
Zakład Geologii Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie

Zbigniew GARDZIEL

Utwory wydnowe północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej

Дюнные отложения северного предполья Люблинской возвышенности

Dune Formation of Northern Foreland of the Lublin Upland

Wydmy śródlądowe, występujące na niżu polskim, wzbudzały od dawna zainteresowanie wśród badaczy zajmujących się osadami czwartorzędowymi. Świadczy o tym znaczna liczba prac dotyczących tego zagadnienia, a opublikowanych jeszcze pod koniec ubiegłego i w początkach bieżącego stulecia. Szczególnie szeroko rozwinęły się badania wydym po II wojnie światowej. W ich wyniku prawie wszystkie większe skupiska wydym śródlądowych w Polsce zostały dość szczegółowo opracowane. Mimo to istnieją jeszcze pewne obszary wydnowe, które nie doczekały się dotychczas dokładniejszej analizy, jak np. północne przedpole Wyżyny Lubelskiej. Na tym obszarze jedynie wydmy z okolicy Puław były dokładnie badane (37, 17). Fakt ten skłonił autora do zainteresowania się właśnie tym obszarem. Celem badań było opracowanie charakterystyki litologicznej piasków wydnowych północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej między Wisłą i Wieprzem.

Powierzchnia badanego obszaru wznosi się na wysokość od ok. 170 m n.p.m. na zachodzie do ponad 200 m. n.p.m. na wschodzie, przy czym najwyższe partie spotykamy w SE części omawianego terenu. Badany obszar ograniczony jest od południa wyraźnie zaznaczającą się w rzeźbie wysoką (15—20 m) krawędzią Wyżyny Lubelskiej. Od zachodu ogranicza go szeroka (ok. 15 km) dolina Wisły, której dno rozciąga się na wysokości od około 116 m n.p.m. w okolicy Puław do około 113 m n.p.m. przy ujściu Wieprza. Granicę wschodnią i północną stanowi dolina Wieprza, wcięta do poziomu około 155 m n.p.m. przy ujściu Bystrzycy do Wieprza i obniżająca się stopniowo do poziomu odcinka ujściowego (113 m n.p.m.). Na

całym tym odcinku Wieprz płynie szeroką na kilkaset metrów do kilku kilometrów doliną, w której występują liczne zakola i starorzecza.

Miąszość osadów czwartorzędowych na badanym obszarze jest bardzo różna: w niektórych miejscach wynosi zaledwie kilka lub kilkanaście metrów, np. w okolicy Lubartowa (21), podczas gdy w obniżeniach dolinnych przekracza 100 m (15). Średnia grubość czwartorzędowych osadów wierzchowinowych waha się w granicach 20—30 m.

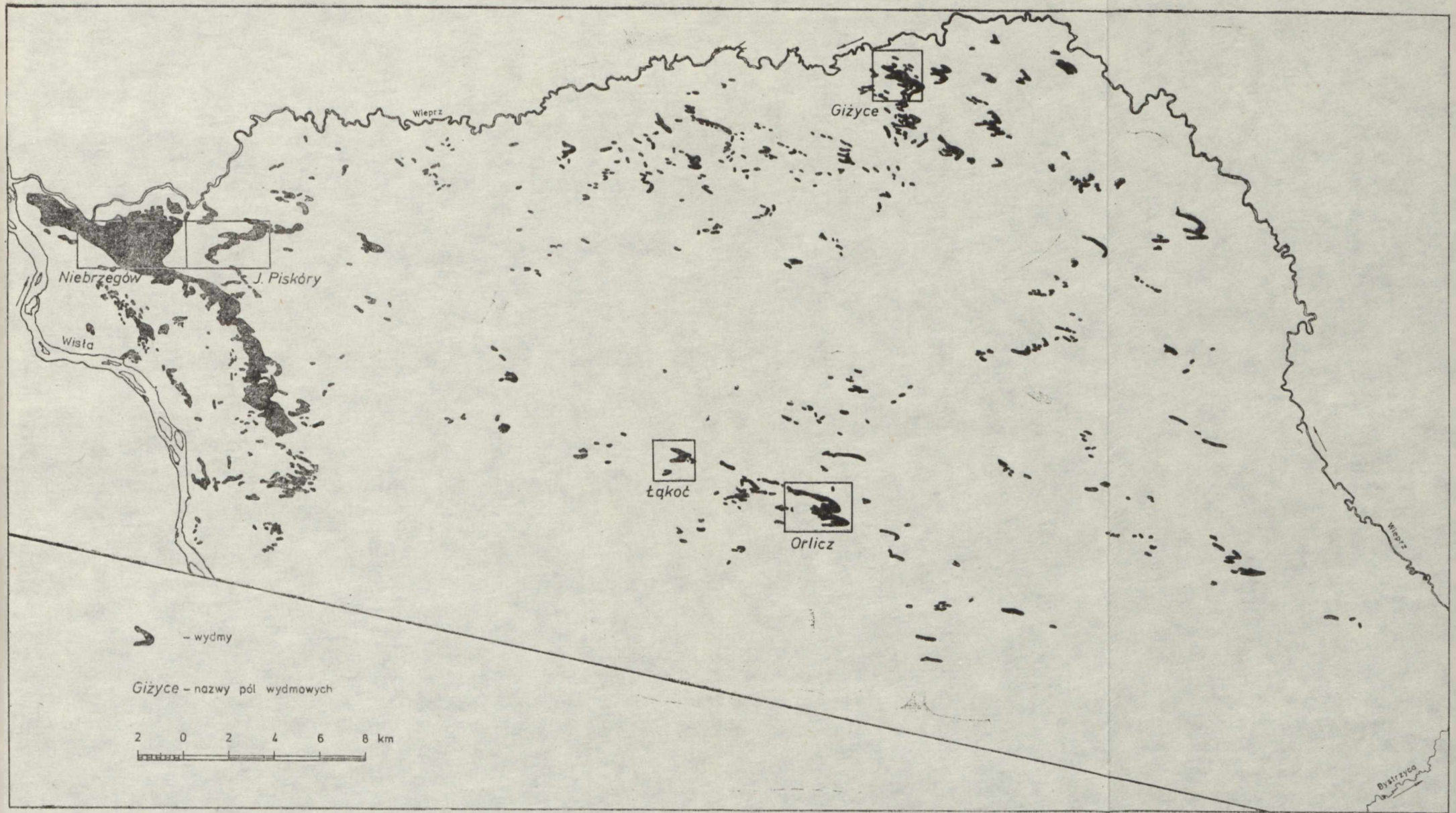
Duża część omawianego terenu zajęta jest przez równiny moreny dennej, które uległy znacznym przeobrażeniom przez procesy denudacyjno-erozyjne, działające na tym obszarze od schyłku zlodowacenia środkowopolskiego. Falista równina moreny dennej rozcięta jest przez szerokie i podmokłe doliny rzeczne na odrębne płyty wysoczyznowe. Na obszarze tym występują tylko nieliczne pagórki moreny czołowej stadiału maksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego (o kilkumetrowej wysokości względnej).

