych pokryw lessowych w północnej części środkowo-wschodniej Europy oraz lokalizacja opisywanych stanowisk lessowych: 1 — Tłumaczów, 2 — Kwaskowa Góra, 3 — Hrubieszów, 4 — Równe, 5 — Stajki, 6 — Wjazowok

Fig. 1. Occurrence of the main loess covers in the northern part of Central and Eastern Europe, with location of the described loess sites: 1 — Tłumaczów, 2 — Kwaskowa Góra, 3 — Hrubieszów, 4 — Równe, 5 — Stajki, 6 — Wjazowok

uleganie rozkładowi, pozwala dopatrywać się niezbyt odległych obszarów alimentacyjnych ze skałami dla niego macierzystymi. Nieobecność zaś wyklucza takie przypuszczenia, co również jest znaczącą informacją, pamiętać jednak należy właśnie o cechach fizycznych tego minerału, a zwłaszcza o jego gęstości. Ta bowiem cecha, genetycznie zmienna, gdyż zależna od składu chemicznego — decyduje:

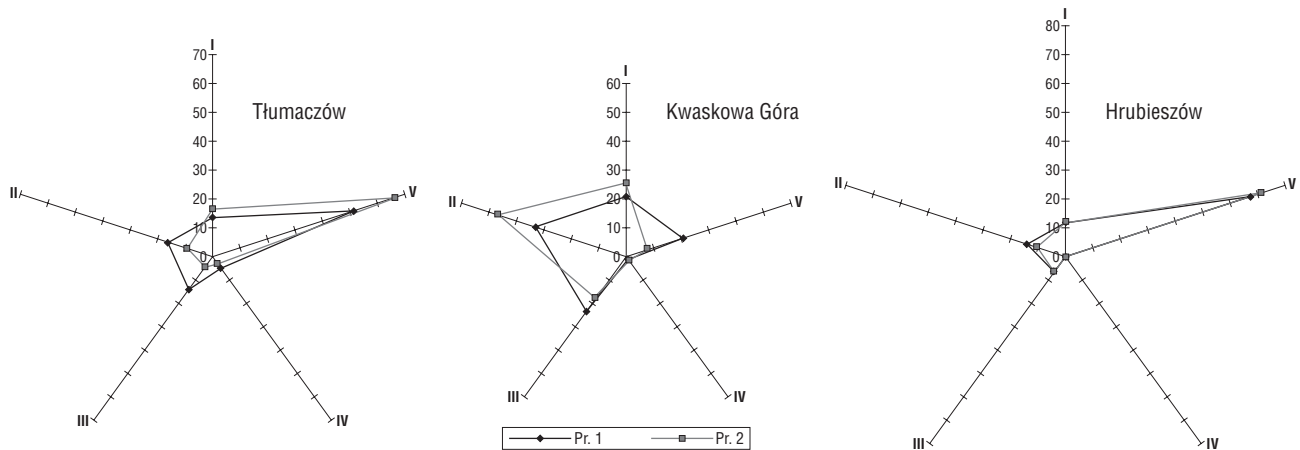
- 1) o obecności glaukonitu w zespole minerałów ciężkich
- 2) o obecności tego minerału w składzie frakcji lekkiej;
- 3) o obecności tego minerału w ogóle w badanej próbce — jeśli analizujemy tylko frakcję minerałów ciężkich, taki wniosek często bywa formułowany, choć nie musi być prawdziwy.

Jedyny wniosek wynikający z powyższych uwag jest taki, że każdorazowo należy badać zarówno frakcję minerałów ciężkich, jak i lekkich, gdyż minerały o gęstości zbliżonej do granicznej wartości gęstości cieczy ciężkiej mogą nie występować w ogóle w tej frakcji lub też tylko

częściowo mogą przechodzić do niej, pozostając w znacznej części we frakcji lekkiej. W tym ostatnim przypadku, gdy minerały takie (np. glaukonit) pozostaną w frakcji lekkiej i nie są wykazywane wraz z pozostałymi minerałami przezroczystymi frakcji ciężkiej, nie uczestniczą one w interpretacjach genetycznych badanej próbki lessowej, co powoduje zafałszowanie, a nawet całkowite zniekształcenie tej interpretacji.

