

HENRYK MARUSZCZAK

KIERUNKI WIATRÓW W OKRESIE AKUMULACJI LESSU MŁODSZEGO WE WSCHODNIEJ CZĘŚCI EUROPY ŚRODKOWEJ

(2 fig.)

Wind directions during the accumulation of the younger loess in East-Central Europe

(2 Figs.)

Treść. Autor przedstawia próbę rekonstrukcji warunków dynamicznych akumulacji eolicznej pyłu lessowego w ostatnim glacie. Oparł ją w szczególności na analizie rozmieszczenia lessu, miąższości i uziarnienia pokryw tego utworu w powiązaniu z rzeźbą terenu i charakterem źródła pyłu. Uzyskane wyniki wskazują, że w północnej części omawianego obszaru (Polska, Czechosłowacja, Węgry północne), przeważały wiatry wschodnie, gdy obecnie przeważają wiatry zachodnie. Cyrkulacja atmosferyczna w tym obszarze była więc wówczas w zasięgu oddziaływania wyżów barycznych związanych z lądolodem północnoeuropejskim. Na pozostałym obszarze układ wiatrów był podobny jak i obecnie.

W dyskusji na temat lessu ostatnio przeważają argumenty świadczące o eolicznej jego genezie. Nie ma więc potrzeby uzasadniać, że analizy tego utworu dają podstawę do rozważań nad kierunkiem wiatrów w okresie akumulacji pyłu. W niniejszych rozważaniach na ten temat autor ograniczył się do przedstawienia niektórych podstawowych faktów, znanych mu z literatury i badań własnych na terenie Polski, Czechosłowacji, Węgier, Rumunii i Bułgarii. Inne fakty zostały przyjęte jako przesłanki wyjściowe bez ich omawiania. Wielu autorów postępuje podobnie, z tym że często nie wyliczają oni takich przesłanek. Dla uniknięcia nieporozumień pożądane jest jednak ich określenie. Formułuję je zresztą podobnie jak w pracy dotyczącej dorzecza Wisły (H. Maruszczak, 1963): A — Less w zasadniczej masie jest utworem, który akumulowany był przez wiatr lub podlegał transportowi eolicznemu bezpośrednio przed depozycją, w miejscu dzisiejszego występowania, przez inne siły (np. działające na stokach). B — Pokrywy lessowe omawianej części Europy zbudowane są głównie z pyłu osadzonego w ostatnim glacie („less młodszy”). Starsze lessy z reguły są ukryte pod nim i występują w mniejszej masie. C — Procesy erozji, które rozwinęły się po zakończeniu akumulacji lessu, nie zmieniły poważnie zasięgu poszczególnych pokryw tego utworu. Wniosek taki wynika m. in. z badań geomorfologicznych obszarów lessowych (H. Maruszczak, 1965). D — Pierwotne właściwości fizyczno-chemiczne lessu, z wyjątkiem horyzontów zmienionych przez procesy glebotwórcze, uległy poważniejszym zmianom diagenetycznym tylko w ograniczonych miejscach wzmożonej infiltracji wody.

Oparcie się na wymienionych przesłankach upoważnia do wyciągania wniosków, w interesującym nas zakresie, nie tylko z analizy tworzywa, ale także i z analizy rozprzestrzenienia oraz miąższości pokryw lessowych.

ZALEŻNOŚĆ ROZMIESZCZENIA LESSU OD RZEŻBY TERENU

Podstawą analizy rozmieszczenia lessu w Europie była od 1932 r. mapa R. Grahmanna (1932). Obecnie jest ona częściowo zdezaktualizowana. Dlatego też celowe okazało się zestawienie — dla części Europy objętej rozważaniami — nowej mapy w oparciu o aktualne dane (fig. 1). Z mapy tej wynika, że na interesującym nas obszarze lessy występują w piętrze hipsometrycznym od 0 do około 500 m npm. W obrębie tego piętra rozmieszczone są one jednak bardzo nierównomiernie. Często spotykamy je w postaci małych, wyraźnie izolowanych płatów związanych z różnymi elementami rzeźby. Tuż obok mamy identyczne elementy, ale bez pokrywy lessowej. Można więc sądzić, że główna masa pyłu lessowego transportowana była w przyziemnych warstwach atmosfery i na niewielką odległość.