Holocenijskie osady w dolinie Wieprza mają zwykle miąszość kilku metrów. Ponad dnem doliny Wieprza wznosi się niska terasa holocenijska, a powyżej niej (na wysokości 2—8 m ponad dnem doliny) występuje plejstocenijska terasa nadzalewowa, zbudowana przeważnie z piasków drobnodziarnistych, zawierających domieszkę żwirów skandynawskich. Podobna sytuacja występuje w dolinie Wisły, gdzie szeroka terasa nadzalewowa wznosi się do wysokości około 10 m ponad dnem doliny. W dolinach mniejszych rzek, przecinających omawiany obszar, terasy nadzalewowe są niższe i węższe, jedynie w pobliżu ujściowego odcinka Mininy terasa rozszerza się, obejmując swoim zasięgiem część dawnej doliny Wieprza, który w okresie zlodowacenia północnopolskiego płynął prawdopodobnie przez jakiś czas na odcinku Przypisówka—Firlej—Kunów—Krupy (46).

Do charakterystycznych form eolicznych na przedpolu Wyżyny Lubelskiej należą wydmy, które jednak nie występują zbyt licznie, m. in. ze względu na brak większych obszarów o miąszej pokrywie piaszczystej. Być może wynikało to także z dość znacznego zawilgocenia terenu w okresie formowania się wydm.

Wydmy na tym terenie (rys. 1) występują przede wszystkim na piaszczysto-żwirowych terasach plejstocenijskich Wisły i Wieprza. Największe skupienie tworzą na terasie Wisły, ciągnąc się na całej długości od Puław do Dębina. Na terasie Wieprza skupiają się głównie na południe od Kocka, między Giżycami a Firlejem. Poza tymi obszarami spotykamy nieliczne formy wydmowe na terasach mniejszych rzek, a także miejscami na wysoczyznach polodowcowych. Wydmy badanego obszaru w przeważającej mierze pokryte są lasem sosnowym, często młodym i bardzo gęstym.

Na podstawie przeprowadzonego w terenie wstępnego rozpoznania wy-



Rys. 1. Rozmieszczenie wydm na północnym przedpolu Wyżyny Lubelskiej
 Distribution of dunes on the northern foreland of the Lublin Upland



gęstym.

Na podstawie przeprowadzonego w terenie wstępnego rozpoznania wy-

stępujących tu form wydmych autor wytypował 5 stanowisk, na których przeprowadzone zostały szczegółowe badania: 1) pole wydmore w widłach Wieprza i Wisły w pobliżu miejscowości Niebrzegów, 2) sąsiadującą z nim od wschodu formę wydmy nad zarastającym jeziorem Piskory, 3) zespół wydmy w pobliżu ujścia Tyśmienicy do Wieprza, koło miejscowości Giżyce (nieдалeko Kocka), 4) tzw. „Góry Orlickie”, położone w pobliżu miejscowości Orlicz, na północ od Garbowa, 5) formę wydmy w pobliżu miejscowości Łąkoć, nieдалeko „Gór Orlickich”.

Pole wydmore Niebrzegów zajmuje obszar o powierzchni około 10 km². Występuje tu kilka form wydmych, przechodzących jedna w drugą. Wydmy mają dość skomplikowane kształty, ale, jak wynika z obserwacji terenowych, wydaje się przeważać forma wałów wyciągniętych w kierunku NW—SE. Na południe od tego obszaru można zauważyć wyraźne formy łukowe o ramionach skierowanych ku zachodowi. Obszar ten jest jednak w znacznym stopniu przekształcony obecnie przez działalność gospodarczą. Pojedyncze formy wydmore mają w okolicy Niebrzegowa zwykle od kilkuset metrów do 1 km długości, są to więc wydmy stosunkowo niewielkie, a ich wysokość względna najczęściej przekracza 10 m. Wśród występujących tu wydmy nie obserwuje się na ogół form asymetrycznych, z wyjątkiem wydmy położonej w północno-wschodniej części tego pola, której stoki NE mają nachylenie rzędu 14—18°, podczas gdy stoki SW są bardziej płaskie (5—8°).

Forma wydmy nad jeziorem Piskory położona jest w odległości około 2 km na wschód od pola wydmy Niebrzegów. Jest to wydma o kształcie złożonym: bliższa analiza pozwala na wyodrębnienie zasadniczej części w postaci wydmy parabolicznej, do której południowego ramienia przylega wydma wałowa o kierunku SW—NE, łącząca się z kolei z małą formą o kształcie odwróconego łuku. Przyczyną modyfikującą kształt wydmy jest jezioro, ograniczające ją od SE. Długość całego wału wydmy wynosi około 2,5 km, przy wysokości względnej około 10 m. Część paraboliczna wydmy oraz część w kształcie odwróconego łuku wykazują wyraźną asymetrię stoków: zbocza proksymalne są nachylone pod kątem około 10°, zaś zbocza dystalne mają nachylenie rzędu kilkunastu stopni, miejscami nawet przekraczają 20°. Natomiast część wałowa jest symetryczna, a jej zbocza mają nachylenie w granicach 14—18°.

Wydmy koło Giżyc położone są na plejstocenijskiej terasie nadzalewowej Wieprza, która wznosi się około 10 m ponad dnem doliny rzeki. Występują tu trzy bardzo charakterystyczne formy paraboliczne, które tworzą ciąg o kierunku NW—SE i dochodzą od strony południowej niemal do samych zabudowań wsi. Wydmy mają ramiona otwarte w kierunku NW, wysokość względną 10—15 m, a ich długość wynosi od kilkuset metrów do ponad 1 km. Profil poprzeczny wydmy jest asymetryczny: stoki wew-

nętrzne są nachylone pod kątem 5—10°, stoki zewnętrzne są bardziej strome, o nachyleniu rzędu kilkunastu stopni.

Niewielka forma wydymowa w okolicy Łakoci położona jest w odległości około 5 km na zachód od tzw. „Gór Orlickich”. Pierwotnie była to prawdopodobnie wydma paraboliczna, obecnie w znacznym stopniu przekształcona przez działalność gospodarczą człowieka, m. in. przez jej środek biegnie szosa łącząca Kurów z Michowem.

Podczas badań terenowych przeprowadzono obserwacje i pomiary dotyczące morfometrii wydm, zbadano — bardzo nielicznie tu występujące — naturalne odsłonięcia, a także wykonano ponad 100 wierceń lekkim penetrometrem ręcznym, przeważnie do głębokości 2 m, pobierając ponad 500 próbek piasku. Około 400 próbek przeznaczono do badań laboratoryjnych, w ramach których dla wszystkich próbek wykonano analizy uziarnienia metodą sitową, a dla frakcji 0,25—0,12 mm określono stopień obtoczenia i zmatowienia ziarn kwarcu metodą J. Morawskiego (16), a także udział minerałów ciężkich. Ponadto dla 22 próbek frakcji ciężkiej wykonano preparaty mikroskopowe i przeprowadzono analizę składu mineralnego*.

