

Z BADAŃ MINERALOGICZNYCH NAD LESSEM ZE ZWIERZYŃCA W KRAKOWIE

UKD 552.524.08:549.623:549.905(438.311.1 Zierzyniec)

FRAKCJE UZYSKANE Z LESSU ZE ZWIERZYŃCA PRZEZ
ROZDZIELANIE WEDŁUG WIELKOŚCI ZIARN

Fracja o wielkości ziarn w μ	% wag.		
	Próbka 3	Próbka 5	Próbka 6
>2	5,09	4,84	5,59
2—10	9,34	7,63	8,27
10—25	18,82	13,08	18,26
25—50	33,30	38,26	34,23
50	33,44	36,19	33,64

W pracy przedstawiono wyniki badań mineralogicznych lessu z odsłonięcia, które usytuowane jest w południowo-zachodniej części Krakowa, w widłach Wisły i Rudawy. Stratygrafię i opis tego lessu przedstawił L. Sawicki (11). Na jurajskim wapieniu skalistym zalegają kolejno: cienka warstwa ilów młoczeńskich i utworów piaszczystych oraz less. Wśród lessów wyróżniono dwa poziomy: less dolny i górny, podzielone poziomem gleby kopalnej. Młodszy less górny osiąga w omawianym profilu miąższość około 7 m. Według L. Sawickiego jest to typowy szarżółty, wapienisty less subarealny ze słabo zaznaczającym się w spągu warstwowaniem, a jego powstanie wiąże on ze zlodowaceniem środkowopolskim. W profilu wyróżnia 6 poziomów soliflukcyjnych, z których najlepiej jest rozwinięty V poziom. A. Jahn (3) wyraża natomiast pogląd, że akumulacja lessu górnego związana jest z ostatnim glacialem, a horyzont V przekroju odpowiada fazie między Brorupem a Paudorfem. Badania petrograficzne nad lessiem ze Zwierzyńca podjęli J. Tokarski et al. (16). Dotyczyły one głównie składu granulometrycznego, chemicznego i mineralnego. Autorzy ci podjęli również próbę ustalenia składu mineralnego frakcji ilastej uproszczoną metodą termicznej analizy wagowej.

Celem niniejszej pracy jest określenie składu mineralnego lessu ze Zwierzyńca przy zastosowaniu nowoczesnych metod badań, a zwłaszcza zespołu minerałów ilastych i skałeni oraz próba wyróżnienia w tej skale minerałów autogenicznych. Do badań pobrano próbki z profilu lessu młodszego, górnego (ryc. 1). Ponieważ odpowiadają one próbkom nr 3, 5 i 6 z pracy J. Tokarskiego et al. autorzy zachowali w tym opracowaniu tę samą numerację.

Geneza lessów i kryteria pozwalające odróżnić lessy od skał lessopodobnych stanowią ciągle przedmiot wielu kontrowersyjnych dyskusji. Badania składu mineralnego tych skał, a ostatnio morfologii powierzchni ziarn kwarcu z zastosowaniem elektronowej mikroskopii skaningowej dostarczają cennego materiału do dalszych konstruktywnych rozważań na temat genezy tych skał.

METODY BADAŃ

Przeznaczone do badań mineralogicznych próbki lessu rozdzielano sedymentacyjnie w nieruchomym medium na frakcje według wielkości ziarn (szybkości ich opadania w wodzie). Udział procentowy wydzielonych frakcji dla próbek 3, 5 i 6 zestawiono w tabeli.

Badania rentgenograficzne wykonano metodą prozkową DSH za pomocą dyfraktometru TUR-M-61. Stosowano promieniowanie CoK α (monochromatyzowane filtrem Fe) i licznikową technikę rejestracji. Z frakcji minerałów ilastych sporządzono preparaty orientowane przez sedymentowanie materiału na płaskie płytki szklane. Preparaty te poddawano także kompleksowaniu z gliceryną.