Podobnie należy odnieść się do drugiego wspomnianego minerału — muskowitu, który tylko częściowo przechodzi do frakcji ciężkiej, natomiast często główna jego zawartość znajduje się we frakcji lekkiej. Aby uzyskać więc prawdziwy obraz mineralogiczny badanej próbki należy badać zarówno frakcję ciężką, jak i lekką, zakładając że całkowicie „powinien” znaleźć się ten minerał we frakcji ciężkiej wraz z innymi minerałami charakteryzującymi się większą gęstością od stosowanej cieczy ciężkiej (bromoformu).

Kierując się powyższymi wskazaniem, autorzy konsekwentnie stosują je i oznaczają w każdej badanej próbce lessu minerały przezroczyste zarówno w preparacie wykonanym z frakcji ciężkiej, w tym glaukonit i muskowit, w tym preparacie wykonanym z frakcji lekkiej. Zakładając prawidłowość „technologiczną” przy rozdzielaniu obu frakcji w cieczy ciężkiej, we frakcji lekkiej — poza minerałami lekkimi, tzn. kwarcem, skaleniami, większością węglanów (kalcyt, dolomit), ewentualnie szkliwem wulkanicznym — nie powinny występować minerały o gęstości większej od gęstości bromoformu. Jeżeli natomiast we frakcji lekkiej występuje muskowit, względnie glaukonit, to jest to efekt zróżnicowania ich gęstości wynikający ze zróżnicowania składu chemicznego. Może się to zdarzać w obrębie tej samej skały macierzystej, a zatem i w obrębie tej samej zwietrzliny, która w określonych warunkach geomorfologicznych i klimatycznych mogła stać się źródłem materiału lessotwórczego. Skoro jest to zatem ten sam glaukonit, czy muskowit, ale znajduje się zarówno we frakcji ciężkiej, jak i lekkiej, jest koniecznością wręcz identyfikacja tych minerałów w obu frakcjach, a nie tylko w jednej (ciężkiej). Zawartości ilościowe tych minerałów przedstawione w



Ryc. 2. Wykresy obrazujące zawartości grup I–V przezroczystych minerałów ciężkich w dwóch próbkach w wybranych stanowiskach lessowych z obszaru Polski

Fig. 2. Graphs with the content of groups I–V of transparent heavy minerals in two samples from selected loess sites in Poland

tabeli 1, są więc sumą ich obecności w obu frakcjach (ciężkiej i lekkiej), czyli w całej badanej próbce, podobnie, jak wszystkie pozostałe minerały ciężkie są wyseparowane w całości z badanej próbki. Tylko w ten sposób można uzyskać prawdziwy obraz mineralogiczny badanej próbki lessowej, a w konsekwencji dokonać prawidłowej interpretacji genetycznej, dotyczącej warunków akumulacji, źródeł materiału i kierunków transportu materiału lessotwórczego.

Z punktu widzenia metodycznego należy brać pod uwagę możliwości zastosowania innych (poza cieczkami ciężkimi) metod rozdzielania frakcji minerałów ciężkich i lekkich, jak np. metody wirówkowe, elektromagnetyczne, inne.

Innym problemem wymagającym również pewnego wyjaśnienia jest kwestia wyliczania udziału procentowego grupy minerałów nieprzezroczystych i interpretacji ich obecności w badanej próbce. Autorzy doszli do wniosku, aby na obecnym etapie badań i możliwości identyfikacji tych minerałów poprzestać na obliczeniach procentowego udziału tej grupy minerałów w stosunku do wszystkich innych ciężkich minerałów przezroczystych (tab. 1). Jest to tylko statystyczna prezentacja udziału tej grupy mineralnej we frakcji minerałów ciężkich, natomiast ich szczegółowa identyfikacja wymaga innych — poza mikroskopem polaryzacyjnym — specjalistycznych metod badawczych, jak np. badania w świetle odbitym, czy mikrosonda. Autorzy w swoich badaniach dotychczas nie stosowali szczegółowej identyfikacji minerałów nieprzezroczystych, poprzestając na statystycznej ocenie ich obecności w badanych próbkach. Uznając jednak konieczność uzyskania większej ilości informacji z badanego zespołu minerałów występujących w lessach, autorzy w przyszłości będą wykorzystywać również badania na mikrosondzie oraz w świetle odbitym na specjalnie przygotowanych do tych celów preparatach. Wymaga to jednak większych nakładów finansowych oraz udziału specjalistów w danych dziedzinach, stąd wspomniane ograniczenia.

