

Zakład Geologii i Zakład Geografii Fizycznej Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS
w Lublinie

Jan MORAWSKI, Jan TREMBACZOWSKI

**Charakterystyka mineralogiczna lessów profilu „Kwaskowa Góra”
w Kazimierzu nad Wisłą¹**

Минералогическая характеристика лессов профиля „Кваскова Гора”
в Казимеже на Висле

The Mineralogical Characteristic of „Kwaskowa Góra” Loess Profile
in Kazimierz upon Vistula

WSTĘP

Lessami Wyżyny Lubelskiej jako jeden z pierwszych zajmował się N. I. Krisztafowicz (13), który wydzielił kilka ich typów i podał skład mineralny tych utworów. Późniejsi badacze, jak A. Malicki (16, 17) i A. Jahn (7, 8, 9), zajmowali się głównie genezą lessu. Duży wkład w badaniu lessu mieli W. Pożaryski (36, 37), J. E. Mojski (27, 28, 29) i H. Maruszczak (22, 23, 24 i 25).

A. Malicki (16, 17) wiązał less lubelski z okresem zlodowacenia środkowopolskiego przyjmując, iż osad ten powstał ze skał miejscowych, a więc ze zwietrzliny kredowej osadzonej w zbiornikach wodnych między krawędzią Wyżyny a brzegiem lodowca zlodowacenia środkowopolskiego. Stąd to pył lessowy był wywiewany na otaczające wyniosłości, zaś transport odbywał się na krótkiej drodze. Natomiast według A. Jahn (7) źródłem pyłu lessowego były osady związane z najmłodszym zlodowaceniem, zaś materiałem źródłowym dla lessu były muliste zawiesiny wód potoków lodowcowych, wywiewane podczas kontynentalnej fazy recesji lądolodu. W odniesieniu do warunków transportu materiału A. Jahn (8, 9) skłaniał się do przyjęcia niweo-eolicznej koncepcji genezy lessu, wyśnuwanej przez niektórych badaczy francuskich, belgijskich i holenderskich. Obydwie hipotezy — A. Malickiego i A. Jahn — zakła-

¹ Badania finansowane przez III Wydział PAN w Warszawie.

dają, iż transport pyłu lessowego odbywał się na drodze eolicznej, wg A. J a h n a od strony antycyklonu utrzymującego się nad czaszą lądolodu, a więc z sektora północnego i częściowo wschodniego. Również i H. M a r u s z c z a k (22, 23) wiązał powstawanie lessów Wyżyny Lubelskiej głównie z wiatrami wschodnimi, skąd transportowany był materiał pylasty.

Niniejsze opracowanie zawiera mineralogiczną charakterystykę lessów odsłaniających się w profilu „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu Dolnym. Odsłonięcie to od dawna budziło zainteresowanie geologów i geografów zajmujących się utworami pyłowymi Wyżyny Lubelskiej. Profil lessowy na Kwaskowej Górze opisał W. P o ż a r y s k i (36), a wcześniej jeszcze — jako klasyczny profil utworów lessowych w okolicy Kazimierza — przekrój ten zamieszczony został w przewodniku geologicznym opracowanym przez K. P o ż a r y s k ą i W. P o ż a r y s k i e g o (35). Omawiany profil stał się obiektem szerokiego zainteresowania, nic więc dziwnego, iż cytowany jest w publikacjach wielu autorów. Odsłonięciem tym zajmowali się również J. M a l i n o w s k i (18) oraz K. K o n e c k a - B e t l e y i H. M a r u s z c z a k (12). Profil lessowy na Kwaskowej Górze jest charakterystyczny dla lessów pokrywających zachodnią część Płaskowyżu Nałęczowskiego. K. K o n e c k a - B e t l e y i H. M a r u s z c z a k (12) dokonali szczegółowej analizy poszczególnych poziomów występujących tu lessów.

Profil lessowy na Kwaskowej Górze — mimo szerokiego zainteresowania się nim — nie został do chwili obecnej szczegółowo opracowany pod względem mineralogicznym. Skłoniło to autorów niniejszej publikacji do przeprowadzenia szczegółowej analizy mineralogicznej omawianego profilu.

Odsłonięcie usytuowane jest na eksponowanym ku północy zboczu doliny Grodarza, w wąwozie lessowym „Kwaskowa Góra”. Przytoczona charakterystyka odsłaniających się utworów lessowych zaczerpnięta została z publikacji K. K o n e c k i e j - B e t l e y i H. M a r u s z c z a k a (12).

OPIS PROFILU LESSOWEGO „KWASKOWA GÓRA”

- a₁ 0,00— 0,04 m Poziom ściółki.
- a₂ 0,04— 0,10 m Poziom humusowy pyłowy, jasnoszary (HCl—).
- a₃ 0,10— 0,40 m Poziom przemywania pyłowy, siwożółtawy (HCl—).
- b₁ 0,40— 0,85 m Poziom iluwialny część górna, pyłowo-ilasta, brunatna (HCl—).
- b₂ 0,85— 1,20 m Poziom iluwialny część dolna, nieco jaśniej brunatno zabarwiona ze smugami żółtawymi (HCl—).
- b₃ 1,20— 1,40 m Poziom przejściowy z nieregularnymi smugami brunatnawymi na żółtawym tle (HCl—). Przejście stopniowe.
- c₁ 1,40— 1,70 m Utwór pyłowy żółtawy (HCl—). Dolna granica czytelna (granica odwapnienia).
- c₂ 1,50— 4,20 m Utwór pyłowy jasnożółtawy, delikatnie warstwowany-smużkowany (HCl+). Przejście stopniowe.

- c₃ 4,20— 5,70 m Utwór pyłowy podobny do poprzedniego, nieco ciemniej zabarwiony, z wyraźniejszym odcieniem żółtawym, z warstwami-smugami miejscami podkreślonymi żółto-rdzawymi fibrami (HCl+). Przejście stopniowe.
- c₄ 5,70— 8,15 m Utwór pyłowy szarozółtawy, warstwowany-smużkowany (HCl+). Przejście stopniowe.
- d₁ 8,15— 8,65 m Utwór pyłowy intensywniej szarozółtawo zabarwiony, delikatnie warstwowany-smużkowany (HCl+). W części górnej kilka cienkich przewarstwień szarawoburawych, a w górnej i środkowej miejscami soczewkowate wkładki żółtawe. Przejście stopniowe.
- d₂ 8,65— 8,80 m Utwór pyłowy żółtawy, dość jednorodny i tylko u dołu jaśniejszy, smużkowato-plamkowaty (HCl+). Bardzo słabo czytelne ślady warstwowania-smużkowania. Przejście stopniowe.
- d₃ 8,80— 9,30 m Utwór pyłowy szarawożółtawy i siwoszarawy (HCl+). W części górnej i środkowej drobne plamki i smużki żółtawe, a w dolnej wyraźne plamy szarobure. Przewarstwienia zazębiające się z utworem leżącym niżej.
- e 9,30— 9,90 m Poziom pyłowy szarawy, wyraźnie warstwowany-smugowany z cienkimi przewarstwieniami o odcieniu żółtawordzawym (HCl+ słabo u góry, ku dołowi silniej). Dolna granica dość wyraźna. Poziom ten, wykazujący zmienną miąższość (od 0,4 do 0,7 m) oraz wyodrębniający się na ścianie wąwozu powyżej i poniżej szurfu głównego, nachylony jest ku północy, a więc zgodnie ze zboczem doliny Grodarza.
- f 9,90—12,00 m Utwór pyłowy wyraźnie warstwowany, o zabarwieniu żółtawym i miejscami szarawym w przewarstwieniach (HCl+). Przejście stopniowe.
- g 12,00—13,10 m Utwór pyłowy i pyłowo-ilasty wyraźnie warstwowany, przeważnie szarawy z plamami burawymi i smużkami rdzawymi (HCl+). Granica czytelna.
- h₁ 13,10—13,65 m Utwór pyłowy z domieszką piasku oraz pojedynczych żwirków skał skandynawskich, warstwowany, o zabarwieniu ogólnym szarawym z cienkimi przewarstwieniami jasnobrunatnymi w części środkowej (HCl+ bardzo słabo i tylko do 13,25 m, niżej nie reaguje). Granica niewyraźna.
- h₂ 13,65—13,80 m Utwór podobny wyróżniający się występowaniem soczewkowatych wkładek i plam siwożółtawych (HCl—). Granica czytelna, ale nieostra.
- i₁ 13,80—14,00 m Poziom iluwialny ze śladami przemywania, pyłowo-ilasty, żółtobrunatny ze smugami i marmurkowatymi plamkami siwożółtawymi (HCl—). Sporo pieprzyków manganowo-żelazistych. Przejście stopniowe.
- i₂ 14,00—14,50 m Poziom iluwialny część górna, pyłowo-ilasta intensywnie brunatno-rdzawo zabarwiona (HCl—).
- i₃ 14,50—15,10 m Poziom iluwialny część dolna jaśniej zabarwiona, ku dołowi z nieregularnymi smugami strzępiastymi brunatnawymi i żółtawoszarawymi (HCl—). Warstwy od h₁ do i₃ przecięte pseudomorfozą formy szczelinowej (typu słabo rozwiniętych klinów lodowych lub raczej żył zmarzlinowo-gruntowych), wypełnionej szarym materiałem z warstwy h₂ (lub h₁).