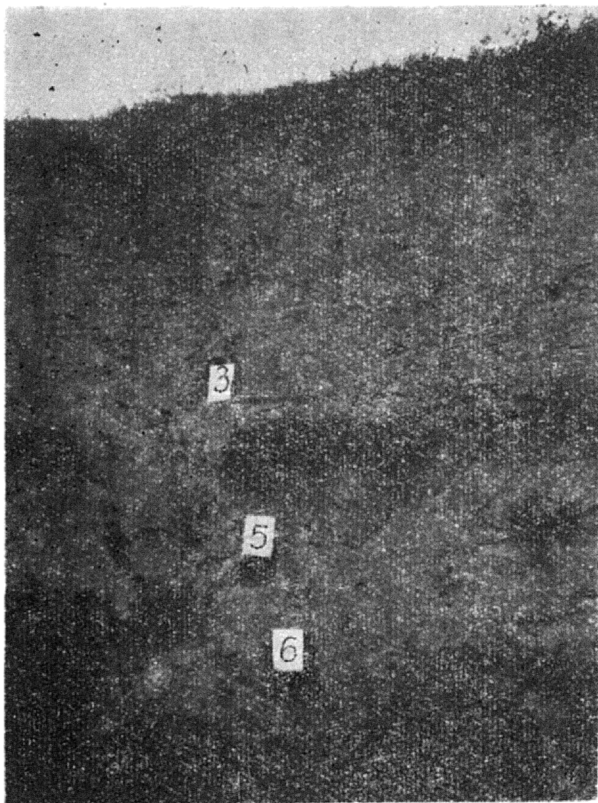
Badania spektrograficzne w podczerwieni wykonano na spektrometrze UR-10 (C. Zeiss) stosując preparaty w postaci pastylek sprasowanych z KBr. Widma absorpcyjne rejestrowano w zakresie liczb falowych 400—1800 i 2800—3800 cm^{-1} .

Obserwacjom mikroskopowym w świetle przechodzącym poddano płytki cienkie oraz preparaty proszkowe z wydzielonych frakcji ziarnowych i frakcji wzbogaconych w skałenie.

WYNIKI BADAŃ MINERALOGICZNYCH

Kwarc, główny składnik lessów, jest minerałem któremu w dotychczasowych badaniach tych skał poświęcono najwięcej uwagi. Skład granulometryczny lessu ze Zwierzyńca, determinowany głównie przez kwarc, został opracowany przez J. Tokarskiego et al. (16). Zwraca uwagę duży udział kwarcu nawet we frakcjach o wielkości ziarn 2—10 μ , a także, choć już mniejszy, we frakcjach o ziarnach <1 μ . Zmniejszający się udział kwarcu w poszczególnych frakcjach ziarnowych ujawnia się na dyfraktogramach próbki nr 6 (ryc. 2). Ziarna kwarcu są słabo obtoczone, a tylko nieliczne największe ziarna tego minerału odznaczają się dobrym obtoczeniem i wysoką kulistością. Badając inkluzje i wrostki w tych ziarnach wyróżniono:

- 1) ziarna kwarcu z inkluzjami ciekłymi i gazowymi zwykle rozmieszczonymi strefowo,



Ryc. 1. Fragment odkrywki lessu ze Zwierzyńca. Cyframi oznaczono miejsca pobrania próbek.