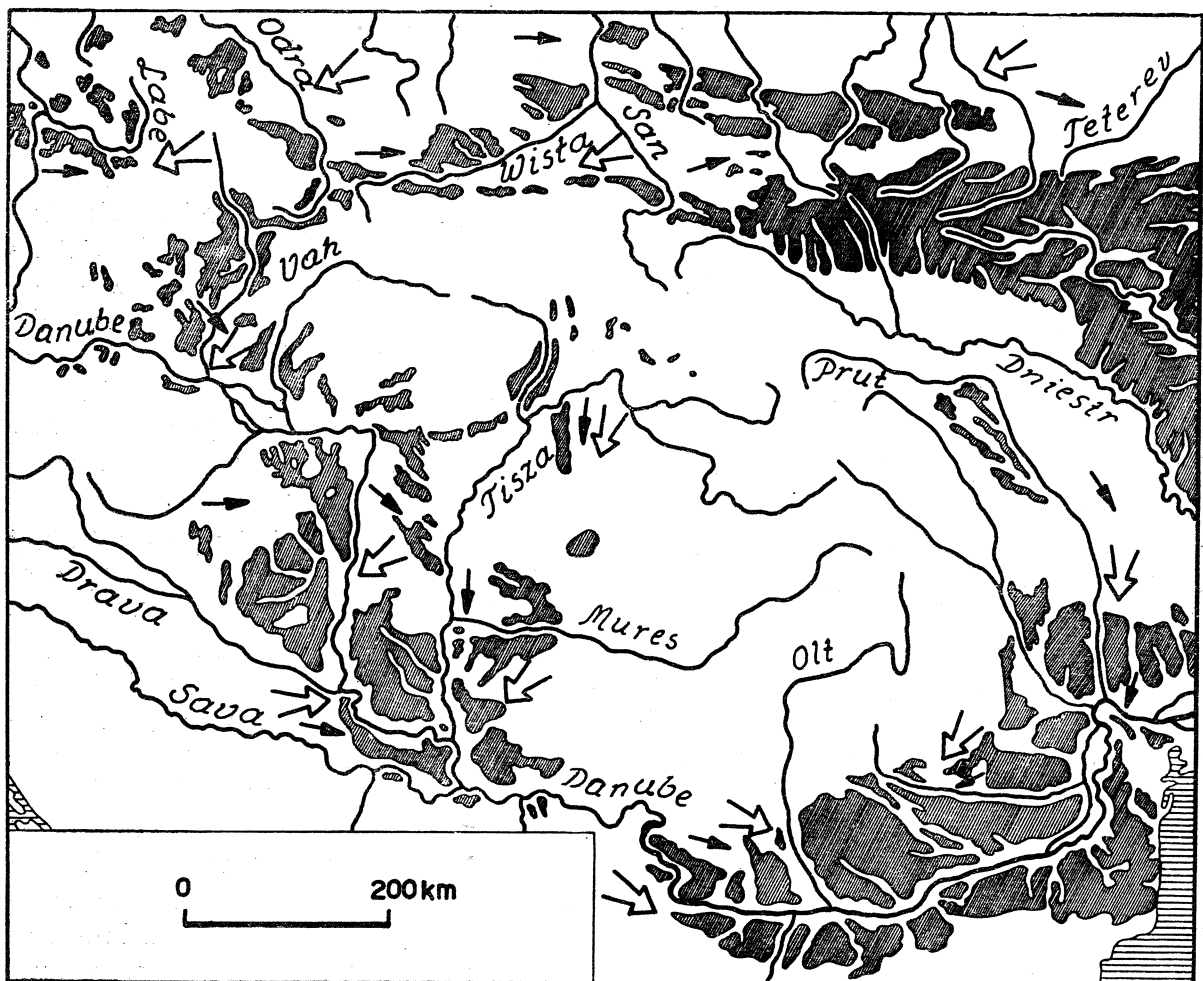


Fig. 1. Rozmieszczenie lessów we wschodniej części Europy środkowej. Opracował H. Maruszczak na podstawie map opublikowanych przez E. Rühlego i M. Sokołowską (1955), D. Jaranowa (1956), P. K. Zamorij i G. M. Molawkę (1956), G. Raileanu et al. (1959), J. Sekyrę (1960) i M. Pécsiego (1962). Kierunki wiatrów przeważających, zrekonstruowane dla głównej fazy akumulacji lessu w okresie ostatniego zlodowacenia, oznaczone schematycznie strzałką podwójną. Kierunki wiatrów przeważających obecnie oznaczone strzałką pojedynczą.

Fig. 1. Distribution of loess in East-Central Europe. Elaborated by the author on the basis of maps published by E. Rühle and M. Sokołowska (1955), D. Jaranoff (1956), P. K. Zamorij and G. M. Molawko (1956), G. Raileanu et al. (1959), J. Sekyra (1960) and M. Pécsi (1962). Prevailing wind directions reconstructed for the main phase of loess accumulation during the last glaciation are marked schematically by a double arrow. Recent wind directions marked by a single arrow.

Przy dominacji transportu na dużej wysokości, a więc i na dużą odległość, less byłby rozmieszczony bardziej równomiernie. Teza ta została omówiona obszerniej, z powołaniem się na odpowiednią literaturę, w kilku opracowaniach autorów polskich (A. M a l i c k i, 1950, A. J a h n, 1956, H. M a r u s z c z a k, 1963 i 1964). Potwierdzają ją m. in. wyniki analiz mineralogicznych i granulometrycznych lessów, wykonywanych w innych regionach omawianej części Europy (D. J a r a n o w, 1956, M. M i n k o w, 1960, B. M o l n a r, 1961). Wydaje się, że obecnie tezę tę można by było zaliczyć do grupy przesłanek wyjściowych dla rozważań naszego typu. Wielu autorów nie podziela jednak takiego poglądu, dlatego też wymagałby on gruntowniejszego, ale odrębnego uzasadnienia.

Jeśli więc przeważająca część pyłu lessowego podlegała transportowi w dolnych warstwach atmosfery, to powinien istnieć pewien związek obszarów akumulacji z rzeźbą. Przyziemne prądy atmosferyczne zależne są bowiem w poważnym stopniu od ukształtowania terenu. Czy istnieje taki związek w naszym przypadku?

W rozmieszczeniu lessu w omawianej części Europy zaznaczają się pewne prawidłowości, różne dla regionów północnych i południowych. Tak więc na północy — w Polsce, przeważającej części Czechosłowacji oraz w zachodniej Ukrainie — lessy są związane wyraźnie z dobrze urzeźbionymi wyżynami. Rzadko i w małej masie spotykamy je na słabo rozciętych równinach. Szczególnie wyraźnie prawidłowość taka zaznacza się w dorzeczu Wisły, gdzie „bezlessowe”, płaskie dno Kotliny Sandomierskiej otoczone jest ze wszystkich stron „lessowymi” wyżynami (H. M a r u s z c z a k, 1963). Na południu zaś, w basenie dolnego Dunaju — w Rumunii i Bułgarii — less pokrywa wprawdzie także obszary wyżynne (Bułgaria północna), ale przede wszystkim jednak związany jest z płaską Niziną Rumuńską. W basenie środkowego Dunaju mamy natomiast sytuację niejako pośrednią. Less wprawdzie pokrywa głównie obszary wyżynne, ale często występuje także na Wielkiej Nizinie Węgierskiej (fig. 1).