- j 15,10—18,10 m Utwór pyłowy z domieszką piasku, żółtawy i żółtoburawy, wyraźnie warstwowany zgodnie z nachyleniem zbocza doliny Grodarza (HCl—).
- k 18,10—18,30 m Piaski ze żwirami skał skandynawskich (HCl+).

BADANIA LABORATORYJNE

Dla pełniejszej analizy przytoczonego wyżej profilu lessowego Kwasowej Góry zbadano 15 prób z kolekcji K. Koneckiej-Betley i H. Maruszcza (12), charakteryzujących poszczególne poziomy utworów pyłowych. Z frakcji 0,01—0,06 mm wydzielono w bromoformie (ciężar właściwy około 2,9) minerały lekkie i ciężkie. Dla wydzielenia ciężkiej frakcji użyto próbek o wadze 20 g każda. Z wydzielonych minerałów sporządzone zostały preparaty utrwalone w balsamie kanadyjskim, które następnie analizowano pod mikroskopem polaryzacyjnym. Procentowe stosunki ilościowego udziału poszczególnych minerałów ciężkich ustalano na podstawie analizy 200—300 ziarn w każdej próbce. Uzyskane wyniki zostały zestawione w tabelach (tab. 1—3). Dla łatwiejszego określenia ilości skałeni frakcję lekką barwiono azotynokobaltanem sodu. Dla określenia składu mineralnego frakcji lekkiej brano pod uwagę trzy główne jej składniki: kwarc, skałenie i muskowit. Procentowy udział tych minerałów obliczano podobnie jak dla minerałów ciężkich.

Małe zróżnicowanie wymiarów analizowanych minerałów ciężkich upoważnia do przedstawienia wyników analiz w procentach ilościowych, podobnie zresztą jak czyni to wielu autorów, m. in. R. Gwóźdź i R. Racinowski (6), H. Maruszcza i R. Racinowski (26), J. Morawski (30, 31, 32, 33), J. Trembaczowski (47) oraz S. Uziak i in. (51).

Minerały lekkie. We frakcji lekkiej dominującym minerałem jest kwarc, którego udział waha się od 94,1% do 99,0% (tab. 1). Na drugim miejscu są skałenie, występujące w ilości od 1 do 5,1%, lub sporadycznie pojawiający się muskowit, którego udział nie przekracza 2,5%. Mineral ten spotykany jest również we frakcji ciężkiej, w której jego udział jest liczniejszy. Wśród skałeni występują najbardziej odporne na procesy wietrzenia skałenie potasowe i sodowe.

Małe zróżnicowanie minerałów frakcji lekkiej nie pozwala na wyciągnięcie szerszych wniosków dotyczących źródeł materiału, z którego powstał less.

Minerały ciężkie. Wyniki analiz wskazują na bardzo niski udział minerałów ciężkich (0,001—0,036%), jak również na bardzo nierównomierne ich rozmieszczenie w profilu pionowym.

W analizowanym profilu lessowym występuje znaczna ilość minerałów nieprzezroczystych, głównie tlenków żelaza i tytanu. Udział minerałów nieprzezroczystych w poszczególnych poziomach waha się od 24,2% do

Tab. 1. Minerale lekkie w procentach ilościowych w profilu lessowym „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą (frakcja 0,06—0,01 mm)

Light minerals (in %% amounts) in the „Kwaskowa Góra” loess profile in Kazimierz upon Vistula (0,06—0,01 mm fraction)

Numer próby	Kwarc	Skałenie	Muskowit
1	97,7	2,3	—
2	99,0	1,0	—
3	95,0	5,0	—
4	96,8	3,2	—
5	96,4	2,6	1,0
6	99,0	1,0	—
7	97,8	2,2	—
8	95,5	2,0	2,5
9	98,0	2,0	—
10	97,6	2,4	—
11	96,8	2,4	0,8
12	96,7	2,8	0,5
13	97,5	2,0	0,5
14	96,8	3,2	—
15	94,1	5,1	—
średnio	97,0	2,6	0,4

48,9% ogólnej ilości minerałów ciężkich, zaś wyraźne zwiększenie ich liczebności zaznacza się w spągowych częściach profilu (od 11 m w głąb) oraz w stropie (próba nr 2).

Wśród przezroczystych występują minerały o różnym stopniu odporności na czynniki niszczące. Są to — wg kolejności ich procentowego udziału — cyrkon, granat, rutyl, muskowit, amfibol oraz epidot. Występują one we wszystkich analizowanych próbach. Inne minerały, jak tytanit, zoizyt, dysten, staurolit, apatyt, turmalin, nie występują we wszystkich próbach. Maksymalny udział minerałów tej grupy wynosi 6,8% (tytanit). Pozostałe minerały ciężkie (biotyt, chloryt, piroksen, anataz, glaukonit i sylimanit) spotyka się tylko sporadycznie, a ich udział nie przekracza 2,6% (biotyt).

CHARAKTERYSTYKA POSZCZEGÓLNYCH MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Cyrkon wykazuje dość duże wahania udziału, a równocześnie charakteryzuje się najwyższą średnią wartością. Udział tego minerału rośnie

Tab. 2. Minerale ciężkie w profilu lessowym „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą
(frakcja ziarn 0,01—0,06 mm)
Heavy minerals in the “Kwaskowa Góra” loess profile in Kazimierz upon Vistula
(0,01—0,06 mm granule fraction)

Nr próby	Głębokość po- brania próby	Minerale ciężkie w % wag.	Minerale nie- przezroczyste	cyrkon	rutył	turalin	dysten	staurolit	sylimant	muskowit	tylanit	anataz	epidot	zołyzit	granat	amfibol	piroksen	biotyt	chloryt	apatyt	glaukonit
1	0,1—0,4	0,012	32,0	18,1	11,8	0,9	0,9	—	—	10,9	0,9	—	9,0	2,6	24,4	17,0	—	2,6	—	0,9	—
2	0,4—0,85	0,003	43,6	17,7	14,2	—	1,8	—	0,9	9,7	3,5	—	10,6	0,9	23,8	12,4	0,9	1,8	0,9	0,9	—
3	0,35—1,2	0,004	34,1	25,3	11,5	—	4,6	—	—	9,3	6,8	—	8,0	—	22,9	10,3	—	—	—	1,2	—
4	1,4—1,8	0,007	33,5	28,1	10,7	0,8	0,7	0,8	—	9,0	4,8	—	4,1	—	32,9	5,7	0,7	—	—	1,7	—
5	3,6—3,7	0,003	33,4	19,7	17,1	—	—	2,4	0,7	11,4	2,4	1,5	9,0	2,4	21,0	6,6	—	1,7	—	2,6	1,5
6	5,1—5,2	0,017	36,2	23,0	13,8	0,8	0,8	3,9	—	17,7	1,6	1,6	6,1	—	16,1	13,8	—	—	—	0,8	—
7	7,4—7,5	0,021	36,5	17,3	8,2	0,9	—	—	—	22,5	—	—	10,2	4,1	22,5	12,3	—	—	—	0,9	0,9
8	9,3—9,4	0,003	29,6	26,3	16,8	0,7	0,7	0,7	—	10,9	1,4	—	8,1	3,0	22,7	7,2	—	—	1,4	—	—
9	9,5—9,6	0,018	24,2	17,7	15,8	—	0,7	2,0	—	26,9	1,3	—	3,3	1,3	22,4	3,9	—	2,6	1,3	—	0,7
10	11,1—11,2	0,029	41,3	18,9	16,7	1,4	2,2	1,4	—	16,0	—	—	7,3	2,2	22,5	8,7	0,7	—	0,7	1,4	—
11	12,6—13,1	0,001	31,9	27,2	11,0	—	2,5	2,5	—	11,1	6,2	—	7,3	6,2	17,3	5,0	—	1,2	—	2,5	—
12	13,6—13,8	0,005	37,8	20,1	17,0	1,0	4,0	1,9	—	14,0	4,0	—	10,0	1,0	18,0	8,0	—	1,0	—	—	—
13	13,8—14,0	0,018	48,9	31,3	19,8	2,2	2,2	3,1	—	11,3	3,1	1,0	9,4	3,1	4,1	6,3	2,2	1,0	—	—	—
14	14,0—14,4	0,008	46,7	36,4	13,5	1,3	4,1	4,1	—	9,4	1,3	—	8,1	4,1	5,4	8,1	—	—	—	4,1	—
15	15,1	0,036	46,6	25,3	16,5	3,7	1,3	2,4	—	22,8	2,4	1,3	6,4	1,3	5,1	8,8	—	—	1,3	1,3	—

ku spągowi profilu. Wśród cyrkonów przeważają ziarna częściowo obtoczone. Kryształy idiomorficzne występują w ilości kilkunastu procent. Przeważają zdecydowanie ziarna bezbarwne nad ziarnami o odcieniu zielonkawym i jasnożółtym, które są bardzo rzadkie. Sporadycznie występują kryształy o budowie pasowej.