Analiza mineralogiczna. W celu zobrazowania metodycznego podejścia do rozwiązywania zagadnień genetycznych lessów poprzez analizę mineralogiczną, autorzy posłużyli się kilkoma wybranymi przykładami lessów z obszaru Polski i Ukrainy (ryc. 1), reprezentujących dobrze udokumentowane stratygraficznie profile (Chlebowski i in., 2002).

Szczegółowym badaniom w mikroskopie polaryzacyjnym poddano minerały przezroczyste w preparatach prosz-

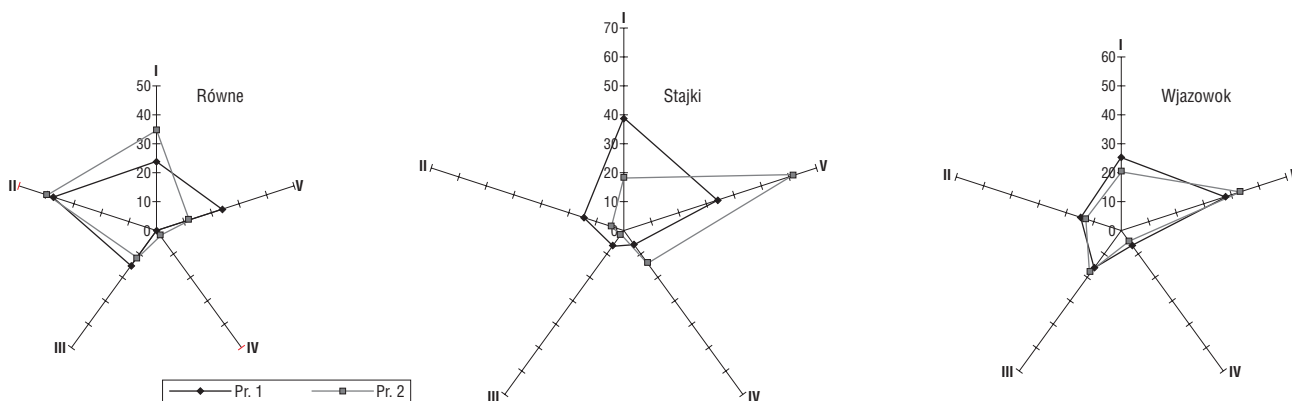
kowych wykonanych w balsamie kanadyjskim, zarówno dla frakcji ciężkiej, jak i lekkiej. Zawartości procentowe zidentyfikowanych minerałów przezroczystych, podobnie jak zawartość grupy minerałów nieprzezroczystych dla wybranych przykładów próbek lessowych przedstawiono w tabeli 1. W większości badanych profili lessowych stwierdza się również występowanie węglanów, których autorzy nie omawiają w niniejszym artykule. Wspomnieć jednak należy, że w wielu badanych próbkach, głównie we frakcji lekkiej, obok węglanów są spotykane mikroskamieniałości (otwornice). Dotychczas nie były one szczegółowo opracowane, a w literaturze dotyczącej problematyki lessowej znajduje się zaledwie jedna wzmianka na temat ich obecności w lessach (Chlebowski & Lindner, 1975). Autorem wydaje się, że fakt obecności otwornic w lessach może mieć również ważne znaczenie dla celów interpretacyjnych, jak obecność najbardziej wskaźnikowych minerałów ciężkich, dlatego też są one obiektem odrębnego opracowania (Paruch-Kulczycka i in., 2002).