Dla pełniejszej charakterystyki badanych piasków, na podstawie wyników analizy mechanicznej, wyliczone zostały statystyczne współczynniki uziarnienia, m. in.: kurtoza graficzna

$$(K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44 / \Phi_{75} - \Phi_{25}}) \text{ i łączna skośność graficzna}$$

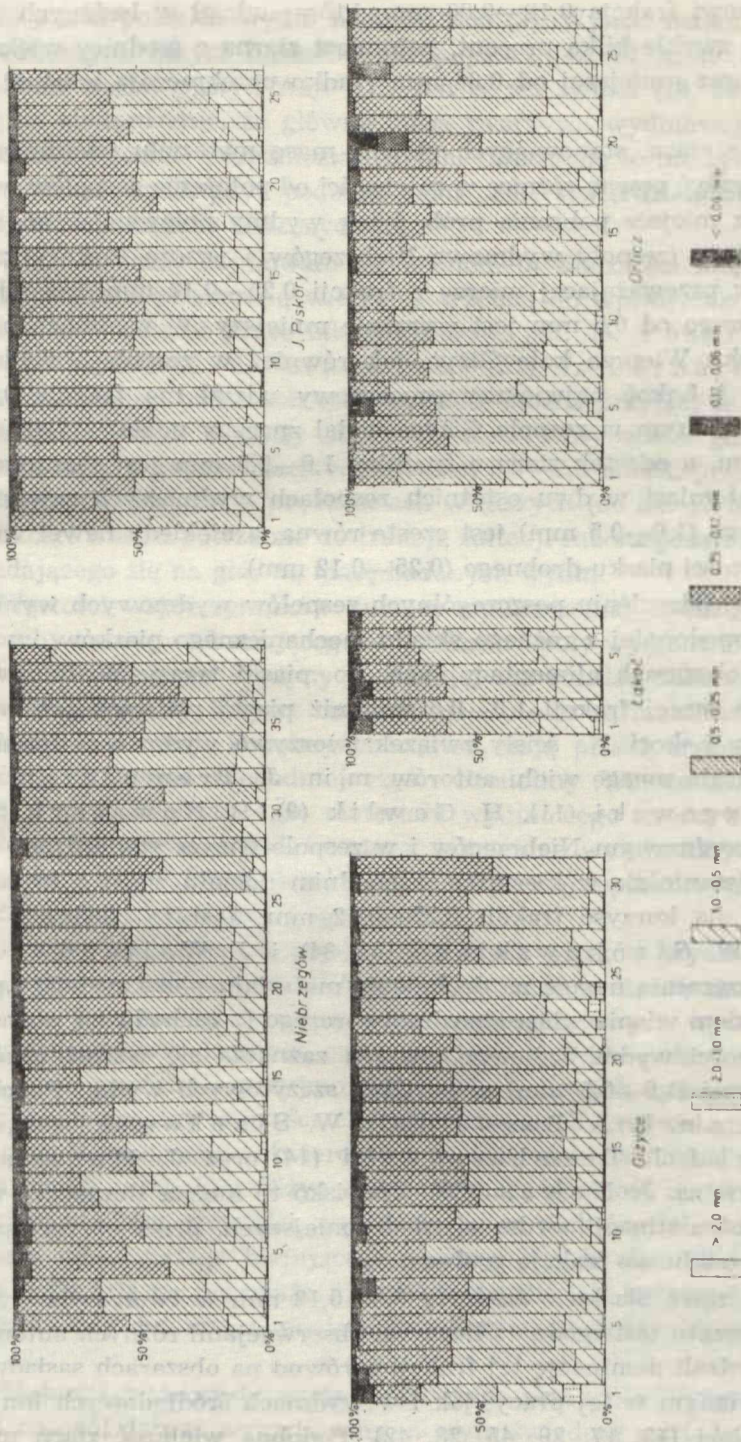
$$(Sk_I = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2 / \Phi_{84} - \Phi_{16}} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2 / \Phi_{95} - \Phi_5}) \text{ R. L. Folka i W. C. War-}$$

da (7) współczynnik wysortowania ($So = \sqrt{d_{75}/d_{25}}$) P. D. Traska oraz współczynnik równomierności uziarnienia ($U = d_{60}/d_{10}$) A. Hazena (35). Ponadto obliczono współczynniki filtracji ($K_{10} = c \times d_{10}^2$) A. Hazena i odsączalności ($\mu = 0,117 \sqrt[7]{K_{10}}$) P. A. Biecińskiego (44). Dla wykonania obliczeń współczynników uziarnienia oraz obu wskaźników hydrogeologicznych wykorzystano specjalnie w tym celu opracowane programy numeryczne dla maszyny cyfrowej ODRA 1204 (8).

Na podstawie badań terenowych i analiz laboratoryjnych oraz wyliczonych współczynników można określić ogólne cechy litologiczne materiału piaszczystego, budującego wydmy na północnym przedpolu Wyżyny Lubelskiej między Wisłą i Wieprzem.

Osady wydymowe, występujące na omawianym obszarze, składają się przeważnie z piasku o średnicy ziarn od 1,0 do 0,12 mm. Dość wyraźną do-

* Skład mineralny frakcji ciężkiej został oznaczony przez J. Morawskiego.



Rys. 2. Uziarnienie piasków wydmorenych północnego przedpola Wyzyny Lubelskiej (na osi poziomej zaznaczono numery punktów pobrania próbek)
 Granulation of dune sands on the northern foreland of the Lublin Upland (numeration of the sample taking stations are indicated on the horizontal axis)

mieszkę stanowi frakcja 0,12—0,06 mm, której udział w badanych osadach wynosi zwykle kilka procent, natomiast ziarna o średnicy większej od 1,0 mm oraz mniejszej od 0,06 mm rzadko przekraczają wartość 1% (rys. 2).

W obrębie ziarn, stanowiących główną masę materiału wydmowego, dają się zauważyć pewne różnice w zależności od położenia zespołów wydmych oraz miejsca pobrania prób. I tak wydmy położone w widłach Wieprza i Wisły (zespoły wydmy Niebrzegów i jezioro Piskory) zbudowane są w przeważającej mierze z frakcji 0,25—0,12 mm, zaś udział piasku grubszego od 0,5 mm jest wyraźnie mniejszy. W wydmach położonych w łuku Wieprza koło Giżyc, jak również w zespołach wydmych Orlicz i Łąkoć największy procentowy udział ma frakcja 0,5—0,25 mm. Przy czym w zespole Giżyce nadal znaczny udział ma frakcja 0,25—0,12 mm, a odsetek ziarn o średnicy 1,0—0,5 mm jest stosunkowo niewielki, natomiast w dwu ostatnich zespołach wydmych zawartość piasku grubego (1,0—0,5 mm) jest często równa, a niekiedy nawet większa od zawartości piasku drobnego (0,25—0,12 mm).

Różnice w uziarnieniu poszczególnych zespołów wydmych wynikają najprawdopodobniej z różnego składu mechanicznego piasków, występujących w obszarach alimentacyjnych, np. piaski terasy Wisły zawierają znacznie mniej frakcji 1,0—0,5 mm niż piaski podścielające wydmy w okolicy Łakoci. Na ścisły związek tworzywa wydmy z materiałem podłoża zwracało uwagę wielu autorów, m. in. J. Trembaczowski (37), B. Krygowski (11), H. Gawlik (9), B. Nowaczyk (24).

Na polu wydmy Niebrzegów i w zespole Giżyce stwierdzono ponadto zmniejszanie się w kierunku wschodnim udziału ziarn o średnicy 1,0—0,5 mm na korzyść frakcji 0,25—0,12 mm. Jest to zgodne z obserwacjami W. Stankowskiego (33, 34) i J. Wojtanowicza (45), którzy zwracają uwagę na drobnienie materiału piaszczystego zgodnie z kierunkiem wiania wiatru wydmotwórczego (z zachodu na wschód).