Rutyl występuje dość licznie. Pod względem rozmieszczenia w profilu podobny jest bardzo do cyrkonu. Najliczniej występuje w spągu, zaś minimalnie w środkowej części profilu (próba nr 7). Wśród kryształów przeważają wydłużone, a na niektórych widoczne są ciemne prążki równoległe do najdłuższej osi. Pod względem mechanicznej obróbki ziarna obtoczone wyraźnie górują nad graniastymi. Zabarwienie najczęściej jest ciemne, czerwono-brunatne, zaś nieco rzadziej czerwono-żółte i ciemno-żółte.

Turmalin nie występuje we wszystkich próbach i w małej ilości, maksymalnie do 3,7%. W spągowych częściach profilu występuje zawsze, choć w małej ilości, natomiast w stropowych jego udział jest minimalny. Ma postać ziarn częściowo obtoczonych, o zabarwieniu brunatnym, silnie pleochroicznych.

Dysten jest mało liczny i swój maksymalny udział (4,6%) osiąga w stropowej części profilu. W spągu występuje liczniej niż w części środkowej. Występuje w ziarnach nieobtoczonych lub częściowo obtoczonych, płaskich i wydłużonych, nie pleochroicznych. Niektóre ziarna zawierają wyraźne szczeliny łupliwości w dwu kierunkach.

Staurolit jest mało liczny i nieczęsty w stropowych i środkowych częściach profilu, stały natomiast w spągowych, gdzie — podobnie jak cyrkon i rutyl — osiąga swój maksymalny udział (4,1%). Występuje w kryształach różnego pokroju, nieobtoczonych lub częściowo obtoczonych, o zabarwieniu brunatno-żółtym lub żółtym. Wykazuje słaby pleochroizm w odcieniach żółtych.

Sylimanit należy do minerałów najmniej licznych. Występuje tylko w dwu próbach (nr 2 i 5) w ilości nie przekraczającej 1%. Kryształy o odcieniu zielonkawym i pokroju włóknistym.

Muskowit jest jednym z dość licznie występujących minerałów. Jego udział wynosi od 9,0% do 26,9% (średnio 13,6%). Zwiększony udział muskowitu przypada na środkowe oraz spągowe poziomy profilu. W stropie natomiast występuje on w małych ilościach. Charakteryzuje się bezbarwnymi blaszkami, częściowo obtoczonymi. Wykazuje niski współczynnik załamania światła.

Tytanit — minerał niezbyt liczny. Maksymalny jego udział wynosi 6,8% w próbie nr 3. Występuje w ziarnach częściowo obtoczonych, bezbarwnych lub brunatnych. Charakteryzuje się bardzo silną dwójłomnością i wysokim współczynnikiem załamania światła.

Anataz — jeden z najmniej licznych minerałów. Występuje tylko w czterech próbach i osiąga maksymalnie 1,6% udziału. Kryształy anatazu mają pokrój płytek ze ściankami prążkowanymi, są przezroczyste, barwy żółtej, charakteryzują się silnym połyskiem, bardzo wysokim współczynnikiem załamania światła i wysokimi barwami interferencyjnymi.

Epidot występuje w ilości od 3,3% do 10,6% (średnio 7,9%). Jego udział w profilu pionowym nie wykazuje prawidłowości. Wśród ziarn epidotu częściowo obtoczone przeważają nad nieobtoczonymi. Ziarna są przeważnie nierówne i porysowane na powierzchni o zabarwieniu zielonożółtym. Mineral ten wykazuje słaby pleochroizm w odcieniach żółtozielonkawych. Barwy interferencyjne wyższych rzędów w odcieniach zielono-różowo-niebieskich zaznaczają się na powierzchni ziarn w postaci stykających się ze sobą różnobarwnych plam.

Zoizyt należy do minerałów mniej licznych. Jego maksymalny udział osiąga 6,2%. W stropowej części profilu występuje sporadycznie. Kryształy zoizytu są zabarwione szaro, ich pokrój jest płytkowy, niekiedy zaś mają postać wydłużonych kryształów ze ścianami prążkowanymi. Charakteryzują się niską barwą interferencyjną, przeważnie ultrabłękitną, oraz wysokim współczynnikiem załamania światła.

Granat to jeden z najliczniej występujących minerałów (średnio 18,8%), wykazujących jednocześnie największe wahania: od 4,1% do 32,9%. Udział tego minerału charakteryzuje się gwałtownym spadkiem w części spągowej profilu, gdzie osiąga wartości minimalne. Granat występuje głównie w ziarnach graniastych, niekiedy zaś częściowo obtoczonych. Przeważają ziarna bezbarwne, natomiast mniej licznie pojawiają się ziarna różowawe, a bardzo nielicznie jasnożółte.

Amfibol występuje w ilości od 3,9% do 17,0% (średnio 8,7%). Jego udział maleje na ogół wraz z głębokością. Występuje głównie w postaci kryształów o pokroju płytek częściowo obtoczonych, które przeważają nad nieobtoczonymi. Na niektórych kryształach, szczególnie na ich obwodzie, dostrzegalne są ślady łupliwości zgodnej z kierunkiem wydłużenia kryształów.

Piroksen należy do grupy minerałów najmniej licznych. Występuje tylko w czterech próbach i osiąga maksymalnie 2,2% udziału. Kryształy o zabarwieniu brunatnym, pokrój grubotabliczkowaty (tabliczki postrzępione). Charakteryzuje się silnym reliefem i silnymi barwami interferencyjnymi oraz dużym kątem wygaszania światła.

Biotyt jest minerałem mało liczny (maksymalnie 2,6%). Występuje sporadycznie w postaci kryształów o pokroju płaskich tabliczek częściowo obtoczonych, barwy brunatnożółtawej. Płytki zgodne z płaszczyznami łupliwości, nie są pleochroiczne i mają niską dwójłomność.

Chloryt występuje sporadycznie. Maksymalny jego udział wynosi 1,4%. Tworzy cienkie blaszki przeświecające, niekiedy przezroczyste, barwy zielonej, niemal wyłącznie izotropowe albo o bardzo niskich współczynnikach załamania światła.

Apatyt jest mało liczny, nie spotykany we wszystkich próbach. Maksymalny udział (4,1%) osiąga w spągowej części profilu. Występuje w bezbarwnych, wydłużonych ziarnach obtoczonych lub częściowo obtoczonych. Charakteryzuje się niskimi barwami interferencyjnymi oraz silnym reliefem.

Glaukonit obok sylimanitu jest najmniej licznyminerałem w całym profilu. Występuje tylko w trzech próbach, a jego udział nie przekracza 1,5%. Tworzy zielone ziarna o budowie agregatowej.

WSKAŹNIKI SKŁADU MINERALNEGO

Wielu autorów dla zobrazowania zmian składu mineralnego wprowadza różne współczynniki oparte na stosunkach minerałów charakteryzujących się różnym stopniem odporności na procesy wietrzenia. Zagadnienie odporności minerałów ciężkich występujących w skałach okruchowych od dawna interesowało petrografów i geologów. M. Turnau-Morawska (49), jako jedna z pierwszych w Polsce, zagadnieniu temu poświęciła syntetyczny artykuł, w którym zestawiała różne poglądy poparte doświadczeniami i obserwacjami nad odpornością ważniejszych minerałów skałotwórczych i akcesorycznych. A. Jaworski (11) ogłosił artykuł o odporności na wietrzenie niektórych minerałów szlichowych. Z przeglądu bogatej literatury zagranicznej wynika, iż szereg minerałów nie ma jeszcze dokładnie określonego miejsca w skali odporności na wietrzenie. Wszyscy niemal zgadzają się, iż najbardziej odporne są trzy minerały: cyrkon, rutil i turmalin. Natomiast dla minerałów mało odpornych można by przyjąć (w oparciu o zestawienie H. Williamsa, F. J. Turnera i Ch. M. Gilberta (52) oraz K. H. Sindowskiego (45)) następującą skalę, poczynając od najmniej odpornych: gips, węglany, glaukonit, oliwin, apatyt, chloryt, augit i amfibol. Apatyt uważany jest przez niektórych badaczy za minerał raczej odporny. Pozostałe zalicza się na ogół do minerałów średniej odporności, a K. H. Sindowski (45) dzieli te minerały na następujące grupy: nieznacznie wietrzejące — dysten, staurolit, sylimanit; trudno wietrzejące — andaluzyt; raczej trudno wietrzejące — tytanit, brukit, anataz; raczej łatwo wietrzejące — epidot, zoizyt.

Dużo trudności przysparza określenie miejsca granatu, który przez jednych uważany jest za mało odporny, a nawet mniej odporny od hornblendy (C. Dryden i L. Dryden, 3), ale bardziej odporny niż hipersten. Natomiast W. H. Twenhofel (50) i M. Książkiewicz (14) zaliczają granat do minerałów odpornych na wietrzenie. Przekonywające

w tym względzie jest stwierdzenie M. Turnau-Morawskiej (48), iż granat jest niewątpliwie częściej spotykany w osadach przerobionych niż hornblenda, a więc jest od niej odporniejszy. M. Turnau-Morawska (48) proponuje podzielić minerały występujące w skałach okruchowych na następujące grupy: 1) odporne i bardzo odporne na wietrzenie i transport: cyrkon, turmalin, rutyl i dysten, 2) mało i bardzo mało odporne na wietrzenie i transport: apatyt, epidot, zoizyt, amfibole, piroksen-y i oliwin, 3) o odporności pośredniej lub jeszcze nie ustalonej: sylimanit, andaluzyt i granat.