Dla dalszych porównań i interpretacji zidentyfikowane przezroczyste minerały ciężkie podzielono na 5 grup według zróżnicowanych kryteriów, tak aby w danej grupie obowiązywała jedna lub zespół cech skupiających wszystkie minerały o tych samych cechach, np. odporność na czynniki wietrzeniowe; pokrój i podatność na czynniki eoliczne (wywiewanie i transport eoliczny) lub inne cechy; grupę szóstą stanowią minerały nieprzezroczyste.

I tak: z punktu widzenia odporności poszczególnych minerałów przezroczystych na czynniki wietrzeniowe wyróżniono następujące główne grupy mineralne spośród minerałów ciężkich:

I — minerały najbardziej odporne na czynniki wietrzeniowe, które mogą odbywać w swej historii geologicznej wielokrotne redepozycje i brać udział w wielu cyklach sedimentacyjnych. W kolejności alfabetycznej są to: anataz, andaluzyt, cyrkon, dysten, monacyt, rutil, staurolit, turmalin, topaz, tytanit;

II — minerały odporne na czynniki wietrzeniowe, jednak w mniejszym stopniu niż minerały grupy I; zaliczono tu: apatyt, epidoty, granaty, sillimanit. Spośród tej grupy szczególną uwagę należy poświęcić granatom, które choć dość odporne na czynniki wietrzeniowe i transport (a więc czynniki fizyczne), to stosunkowo łatwo mogą ulegać korozji, a nawet całkowitej destrukcji na miejscu depozycji i już bez udziału jakiegokolwiek czynnika transportującego, gdy znajdują się w środowisku oddziaływania materii organicznej. Łatwo ulegają one wtedy korozji powierzchniowej,



Ryc. 3. Wykresy obrazujące zawartości grup I–V przezroczystych minerałów ciężkich w dwóch próbkach w wybranych stanowiskach lessowych z obszaru Ukrainy

Fig. 3. Graphs with the content of groups I–V of transparent heavy minerals in two samples from selected loess sites in Poland

a nawet całkowitej destrukcji, nie pozostawiając po sobie pseudomorfoz. Bez uwzględnienia tego specyficznego czynnika analizowanie ich udziału ilościowego w badanej próbce, czy profilu, może prowadzić do błędnych wniosków, gdyż stwierdzona ilość granatów nie musi odpowiadać faktycznemu ich udziałowi wśród minerałów ciężkich, co z kolei prowadzi do błędnych interpretacji i wniosków.

III — minerały mało odporne na czynniki wietrzeniowe (zwłaszcza wietrzenie fizyczne), znacznie mniej odporne w porównaniu z grupami I i II i najłatwiej ulegające rozkruszaniu ze względu na swoje predyspozycje krystalograficzne wyrażone doskonałą, kilkukierunkową i krzyżującą się łupliwością; są to: amfibole i pirokseny;

IV — minerały najmniej odporne na wietrzenie zarówno fizyczne, jak i chemiczne — zaliczono tu glaukonit, który ze względu na swą agregatową budowę ulega dość łatwemu rozpadowi na drobniejsze fragmenty, a do tego bardzo łatwo ulega procesom utleniającym i rozkładowi ze względu na bogatą zawartość żelaza i wody w swoim składzie chemicznym. Mineral ten jest wyjątkowo przydatny w interpretacjach odnośnie do źródeł materiału wywiejanego w procesach eolicznych. Występuje on bowiem w ściśle określonych skałach osadowych pochodzenia morskiego (jeśli chodzi o pierwotne złożę jego występowania) lub w ściśle określonych skałach okrucowych (jeśli występuje on na złożu wtórnym). Zwiertzeliny tych skał są jedynym źródłem występowania glaukonitu na złożu pierwotnym, natomiast na złożu wtórnym mogą występować np. w glinach morenowych, zapewniającym jego udział w materiale lessotwórczym, jednak tylko w ściśle określonych rejonach i stąd wyjątkowo znacząca wartość interpretacyjna tego minerału.