W większości wydmy badanego obszaru zaznacza się wzrost udziału frakcji grubszej (1,0—0,5 mm) w partiach szczytowych wydmy. Podobne fakty podają m. in. R. A. Bagnold (1), W. Stankowski (34), W. Masłowski i J. Trembaczowski (14) oraz J. Morawski, Z. Gardziel i J. Nowak (20). Zjawisko to można tłumaczyć wywiewaniem z kulminacji wydmy ziarn drobniejszych, przez co następuje wzbogacanie osadu we frakcję grubszą.

Przewaga ziarn piasku o średnicy 0,5—0,12 mm w tworzywach wydmy zbadanego obszaru jest zgodna z licznymi obserwacjami różnych autorów, którzy stwierdzali dominację tej frakcji zarówno na obszarach sąsiadujących z omawianym w tej pracy, jak i w wydmach śródlądowych innych obszarów Polski (13, 17, 29, 45, 28, 42). Podobną wielkość ziarn mają

także piaski polskich wydm nadmorskich (3). Wyniki badań nad piaskami eolicznymi innych obszarów europejskich (43, 27, 4, 30), a także nad piaskami wydm pustyni Azji i innych części świata (38, 39, 26) pozwalają na stwierdzenie, że główna masa tworzywa wydmorego składa się z piasków drobno- i średnioziarnistych. Odnosi się to nie tylko do wydm czwartorzędowych, gdyż podobne uziarnienie stwierdzono także m. in. w miocenkich osadach eolicznych (5).

Wielu badaczy zajmowało się ustaleniem zależności między średnicą ziarn piasku a prędkością wiatru, potrzebną do wprawienia ich w ruch. Można tu wymienić prace takich autorów, jak: H. Poser (27), R. A. Bagnold (1), K. - H. Sindowski (32), L. Pernarowski (25). Opierając się na badaniach tych autorów można przyjąć, że wydmy północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej zostały usypane w głównej mierze przez wiatry o prędkościach co najmniej 5,5—7,5 m/sek, przy dość znacznym udziale wiatrów o prędkościach większych (do ok. 10 m/sek.). Są to prędkości wiatru potrzebne do trakcji, saltacji lub suspensji ziarn piasku, składającego się na główną masę badanych wydm.

Wartości współczynników kurtozy (spłaszczenia) wskazują na wspólne cechy tworzywa budującego omawiane zespoły wydmore. Piasek wydmore na przedpolu Wyżyny Lubelskiej ma rozkład zbliżony do rozkładu normalnego, tj. krzywe rozkładu uziarnienia są mezokurtyczne (mają wyraźne maksima). Podobny charakter mają piaski wydmore Kotliny Płockiej (42) oraz zachodniej części Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (24). W przeciwieństwie do materiału wydmorego tworzywo podłoża — zarówno na terenach badań autora, jak też na wymienionych wyżej obszarach — charakteryzuje się na ogół krzywymi leptokurtycznymi, tj. posiadającymi ostre, wysokie maksima.

Krzywe rozkładu uziarnienia zbadanych piasków wydmorewych są na ogół symetryczne, z niewielkimi odchyleniami w stronę skośności ujemnej lub dodatniej, przy czym w partiach szczytowych wydm występuje zwykle asymetria dodatnia, ewentualnie wartości współczynników mieszczą się w przedziale przyjmowanym dla krzywych symetrycznych, lecz w pobliżu granicy wartości charakteryzujących krzywe o skośności dodatniej. Równocześnie stwierdzono, że krzywe uziarnienia piasków podłoża wydm w okolicy Giżyc i Orlicza mają skośność dodatnią. Wartości współczynników skośności, wyliczone przez niektórych autorów dla materiału piaszczystego budującego wydmy innych obszarów Polski, również wskazują na przeważnie symetryczny kształt krzywych uziarnienia, podczas gdy tworzywo podłoża ma krzywe o dodatniej asymetrii (29, 24, 12).

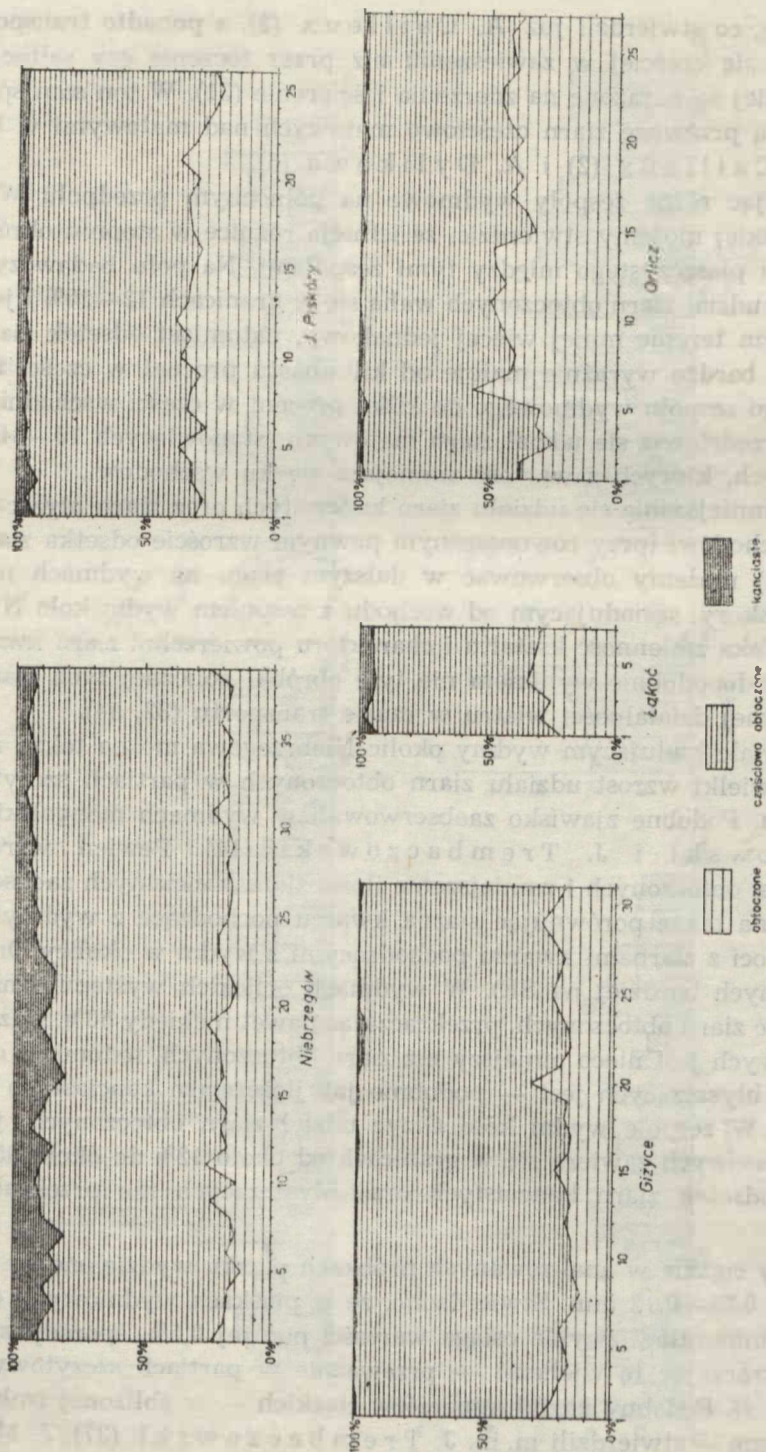
Materiał piaszczysty wydmy północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej jest na ogół dobrze wysortowany, o czym świadczą wartości wyliczonych

wskaźników wysortowania. W profilach poprzecznych, poprowadzonych przez wydmy, nie zaznaczają się różnice w stopniu wysortowania, natomiast w zespole wydmowym w pobliżu Niebrzegowa stwierdzono wzrost wysortowania w kierunku wschodnim. Ponadto z przeprowadzonych analiz i obliczeń wynika, że materiał podłoża jest gorzej wysortowany niż piasek wydmy. Fakt dobrego i średniego wysortowania piasków wydmych został stwierdzony przez wielu badaczy wydmy śródlądowych Polski, jak też innych obszarów wydmych.