Udział procentowy granatu we frakcji ciężkiej osadów okruchowych nie może jednak stanowić wystarczającego kryterium dla określenia stopnia odporności tego minerału na wietrzenie chemiczne. Często bowiem udział ten bardziej zależy od źródeł alimentacji niż od procesu wietrzenia. Według M. Turnau-Morawskiej (48) w procesie wietrzenia granatu duże znaczenie ma stan zachowania, w jakim dostał się ten minerał do osadu bezpośrednio ze skały, w której powstał. Szereg obserwacji wskazuje na to, iż w skałach osadowych zachodzi chemiczne wietrzenie granatu. Według K. H. Sindowskiego (45) granat łatwo ulega korozji i rozkładowi pod działaniem dwutlenku węgla i kwasów humusowych. Produkty rozpadu granatu uwarunkowane są chemicznym składem tego minerału. Może on przechodzić w substancję chlorytową, epidot, kalcyt, limonit, amfibol i inne minerały.

Z badań W. D. Grimma (5) wynika, iż w osadach o różnym stopniu zwietrzenia obserwuje się wyraźne różnice w procentowym udziale granatu we frakcji ciężkiej. Udział ten zależy od szeregu czynników, z których ważną rolę odgrywają również procesy pomagmowe i metamorficzne zachodzące w skałach macierzystych granatów.

W odniesieniu do stanu zachowania piroksenów i amfiboli pewne spostrzeżenia poczynił R. D. Russell (44). Analizowane minerały stanowiły składową część piasków rzeki Missisipi. Russell stwierdził, iż minerały te podczas transportu rzecznoego na przestrzeni 1100 mil angielskich nie uległy wyraźnym zmianom.

Ogólnie wiadomo, że cyrkon, rutyl i turmalin są minerałami bardzo trwałymi. Jak podaje K. H. Sindowski (45), paleozoiczne piaskowce i szarowaki z Reńskich Gór Łupkowych, pstry piaskowiec, eoceńskie kaoliny i niektóre gleby zawierają głównie tylko trzy minerały: cyrkon, rutyl i turmalin, gdyż inne zostały zniszczone w wyniku wietrzenia. Również A. Prashnowsky (38) wykazał, iż w kwarcytach dewońskich przeważa wśród minerałów ciężkich taki sam zespół. Podobne wyniki badań można by przytoczyć i z obszaru naszego kraju z terenu województwa lubelskiego, gdzie stwierdzono, iż w piaskowcu kambryjskim z okolic Włodawy również dominuje analogiczny zespół mineralny (J. Morawski, 33).

W oparciu o analizę składu mineralnego frakcji ciężkiej, a niekiedy także i lekkiej, niektórzy badacze wprowadzili pewne wskaźniki ułatwiające rozpoznanie warunków sedimentacji. Dla przykładu przytoczyć można kilka stosowanych u nas wskaźników stopnia wietrzenia. A. Raci

nowski (39) posługiwał się wskaźnikami: $\frac{Gr}{A+B}$, $\frac{Gr}{C}$, $\frac{Gr}{R+S+T}$, $\frac{C+D+R+S+T}{A+B}$ gdzie: Gr — granat, A — amfibol, B — biotyt, C —

cyrkon, D — dysten, R — rutyl, S — staurolit, T — turmalin. R. Rac

nowski i J. Rzechowski (42) dla charakterystyki glin zwałowych

Polski środkowej stosowali współczynnik wietrzenia $W = \frac{ST}{T} N$, gdzie według L. B. Ruchina (43): T — minerały trwałe, odporne na wietrze

nie (cyrkon, dysten, rutyl, staurolit, turmalin), ST — minerały średnio trwałe (apatyt, epidot, granat, sylimanit), N — minerały nietrwałe (amfi

bole, biotyt, chloryt, pirokseny). B. Manikowska (21) w oparciu o analizy wykonane przez R. Chle

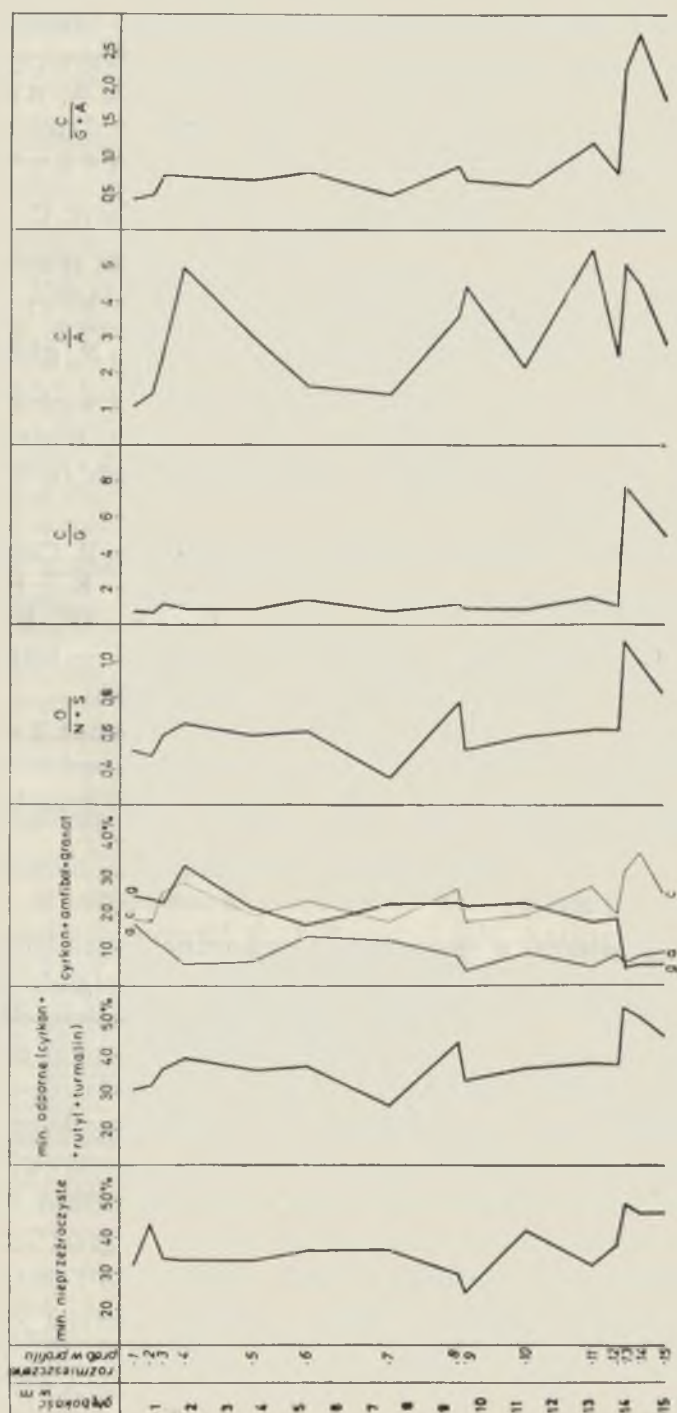
bowskiego przyjęła za wskaźniki zwietrzenia: $\frac{T+C}{H}$; $\frac{T+C}{G}$; $\frac{K}{S}$; $\frac{K}{SP}$, $\frac{K}{PL}$, gdzie: T — turmalin, C — cyrkon, G — granat, K — kwarc, H — horn

blenda, S — skalenie, SP — skalenie potasowe, PL — plagioklasy. W opracowaniu lessów z Nielewki koło Hrubieszowa R. Rac

nowski (40) posługiwał się jeszcze innymi wzorami uznawanymi za wskaź

niki wietrzenia (trwałości): $\frac{N}{O}$, $\frac{S}{O}$, $\frac{N}{S}$ oraz $\frac{O}{N+S}$, gdzie: N — amfibole, biotyt, pirokseny, S — apatyt, epidot, granat, sylimanit, O — cyrkon, dysten, rytul, staurolit, turmalin.