V — grupa minerałów wyodrębniająca się spośród wszystkich przezroczystych minerałów ciężkich swym pokrojem tabliczkowym — blaszkowym, występując w formie pakietów lub pojedynczych blaszek, co powoduje że są one wyjątkowo podatne na wywiewanie i transport

eoliczny. Zaliczono do tej grupy minerały o takim właśnie pokroju, tj. łyszczyki: biotyt i muskowitz oraz chloryt. Ze względu na kulisty pokrój i agregatową budowę nie jest zaliczany do tej grupy glaukonit, który należy wprowadzić ze względów krystalograficznych i strukturalnych do łyszczyków (podgrupa łyszczyków zwyczajnych), zasadniczo różniąc się jednak od wszystkich łyszczyków głównie pokrojem;

VI — grupa minerałów nieprzezroczystych, zwykle dominująca pod względem ilościowym we frakcji minerałów ciężkich, jednak ze względów metodycznych nie jest powszechnie szczegółowo badana, gdyż niewystarczającym jest mikroskop polaryzacyjny i wymaga zastosowania specjalistycznych metod badawczych.

Proponowana przez autorów prezentacja graficzna zawartości minerałów ciężkich w badanych lessach w swym pierwowzorze dotyczyła sześciu wydzielonych wyżej grup mineralnych, dla których techniką komputerową sporządzono radarowy wykres sześciowektorowy (osiowy) (Gozik i in., 2001).

Wykresy sporządzono dla dowolnego układu wektorów (osi) od I do VI, którym przyporządkowano kolejne grupy mineralne według numeracji od I do VI.

W następnej kolejności, po uzyskaniu pewnych doświadczeń, autorzy zdecydowali się czasowo zrezygnować z wektora VI (minerały nieprzezroczyste) ze względów przedstawionych wyżej i posługują się wykresami pięciowektorowymi.

Jedyną zasadą jest utrzymanie takiej samej kolejności wektorów (z przyporządkowanymi im grupami mineralnymi) dla wszystkich analizowanych profili, co zapewnia porównywalność wykresów.

W celach porównawczych autorzy przekonstruowali dwa z kilkunastu wykresów sześciowektorowych na pięciowektorowe dla wybranych profili dorzecza Dniepru, a następnie wszystkie dalsze wykresy zostały sporządzone dla pięciu wektorów (ryc. 2, 3).

Tab. 1. Skład przezroczystych minerałów ciężkich w [%] (próbki 1 i 2) w wybranych lessach z obszaru Polski i Ukrainy

Table 1. Content of transparent heavy minerals [%] (samples 1 and 2) in selected loess sites from Poland and Ukraine

Minerały	Tlumaczów		Kwaskowa Góra		Hrubieszów		Równe		Stajki		Wjazowok		Grupy mineralne
	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 1	Pr. 2	
Anataz	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,5	0,9	0,1	0,0	0,1	0,1	I
Andaluzyt	0,0	0,0	0,3	0,6	0,2	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
Cyrkon	9,0	10,8	9,6	12,0	6,0	6,5	8,0	14,0	10,0	7,5	9,0	9,5	
Dysten	0,0	0,1	1,2	1,2	0,3	0,4	1,6	2,2	7,0	3,0	6,0	3,5	
Monacyt	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	
Rutyl	3,5	4,4	5,4	6,0	2,3	2,0	7,8	8,0	16,0	5,0	7,0	5,5	
Staurolit	0,1	0,0	1,7	1,8	0,8	0,9	1,9	4,3	2,0	0,1	1,5	1,0	
Turmalin	1,0	1,0	2,6	3,4	1,7	2,0	3,5	4,5	3,5	2,5	1,5	0,5	
Topaz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Tytanit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Epidoty	3,5	1,7	10,4	5,7	3,0	3,0	6,2	8,0	1,0	0,5	1,5	0,5	II
Granaty	12,0	7,4	22,4	40,5	10,5	6,8	30,8	31,3	13,5	4,0	13,0	12,5	
Sillimanit	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	
Apatyt	0,5	0,0	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	III
Amfibole	8,5	3,3	22,6	16,5	6,3	6,0	14,5	10,2	4,5	1,5	14,0	16,5	
Pirokseny	5,0	1,0	0,9	1,4	0,4	0,4	0,5	1,3	2,0	0,1	2,0	1,5	IV
Glaukonit	5,0	3,0	1,4	1,8	0,5	0,2	0,1	2,0	6,0	14,0	6,5	5,0	
Biotyt	19,0	19,0	4,5	2,4	7,5	12,3	6,5	3,2	13,0	23,0	4,5	8,0	V
Chloryt	6,0	10,5	0,8	0,7	6,6	7,0	2,7	0,6	1,0	1,5	0,1	0,1	
Muskowitz	26,0	36,6	15,6	4,6	53,0	52,0	14,5	8,0	20,0	37,0	33,0	35,0	
Min. nieoznaczone	0,8	1,0	0,1	0,3	0,4	0,2	0,3	0,7	0,2	0,3	0,1	0,7	VI
Min. nieprzezr.— zaw. w frakcji ciężkiej [%]	76,0	62,0	18,0	19,0	25,0	23,0	22,0	39,0	44,0	21,0	30,0	25,0	