Wartości współczynnika filtracji (wodoprzepuszczalności), wyliczone według wzoru A. Hazena, wynoszą dla zbadanych piasków wydmych zwykle kilkanaście do dwudziestu kilku metrów na dobę, rzadko przekraczając wielkość 30 m/dobę. Osady budujące wydmy północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej należą więc do skał dobrze przepuszczalnych — według klasyfikacji Z. Pazdry i A. M. Owczinnikowa (44) — i są pod tym względem podobne do piasków wydmych okolic Warszawy (12) oraz Niziny Wielkopolskiej i Basenu Szczecińskiego (47). J. Macher (12) podaje, że zbliżone wartości współczynnika filtracji otrzymał I. M. K. Piennink dla wydmy Holandii (ok. 17 m/dobę). Na północnym przedpolu Wyżyny Lubelskiej tylko bardzo nieliczne próbki, pobrane z podłoża wydmy w okolicach Giżyc i Orlicza, charakteryzują się współczynnikami filtracji poniżej 8,6 m/dobę, są to więc próbki pobrane z osadów średnio przepuszczalnych.

Konsekwencją podobnych wartości współczynników wodoprzepuszczalności dla wydmy zbadanego obszaru są bardzo zbliżone wielkości wskaźników odsączalności, obliczonych na podstawie ich zależności od wartości K_{10} , podanej przez P. A. Biecińskiego. Piaski wydmy przedpola Wyżyny Lubelskiej mają współczynniki odsączalności mieszczące się w wąskich granicach 0,17—0,20, co zresztą jest zgodne z wartościami tabelarycznymi podawanymi przez różnych autorów dla piasków drobno- i średnioziarnistych. Oba współczynniki (filtracji i odsączalności) wskazują, że badane osady mogą łatwo odprowadzać wodą, m. in. pochodzącą z opadów.

Wśród ziarn kwarcowych frakcji 0,25—0,12 mm w zbadanych osadach przeważają ziarna częściowo obtoczone (rys. 3), które prawie zawsze stanowią ponad 50%, dochodząc w okolicy Giżyc do 86,6%. Stoi to w pozornej sprzeczności z ogólną opinią o dobrym obtoczeniu ziarn piasków eolicznych. Należy jednak pamiętać, że częściej badane jest obtoczenie ziarn grubszych, a im mniejsza jest średnica badanych ziarn, tym słabszy jest ich stopień obtoczenia, na co zwracało uwagę wielu badaczy, m. in. J. Syniewska (36), A. Cailleux (2), J. Trembaczowski (37), A. W. Sidorienko (31). Wynika to z faktu, że ziarna drobne posiadające mniejszą masę i powierzchnię są mniej podatne na obróbkę



Rys. 3. Obtoczenie ziarn kwarcu frakcji 0,25—0,12 mm (na osi poziomej zaznaczono numery punktów pobrania prób)
 Rounding of quartz grain fraction 0.25—0.12 mm (numeration of the sample taking stations are indicated on the horizontal axis)

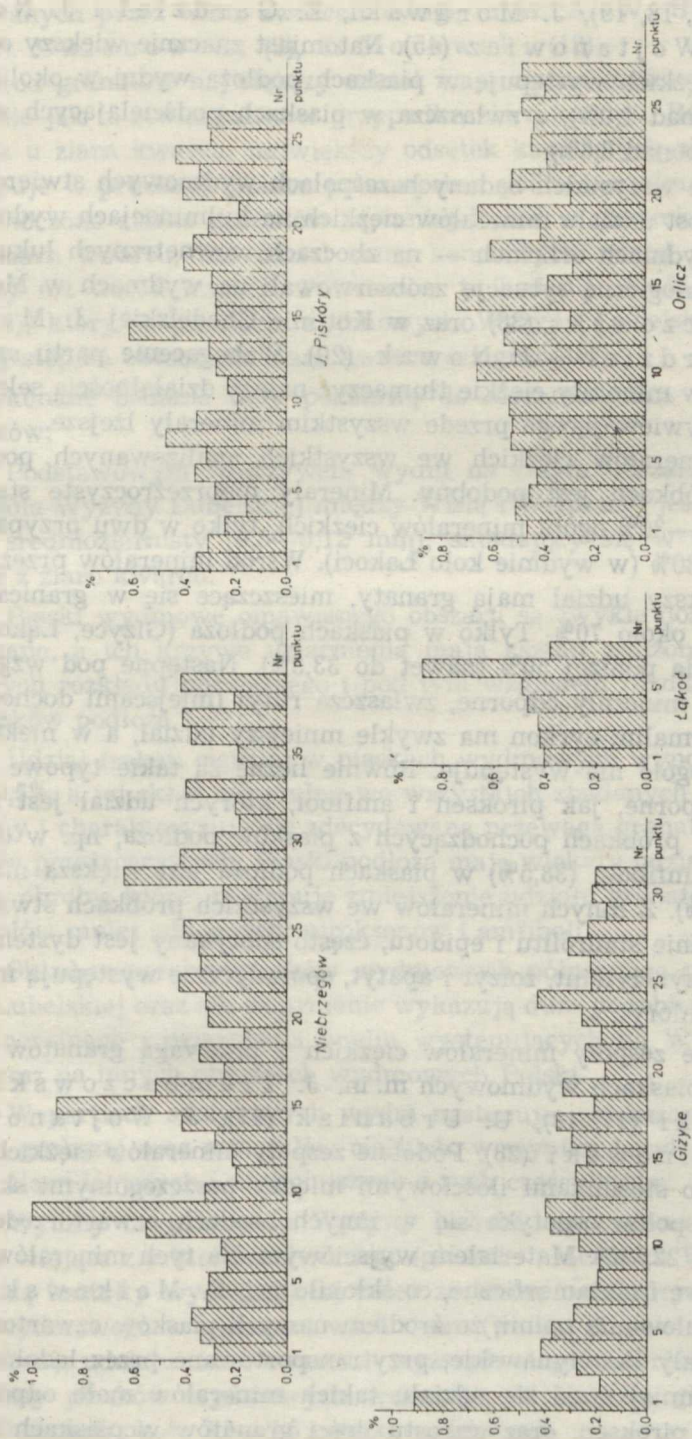
mechaniczną, co stwierdził już A. C a i l l e u x (2), a ponadto transport ich odbywa się częściej w zawieszeniu niż przez toczenie czy saltację, przez co mniej są narażone na zderzenia i ścieranie (31). W ten sam sposób tłumaczą przewagę ziarn częściowo matowych nad matowymi w tej frakcji A. C a i l l e u x (2) i A. D y l i k o w a (6).