Podkreślone cechy rozmieszczenia lessu można powiązać z dynamiką atmosfery okresu akumulacji tego utworu. W strefie klimatycznej obejmującej północne regiony omawianej części Europy wiatry transportujące pył lessowy były szybsze niż w strefie obejmującej regiony południowe. Takie zróżnicowanie szybkości wiatrów w tych obszarach obserwujemy zresztą i obecnie. Można więc przypuszczać, że na północy akumulacja lessu odbywała się na większą skalę tylko tam, gdzie przeszkody orograficzne powodowały lokalne zmniejszenie szybkości wiatrów. Na południu zaś, przy mniejszej przeciętnej szybkości wiatrów, akumulacja mogła się odbywać także w miejscach wyróżniających się większymi lokalnymi szybkościami, tzn. na płaskich nizinach. Dla poparcia tej tezy o wpływie rzeźby na szybkość wiatrów oraz o zróżnicowaniu tej szybkości w poszczególnych regionach omawianego obszaru można przytoczyć dane odnoszące się do stosunków obecnych. Tak więc średnia roczna szybkość wiatrów w Kotlinie Sandomierskiej wynosi przeważnie 3,0—3,5 m/sek, a na otaczających ją wyżynach i pogórzach 2,7—3,0 m/sek (H. M a r u s z c z a k, 1963). Na Nizinie Rumuńskiej zaś tylko 1,8—2,0 m/sek (Clima Rep. Pop. Rom. 1961—1962), a na Wielkiej Nizinie Węgierskiej 1,8 do 2,7 m/sek (Magyar. égh. atl. 1960). Przy analizowaniu tych liczb warto pamiętać, że według B. A. F i e d o r o w i c z a (1960) pył lessowy akumulowany jest obecnie w Azji tam, gdzie średnia roczna szybkość wiatrów nie przekracza 2—3 m/sek.

Powiązanie akumulacji lessu z szybkością prądów atmosferycznych daje podstawę do wnioskowania o kierunkach wiatrów przeważających w okresie gromadzenia pyłu lessowego. Podstawa ta wynika z analizy zmian przyziemnych prądów atmosferycznych o szybkości dostatecznej dla unoszenia pyłu w powietrzu. Jeśli prąd taki przepływa z obszarów silniej urzeźbionych i wyżej wzniesionych nad niżej położone równiny, to szybkość jego wzrasta. Odwrotnie — przy przejściu od niżej położonych obszarów równinnych w kierunku wyżej wzniesionych i pagórkowatych szybkość zmniejsza się (fig. 2 A). Warunki sprzyjające akumulacji pyłu istnieją więc przede wszystkim w drugim przypadku. Stwierdzenie takie jest równoznaczne z wnioskiem, że akumulacja lessu odbywa się głównie na dowietrznych, a nie odwietrznych skłonach wyżyn czy przedgórz¹. Opierając się na takim kryterium w poprzedniej rozprawie przyjąłem, że

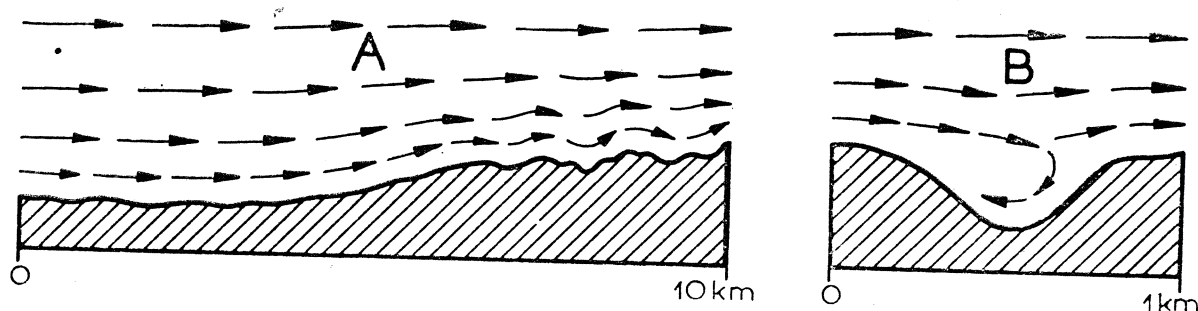


Fig. 2. Schematyczne przekroje ilustrujące zmiany układu i szybkości wiatrów przyziemnych skierowanych prostopadle do: A — progu morfologicznego oddzielającego niżej położoną płaską równinę od silniej urzeźbionej wyżyny (przedgórze), B — osi małej doliny. Długość strzałek oznaczających kierunek wiatru proporcjonalna do jego szybkości. Rysunek A zestawiony w oparciu o dane ilustrujące zmiany szybkości wiatru w zależności od wysokości nad powierzchnią terenu i charakteru jego urzeźbienia. Rysunek B natomiast oparty na zestawionych przez R. Geigera (1957) schematach układu wiatrów na polanach i zrębach śródlęśnych