Wydaje się, że najprostszym a równocześnie najbardziej reprezentatywnym dla określenia stopnia zwietrzenia byłby wskaźnik uwzględniający trzy minerały wybrane z każdej grupy odpornościowej najczęściej występujące w osadzie. Z grupy minerałów bardzo odpornych takim minerałem jest cyrkon, ze średnio odpornych — granat, zaś z mało odpornych — amfibol. Minerały te są łatwo rozpoznawalne pod mikroskopem polaryzacyjnym i przeważnie najliczniej reprezentowane w poszczególnych grupach mineralnych. Wyraźnie także różnią się odpornością na warunki transportu i wietrzenia. Cyrkon występuje głównie w granitach, granodiorytach i gnejsach, granat pochodzi ze skał magmowych i metamorficznych (łupki krystaliczne, granulity, gnejsy), natomiast amfibol jest składnikiem skał metamorficznych, zwłaszcza łupków amfibolowych oraz skał magmowych (granity, sjenity, dioryty i odpowiadające im skały wy-



Ryc. 1. Wskaźniki składu mineralnego oraz krzywe procentowego udziału minerałów ciężkich w profilu lessowym „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą; O — minerały odporne (cyrkon, rutyl, turmalin), N — minerały nieodporne, S — minerały średnio odporne — pozostałe minerały przezroczyste; C — cyrkon; G — granat; A — amfibol

The mineral composition coefficient and percentage of heavy mineral participation curve in the „Kwaskowa Góra” loess profile in Kazimierz upon Wisła; O — resistant minerals (zircon, rutile, tourmaline), N — nonresistant minerals, S — average resistant minerals — the remaining minerals transparent; C — zircon, R — rutile, T — tourmaline, G — garnet, A — amphibole

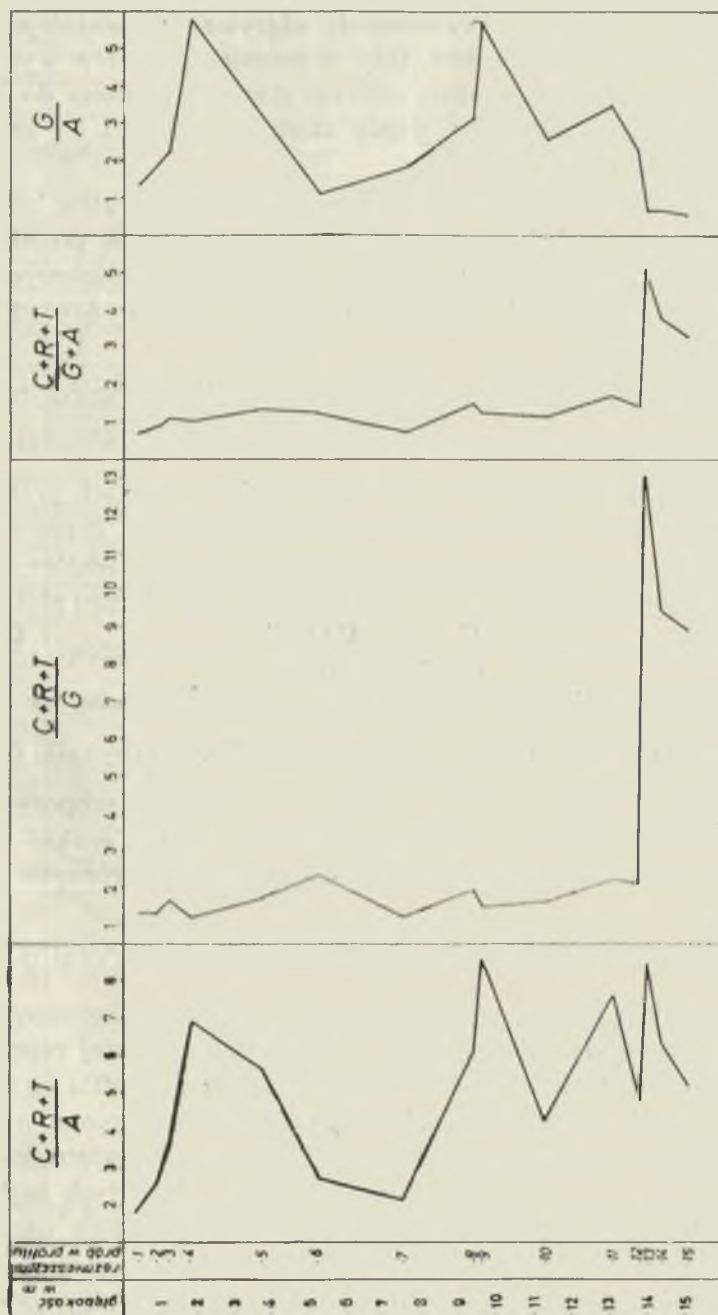
lewny). Stosunek cyrkonu do pozostałych dwu minerałów można obliczać dla różnych typów osadów okruchowych, a zwłaszcza dla osadów czwartorzędowych, gdyż właśnie te trzy minerały odgrywają najważniejszą rolę wśród frakcji ciężkiej tych osadów. Gdy w zespole minerałów występuje zbyt mało amfiboli, wówczas można obliczać stosunek cyrkonu do granatu, gdy zaś i granatu jest mało, wtedy stosunek cyrkonu do amfibolu może być uznany za reprezentatywny.

Przypomnieć wypada, iż omawiany zespół trzech minerałów brali pod uwagę K. Ł y d k a i M. T u r n a u - M o r a w s k a (15) w projekcji na trójkącie Fereta, przedstawiając wykres zróżnicowania ilościowych stosunków granatów, amfiboli i cyrkonów w osadach podmorenowych (miopliocenijskich) okolic Konina.

W niniejszym opracowaniu posłużono się głównie współczynnikiem $\frac{C}{G+A}$. Dla łatwiejszego zaś porównania oraz zastosowania wskaźnika najbardziej reprezentatywnego dla minerałów ciężkich w lessach próbowano zastosować także inne jeszcze wskaźniki, których wartości przedstawiono w postaci krzywych (ryc. 1 i 2) oraz w tabelach (tab. 3). Niektóre krzywe wykazują duże podobieństwa, a także różnice. Tak np. bardzo zbliżone są krzywe ilustrujące wskaźniki $\frac{C}{G}$, $\frac{C}{G+A}$, $\frac{C+R+T}{G+A}$ oraz częściowo $\frac{C+R+T}{G}$. Jeszcze większe podobieństwo wykazują krzywe wykreślone na podstawie wskaźników $C + R + T$ oraz $\frac{O}{N+S}$. Przytoczone współczynniki (zwłaszcza dwa ostatnie) traktować należy jako pewnego rodzaju propozycję. Ich przydatności w celach porównawczych należałoby jednak szukać na drodze licznych analiz mineralogicznych co najmniej kilku różnych profili.

ANALIZA UDZIAŁU MINERAŁÓW NAJLICZNIEJ WYSTĘPUJĄCYCH

Z przytoczonych tabel i wykresów wynika, iż w analizowanym profilu lessowym dominuje zespół złożony z sześciu najliczniej reprezentowanych minerałów. W kolejności średniego udziału w profilu są to: cyrkon, granat, rutyl, muskowit, amfibol i epidot. Wymienione minerały charakteryzują się bardzo zróżnicowaną odpornością na wietrzenie — od bardzo małej (amfibol) do bardzo dużej (cyrkon). Wśród tych najliczniej występujących minerałów zachodzą bardzo wyraźne wahania udziału, co wiąże się z głębokością zalegania w profilu. Stosunki te najlepiej ilustruje wykres (ryc. 3), na którym bardzo wyraźnie zaznacza się występowanie skrajnych wartości udziału tych minerałów w stropowej oraz w spągowej części profilu. W stropowej części profilu występuje sporo mine-



Ryc. 2. Wskaźniki składu mineralnego ciężkich minerałów w profilu lessowym „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą;
 C — cyrkon, R — rutyl, T — turmalin, G — granat, A — amfibol
 The mineral composition coefficient of heavy mineral in the „Kwaskowa Góra” loess profile in Kazimierz upon Vistula: C —
 zircon, R — rutile, T — tourmaline, G — garnet, A — amphibole

rałów mało odpornych na wietrzenie chemiczne. W tym poziomie mamy maksymalny udział amfibolu i granatu oraz częściowo epidotu. Pozostałe z sześciu rozpatrywanych minerałów, tj. muskowit, rutyl i cyrkon, cechują się minimalnymi wartościami w tej części profilu. W spągowej części profilu panują pod tym względem stosunki odwrotne. Można by zatem — w oparciu o analizę udziału w profilu lessowym grupy najliczniej występujących minerałów — wydzielić dwie wyraźne części: stropową i spągową, w których zaznacza się duża częstotliwość występowania wartości skrajnych.

Analizując szczegółowo minerały najliczniej występujące można stwierdzić co następuje:

Amfibol wyraźnie przeważa w stropie, natomiast w spągowej części profilu charakteryzuje się znacznie niższym udziałem. Na głębokości od około 5 do 8 m występuje dość licznie, po czym od głębokości około 10 m następuje wyraźny spadek jego liczebności.

Granat wykazuje najbardziej wyraźnie i regularnie maksymalny udział w stropie, zaś minimalny w spągu. W strefie przejściowej minerał ten charakteryzuje się wartościami średnimi (tab. 2).

Epidot zachowuje się jak minerał o niezdecydowanej odporności, „przejściowy”, z pogranicza minerałów odpornych i słabo odpornych. Skrajne wartości jego udziału wykazują charakterystyczne wahania. Obok wartości maksymalnych występują w różnych częściach profilu wartości minimalne.

Muskowit zaliczony został do minerałów o dużej odporności. W stropie wykazuje wartości minimalne, natomiast w strefie przejściowej oraz częściowo w spągowej — maksymalne.

Rutyl wykazuje wiele analogii z muskowitem w rozmieszczeniu skrajnych wartości udziału procentowego.

Cyrkon charakteryzuje się maksymalnym udziałem w części spągowej profilu, zaś minimalnym — w stropowej, a więc odwrotnie niż amfibol.