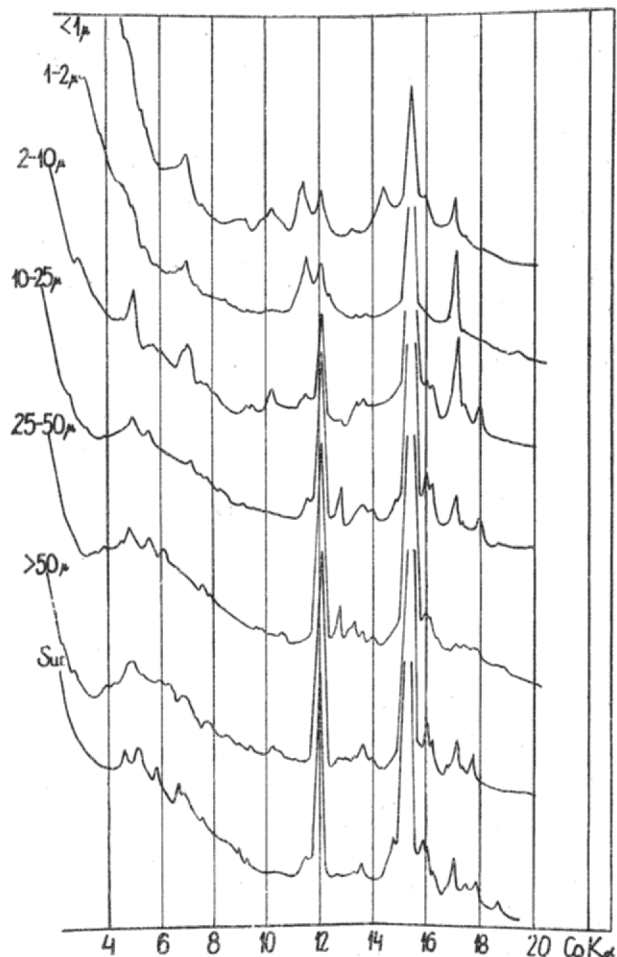
Fig. 1. Fragment of exposure of loesses at Zwierzyńec. Numbers represent sampled points.

- 2) ziarna z wrostami minerałów przeźroczystych i nieprzeźroczystych,
- 3) ziarna kwarcu i wrostków.

Najliczniej reprezentowane są ziarna typu 1 i 3, ponadto we frakcjach o grubszych ziarnach stwierdzono niewielkie ilości chalcyonu.

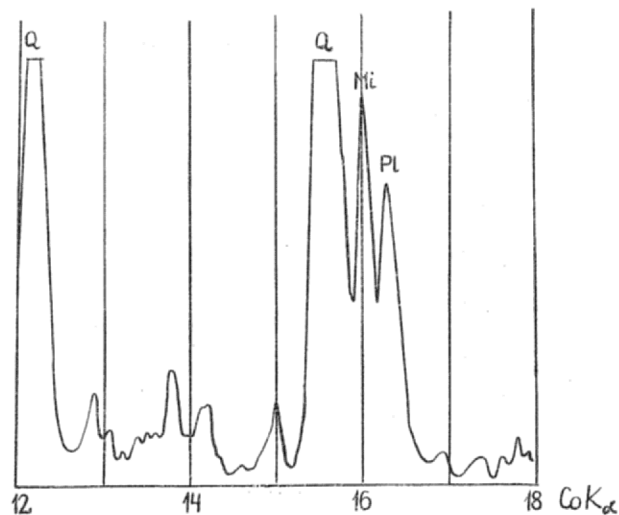
Skalenie. Obecność tych minerałów w lessie ze Zwierzyńca zaznacza się już na dyfraktogramie próbki surowej (ryc. 2), a wyraźnie na dyfraktogramach wydzielonych frakcji o ziarnach $>10\ \mu$ charakterystycznymi refleksami o wartościach $d_{hkl} = 3,19$ i $3,44\ \text{\AA}$. Do badań przeznaczono frakcję o najgrubszych ziarnach, usuwając z niej uprzednio węglany i ciężkie minerały. Frakcję tę rozdzielono w gradientowych kolumnach z cieczami ciężkimi, wykorzystując różnicę gęstości właściwej kwarcu, K-skali i plagioklazów. Uzyskany koncentrat skaleniowy badano rentgenograficznie i mikroskopowo. Na dyfraktogramach rentgenowskich zaznaczają się wyraźnie refleksy K-skali i plagioklazów (ryc. 3). Obecność niskotemperaturowych odmian K-skali potwierdzono badaniami spektrofotometrycznymi w podczerwieni i mikroskopowymi (ryc. 4). Badaniami mikroskopowymi potwierdzono natomiast obecność plagioklazów (ryc. 5). Stan zachowania skali jest bardzo dobry. Zmiany wtórne zaznaczają się tylko w niewielkim stopniu i zwykle w plagioklazach. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że udział skali w badanych próbkach nie przekracza kilku procent, a ze stosunku intensywności najsilniejszych refleksów na dyfraktogramach rentgenowskich wynika, że K-skali jest więcej niż plagioklazów.