Na każdej rycinie są przedstawiane dwa wykresy dla każdego profilu, gdyż w celu wyeliminowania przypadkowości przy pobieraniu próbek do badań zaleca się pobieranie po 2 próbki z badanego profilu lessowego, tak aby były one pobierane poniżej poziomów wietrzeniowych (co najmniej 1,5 m od powierzchni terenu) oraz w odstępach ok. 1,5–2,5 m między próbkami. Z powyższych względów do badań nie były kwalifikowane te profile lessowe, których miąższość nie przekraczała 2–3 m miąższości

Na ogół wykresy dla obu próbek danego profilu są podobne do siebie, co stanowi swego rodzaju samokontrolę badawczą, natomiast gdy są w jakimś stopniu różne lub znacząco różne — jest to powód do zastanowienia się dlaczego takie różnice występują? Zaleca się w takich przypadkach powtórne pobranie próbek do badań (ewentualnie zwiększenie ich ilości) i ponowne ich przeanalizowanie.

Prezentacja graficzna zawartości wydzielonych grup mineralnych w poszczególnych lessach pozwala obrazowo określić charakterystyczne tendencje zarówno dla całej próbki jak i dla poszczególnych wektorów na wykresach.

I tak: wektory I i II charakteryzują nam zawartości grup minerałów najbardziej odpornych i odpornych na wietrzenie. Z kolei wektory III i IV charakteryzują udział minerałów z grup mało odpornych i najmniej odpornych na wietrzenie, natomiast wektor V reprezentuje grupę minerałów blaszkowych najbardziej podatnych na wywiewanie i transport eoliczny.

Duże wartości wektorów I i II mogą oznaczać, że lessy reprezentowane przez daną próbkę mogły powstawać przy znacznym udziale materiału zwietrzelinowego pochodzącego z rozkładu skał magmowych i metamorficznych. Znaczne ich zawartości zwykle znajdują się w utworach wodnolodowcowych, a obszarem alimentacyjnym mogły być tereny pokryte glinami morenowymi i innymi utworami pochodzenia lodowcowego.

Wektor III ilustrujący zawartości minerałów mało odpornych na wietrzenie (amfibole i pirokseny) sugeruje z kolei, że wymienione wyżej utwory pochodzenia lodowcowego mogą występować w niezbyt odległych miejscach od badanych lessów. Zatem wektor III może być nazwany wektorem „lokalności materiału”, co mogłoby oznaczać, iż lokalnie występujące skały i ich zwietrzliny zasobne w minerały mało odporne na czynniki wietrzeniowe mogły być źródłem dla tych minerałów obecnych w lessach. Świadczy to, że materiał lessotwórczy zawierający znaczące ilości minerałów mało odpornych na wietrzenie był pobierany przez wiatr nieopodal i transportowany na niezbyt duże odległości.

Podobne znaczenie i cechy wykazuje wektor IV oznaczający zawartość glaukonitu w lessach. Mineral ten wyjątkowo dobrze nawiązuje do lokalnych źródeł materiału zwietrzelinowego zarówno ze względu na swój kolisty pokrój i niezbyt znaczną podatność na transport eoliczny, jak też dość dużą podatność na czynniki wietrzeniowe. Udział tego minerału w składzie mineralnym lessów świadczy o bardzo bliskich źródłach materiału zwietrzelinowego skał osadowych, w których składzie pierwotnym występował.