Minerałem wykazującym największe wahania udziału (tab. 2) jest granat (różnica między maximum i minimum 28,8%), następnie cyrkon (19,1%) i muskowit (17,9%), zaś w dalszej kolejności amfibol (13,1%), rutyl (11,6%) i epidot (7,3%).

Rozpatrując profil lessowy z Kwaskowej Góry należy zwrócić uwagę na jego część spągową zawierającą poziomy gleby kopalnej. Mineralogiczna charakterystyka spągowej części profilu przedstawia się następująco:

12,6—13,1 m (próba nr 11) — najmniejszy udział frakcji ciężkiej; maksymalny odsetek zoizytu i prawie maksymalny tytanitu oraz niski udział amfibolu;

13,6—13,8 m (próba nr 12) — bardzo mała koncentracja ciężkiej frakcji; wysoki udział rutylu, niski cyrkonu;

Tab. 3. Wartości wskaźników mineralnych
The value of mineral coefficients

Numer próby	O N+S	$\frac{C}{G}$		$\frac{C}{A}$		$\frac{C}{G+A}$		$\frac{C+R+T}{A}$		$\frac{C+R+T}{G}$		$\frac{C+R+T}{G+A}$		$\frac{G}{A}$	
		C	G	C	A	C	G+A	C+R+T	A	C+R+T	G	C+R+T	G+A	G	A
1	0,496	0,740		1,060		0,436		1,811		1,262		0,743		1,435	
2	0,468	0,746		1,428		0,490		2,572		1,340		0,881		1,919	
3	0,584	1,105		2,455		0,762		3,572		1,606		1,108		2,223	
4	0,654	0,853		4,921		0,728		6,947		1,203		1,025		5,771	
5	0,581	0,935		2,977		0,697		5,575		1,752		1,333		3,181	
6	0,603	1,427		1,670		0,769		2,724		2,335		1,257		1,166	
7	0,359	0,769		1,410		0,498		2,146		1,173		0,758		1,829	
8	0,777	1,156		3,627		0,877		6,083		1,929		1,464		3,152	
9	0,503	0,788		4,466		0,670		8,589		1,495		1,273		5,743	
10	0,586	0,833		2,176		0,606		4,252		1,644		1,185		2,586	
11	0,617	1,567		5,441		1,217		7,640		2,208		1,713		3,460	
12	0,615	1,116		2,500		0,777		4,762		2,116		1,465		2,250	
13	1,138	7,619		5,000		2,188		8,460		13,000		5,125		0,651	
14	1,046	6,689		4,511		2,694		6,320		9,481		3,792		0,666	
15	0,835	5,000		2,872		1,824		5,170		8,921		3,273		0,579	

Objaśnienia: O — minerały odporne (cyrkon, rutil, turmalin); N — minerały nieodporne, S — minerały średnio odporne — pozostałe minerały przezroczyste; C — cyrkon; R — rutil; T — turmalin; G — granat; A — amfibol.

Explanation: O — resistant minerals (zircon, rutile, tourmaline); N — nonresistant minerals, S — average resistant minerals — the remaining minerals transparent; C — zircon, R — rutile, T — tourmaline, G — garnet, A — amphibole.



Ryc. 3. Rozmieszczenie skrajnych wartości udziału najliczniej reprezentowanych minerałów ciężkich w profilu lessowym „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą. Trójkąty pełne — wartości maksymalne, trójkąty puste — wartości minimalne, wartości zbliżone do skrajnych dla całego profilu: a — najbardziej, b — nieco mniej, c — mniej

The distribution of extreme values of the participation of the most numerous heavy minerals represented in the „Kwaskowa Góra” loess in Kazimierz upon Vistula. Filled in triangle — maximum value, empty triangle — minimum value, value nearing extreme for the whole profile: a — the most, b — somewhat lower, c — less

13,8—14,0 m (próba nr 13) — maksymalny udział minerałów nieprzezroczystych, również rutylu, i prawie maksymalny cyrkonu oraz wysoki — epidotu; minimalny udział granatu i podobnie niski amfibolu;

14,0—14,4 m (próba nr 14) — bardzo mały udział ciężkiej frakcji, podobnie niski udział granatu i muskowitu; bardzo wysoki odsetek minerałów nieprzezroczystych, maksymalny udział cyrkonu, staurolitu i apatyty.

Przytoczone dane pozwalają na wyciągnięcie wniosku o przewadze w spągowej części profilu lessowego minerałów odpornych (cyrkon, rutyl) nad mniej odpornymi (granat i szczególnie amfibol).

UWAGI I WNIOSKI KOŃCOWE

Wyniki badań profilu lessowego „Kwaskowa Góra” skłaniają do stwierdzenia, iż w lessie tym występują takie same minerały jak w lessach innych obszarów Wyżyny Lubelskiej, lecz w różnych stosunkach procentowych. Na małe zróżnicowanie minerałów frakcji ciężkiej zwrócił już uwagę J. E. Mojski (29). Tak np. występujący w stropie młodszego lessu, zalegającego na Płaskowyżu Nałęczowskim, zespół ciężkich minerałów reprezentują głównie następujące: granat, cyrkon, amfibol, rutyl, epidot, turmalin, dysten, staurolit i in. Obecność takiego zespołu minerałów ciężkich w lessach okolic Lublina stwierdzili A. Jahn i M. Turnau-Morawska (10), R. Gwóźdź i R. Racinowski (6), R. Racinowski (41) i J. Morawski (32). Analizy składu mineralnego podobnych zespołów minerałów ciężkich w lessach Wyżyny Lubelskiej znaleźć można — poza wymienionymi — w wielu publikacjach takich autorów, jak: B. Dobrzański i A. Malicki (2), J. Malinowski i J. E. Mojski (20), J. Malinowski (19), J. Cegła (1), H. Maruszczak i R. Racinowski (26), H. Maruszczak (24), S. Uziak, J. Morawski i in. (51), J. Morawski i J. Trembaczewski (34) i in. Również w lessach występujących po zachodniej stronie Wisły, w okolicy Ćmielowa, B. Grabowska (4) stwierdziła obecność następujących minerałów ciężkich charakterystycznych dla lessów Wyżyny Lubelskiej: cyrkon, rutyl, turmalin, granat, staurolit, dysten, hornblenda, epidot oraz sporadycznie sylimanit i tytanit.

Z charakterystyki minerałów ciężkich występujących w profilu lessowym „Kwaskowa Góra” można wnioskować, iż źródłem tych minerałów były skały różnych typów (magmowe, metamorficzne, osadowe) pochodzące z akumulacji lądolodu. Duży udział minerałów słabo względnie częściowo obtoczonych wskazywałby na niedaleki ich transport.

Ze zróżnicowanego udziału minerałów ciężkich w pionowym profilu lessu z Kwaskowej Góry wynika, że występują tam co najmniej dwa lessy: less młodszy (wraz z występującymi pod nim produktami denudacji gleby interglacialnej) — od stropu do głębokości 13,8 m, charakteryzujący się dużym udziałem granatu (17,3—32,9%), oraz less starszy, z inter-

glacialną (eemską) glebą w stropie, w których to utworach udział granatu jest wyraźnie niski (4,1—5,4%), natomiast dominuje w nich cyrkon, który podobnie jak rutyl, staurolit i turmalin osiąga tu swoją maksymalną wartość. Pierwszy, jako pochodzący z ostatniego glaciału, jest mniej zwietrzały i zawiera znacznie więcej granatu, drugi zaś, pochodzący z przedostatniego glaciału jest ubogi w granat i cechuje się znacznym odsetkiem minerałów bardzo odpornych, tj. rutylu i cyrkonu. W obrębie lessu młodszego zaznaczają się pewne poziomy charakteryzujące się zmniejszonym udziałem granatu oraz zwiększoną ilością cyrkonu. Zmiany te są spowodowane częściowo procesem wietrzenia, częściowo zaś pochodzeniem materiału z innych źródeł zasilania. Tak np. — stosownie do podziału stratygraficznego K. Koneckiej-Betley i H. Maruszcza (12) — inicjalna gleba interstadialna (próba nr 8) zaznacza się większym udziałem cyrkonu i rutylu a mniejszym amfibolu aniżeli less młodszy górny niezwietrzały (próba nr 7). Analiza minerałów ciężkich potwierdza wcześniejsze spostrzeżenia K. Koneckiej-Betley i H. Maruszcza (12) w odniesieniu do stratygrafii lessów w profilu „Kwaskowa Góra”.

Less starszy charakteryzuje się wyraźnym zubożeniem udziału granatu i amfibolu (minerały mało odporne), przy równoczesnym wzbogaceniu w minerały odporne, jak rutyl i cyrkon. Nasuwa to przypuszczenie, iż w obszarach jego alimentacji główną rolę odgrywać mogły nie tylko skały czwartorzędowe², lecz także i osady starsze, bowiem szczególnie granat w przedczwartorzędowych osadach Wyżyny Lubelskiej i jej przedpolu występuje w niewielkich ilościach, zaś główną rolę odgrywają minerały bardziej odporne, jak np. cyrkon.

Poruszonych zagadnień nie można jednak wyjaśnić na podstawie analizy tylko jednego profilu.