Minerały ilaste i lyszczki. Ponieważ minerały te koncentrują się we frakcjach o najdrobniejszych ziarnach omówiono je łącznie. Identyfikację minerałów ilastych oparto głównie na wynikach badań rentgenograficznych. Jako pomocnicze zastosowano metody mikroskopowe i spektrofotometryczne w podczerwieni.



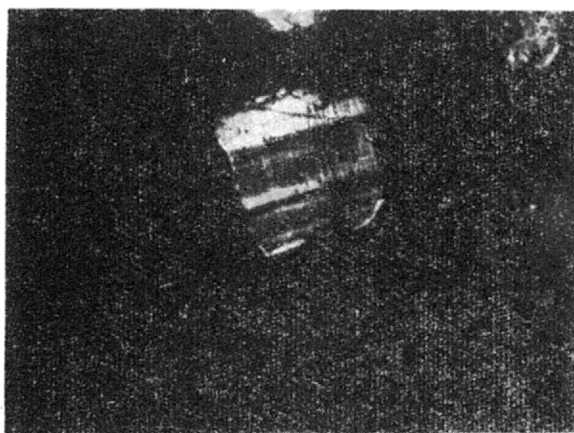
Ryc. 2. Dyfraktogramy rentgenowskie próbki surowej (Sur.) oraz wydzielonych frakcji ziarnowych lessu.

Fig. 2. X-ray diffractograph of raw sample (Sur.) and particular grain fractions of loess.



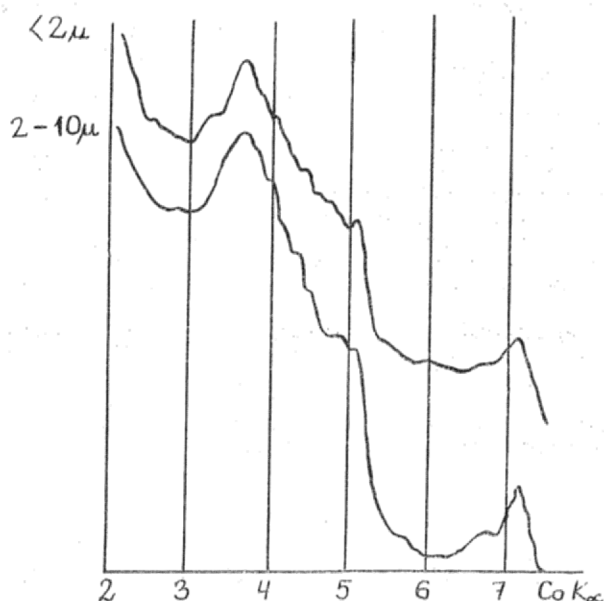
Ryc. 3. Dyfraktogram rentgenowski koncentratu skaleniowego (Mi — mikroklin, Pl — plagioklaz, Q — kwarc).

Fig. 3. X-ray diffractograph of feldspar concentrate (Mi — microcline, Pl — plagioclase, Q — quartz).



Ryc. 4. Ziarno mikroklinu. Nik. X, pow. 400 X.

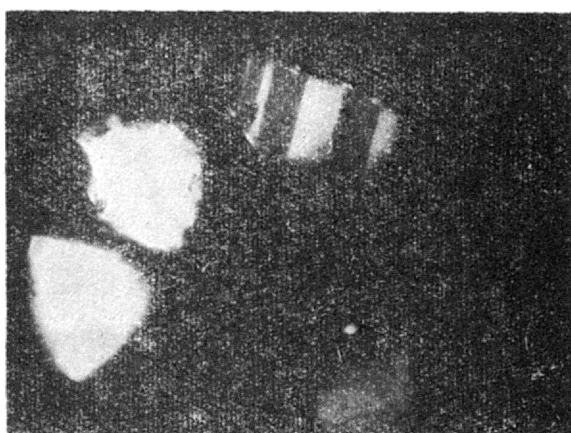
Fig. 4. Microcline grain. Crossed nicols, X 400.