Wektor V został nazwany roboczo wektorem „eolicznym” z tego względu, że wykazuje zawartości minerałów blaszkowych, a więc bardzo podatnych na wywiewanie i transport eoliczny. Szczególnie wraz z wektorami IV i III, wektor ten jest bardzo przydatny w określaniu kierunków transportu materiału, a więc kierunków wiania wiatrów lessotwórczych.

Dla potrzeb niniejszego artykułu, autorzy przedstawiają cytowane wykresy wyłącznie jako ilustracje proponowanej metody prezentacji zawartości składu minerałów ciężkich w lessach nie dokonując tu szczegółowych interpretacji genetycznych. Interpretacje odnośnie do obszarów alimentacyjnych i kierunków transportu materiału lessotwórczego poszczególnych obszarów lessowych autorzy przedstawiają w cytowanych na wstępie współautorskich opracowaniach.

Wnioski

Prezentując przykładowo sześć wykresów dla wybranych profili lessowych z Polski i Ukrainy (ryc. 2, 3) można dość łatwo z nich wywnioskować następujące tendencje:

— lessy z Tłumaczowa (Sudety Środkowe) i Hrubieszowa (wschodnia część Wyżyny Lubelskiej) znane z literatury i uznane za najbardziej typowe lessy, charakteryzują się największym udziałem minerałów blaszkowych, wyznaczających bardzo silny wektor V „eoliczny”;

— lessy z Kwaskowej Góry (zachodnia część Wyżyny Lubelskiej) i Równego (wschodnia część Wyżyny Wołyńskiej) najbardziej zasobne w grupy mineralne umieszczone na wektorach I i II, nawiązują do zwietrzelin utworów morenowych i wodnolodowcowych lub wprost do zwietrzelin tych skał, dostarczających obfitych zwietrzelin skał magmowych i metamorficznych, zasobnych w minerały najbardziej odporne na wietrzenie. Również skały te są zazwyczaj zasobne w minerały grupy III, czyli mniej odporne na czynniki wietrzeniowe (amfibole i pirokseny), które są bardzo dobrym wskaźnikiem lokalności materiału. Wskazują one na bliskie sąsiedztwo występowania zwietrzelin wyżej wymienionych skał w stosunku do obu wspomnianych profili lessowych, a w konsekwencji na krótki transport materiału lessotwórczego.

— lessy dorzecza Dniepru reprezentowane przez profile Stajki i Wjazowok charakteryzują się zawartością zarówno grup mineralnych nawiązujących do zwietrzelin utworów morenowych i wodnolodowcowych (wektory I, II, III i V), jak i skał osadowych zasobnych w glaukonit (wektor IV).

Szczególnie znaczenie mają tu wektory III i IV o wymowie „lokalności” obszarów źródłowych dostarczających składników mineralnych o małej odporności na wietrzenie, natomiast bardzo wyrazisty wektor V — „eoliczny” potwierdza typowo eoliczne cechy badanych profili lessowych.

— analiza prezentowanych wykresów dla lessów występujących na dużej przestrzeni (Sudety Środkowe na zachodzie i dorzecze Dniepru na wschodzie) wykazuje wyraźne zróżnicowanie i różne proporcje wyróżnionych grup mineralnych w poszczególnych profilach lessowych.

Jest to spowodowane wpływem lokalnych różnicowań budowy geologicznej, a więc skał macierzystych i ich zwietrzelin na skład mineralny lessów.

Autorzy poczuwają się do miłego obowiązku podziękowania anonimowemu recenzentowi za życzliwe i merytorycznie słuszne uwagi krytyczne, które zostały przez autorów uwzględnione z korzyścią dla ostatecznego kształtu niniejszego artykułu.