LITERATURA

1. Cegła J.: Porównanie utworów pyłowych kotlin karpackich z lessami Polski (On the Origin of the Quaternary Silts in the Carpathian Mountains). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XVIII, Lublin 1965, ss. 69—116.
2. Dobrzański B., Malicki A.: Rzekome loessy i rzekome gleby loessowe okolic Leżajska (Pseudo-loesses and Pseudo-loess Soils in the Environment of Leżajsk). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. III, Lublin 1949, ss. 415—426.
3. Dryden C., Dryden L.: Comparative Rates of Weathering of Some Common Heavy Minerals. J. Sedim. Petr., 16, nr 3, 1946.
4. Grabowska B.: Analiza minerałów ciężkich na tle stratygrafii lessów okolic Cmielowa (Heavy Minerals Analysis in the Light of Stratigraphy of Loesses from the Cmielow Region). Biuletyn Geol. Uniw. Warszawskiego, 1, 1961, ss. 50—67.

² Skład mineralny utworów morenowych, wdmowych i plażowych w Puławach zamieszczony jest w pracy J. Trembaczewskiego (46).

5. Grimm W. D.: Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, H. 26, Hannover 1957.
6. Gwóźdź R., Racinowski R.: Analiza porównawcza minerałów ciężkich z drobnodziarnistych utworów czwartorzędowych i górnokredowych Wyżyny Lubelskiej (Comparative Analysis of Heavy Minerals from Quaternary and Upper Cretaceous Formations of the Lublin Upland Area). Kwartalnik Geol., 12, 1968, ss. 388—402.
7. Jahn A.: Less, jego pochodzenie i związek z klimatem epoki lodowej (Loess, its Origin and Connection with the Climate of the Glacial Epoch). Acta Geol. Polonica, 1, 1950, ss. 257—310.
8. Jahn A.: Środkowa i wschodnia część wyżyny [w:] Regionalna geologia Polski, 2, Region Lubelski, Kraków 1956, ss. 90—123.
9. Jahn A.: Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd (Geomorphology and Quaternary History of Lublin Plateau). Prace Geogr., 7, Inst. Geogr. PAN, Warszawa 1956.
10. Jahn A., Turnau-Morawska M.: Preglacja i najstarsze utwory plejstoceńskie Wyżyny Lubelskiej (Preglacial and the Oldest Pleistocene Deposits of the Lublin Upland). Inst. Geol. Biul. 65, 1952, ss. 269—299.
11. Jaworski A.: O odporności na wietrzenie niektórych minerałów szlichowych (Resistance to Weathering of Some Slick Minerals). Przegl. Geol., 10, 1962, ss. 204—207.
12. Konecka-Betley K., Maruszczak H.: Profil lessowy na Kwaskowej Górze w Kazimierzu nad Wisłą. Przewodnik Sympozjum Krajowego litologia i stratygrafia lessów w Polsce, Lublin 25—30 września 1972, Warszawa 1972, ss. 155—161.
13. Krisztafowicz N. I.: Gidro-geologiczeskoje opisanije tierritorii goroda Lublina i jego okriestnostiej. Warszawa 1902.
14. Książkiewicz M.: Geologia dynamiczna. Podręcznik dla szkół akademickich. Warszawa 1951.
15. Łydka K., Turnau-Morawska M.: Minerały ciężkie z osadów trzeciorzędowych i plejstoceńskich w Marantowie koło Konina (Heavy Minerals from Tertiary and Pleistocene Deposits at Marantów, near Konin). Instytut Geologiczny, Prace 48, Czwartorzęd Wysoczyzny Północnokonińskiej, 1967, ss. 137—146.
16. Malicki A.: Geneza i rozmieszczenie loessów w środkowej i wschodniej Polsce (The Origin and Distribution of Loess in Central and Eastern Poland). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. IV, Lublin 1950, ss. 195—228.
17. Malicki A.: Lessy na obszarze Polski i ich związek z czwartorzędem [w:] Czwartorzęd Polski, Warszawa 1967, ss. 372—396.
18. Malinowski J.: Wyniki badań geotechnicznych lessu między Kazimierzem Dolnym a Nałęczowem (Results of Geotechnical Investigations of Loess between Kazimierz Dolny and Nałęczów (Lublin Upland)). Kwartalnik Geol., 3, 1959, ss. 425—456.
19. Malinowski J.: Budowa geologiczna i własności geotechniczne lessów Roztocza i Kotliny Zamojskiej między Szczepieszynem a Turobinem (Geological Structure and Geotechnical Properties of Loesses in Roztocze and in the Zamość Basin, between Szczepieszyn and Turobin). Prace Inst. Geol., 41, 1964.
20. Malinowski J., Mojski J. E.: Przekrój lessu w Sąsiadce koło Szczepieszyna na Roztoczu (Geological Section of the Loess at Sąsiadka near Szczepieszyn in the Roztocze Range). Biuletyn Inst. Geol., 150, Z badań czwartorzędu w Polsce, 9, 1960, ss. 217—244.

21. Manikowska B.: Gleby młodszego plejstocenu w okolicach Łodzi (Les sols du Pléistocene supérieur aux environs de Łódź). *Acta Geogr. Lodziensia*, 22, Łódź 1966.
22. Maruszczak H.: Wind Direction During the Sedimentation Period of the Upper Loess in the Vistula basin. *Acad. Pol. Sci., sér. géol.-géogr.*, 11, 1963, ss. 23—28.
23. Maruszczak H.: Kierunki wiatrów w okresie akumulacji lessu młodszego we wschodniej części Europy środkowej (Wind Directions During the Accumulation of Younger Loess in East-Central Europe). *Rocznik Pol. Tow. Geol.*, 37, 1967, ss. 177—188.
24. Maruszczak H.: Genetic Interpretation of Lithological Features of Polish Loess. *Geographia Polonica* 17, V. Sedimentology, 1969, ss. 293—310.
25. Maruszczak H.: Podstawowe cechy genetyczne i stratygraficzne lessów Polski południowo-wschodniej. *Przewodnik Sympozjum Krajowego: Litologia i stratygrafia lessów w Polsce, Lublin 25—30 września 1972, Warszawa 1972*, ss. 89—136.
26. Maruszczak H., Racinowski R.: Peculiarities of the Conditions of Loess Accumulation in Central Europe in the Light of Results of Heavy Minerals Analyses. *Geographia Polonica*, 14, 1968, ss. 35—46.
27. Mojski J. E.: Less i inne utwory geologiczne okolic Hrubieszowa (Loess and other Geological Deposits in the Vicinity of Hrubieszów). *Biuletyn Inst. Geol.*, 100, Z badań czwartorzędu w Polsce, 7, 1956, ss. 463—501.
28. Mojski J. E.: Stratygrafia lessów w dorzeczu dolnej Huczwy na Wyżynie Lubelskiej (Loess Stratigraphy in the Drainage Basin of the Lower Huczwa River in the Lublin Upland). *Biuletyn Inst. Geol.*, 187, Z badań czwartorzędu w Polsce, 11, 1965, ss. 145—216.
29. Mojski J. E.: Stratygrafia zlodowacenia północnopolskiego na obszarze Nizy Polskiego i wyżyn środkowopolskich (Stratigraphy of the North Polish Glaciation <Würm, Vistula, Kalinin> in the Polish Lowland and the Middle Polish Uplands). *Biuletyn Inst. Geol.*, 220, Z badań czwartorzędu w Polsce, 12, 1969, ss. 115—173.
30. Morawski J.: Charakterystyka cyrkonów z wydmy Kotliny Chodelskiej (Eine Charakteristik der Zirkone aus Dünen des Chodelbeckens). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XX, Lublin 1968, ss. 1—25.
31. Morawski J.: Spostrzeżenia nad odpornością i typami granatów w piaskach różnych środowisk sedymentacyjnych (Beobachtungen über die Widerstandsfähigkeits und die Granattypen in Sanden verschiedener Sedimentationsmilieu's). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XX, Lublin 1968, ss. 27—54.
32. Morawski J.: Charakterystyka minerałów ciężkich z lessu okolic Ciecierzyna (Charakteristik der aus dem Loess der Umgebung von Ciecierzyn stammenden Schwermineralien). *Folia Soc. Sci. Lublinensis, sectio D*, 11, 1971, ss. 133—138.
33. Morawski J.: Minerale ciężkie piaskowca dolnokambryjskiego z okolic Włodawy (Schwerminerale aus Unterkambrischen Sandstein entnommen aus der Umgebung von Włodawa). *Folia Soc. Sci. Lublinensis, sectio D* (w druku).
34. Morawski J., Trembaczowski J.: Minerale ciężkie w profilu lessowym na Kwaskowej Górze w Kazimierzu Dolnym. *Przewodnik Sympozjum Krajowego: Litologia i stratygrafia lessów w Polsce, Lublin 25—30 września 1972, Warszawa 1972*, ss. 47—50.
35. Pożaryska K., Pożaryski W.: *Przewodnik geologiczny po Kazimierzu i okolicy*. Warszawa 1951.