Ryc. 6. Niskokątowe zakresy obrazów dyfrakcyjnych frakcji o wielkości ziarn 10—2 μ i < 2 μ.

Fig. 6. Low-angle ranges of diffractograph images of grain fractions 10—2 and < 2 μ.

Stwierdzono obecność illitu, montmorylonitu, kaolinitu i minerałów ilastych o strukturach mieszanych. Łyszczyki reprezentowane są głównie przez muskowit, a biotyt występuje sporadycznie. Identyfikację wymienionych faz oparto głównie na niskokątowych refleksach podstawowych 001, ponieważ nie nakładają się one na refleksy towarzyszących im minerałów, głównie kwarcu, skaleni i węglanów. Dyfraktogramy rentgenowskie (dla zakresu 2—7 Θ) frakcji o ziarnach < 10 μ przedstawiono na ryc. 6. W omawianym zakresie niskokątowym dominuje szerokie pasmo wskazujące na obecność minerałów z grupy montmorylonitu, o wartościach d_{hkl} 12,5 — 16 Å z maksimum intensywności około 14 Å. Kompleksowanie z gliceryną spowodowało zwiększenie się odległości międzypłaszczyznowych i przesunięcie podstawowego refleksu montmorylonitu do około 18,0 Å. Na dyfraktogramach próbek glicerynowych nie pojawił się podstawowy refleks chlorytu, co wskazuje, że maksimum 14,1 Å związane jest wyłącznie z montmorylonitem. Słabe i rozmyte refleksy w zakresie d_{hkl} 10 — 12 Å wskazują



Ryc. 5. Ziarna plagioklazu i kwarcu. Nik. X, pow. 400 X.

Fig. 5. Plagioclase and quartz grains. Crossed nicols, X 400.

na obecność illitu i niewielkich ilości minerałów o strukturach mieszanych illitowo-montmorylonitowych. Obecność kaolinitu sygnalizuje poszerzony refleks podstawowy o wartości około 7 Å. Refleks ten zaznacza się we wszystkich frakcjach o ziarnach < 25 μ . W badanych frakcjach zawartość kaolinitu jest mniejsza niż illitu i montmorylonitu. Minerale łyszczykowe stanowią, obok montmorylonitu, główną masę frakcji o najdrobniejszych ziarnach. Obecność tych minerałów potwierdzono badaniami rentgenowskimi i mikroskopowymi.

Minerały węglanowe. Ich obecność stwierdzono badaniami mikroskopowymi, rentgenograficznymi i spektrograficznymi w podczerwieni. Obecnie są one w postaci drobnych agregatów lub jako pojedyncze ziarna o wielkości od kilku do kilkudziesięciu mikronów. Stwierdzono także większe nagromadzenie minerałów węglanowych w postaci kukielek lessowych, o wielkości od ułamków milimetra do kilku centymetrów. Minerale te są reprezentowane głównie przez kalcyt, a tylko podrzędnie przez dolomit.

Minerały ciężkie wydzielono z próbek trawionych uprzednio w 5% HCl i szlamowanych w celu usunięcia minerałów ilastych. Wydzielanie frakcji ciężkiej przeprowadzono w bromoformie. We wszystkich przebadanych próbkach lessu udział ciężkich minerałów jest niewielki i waha się w granicach od 0,04% wag. w próbce 3, do 0,10% wag. w próbkach 5 i 6. Składnikami głównymi są minerały nieprzeźroczyste (30—40% obj.), cyrkon (20—26%) i granaty (14—16%). W znacznie mniejszych ilościach obecne są: rutil, turmalin, dyستن, hornblenda, biotyt, staurolit i andaluzyt. Wobec niewielkich ilości minerałów ciężkich główna masa żelaza w badanych próbkach lessu związana głównie jest w getycie. Na obecność tego minerału wskazuje żółte zabarwienie skały. Getyt, jak w większości tego typu młodych skałach, jest słabo skryształizowany, co utrudnia jego identyfikację metodami fazowymi. Obecność tego minerału potwierdza słaby refleks na dyfraktogramach rentgenowskich o wartości $d_{hkl} = 4,17$ Å.