Literatura

- CHLEBOWSKI R. & LINDNER L. 1975 — Wpływ podłoża na skład minerałów ciężkich głównych wysp lessowych NW części Wyżyny Małopolskiej. *Acta Geol. Pol.*, 25: 163–178.
- CHLEBOWSKI R. & LINDNER L. 1992 — ródła materiału i warunki akumulacji lessów młodszych Wyżyny Małopolskiej. *Biul. Geol. UW*, 32: 13–50.
- CHLEBOWSKI R., GOZIK P. & LINDNER L. 2000 — Wstępna charakterystyka porównawcza lessów młodszych górnych Wyżyny Małopolskiej (Polska) i dorzecza środkowego Dniepru (Ukraina) na podstawie badań mineralogicznych. *Biul. Państw. Geol.*, 293: 1–19.
- CHLEBOWSKI R., LINDNER L. & GOZIK P. 2001 — Genetic interpretation of mineral composition of bugsky loess for Middle Near-Dnieper. *Geol. Żur.*, 4: 15–18.
- CHLEBOWSKI R., CISZEK G. & JARY Z. 2001 — Charakterystyka lessów z Tłumaczowa (Sudety środkowe). *Mat. XI Sem. Korelacja stratygraficzna lessów i utworów lodowcowych Polski i Ukrainy*. Wrocław–Jarnołtówek: 41–48.
- CHLEBOWSKI R., LINDNER L., BARCZUK A., BOGUCKI A., GOZIK P., ŁANCZONT M. & WOJTANOWICZ J. 2002 — Warunki akumulacji lessów młodszych górnych Wyżyny Lubelskiej (Polska) i Wyżyny Wołyńskiej (Ukraina) na podstawie badań mineralogicznych. [In:] *Mat. II Świętokrz. Spotk. Geol.-Geomorf. nt. Peryglacjał plejstoceniński w osadach i rzeźbie obszaru Polski*. Jodłowy Dwór, 9–11.05.2002.
- GOZIK P., CHLEBOWSKI R. & LINDNER L. 2001 — New graphic interpretation of the mineral composition of the bug loess (late vistulian) from the middle Dnieper drainage basin (Ukraina). [W:] *The Ukraine Quaternary Explored: the Middle and Upper Pleistocene of the Middle Dnieper Area and its importance for the East-West European correlation*.
- KENIG K. 1997 — Mikrorzeźba powierzchni ziarn kwarcu z lessów. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 65: 1–53.
- KOTARBIŃSKI J., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. & WORONKO B. 2001 — Wybrane cechy sedimentologiczne osadów ułatwiające ich podział stratygraficzny, na przykładzie otworu Galumin 1. *Prz. Geol.*, 48: 1030–1034.
- KRZOWSKI Z. 1993 — Trzeciorzędowe osady glaukonitowe na Wyżynie Lubelskiej w świetle geochronologii izotopowej glaukonitu. *Pr. Nauk. Polit. Lubelskiej*, 231: 1–171.
- ŁANCZONT M. & WILGAT M. 1993 — Zróżnicowanie lessów Karpackich w okolicy Przemyśla w świetle badań minerałów ciężkich. *Ann. UMCS. Sec. B*, 49: 81–99.
- MARUSZCZAK H. & RACINOWSKI R. 1976 — Dynamika akumulacji eolicznej lessu młodszego w okolicy Lublina w świetle badań uziarnienia i składu minerałów ciężkich. *Biul. Inst. Geol.*, 297: 211–225.
- PARUCH-KULCZYCKA J., CHLEBOWSKI R. & LINDNER L. 2002 (w druku) — Szczątki mikroskamieniałości morskich w lessach z ostatniego zlodowacenia i ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów lessotwórczych w plejstocenie środkowowschodniej Europy. *Geol. Quart.*
- POCHOCKA-SZWARC K., MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. & WORONKO B. 2001 — Nowe spojrzenie na stratygrafię czwartorzędu w otworze Olszewo Węgorzewskie oparte na analizie wybranych cech teksturalnych i mineralno-petrograficznych osadów. *Prz. Geol.*, 49: 1078–1082.
- RACINOWSKI R. 1976 — Uwagi o składzie minerałów ciężkich lessów lubelskich i przemyskich. *Biul. Inst. Geol.*, 297: 227–244.