Fig. 2. Schematic cross-sections illustrating changes of velocity and patterns of near-ground winds perpendicular to: A-morphologic scarp separating a flat lowland from a dissected highland; B — axis of a small valley. The length of the arrows showing the wind direction is proportional to the wind velocity. The drawing A based upon data on wind velocity changes depending on altitude above ground and morphology; the drawing B is based upon schematic diagrams of wind patterns on glades elaborated by R. Geiger (1957)

¹ W dyskusji na temat akumulacji na stokach dowietrznych czy odwietrznych dość często miesza się fakty ilustrujące rozmieszczenie lessu na zboczach małych i dużych dolin oraz na skłonach wyżyn czy pogórzy. Jest to błąd dość poważny, gdyż dynamika prądów atmosferycznych w każdym z tych przypadków jest inna. Nie ma tutaj miejsca na bardziej szczegółowe omówienie tego zagadnienia. Zwracam więc jedynie uwagę, że w odróżnieniu od skłonów (krawędzi) wyżyn i pogórzy na krótszych i bardziej stromych zboczach mniejszych dolin akumulacja pyłu odbywała się głównie po stronie odwietrznej (fig. 2 B).

Niektórzy autorzy zresztą nie analizują warunków dynamicznych akumulacji na stokach o różnej ekspozycji „wietrznej”, wnioskując o kierunku wiatrów na podstawie innych faktów. Tak np. H. Poser (1951) przyjął, że lessy w Europie środkowej akumulowane były równocześnie z piaskami wydmowymi. Kierunek wiatrów określił przy tym tylko w oparciu o analizę morfologiczną wydm. W konsekwencji autor ten musiał przyjąć, że na obrzeżeniu północnym średniogórza niemieckiego less akumulowany był przez wiatry zachodnie, a więc na stronie

w dorzeczu Wisły less akumulowany był głównie przez wiatry z sektorów wschodnich. Świadczy o tym szczególnie rozmieszczenie tego utworu w otoczeniu Kotliny Sandomierskiej. Pokrywa on bowiem dość zwarcie krawędzie wyżyn otaczających tę kotlinę od północnego zachodu oraz od południa. Brak go zaś prawie zupełnie w strefie krawędzi od strony północno-wschodniej. Kierunek wschodni wiatrów przeważających wynika także z analizy rozmieszczenia domieszki piaszczystej w profilach lessowych tego obszaru (H. Maruszczak, 1963)¹. Należy zaznaczyć, że koncepcję przeważających wiatrów wschodnich w okresie akumulacji lessu, opartą na analizie śródllessowych przewarstwień piaszczystych, wcześniej wysunął E. Schönhals (1953) dla okolic Pragi oraz H. Brünnig (1959) dla okolic Magdeburga.

Zrekonstruowany w ten sposób kierunek wiatrów przeważających w okresie pełni ostatniego glacjału w Polsce, Czechach i wschodnich Niemczech różni się więc zasadniczo od charakterystycznego dla postglacjału kierunku zachodniego. Zmiana cyrkulacji glacialnej na postglacialną nastąpiła w Polsce przed powstaniem wydmy, jeszcze w końcowych fazach akumulacji lessu (H. Maruszczak, 1963). Wskazuje na to analiza przestrzennego rozmieszczenia przewarstwień piaszczystych w górnej części pokryw lessowych.

Obszar mniej wdzięczny dla rozważań nad kierunkiem wiatrów przedstawia basen środkowego Dunaju. W północnej jego części najlepiej rozwinięte pokrywy lessowe występują na wyżynach i przedgórzach obrzeżających Wielką Nizinę Węgierską od zachodu i północno-zachodu. Prawie zupełnie zaś brak ich na przedgórzach od strony północno-wschodniej i wschodniej. Można więc przyjąć, że w północnej części basenu środkowego Dunaju pył akumulowany był głównie przez wiatry z sektora północno-wschodniego. Wniosek taki zbieżny jest z poglądami P. Krivána (1953) i I. Miháltza (1953), którzy przyjmowali, że pył lessowy osadzany był przez wiatry wschodnie, ale — w odróżnieniu od autora — przyjmowali transport na dużą odległość. W południowej części omawianego basenu rozmieszczenie lessów wskazuje na udział wiatrów zarówno z sektorów zachodnich, jak też i wschodnich. Na znaczny udział wiatrów zachodnich wskazują uzyskane przez B. Molnara (1961) wyniki badań utworów eolicznych południowej części międzyrzecza Dunaj — Cisa. Wspomniany autor nie wypowiada się wprawdzie wyraźnie na ten temat, ale podaje fakty, z których ten kierunek wynika. B. Milojević (1950)

odwietrznej. Nie można jednak zapominać, że wydmy na tym obszarze powstawały u schyłku akumulacji lessu, a głównie dopiero po jej zakończeniu. Nieuzasadnione więc jest utożsamienie kierunku wiatrów wydmotwórczych z tymi, które panowały w maksymalnej fazie akumulacji lessu, tzn. w okresie, który zapewne decydująco wpłynął na ukształtowanie się pokryw lessowych.

¹ Teza o przeważającej roli wiatrów wschodnich została dokładniej omówiona, z powołaniem się na odpowiednią literaturę, w rozprawie odnoszącej się do dorzecza górnej Wisły (H. Maruszczak, 1963). Ponieważ dotychczas nie została ona zakwestionowana, uważam się za zwolnionego z obowiązku obszerniejszego referowania odpowiedniej argumentacji. Nie cytuję też poglądów innych autorów polskich, gdyż celem niniejszej rozprawy jest tylko krótkie przedstawienie aktualnego stanu problematyki sformułowanej w tytule. Rozwój poglądów na temat kierunku wiatrów „lessotwórczych” w literaturze polskiej był omówiony ostatnio m. in. przez A. Jahnna (1956), a w literaturze europejskiej — przez R. F. Flinta (1957).

przyjmował zaś, że lessy południowej peryferii basenu środkowego Dunaju akumulowane były przez wiatry z sektorów wschodnich i zachodnich.