PODSUMOWANIE

Pokrywy lessowe występujące w Polsce były przedmiotem badań wielu geologów i geografów. W literaturze przeważa problematyka stratygraficzna, znaczną ilość prac poświęcono zagadnieniom geologiczno-inżynierskim i technologicznym (4, 7, 8), a natomiast stosunkowo niewielu badaczy podjęło analizę mineralogiczno-petrograficzną tych skał (1, 6, 16). Ostatnio podjęto próbę całościowego ujęcia zagadnień stratygraficznych związanych z lessem polskim (9). W literaturze światowej zwraca uwagę wzrost ilości prac dotyczących mineralogii i genezy tych skał (2, 13, 14, 15, 18).

Wielu autorów uważa, że najbardziej charakterystyczną cechą lessu jest wysoki udział drobnych ziarn kwarcu z przewagą ziarn o wielkości 10–50 μ . W omawianym lessie ze Zwierzynicy frakcje o tej wielkości ziarn stanowią ponad 52% wag. (tab.). Z danych przedstawionych przez J. E. Mojskiego (9) wynika, że w lessie Wyżyny Lubelskiej i innych regionów Polski udział tej charakterystycznej klasy ziarnowej jest podobny. W badanym lessie obtoczenie ziarn jest na ogół słabe, choć zdarzają się także ziarna dobrze obtoczone. Innym kryterium różnicującym ziarna kwarcu jest obecność wrostków i inkluzji: stwierdzono ziarna bez wrostków, z wrostkami minerałów oraz z licznymi inkluzjami ciekłymi i gazowymi. Ten ostatni rodzaj ziarn (tzw. kwarc mleczny) jest dość licznie reprezentowany. Liczne nierówności powierzchni wielu ziarn kwarcu w lessach stwierdzone przez J. Butryma (1) należy może przypisać obecności takich ciekłych i gazowych inkluzji. Badania morfologii powierzchni ziarn kwarcu wykonane za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego przez J. Cegłę et al. (2), między innymi i na próbkach lessu ze Zwierzynicy, wykazały obecność licznych nierówności, które autorzy ci interpretują jako przejawy chemicznego wietrzenia kwarcu. Zdaniem autorów niniejszego opracowania podobnym charakterem powierzchni mogą się odznaczać ziarna kwarcu mlecznego, które są zwykle nieco większe od pozostałych ziarn tego minerału. Ponieważ różnią się one mniejszym ciężarem objętościowym (inkluzje) i bardziej rozwiniętą powierzchnią (nierówności) mogły więc być unoszone przez wiatr wraz z mniejszymi ziarnami tego minerału, w których brak ciekłych i gazowych inkluzji.

Udział skaleni w badanych próbkach lessów jest niewielki i sięga kilku procent. Podobnie niewielką zawartość skaleni stwierdzono w lessach Wyżyny Lubelskiej (6) oraz w większości lessów europejskiej części ZSRR, aczkolwiek wśród niektórych lessowych osadów Krymu skalenie stanowią około 45% frakcji lekkiej (10). Mały udział skaleni w składzie lessu ze Zwierzynicy przy równoczesnym braku objawów wietrzenia tych minerałów wskazuje, że osad macierzysty, z którego materiał został przetransportowany, był już wcześniej zubożony w skalenie. Obserwowany brak większych objawów wietrzenia skaleni rzutuje w pewnym stopniu na pochodzenie minerałów ilastych. W badanym lessie stwierdzono montmorylonit, illit, przerosty illitowo-montmorylonitowe i kaolinit. Podobny skład minerałów ilastych stwierdzono w utworach lessowych dolnego biegu Donu (12). Mając na uwadze dobry stan zachowania skaleni w badanym lessie wydaje się, że przynajmniej część minerałów ilastych, a zwłaszcza kaolinit, zostały przytransportowane. Illit, montmorylonit oraz przerosty tych minerałów mogły w znacznej mierze utworzyć się in situ w wyniku wietrzenia najdrobniejszych łyszczyków. O kierunkach takich przeobrażeń informuje w pewnym stopniu skład frakcji ilastej gleb kopalnych stanowiących wkładki w wielu profilach lessowych (17).