Porównując różne zespoły wydmore na północnym przedpolu Wyżyny Lubelskiej możemy stwierdzić, że istnieją różnice w stopniu obróbki materiału piaszczystego między tymi zespołami. Na polu badawczym Niebrzegów udział ziarn obtoczonych waha się w granicach 12—25% i jest na całym tym terenie mniej więcej jednakowy, natomiast odsetek ziarn kanciastych bardzo wyraźnie maleje od kilkunastu procent w części zachodniej tego zespołu wydmorego do kilku procent w części wschodniej. Podobnie przedstawia się udział ziarn matowych (stanowiących 10—34%) i błyszczących, których zawartość zmniejsza się ku wschodowi.

Proces zmniejszania się udziału ziarn kanciastych oraz ziarn błyszczących ku wschodowi (przy równoczesnym pewnym wzroście odsetka ziarn obtoczonych) możemy obserwować w dalszym ciągu na wydmach nad jeziorem Piskory, sąsiadującym od wschodu z zespołem wydmore koło Niebrzegowa. Taka zmienność kształtu i charakteru powierzchni ziarn kwarcu jest prawdopodobnie wynikiem nie tyle obróbki eolicznej tych ziarn, ile selektywnej działalności wiatru w czasie transportu (32, 34).

W materiale budującym wydmy okolic Niebrzegowa można także zauważyć niewielki wzrost udziału ziarn obtoczonych w partiach szczytowych wydmore. Podobne zjawisko zaobserwowali w wydmach mongolskich W. M a s ł o w s k i i J. T r e m b a c z o w s k i (14). Pewien wzrost udziału ziarn obtoczonych i zmniejszenie ilości ziarn kanciastych zaobserwować można także porównując ziarna kwarcu pochodzące z wydmy w okolicy Łąkoci z ziarnami kwarcu pochodzącymi z wydmore w okolicy Orlicza (położonych bardziej na SE). W wydmach orlickich występuje największa ilość ziarn obtoczonych, przekraczając nawet niekiedy 50%. Udział ziarn matowych jest nieco mniejszy niż ziarn obtoczonych, natomiast odsetek ziarn błyszczących jest — podobnie jak ilość ziarn kanciastych — minimalny. W zespole wydmore koło Giżyc udział ziarn obtoczonych, jak też ziarn matowych zawiera się w granicach od około 12% do około 35%, natomiast odsetek ziarn kanciastych oraz błyszczących nie przekracza 3,1%.

Minerały ciężkie w analizowanych próbkach piasku wydzielone zostały z frakcji 0,25—0,12 mm. Stwierdzono, że w piaskach wydmore odsetek tych minerałów zwykle osiąga wartości poniżej 0,5%, sporadycznie tylko przekraczając tę wielkość — przeważnie w partiach szczytowych wydmore (rys. 4). Podobny udział minerałów ciężkich — w zbliżonej frakcji 0,25—0,10 mm — stwierdzili m. in. J. T r e m b a c z o w s k i (37), J. M o



Rys. 4. Udział minerałów ciężkich we frakcji 0,25—0,12 mm
Participation of heavy minerals in the fraction 0,25—0,12 mm

rawski (17, 18, 19), J. Morawski, Z. Gardziel i J. Nowak (20) oraz J. Wojtanowicz (45). Natomiast znacznie większy odsetek minerałów ciężkich występuje w piaskach podłoża wydmy w okolicy Giżyc (nieco ponad 1,0%), a zwłaszcza w piaskach podścielających wydmy koło Łąkoci (ponad 3,6%).

Niemal we wszystkich badanych zespołach wydmyowych stwierdza się wyraźny wzrost udziału minerałów ciężkich na kulminacjach wydmy (wyjątkowo w wydmych orlickich — na zboczach wewnętrznych łuku wydmyowego). Analogiczną sytuację zaobserwowali na wydmych w Mongolii J. Trembaczowski (38) oraz w Kotlinie Chodelskiej J. Morawski, Z. Gardziel i J. Nowak (20). Wzbogacenie partii szczytowych wydmy w minerały ciężkie tłumaczyć należy działalnością selektywną wiatru, wywiewającego przede wszystkim minerały lżejsze.

Zespół minerałów ciężkich we wszystkich analizowanych pod tym względem próbkach jest podobny. Minerały nieprzeźroczyste stanowią najczęściej 20—30% ogółu minerałów ciężkich, tylko w dwu przypadkach przekraczają 30% (w wydmy koło Łąkoci). Wśród minerałów przeźroczystych największy udział mają granaty, mieszczące się w granicach od około 50% do około 70%. Tylko w piaskach podłoża (Giżyce, Łąkoć) odsetek ich spada poniżej 50% (nawet do 33,3%). Następne pod względem liczebności są minerały odporne, zwłaszcza rutil (miejscami dochodzi do ok. 12%) i turmalin; cyrkon ma zwykle mniejszy udział, a w niektórych próbkach w ogóle nie występuje. Równie liczne są takie typowe minerały mało odporne, jak piroksen i amfibol, których udział jest znacznie wyższy w próbkach pochodzących z piasków podłoża, np. w okolicy Łąkoci ilość amfibolu (38,5%) w piaskach podłoża jest większa niż ilość granatu (33,3%). Z innych minerałów we wszystkich próbkach stwierdzono występowanie staurolitu i epidotu, często spotykany jest dysten, sylimanit, andaluzyt, tytanit, zoizyt i apatyt, sporadycznie występują muskowitz, biotyt i chloryt.

Takie same zespoły minerałów ciężkich z przewagą granatów zaobserwowali w piaskach wydmyowych m. in. J. Trembaczowski (37), J. Morawski (17, 18), U. Urbaniak (41), J. Wojtanowicz (45), R. Racinowski (28). Podobne zespoły minerałów ciężkich, różniące się tylko stosunkami ilościowymi między poszczególnymi składnikami tych zespołów, spotyka się w innych osadach czwartorzędowych Polski (40, 10, 22, 23). Materiałem wyjściowym dla tych minerałów były skały magmowe i metamorficzne, co skłoniło już S. Małkowskiego (13) do sformułowania opinii, że źródłem naszych piasków czwartorzędowych były skały skandynawskie, przytransportowane przez lądolód.

Na fakt zmniejszania się udziału takich minerałów mało odpornych jak amfibol i piroksen, oraz wzrostu ilości granatów w piaskach trans-

portowanych przez wiatr zwracali uwagę m.in. A. W. Sidorienko (31), R. Chlebowski (3), J. Morawski (18).

Wśród granatów największy udział mają ziarna częściowo obtoczone, podobnie jak to stwierdzono w przypadku ziarn kwarcu. Również podobnie jak u ziarn kwarcu, największy odsetek kanciastych ziarn granatów występuje w próbkach piasku pobranych z podłoża wyd. Na ogół jednak obtoczone ziarna granatów są mniej liczne w stosunku do obtoczonych ziarn kwarcu, zaś udział ziarn kanciastych wśród granatów jest większy niż wśród kwarcu. Potwierdza to badania J. Morawskiego (18), który w piaskach wydmy Wyżyny Lubelskiej stwierdził wyższy stopień obtoczenia ziarn kwarcu niż granatu.