Przedstawiony w ten sposób najbardziej prawdopodobny układ wiatrów przeważających w okresie ostatniego zlodowacenia jest zbliżony do obecnego we wschodniej i południowej części basenu środkowego Dunaju. Tylko w części pn.-zach. nastąpiła wyraźna ewolucja tego układu — zamiast wiatrów z sektora północno-wschodniego mamy obecnie wiatry z sektora północno-zachodniego (fig. 1). Zastosowane dotychczas kryterium nie daje podstawy do analizy rozmieszczenia lessu w basenie dolnego Dunaju. Utwór ten pokrywa tam bowiem przede wszystkim nizinę otoczoną wyżynami i pogórzami. Dla tego obszaru musimy więc przyjąć inne kryterium, które by uwzględniało odrębne warunki dynamiczne akumulacji pyłu.

ZALEŻNOŚĆ ROZMIESZCZENIA LESSU OD CHARAKTERU ŹRÓDŁA PYŁU

Obecnie należałoby zwrócić uwagę na inny aspekt różnicowania w rozmieszczeniu lessu w omawianej części Europy. Na pn.-zach. mamy więc tutaj stosunkowo niewielkie, rozproszone płaty tego utworu. Na pd.-wsch. zaś pokrywa on dość zwarcie rozległe obszary rozciągające się wzdłuż dolnego Dunaju po obu jego stronach. Różnice te można wiązać nie tylko z osobliwościami rzeźby podłoża czy warunków dynamicznych akumulacji lessu, ale także i ze różnicowaniem charakteru źródła pyłu.

W okresie pełni ostatniego glacjału część pn.-zach. naszego obszaru, tzn. południowa Polska, Czechosłowacja i północne Węgry, znajdowała się w zasięgu strefy peryglacjalnej. Pył produkowany był tutaj powszechnie w wyniku wietrzenia mrozowego. Źródła pyłu były więc rozproszone w przestrzeni, a obszary alimentacji i sedymentacji zazębiały się ze sobą dość ściśle (A. J a h n, 1956).

W wyniku spłukiwania przez wody roztopowe pył częściowo gromadził się w zwiększonych ilościach w dolinach rzecznych. Dlatego też niektóre płaty lessu związane są dość wyraźnie z górnymi odcinkami Wisły, Odry i Łaby czy też z Morawą. Taki związek z rzekami znacznie silniej zaznaczony jest jednak w części pd.-wsch. w basenie dolnego Dunaju. Less towarzyszy tutaj nierozłącznie tej wielkiej arterii wodnej i dolnym odcinkom jej dopływów. Obszary te nawet w okresie pełni ostatniego glacjału znajdowały się w zasięgu strefy umiarkowanej (H. M a r u s z c z a k, 1964). W takich warunkach produkcja pyłu lessowego na miejscu, w wyniku wietrzenia mrozowego, nie odbywała się na większą skalę. Poważna część materiału wyjściowego dla lessu musiała być transportowana przez rzeki z piętra peryglacjalnego gór otaczających równiny naddunajskie. Sam Dunaj transportował ten materiał także i z obszarów bardziej oddległych. Wydaje się, że z punktu widzenia charakteru źródła pyłu stosunki pośrednie, między obserwowanymi na pn.-zach. i na pd.-wsch. znajdujemy w basenie środkowego Dunaju. Warto zwrócić uwagę, że po raz drugi podkreślana jest tutaj pośrednia pozycja tego ostatniego basenu.

Analiza miąższości lessu raczej potwierdza ten wniosek o różnej roli dolin rzecznych jako obszarów alimentacyjnych. Tak więc nad dolnym Dunajem miąższość tego utworu jest największa wzdłuż rzeki po obu stronach i dochodzi nawet do 90 m na brzegu bułgarskim (D. J a r a n o w, 1956, M. M i n k o w, 1960). W kierunku prostopadłym do rzeki zmniejsza się ona szybko i na peryferii zasięgu lessu wynosi zaledwie parę metrów. W tym samym kierunku zmniejsza się także średnia wielkość ziarna —

less staje się coraz bardziej gliniasty. W dorzeczu Wisły zaś miąższość lessu waha się w znacznie mniejszych granicach, przeważnie od kilku do 20—30 m zaledwie, nie wykazując przy tym wyraźniejszej zależności od położenia w stosunku do dolin rzecznych. Na marginesie niejako można zauważyć, że duża zmienność miąższości i charakter rozmieszczenia lessu nad dolnym Dunajem dość wyraźnie świadczy na korzyść tezy o przewadze transportu pyłu z niewielkiej odległości.

Podkreślone prawidłowości przestrzenne zmian miąższości lessu nad dolnym Dunajem dają podstawę do określenia kierunku wiatrów przeważających w okresie akumulacji pyłu. Symetryczne rozmieszczenie i zmniejszanie się miąższości lessu po obu stronach rzeki wskazuje bowiem, że były to kierunki generalnie równoległe do tej arterii. Przy kierunku prostopadłym, jak to np. przyjmował D. J a r a n o w (1956), less byłby rozmieszczony asymetrycznie — głównie po jednej stronie. W zachodniej części basenu były to więc prawdopodobnie wiatry z sektorów zachodnich. Świadczy o tym m. in. wzrost miąższości lessu po wschodniej stronie południkowych dopływów bułgarskich Dunaju, udokumentowany przez M. M i n k o w a (1960). We wschodniej zaś części były to zapewne wiatry północne i północno-wschodnie. Wskazuje na to wzrost miąższości lessu po południowej stronie równoleżnikowych odcinków lewych dopływów rumuńskich Dunaju (H. M a r u s z c z a k, 1964).