Przyjmując pewną określoną siłę nośną wiatru wydaje się, że istnieją trzy możliwe sposoby transportowania minerałów ilastych: 1) w postaci agregatów; 2) w postaci pseudomorfoz po skaleniach; 3) w postaci drobnych agregatów przyłączonych do większych ziarn kwarcu lub otoczek utworzonych wokół tych ziarn. Zdaniem I. J. Smalleya (13) bezpośrednim źródłem materiału lessowego był osad wyprowadzony z obszaru lodowcowego i osadzony przez wody na terenach zastoiskowych. Raz wysuszony materiał ilasty ma skłonność do tworzenia trudno dyspergujących się agregatów minerałów ilastych, co autorzy potwierdzili badaniami w warunkach laboratoryjnych. W agregatach takich uczestniczyć mogą najdrobniejsze ziarna kwarcu oraz minerały węglanowe. Te ostatnie dodatkowo utrwalają agregaty ilaste spełniając rolę spoiwa. Przetransportowane wraz z masą ziarn kwarcu i osadzone mogą się one zachować albo też rozpaść wskutek rozpuszczania i migracji w osadzie węglanu wapnia. Migracja i redepozycja węglanu

wapnia w skałach lessowych nie ulega wątpliwości, czego dowodem są liczne konkretne zwane kukielkami lessowymi. Szeroko rozwinięte procesy migracji i rekrytalizacji węglanu wapnia w lessie ze Zwierzynicy skłaniają do stwierdzenia, że w obecnej formie jest on minerałem autogenicznym. Źródło minerałów węglanowych w lessach jest dyskusyjne (13). W badanym profilu nie obserwuje się ascencji węglanu wapnia z podścielających less wapieni, aczkolwiek nie można wykluczyć takiej możliwości.

Eoliczna geneza lessu ze Zwierzynicy nie budziła nigdy wątpliwości. Jest to typowy less pierwotny i jako taki może stanowić przedmiot badań nad mechanizmem powstawania tego rodzaju osadów. Mimo wielu dowodów na eoliczne pochodzenie lessów często jeszcze spotyka się poglądy autorów, którzy powstawanie tych skał przypisują szeroko rozwiniętym procesom in situ, tzw. lessyfikacji (5). Badania przy użyciu mikroskopu skaningowego ziarn różnych utworów lessowych, a między innymi lessu ze Zwierzynicy (2, 14, 15) wykazały obecność ziarn kwarcu o wielkości $< 2 \mu$ przyłączonych do powierzchni większych ziarn tego minerału. Zdaniem niektórych autorów, do takiego rozdrobnienia ziarn kwarcu mogła doprowadzić jedynie działalność lodowców. Obecność kwarcu w lessie ze Zwierzynicy we frakcji o ziarnach $< 2 \mu$ potwierdzono badaniami rentgenograficznymi (ryc. 2). Inni autorzy zwracają uwagę (18), że we współczesnych osadach lodowcowo-morskich nie obserwuje się tak znacznych ilości ziarn kwarcu we frakcji $< 2 \mu$ jak w lessach.

Przedstawione wyniki badań mineralogicznych próbek lessu z odsłonięcia Zwierzyniec pozwalają na następujące stwierdzenia:

- 1) jest to typowy less pierwotny,
- 2) minerałami allogenicznymi akumulowanymi na drodze eolicznej są: kwarc, skalenie, łyszczyki, minerały ciężkie, a z minerałów ilastych głównie kaolinit,
- 3) minerałami autogenicznymi są: minerały węglanowe (głównie kalcyt) oraz część minerałów ilastych z grupy illitu i montmorylonitu, a także chalcedon,
- 4) wobec niewielkiej ilości minerałów ciężkich główna masa żelaza w badanym lessie związana jest w słabo skryształizowanym getycie.