Wykonane badania dały podstawę do sformułowania następujących wniosków:

1. Podstawowym tworzywem wyd. na całym obszarze pólnocnego przedpola Wyżyny Lubelskiej między Wisłą i Wieprzem jest piasek drobno- i średnioziarnisty (0,5—0,12 mm), składający się w przeważającej mierze z ziarn kwarcu.

2. Piaski wydmy omawianego obszaru są zwykle dość dobrze wysortowane, a ich krzywe uziarnienia mają kształt zbliżony do kształtu krzywych rozkładu normalnego i pod tym względem różnią się wyraźnie od piasków podłoża.

3. Udział frakcji ciężkiej w piaskach wydmy wynosi zwykle poniżej 0,5%, a jej skład mineralny we wszystkich zbadanych próbkach jest podobny i charakteryzuje się zdecydowaną przewagą granatów wśród minerałów przezroczystych. Piaski podłoża mają większy udział frakcji ciężkiej, w obrębie której następuje zmniejszenie udziału granatów na korzyść minerałów mniej odpornych: piroksenów i amfiboli.

4. Skład mineralny piasków wydmy pólnocnego przedpola Wyżyny Lubelskiej oraz ich uziarnienie wykazują duże podobieństwo do składu mineralnego i uziarnienia wydmy występujących na Wyżynie Lubelskiej oraz na innych obszarach wydmy Polski.

5. W partiach szczytowych wydmy następuje zwiększanie się udziału frakcji grubszej oraz minerałów ciężkich, w wyniku łatwiejszego wywiewania ziarn lżejszych i drobniejszych z tych części wydmy.

6. Wydmy na przedpolu Wyżyny Lubelskiej usypane zostały przez wiatry wiejące z sektora zachodniego (głównie z kierunku WNW), o czym świadczą kształty wydmy, jak również zmienność niektórych cech materiału wydmy w kierunku wschodnim (wzrost stopnia wysortowania, zwiększenie udziału ziarn kwarcu o wyższym stopniu obróbki). Skład mechaniczny piasków wydmy wskazuje, że były to głównie wiatry o prędkościach około 5,5—7,5 m/sek. i większych.

7. Wydmy tego obszaru powstały prawdopodobnie pod koniec plejstocenu (młodszy dryas?), ewentualnie na początku holocenu. Dokładniejsze datowanie na tym terenie nie jest na razie możliwe ze względu na brak danych.

LITERATURA

1. Bagnold R. A.: *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. London 1954.
2. Cailleux A.: *Les actions éoliennes périglaciaires en Europe*. Mém. Soc. Géol. France, Nouv. Sér., vol. 21, nr 46, Paris 1942.
3. Chlebowski R.: *Minerały ciężkie piasków plażowych i wydmych wybrzeża wyspy Wolin (Heavy Minerals of the Beach and Dune Sands of the Wolin Island—Northern Poland)*. Biul. Geol. Uniw. Warsz., t. 4, Warszawa 1964, ss. 128—142, 197—198.
4. Dücker A., Maarleveld G. C.: *Hoch- und spätglaziale äolische Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden*. Geolog. Jahrb., Bd. 73, Hannover 1958, ss. 215—234.
5. Dyjor S., Grodzicki A.: *Miocenkie piaski wydmy z okolicy Lutynki — Ziemia Lubuska (Miocene Dune Sands in the Vicinity of Lutynka — Lubuska Ziemia Region)*. Acta Univ. Wratisl., nr 86, Prace Geol.-Mineral. II, Wrocław 1969, ss. 67—97.
6. Dylkowa A.: *Próba wyróżnienia faz rozwoju wydmy w okolicach Łódź (Phases du développement des dunes aux environs de Łódź)*. [w:] *Studia z geomorfologii dynamicznej*. Acta Geogr. Univ. Lodz., nr 8, Łódź 1958, ss. 233—268.
7. Folk R. L., Ward W. C.: *Brazos River Bar: a Study in the Significance of Grain Size Parameters*. J. Sedim. Petrol., vol. 27, nr 1, Menasha 1957, ss. 3—26.
8. Gardziel Z.: *Piaszczyste utwory eoliczne północnego przedpola Wyzyny Lubelskiej między dolinami Wisły i Wieprza*. Praca doktorska, UMCS, Lublin 1979 (maszynopis).
9. Gawlik H.: *Wydmy w Kotlinie Szczercowskiej (Les dunes éoliennes dans le Bassin de Szczerców)*. [w:] *Procesy i formy wydmy w Polsce*. Prace Geogr. IG PAN, nr 75, Warszawa 1969, ss. 249—287.
10. Kociszewska - Musiał G.: *Charakterystyka piasków współczesnej Wisły od źródeł do ujścia Bugu (Description of Recent Vistula Sands Found between Its Springs and Bug River Mouth)*. Biul. Geol. Uniw. Warsz., t. 11, Warszawa 1969, ss. 37—100.
11. Krygowski B.: *Niektóre dane o piaskach wydmy śródlądowych na terenie Polski i obszarów przyległych (Quelques données sur les sables des dunes continentales)*. Wydmy śródlądowe Polski. Cz. I, Warszawa 1958, ss. 73—86.
12. Macher J.: *Różnice we współczynnikach filtracji wyznaczonych różnymi metodami na przykładzie piasków wydmy rejonu Warszawy (Differences in the Filtration Coefficients Computed by Means of Various Methods, Exemplified on Dune Sands from the Warsaw Region)*. Kwart. Geol., t. 7, z. 3, Warszawa 1963, ss. 470—483.
13. Małkowski S.: *O wydmych piaszczystych okolic Warszawy (Les dunes des environs de Varsovie)*. Prace Tow. Nauk. Warsz., III Wydz. Nauk Mat. i Przyr., nr 23, Warszawa 1917, ss. 1—48.