Tak zrekonstruowany układ wiatrów plejstocentrycznych w basenie dolnego Dunaju nie różnił się od obecnie panującego (fig. 1). Podobny był on także w okresie powstawania wydm nałożonych na pokrywę lessową (T. N a u m i H. G r u m a z e s c u, 1954, H. M a r u s z c z a k i J. T r e m b a c z o w s k i, 1960).

Kryterium podobne jak dla basenu dolnego Dunaju można zastosować także dla centralnej części basenu środkowego Dunaju. Występowanie pokrywy lessowej tylko po zachodniej stronie południkowego odcinka tej rzeki na południe od Budapesztu, na Mezöföldzie, oraz zmniejszanie się miąższości tej pokrywy ku zachodowi wskazuje na przewagę wiatrów prostopadłych do Dunaju. Wniosek ten potwierdza przyjęte uprzednio określenie tego kierunku (sektor północno-wschodni).

Less młodszy akumulowany był na omawianym obszarze w różnym tempie i z pewnymi przerwami w przeciągu około 40 000 lat (J. B ü d e l, 1960). Nie ulega wątpliwości, że w tak długim okresie czasu układ wiatrów przeważających zmieniał się wielokrotnie. Pył lessowy był więc transportowany i akumulowany przez wiatry z różnych kierunków. Dzisiejsze rozmieszczenie pokryw lessowych reprezentuje więc niejako sumę czy wypadkową ich działania. Dlatego też można uważać, że wynikające z analizy tego rozmieszczenia kierunki przeważające charakteryzują przeciętny typ cyrkulacji atmosferycznej w okresie ostatniego glacjału. Niecelowe byłoby więc np. dociekanie, dla jakiej pory roku szczególnie charakterystyczny był odtworzony w ten sposób układ wiatrów. Należy o tym pamiętać przy każdej próbie interpretacji uzyskanych wyników i ich konfrontacji ze szczegółowymi faktami o ograniczonym zasięgu przestrzennym i czasowym.

WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

1. Lessy we wschodniej części Europy środkowej akumulowane były w okresie ostatniego glacjału głównie przez przyziemne wiatry z różnych kierunków. W Polsce południowej, Czechosłowacji i Węgrzech północnych

przeważały wiatry z sektorów wschodnich, a szczególnie z sektora północno-wschodniego. Wiatry z sektorów zachodnich przeważały w zachodniej części basenu dolnego Dunaju oraz prawdopodobnie w pd.-zach. części basenu środkowego Dunaju.

2. Obszary, w których główną rolę odegrały wiatry wschodnie, znajdowały się w zasięgu oddziaływania klimatu peryglacjalnego. Należy więc przyjąć, że w środkowoeuropejskiej części obszarów peryglacjalnych w pełni ostatniego glacjału cyrkulacja atmosferyczna pozostawała pod wpływem wyżowych ośrodków barycznych związanych z lądolodem północnoeuropejskim. Obszary zaś, które charakteryzowała przewaga wiatrów zachodnich, były w zasięgu wpływów strefy umiarkowanej. W strefie tej cyrkulacja atmosferyczna związana była zapewne z niżowymi ośrodkami barycznymi regionu śródziemnomorskiego. Uzyskane wyniki potwierdzają więc, dla omawianego obszaru, przedstawioną przez H. S. Willeta (1950) próbę rekonstrukcji ogólnej cyrkulacji atmosferycznej w okresie maksimum ostatniego glacjału.

3. Zasięg wyraźniej zaznaczonych wpływów antycyklonu glacialnego — wiatry przeważające z sektora północno-wschodniego — był prawdopodobnie dość ograniczony. W kierunku południkowym sięgał on zapewne tylko do północnej części basenu środkowego Dunaju. W kierunku równoleżnikowym zaś obejmował Niemcy wschodnie. W Niemczech zachodnich i Szwajcarii północnej akumulacja lessu odbywała się bowiem w warunkach przewagi wiatrów z sektorów zachodnich (R. F. Flint, 1957, G. H. Gouda, 1962).

4. Obszary, które w okresie akumulacji lessu były w zasięgu strefy peryglacjalnej i oddziaływania antycyklonu glacialnego, w ostatnim glacialu miały układ wiatrów przeważających prawie odwrotny w stosunku do obecnego. Zmiana cyrkulacji glacialnej (przewaga wiatrów północno-wschodnich) na interglacialną, czyli postglacialną (przewaga wiatrów zachodnich), nastąpiła w okresie późnego glacjału, jeszcze w końcowych fazach akumulacji lessu. Wiatry zachodnie panowały już wyraźnie w okresie, gdy u schyłku akumulacji lessu zaczęły powstawać wydmy. W obszarach zaś, które w ostatnim glacialu pozostawały w zasięgu strefy umiarkowanej, nie nastąpiła poważniejsza zmiana kierunków wiatrów przeważających w postglacialu.