LITERATURA

1. Butrym J. — A study on the morphology of quartz grains in the consistence of loess. Ann. UMCS, 1960, sect. B, vol. 15, Lublin.
2. Cegła J., Buckley T., Smalley I. J. — Microtextures of particles from some european loess deposits. Sedimentology, 1971, nr 1/2.
3. Jahn A. — Zagadnienia strefy peryglacjalnej. Warszawa, 1970.
4. Kolasa M. — Geotechniczne własności lessów okolic Krakowa. Pr. Geol. Komit. Nauk Geol. PAN, 1963, t. 18.
5. Lazarienko A. A. — K problemie sriednie-azjatskich liessow. Dokl. AN SSSR, 1969, t. 174, nr 4.
6. Łukaszew W., Mojski J. E. — Badania geochemiczne lessów Wyżyny Lubelskiej. Kwart. geol., 1968, nr 4.
7. Malinowski J. — Budowa geologiczna i własności geotechniczne lessów Roztocza i Kotliny Zamoyskiej między Szczębrzeszynem i Turobinem. Pr. Inst. Geol., 1964, t. 41.
8. Malinowski J. — Badania geologiczno-inżynierskie lessów. Wyd. Geol. Warszawa, 1971.
9. Mojski J. E. — Oczierk po stratigrafii liessow w Polsce. Biull. Kom. po Izucz. Czietwiert. Pier., 1967, nr 33.
10. Popow I. W., Bykowa W. S. — Liessowyje perody SSSR. Izd. „Nauka”. Moskwa, 1966.
11. Sawicki L. — Warunki klimatyczne akumulacji lessu młodszego w świetle wyników badań stratygraficznych stanowiska paleolitycznego na Zwierzynicy w Krakowie. Biul. PIG, 1952, nr 66.

12. Siedlecki J. D. — Kolloidno-dispersyjne minerały i eolowejsze proischozhdzenie liessa Nizniewo Dona. Dokl. AN SSSR, 1951, t. 81, nr 5.
13. Smalley I. J. — „In situ” theories of loess formation and calcium carbonate content of loess. Earth-Sc. Rev., 1971, nr 2.
14. Smalley I. J., Cabrera J. G. — The shape and surface textures of loess particles. Geol. Soc. of Amer. Bull., 1970, vol. 81.
15. Smalley I. J., Cabrera J. G. — The shape

- and surface textures of loess particles. Reply. Geol. Soc. of Amer. Bull., 1971, nr 8.
16. Tokarski J., Parachoniak W., Kowalski W., Manecki A., Oszačka B. — Materiały do znajomości lessów. Roczn. PTG 1961, z. 2—4.
17. Uziak S. — Clay minerals in soils formed from loess. Ann. UMCS, 1960, sect. B, vol. 15, Lublin.
18. Warnke D. A. — The shape and surface textures of loess particles. Discussion. Geol. Soc. of Amer. Bull., 1971, nr 8.

SUMMARY

Results of mineralogical studies on upper loess horizon at Zwierzyniec near Cracow are given. Raw samples of loesses were separated into size classes and subsequently studied by microscopic, X-ray, and infrared spectrophotometric methods. The results obtained were used in attempt to identify authigenic minerals. The clay minerals are represented by illite, montmorillonite, kaolinite, and by minerals with mixed, illite-montmorillonite textures. The results obtained are discussed on the background of recent discussions on the origin loesses.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты минералогического изучения верхнего горизонта лёсса в местности Звежинец близ Кракова. Образцы разделялись на гранулометрические фракции, которые исследовались микроскопически и анализировались рентгеновским и ИК-спектрофотометрическим методами. На основании полученных данных проводилась попытка определения аутигенных минералов. В числе глинистых минералов определены иллит, монтмориillonит, каолинит и минералы со смешанной иллит-монтмориillonитовой структурой. В конце статьи полученные результаты рассматриваются в соответствии с современными взглядами на происхождение лёсса.