36. Pożaryski W.: Flejstocen w przełomie Wisły przez Wyżyny Południowe (The Pleistocene in the Vistula Gap Across the Southern Uplands). *Prace Inst. Geol.*, 9, 1953.
37. Pożaryski W.: Zachodni brzeg Wyżyny Lubelskiej [w:] Regionalna geologia Polski, 2, Region Lubelski, Kraków 1956, ss. 123—147.
38. Prashnowsky A.: Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. *Neues Jb. Geol. u. Paläont. Abh.*, 105, 1, Stuttgart 1957, ss. 47—70.
39. Racinowski R.: Sedymentacja osadów czwartorzędowych w okolicach Biłgoraja (Sedimentation of Quaternary Deposits in the Vicinity of Biłgoraj (Eastern Poland)). *Biuletyn Inst. Geol.*, 220, Z badań czwartorzędu w Polsce, 12, 1969, ss. 275—288.
40. Racinowski R.: Le profil du loess à Nielec sur le Plateau de Lublin à la lumière de l'analyse de minéraux lourds. *Biuletyn Peryglacialny*, 20, Łódź 1969, ss. 179—205.
41. Racinowski R.: Próba porównania lessów lubelskich i przemyskich na podstawie analizy składu mineralów ciężkich. *Przewodnik Sympozjum Krajowego: Litologia i stratygrafia lessów w Polsce, Lublin 25—30 września 1972, Warszawa 1972*, ss. 46—49.
42. Racinowski R., Rzechowski J.: Mineraly ciężkie w glinach zwałowych Polski środkowej (Heavy Minerals in Boulder Clays of Central Poland). *Kwartalnik Geol.*, 13, 1969, ss. 479—490.
43. Ruchin L. B.: Osnovy litologii. Uchenije ob osadocznych porodach. *Leningrad—Moskwa 1953*.
44. Russel R. D.: The Size Distribution of Minerals in Mississippi River Sands. *Journal Sediment. Petrol.*, 56, Urbana Illinois 1935, ss. 125—142.
45. Sindowski K. H.: Sedimentpetrographische Charakterisierung der liegenden und hangenden Tertiärsande aus dem Braunkohlentagebau Bornhausen am Harz. *Geologisches Jahrbuch*, 79, Hannover 1962, ss. 663—676.
46. Trembaczowski J.: Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży i wydmy w Puławach (Origin of the Beach and Dune-Sands in Puławy). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. III, Lublin 1948*, ss. 67—78.
47. Trembaczowski J.: Schwerminerale loser Bildungen im Becken der Großen Seen (Westliche Mongolei) (Ciężkie mineraly w luźnych utworach Kotliny Wielkich Jezior (zachodnia Mongolia)). *Folia Soc. Sci. Lublinensis, sectio D, 11, Lublin 1971*, ss. 87—91.
48. Turnau-Morawska M.: Petrografia skał osadowych. Warszawa 1954.
49. Turnau-Morawska M.: Znaczenie analizy mineralów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych. *Acta Geol. Pol.*, 5, Warszawa 1955, ss. 363—383.
50. Twenhofel W. H.: Principles of Sedimentation. New York—London 1950.
51. Uziak S., Morawski J., Pomian J., Melke J., Klimowicz Z.: Utwory i gleby pyłowe Równiny Bełżyckiej (Silty Formations and Soils the Bełżyce Plain). *Roczniki Glebozn.*, 22, Warszawa 1971, ss. 3—18.
52. Williams H., Turner F. J., Gilbert Ch. M.: Petrography an Introduction to the Study of Rocks in Thin Section. San Francisco 1954.

РЕЗЮМЕ

Для исследований было взято 15 проб младшего и старшего лессов, а также встречающейся среди них погребенной почвы. Анализ прово-

дился для фракции 0,01—0,06 мм. Из данных табл. 2 следует, что участие тяжелых минералов в исследуемом профиле очень низкое (до 0,03%). Среди них очень многочисленны непрозрачные минералы (в основном окиси железа и титана), которые составляют 24,2—48,9%. Из прозрачных минералов чаще всего встречаются: циркон, гранат, мусковит, амфибол, рутил и эпидот. В то же время титанит, дистен, ставролит, турмалин, цоизит и апатит встречаются редко, а биотит, хлорит, пироксен, анатаз, глауконит и силиманит — спорадически.

Участие отдельных тяжелых минералов в вертикальном профиле исследуемого лесса является дифференцированным, особенно это относится к амфиболу и гранату, которые характеризуются максимальными величинами процентного участия в верхней части обнажения, а в нижней — минимальными величинами. Размещение амфибола и граната в рассматриваемом профиле обратное, чем циркона и рутила — очень стойких минералов, которые в большом количестве встречаются в нижней части обнажения, а в малом количестве — в верхней части лесса.

В верхней части обнажения (до 8 м) залегает младший верхний лесс, а в нижней (ниже 13,8 м) — старший лесс. Первый, происходящий из последнего ледникового периода, является менее выветрелым и содержит значительно больше граната. Второй же, происходящий из предпоследнего ледникового периода, беден гранатом и характеризуется значительным процентным содержанием очень стойких минералов, т.е. рутила и циркона. Дифференцированный уровень выветривания обоих лессов отражает отношение очень стойких минералов (циркон, рутил и турмалин) к малостойким (гранат и амфибол), о чем свидетельствуют также данные табл. 3, рис. 1 и 2, а частично и рис. 3.

Из характера минералогического состава лессов Квасковой Гуры можно сделать вывод, что их источниками были разные породы — как магматические, так и метоморфические и осадочные. В то же время слабая степень обкатанности минералов может указывать на сравнительно короткий транспорт лессовой пыли.

ПОДПИСИ ПОД РИСУНКАМИ И ТАБЛИЦАМИ

Рис. 1. Показатели минерального состава и кривые процентного содержания тяжелых минералов в лессовом профиле „Кваскова Гура“ в Казимеже на Висле; О — устойчивые минералы (циркон, рутил, турмалин), N — неустойчивые минералы, S — среднеустойчивые минералы; С — циркон, G — гранат А — амфибол.

Рис. 2. Показатели минерального состава тяжелых минералов в лессовом профиле „Кваскова Гура“ в Казимеже на Висле; С — циркон, R — рутил, Т — турмалин, G — гранат, А — амфибол.

Рис. 3. Размещение крайних величин содержания тяжелых минералов, в наибольших количествах представленных в лессовом профиле „Кваскова Гура“ в Казимеже на Висле. Полные треугольники — максимальные величины; пустые треугольники —

минимальные величины; величины, близкие к крайним для всего профиля; а — наиболее, о — несколько меньше, с — менее.

Табл. 1. Легкие минералы (в количественных процентах) в лессовом профиле „Кваскова Гура“ в Казимеже на Висле (фракция 0,06—0,01 мм). Номер пробы; Кварц; Полевые шпаты; Мусковит.

Табл. 2. Тяжелые минералы в лессовом профиле „Кваскова Гура“ в Казимеже на Висле (фракция зерен 0,06—0,01 мм). Номер пробы. Глубина взятия пробы; Тяжелые минералы в весовых %; Непрозрачные минералы; Циркон; Рутил; Турмалин; Дистен; Ставролит; Силиманит; Мусковит; Титанит; Анатаз; Эпидолит; Цеизин; Гранат; Амфибол; Пироксен; Биотит; Хлорит; Апатит; Глауконит.

Табл. 3. Величины минеральных показателей. Номер пробы. Объяснения: О — устойчивые минералы (циркон, рутил, турмалин), N — неустойчивые минералы, S — среднеустойчивые минералы; С — циркон, R — рутил, T — турмалин, G — гранат, A — амфибол.

S U M M A R Y

Fifteen samples of younger and older loess and fossil soils appearing among them were collected for research. Analyses were carried out for fraction 0,01—0,06 mm. It appears from table 2 that the participation of heavy minerals in the research profile is very low (to 0.036%). Among them there is a great number of opaque minerals (mainly iron-monoxide and titanium) the participation of which is from 24.2 to 48.9%. Among the transparent minerals the most numerous are: zircon, garnet, rutile, mirror stone, amphibole and epidot. The participation of titanite, disthene, stauro-lite, tourmaline, zoisite and apatite is smaller. Whereas: biotite, chlorite, pyroxene, anatase, glauconite and sillimanite appear occasionally.

The participation of individual heavy minerals in the vertical profile of researched loess is differentiated; this particularly concerns amphibole and garnet which are characterized by the maximum percentage participation values in the upper part of the exposure, whereas in the lower — by minimum values. The distribution of amphibole and garnet in the discussed profile is opposite to that of zircon and rutile which are very resistant minerals and appear in the greatest number in the lower part of the exposure, while their least participation was ascertained in the upper part of the loess.

In the upper part of the exposure, up to about 8 m, the upper younger loess appears and in the lower, below 13.8 m — the older loess. The first originating from the last glacial period is less weathered and contains considerably more garnet. The second originating from the next to last glacial period is poor in garnet and is characterised by a considerable percentage of very resistant minerals such as rutile and zircon. The differentiated weathering degree of both loesses is reflected the best in the proportion of very resistant minerals (zircon, rutile and tourmaline)

to little resistant (garnet and amphibole), which is shown in table 3 and in fig. 1 and 2 and partly also in fig. 3.

The mineralogical character of Kwaskowa Góra loesses composition justifies the conclusion that their source were different rocks, both magma and metamorphic or sedimentary. Whereas the generally low degree of mineral rounding may indicate a relatively short transport of loess dust.