*Katedra Geografii Fizycznej
Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie*

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Brü n n i n g H. (1959), Periglacial-Erscheinungen und Landschaftsgenese im Bereich des mittleren Elbtales bei Magdeburg, *Göttinger Geogr. Abh.*, 23.
Bü d e l J. (1960), Die Gliederung der Würmkaltzeit, *Würzb. Geogr. Arb.*, 8. Clima Republicii Populare Romine (1961—1962), Bucuresti.
F e d o r o v i c h B. A. Федорович Б. А. (1960), Вопросы происхождения лесса в связи с условиями его распространения в Евразии (Problems of the origin of loess on the background of the conditions of its distribution in Eurasia) материалы по геогрф. и палеогеогр. СССР 24, p. 96—117, Москва.
F l i n t R. F. (1957), *Glacial and Pleistocene Geology*, New York—London.
G e i g e r R. (1957), *The Climate near the Ground*, Cambridge, Massach.

- Gouda G. H. (1962), Untersuchungen an Lössen der Nordschweiz, *Geogr. Helvetica*, 17, p. 137—221.
- Grahmann R. (1932), Der Löss in Europa, *Mitt. Ges. Erdk. zu Leipzig*, 1930—1931, p. 5—24.
- Jahn A. (1956), Wyżyna Lubelska (Geomorphology and Quaternary history of Lublin Plateau) *Pr. geogr. Inst. Geogr. PAN*, 7, Warszawa.
- Jaranow D. (1956), Losat i losowidnité sedimenty w Bułgarii (Le loess et les sédiments loessoides en Bulgarie), *Izw. na poczw. institut* 3, p. 37—78.
- Kriván P. (1953), Die erdgeschichtlichen Rythmen des Pleistozänzeitalters, *Acta geol. Acad. Sc. Hung.*, 2/1—2, p. 79—90.
- Magyarország éghajlati atlasza (1960), (Klimaatlas von Ungarn), Budapest.
- Malicki A. (1950), Geneza i rozmieszczenie lessów w środkowej i wschodniej Polsce (The origin and distribution of loess in Central and Eastern Poland), *Ann. Univ. MCS*, s. B, 4, p. 195—228, Lublin.
- Maruszczak H. (1963), Wind direction during the sedimentation period of the upper Loess in the Vistula Basin, *Bull. Acad. Pol. Sc. serie sc. géol. géogr.*, 11/1, p. 23—28.
- Maruszczak H. (1964), Conditions d'accumulation du loess dans la partie orientale de l'Europe Centrale, *Geogr. Polonica*, 2, p. 39—47.
- Maruszczak H. (1965), Development conditions of the relief of loess areas in East-Middle Europe, *Geogr. Polonica*, 6, p. 93—104.
- Maruszczak H., Trembaczowski J. (1960), Próba porównania wydmy śródlądowych okolic Widina (Bułgaria) i Wyżyny Lubelskiej (Polska). (Attempt of comparing continental dunes of the Vidin region- Bulgaria-with dunes on the Lublin Plateau-Poland), *Czas. geogr.*, 31, p. 163—178.
- Miháltz I. (1953), La division des sédiments quaternaires de l'Alföld, *Acta geol. Acad. Sc. Hung.*, 2/1—2, p. 109—120.
- Milojević B. Z. (1950), Les plateaux de loess et les régions de sable en Yougoslavie, *Mém. Soc. Géogr.*, 6, Beograd.
- Minkow M. (1960), Losat i losowidnité sedimenty medzi rekami Skomlija i Ogosta (Der Löss und die Lössartigen Sedimente zwischen den Flüssen Skomlija und Ogosta), *Tr. geol. Bulgarie, ser. strat. tect.*, 1, p. 249—294.
- Molnar B. (1961), A Duna-Tisza közeli eolikus rétegek felszíni és felszín alatti kiterjedése (Die Verbreitung der äolischen Bildungen an der Oberfläche und untertags im Zwischenstromland von Donau und Theiss), *Földt. Közlöny*, 91, p. 300—315.
- Monografia geografica a Republicii Populare Romine (1960), 1, Bucuresti.
- Naum T., Grumazescu H. (1954), Problema loessului, *Probleme geogr.*, 1, p. 154—192.
- Poser H. (1951), Die nördliche Lössgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima, *Eiszeit. Gegenw.*, 1, p. 27—55.
- Schönhals E. (1953), Gesetzmässigkeiten im Feinaufbau von Talrandlössen mit Bemerkungen über die Entstehung des Lösses, *Eiszeit. Gegenw.*, 3, p. 19—36.
- Willet H. C. (1950), The general circulation at the last (Würm) Glacial maximum, *Geografiska Annaler*, 32, p. 179—187.

SUMMARY

The author compiled a map of distribution of loess in East-Central Europe (Fig. 1), and elaborated an interpretation based upon the following assumptions:

a) the loess was accumulated mainly by wind action, or was subject to aeolian transport immediately before deposition by other agents (e. g. slope processes);

b) the loess cover of the discussed area was accumulated mainly during the last glaciation („younger loess”);

c) after the end of accumulation of the loess the distribution and shape of the loess cover was not markedly changed by erosion.

Basing on these assumptions the following conclusions were drawn:

- 1) the loess covers are distributed in the discussed area not uniformly in the hypsometric range 0—500 m a.m.s.l.
- 2) frequently in the same geological and morphological conditions thick loess covers are neighbouring areas without any loess accumulation.

It follows from the above that the major part of the loess was transported on small distances in the lower part of the atmosphere. Otherwise the distribution of loess would be more uniform.

As the near-ground atmospheric currents are depending largely on the morphology, a relation should exist between the distribution of loess and the morphology. It can be stated, that in the northern part of the discussed area (Poland, Czechoslovakia, Ukraine) the loess covers are clearly related with dissected highlands and hilly areas while they are lacking on flat lands. Instead, in the southern part of the discussed area in the lower Danube basin, the loess covers are distributed mainly on flat lands, although they are found also on highlands (Northern Bulgaria). Between these two areas, in the middle Danube basin, the distribution of loess covers is intermediate (Fig. 1).

The northern part of the discussed area was lying in the periglacial zone during the accumulation of the younger loess and was characterized — similarly as in Recent times — by a greater wind velocity. It can be inferred therefore, that accumulation of dust occurred on a larger scale at places where orographic obstacles caused a decrease of wind velocity. Such conditions existed chiefly in highland areas, and especially in the zones of windward slopes separating the highlands from the low lands (Fig. 2). Instead, the southern part was lying at that time in a temperate zone where the average wind velocity was smaller. The accumulation of loess occurred there in areas characterized by local greater wind velocity, i. e. on flat lands.

Basing upon the above reconstruction of dynamic conditions of loess accumulation it is concluded that easterly winds prevailed in Poland during the formation of the younger loess cover. This is indicated especially by the distribution of loess on the highlands around the Sandomierz Basin. A rather continuous loess cover is present there on the highlands slopes on the NW and S, while it is nearly entirely lacking on the NE. Also an analysis of sandy intercalations in the loess covers indicated the predominance of easterly winds (H. Maruszczak, 1963, see also E. Schönhals, 1953 and H. Brünning, 1959). The change of the glacial air circulation (predominating easterly winds) into the post-glacial air circulation (predominating westerly winds) occurred in the area of Poland during the final phases of accumulation of loess, and before the formation of dunes (H. Maruszczak, 1963).

In the northern part of the middle Danube basin loess occurs chiefly on highlands and hills bordering the Alföld from W and NW, while it is almost entirely lacking on the NE and E side (Fig. 1). It is possible

therefore that also there the loess was deposited mainly by north-easterly and easterly winds (see also P. Krivan, 1953 and I. Mihaltz, 1953).

The conditions of deposition of loess in the southern part of the middle Danube basin are less clear. The distribution of loess covers seems to indicate both westerly and easterly winds. The results of investigations of eolian sediments in the southern part of the Danube — Tisza watershed (B. Molnar, 1961) suggest that westerly winds played a major rôle in the transport of loess dust. B. Z. Milojević (1950) assumed easterly and westerly winds for the Yugoslavian part of the middle Danube basin. The Pleistocene wind pattern in the southern and eastern part of the middle Danube basin probably did not differ from the Recent one. Only in the north-western part of the discussed basin a distinct change of wind pattern occurred and the north-easterly winds prevailing during the glaciation were replaced by north-westerly winds (Fig. 1).

In the lower Danube basin the loess forms an extensive continuous cover, while in the north-west of the discussed part of Europe the loess covers are much smaller and disseminated. It seems probable that these differences are significant and that they can be related with the character of the source of the loess dust. In the north-west part (Poland, Czechoslovakia, Northern Hungary) the dust was formed generally under periglacial conditions by frost weathering. The areas of alimentation and sedimentation were disseminated and closely intertonguing (A. Jahn, 1956). Instead, in the lower Danube basin in temperate climatic conditions the formation of dust in place by frost weathering was not important. Probably the major part of the dust was carried by the Danube and its tributaries from the periglacial stage of the mountains neighbouring the flat lands along the Danube valley. An analysis of the thickness of the loess cover confirms the conclusion on the varying rôle of river valleys as alimentation areas. In the Wisła basin in Poland the thickness of the loess ranges from a few m to 20—30 m. and does not show a distinct dependence on the position with regard to the river valleys. Instead, on the lower Danube the thickness of loess is clearly greatest along both shores of that river, amounting to 90 m. on the Bulgarian shore. The thickness of the loess cover decreases rapidly with increasing distance from the river, and does not exceed a few m. the peripheries of the loess cover. The grain size decreases in the same direction (D. Jaranoff, 1956; M. Minkov, 1960; Tr. Naum and H. Grumazescu, 1954).

From the above it follows that the winds which blew out the dust from the lower Danube valley were parallel to the river. If the winds were perpendicular to the river, as assumed D. Jaranoff (1956), the loess cover would be asymmetric with relation to the river, extending chiefly on one side of it. In the western part of the Lower Danube basin the winds in question were probably westerly. This is indicated among others by the increase of the thickness of the loess cover east of the right Bulgarian tributaries of the Danube (M. Minkov, 1960). Instead, in the eastern part of the discussed basin the winds were probably northerly and north-easterly. This is indicated by the increase of the thickness of the loess cover south of the east-west stretches of the left tributaries of the Danube (H. Maruszczak, 1964). Therefore the reconstructed Pleistocene wind system in the lower Danube basin does not differ from the Recent one (Fig. 1). The wind system was also similar during the

period of formation of dunes superimposed on the loess cover. (Tr. Naum and G. Grumazescu, 1954; H. Maruszczak and J. Trembaczowski, 1960).

The areas in which the loess accumulation was related with easterly winds (Poland, Czechoslovakia, Northern Hungary) were situated within the periglacial zone. It can be assumed therefore that in this part of Europe the atmospheric circulation was influenced during the last glaciation by anticyclons related with the North European ice-cap. The influence of these anticyclons reached westward probably up to the area of East Germany. In West Germany and in Northern Switzerland the loess was accumulated under the influence of prevailing westerly winds (R. F. Flint, 1957; G. H. Gouda, 1962). The south-western part of the described area characterized by the predominance of westerly winds was lying in a temperate climatic zone, where the atmospheric circulation was probably related with cyclones of the Mediterranean area. The results of the analysis are therefore conforming the reconstruction of the general atmospheric circulation during the maximum of last glaciation elaborated by H. C. Willet (1950).

*Department of Physical Geography
Maria Curie-Skłodowska University
Lublin*