14. Masłowski W., Trembaczowski J.: Piaski wydmore południowego obrzeżenia Kotliny Wielkich Jezior w zachodniej Mongolii (Dünensande der südlichen Umrandung des Beckens Grossen Seen in der westlichen Mongolei). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XX, (1965), Lublin 1968, ss. 55—88.
15. Mojski J. E.: Nizina Podlaska. [w:] *Geomorfologia Polski*. T. 2, PWN, Warszawa 1972, ss. 318—362.
16. Morawski J.: Metoda badania morfologii ziarn piasku za pomocą powiększalnika fotograficznego (Morphological Analysis of Sand Grains by a Photographic Enlarger). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. X (1955), Lublin 1956, ss. 199—222.
17. Morawski J.: Osady piaszczyste Wyżyny Lubelskiej. Studium sedymentologiczne. Rozprawa habilitacyjna. UMCS, Lublin 1965.
18. Morawski J.: Charakterystyka mineralogiczna piasków wydmych Wyżyny Lubelskiej (Mineralogical Characteristics of Aeolian Sands of the Lublin Upland). *Kwart. Geol.*, t. 10, nr 2, Warszawa 1966, ss. 497—506.
19. Morawski J.: O rozmieszczeniu minerałów ciężkich w wydmie parabolicznej z okolicy Głuska Dużego — Kotlina Chodelska (Zur Verteilung von Schwermineralien in der Parabeldüne bei Głusk Duży — Kotlina Chodelska). *Folia Soc. Sc. Lub.*, sect. D, vol. 12, Lublin 1971, ss. 49—53.
20. Morawski J., Gardziel Z., Nowak J.: Badania petrograficzne wydmy parabolicznej w okolicy Głuska Dużego — Kotlina Chodelska (Petrographische Untersuchungen einer Parabeldüne bei Głusk Duży — Kotlina Chodelska). *Folia Soc. Sc. Lub.*, sect. D, vol. 12, Lublin 1971, ss. 21—27.
21. Morawski J., Gardziel Z., Nowak J.: Sedymentacja osadów czwartorzędowych w okolicy wsi Łucka koło Lubartowa (Siedimentacja czwartorzędowych obrazowań w okolicy wsi Łucka koło Lubartowa). *Folia Soc. Sc. Lub.*, vol. 15, *Geogr.* 2, Lublin 1973, ss. 129—135.
22. Morawski J., Gardziel Z., Nowak J.: Litologia i skład mineralny osadów czwartorzędowych okolicy wsi Łucka (Lithologie und Mineralzusammensetzung der Quartärlagerungen in der Gegend von Łucka-Dorf). *Folia Soc. Sc. Lub.*, vol. 16, *Geogr.* 1, Lublin 1974, ss. 27—32.
23. Morawski J., Trembaczowski J.: Charakterystyka mineralogiczna lessów profilu „Kwaskowa Góra” w Kazimierzu nad Wisłą (The Mineralogical Characteristics of "Kwaskowa Góra" Loess Profile in Kazimierz upon Vistula). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XXVI (1971), Lublin 1974, ss. 1—25.
24. Nowaczyk B.: Geneza i rozwój wydmy śródlądowych w zachodniej części pradoliny Warszawsko-Berlińskiej w świetle badań struktury, uziarnienia i stratygrafii budujących je osadów (The Genesis and Development of Inland Dunes in the Western Part of the Warsaw—Berlin Pradolina in the Light of Examinations of the Structure, Granulation and Stratigraphy of the Deposits which Built Them). *Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, t. XVI, Poznań 1976.
25. Pernarowski L.: O procesie sortowania piasków eolicznych na przykładzie wydmy okolic Rzędzowa (Notes on Sorting of Aeolian Sands). *Czas. Geogr.*, t. XXX, z. 1, Warszawa—Wrocław 1959, ss. 33—60.
26. Pietrow M. P.: Pustyni ziemnego szara. *Izd. Nauka*, Leningrad 1973.
27. Poser H.: Zur Rekonstruktion der spätglazialen Luftdruck-verhältnisse in

- Mittel- und Westeuropa auf Grund der vorzeitlichen Dünen. Erdkunde, Bd. IV, H. 1—4, Bonn 1950, ss. 81—88.
28. Racinowski R.: Dynamika środowiska sedymentacyjnego strefy brzegowej Pomorza Zachodniego w świetle badań mineralów ciężkich i uziarnienia osadów (Dynamics of the Sedimentary Environment of West Pomerania Coastal Zone in the Light of Heavy Minerals and Grain Size Distribution Research). Prace Nauk. Polt. Szczec., nr 4, Prace Inst. Inż. Wodnej, nr 1, Szczecin 1974.
 29. Rotnicki K.: Główne problemy wydm śródlądowych w Polsce w świetle badań wydm w Węglewicach (Main Problems of Inland Dunes in Poland Based on Investigations of the Dune at Węglewice). Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, t. XI, z. 2, Poznań 1970.
 30. Seppälä M.: On the Grain Size and Roundness of Wind-blown Sands in Finland as Compared with Some Central European Samples. Bull. Geol. Soc. Finland, nr 41, Otaniemi—Helsinki 1969, ss. 165—181.
 31. Sidorienko A. W.: Eołowaja differencyacyja wleszczestwa w pustyni Izw. AN SSSR, sier. geogr., nr 3, Moskwa 1956, ss. 3—22.
 32. Sindowski K.-H.: Korngrößen- und Kornformen-Auslese beim Sandtransport durch Wind (nach Messungen auf Norderney). Geol. Jb., Bd. 71, Hannover 1956, ss. 517—526.
 33. Stankowski W.: Dotychczasowe wyniki badań nad wydmami Basenu Szczecińskiego (Results of Investigations on Dunes in the Szczecin Basin). Spraw. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, nr 1 (1959), Poznań 1961, ss. 87.
 34. Stankowski W.: Rzeźba eoliczna Polski północno-zachodniej na podstawie wybranych obszarów (Eolian Relief of North-West Poland on the Ground of Chosen Regions). Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, t. IV, z. 1, Poznań 1963, ss. 1—146.
 35. Stochlak J.: Statystyczne wskaźniki uziarnienia gruntów sypkich (Statistical Indices of Grain Size of Sediments). Przegl. Geol., nr 3, Warszawa 1968, ss. 126—133.
 36. Syniewska J.: Próba analizy piasków środowiska wodnego i eolicznego (Essai d'une analyse des sables d'origine marine et éolique). Kosmos, s. A, R. LIV (1929), z. III—IV, Lwów 1930, ss. 851—858.
 37. Trembaczowski J.: Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży i wydm w Puławach (Origin of the Beach- and Dune-sands in Puławy). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. III (1948), Lublin 1949, ss. 67—78.
 38. Trembaczowski J.: Charakterystyka i morfologia luźnych utworów różnych środowisk sedymentacyjnych Kotliny Wielkich Jezior w zachodniej Mongolii. Rozprawa habilitacyjna. Zakład Geografii Fizycznej UMCS, Lublin 1967.
 39. Trembaczowski J.: Uziarnienie i charakter morfoskopowy ziarn kwarcu w utworach eolicznych Kotliny Wielkich Jezior — Zachodnia Mongolia (Granulometrische Zusammensetzung und der Morphoskopische Charakter von Quarzkörnern äolischer Gebilde im Becken der Grossen Seen — Westliche Mongolei). Folia Soc. Sc. Lubl., sect. D, vol. 11, Lublin 1971, ss. 139—146.
 40. Turnau-Morawska M.: Utwory rzeczne doliny Bugu między Terespołem a Wyszkiem (Fluvial Deposits in the Bug Valley between Terespol and Wyszki). Biul. Inst. Geol., nr 68. Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 4, Warszawa 1952, ss. 121—138.
 41. Urbaniak U.: Skład mineralny piasków wydmowych w Kotlinie Płockiej (Mineral Composition of Dune Sands from the Płock Basin). Przegl. Geogr., t. 38, nr 3, Warszawa 1966, ss. 435—453.

42. Urbaniaк-Biernacka U.: Skład granulometryczny piasków wdmowych w Kotlinie Płockiej (Grain-size Distribution and Grain Sand Abrasion of Inland Dune Sands from the Płock Basin). Prace i Studia Inst. Geogr. Univ. Warsz., z. 17, Geogr. Fiz., z. 6, Warszawa 1976, ss. 83—125.
43. Wahnschaffe F.: Geologie und Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. J. Engelh. Nachf., Stuttgart 1921.
44. Wiczysty A.: Hydrogeologia inżynierska. PWN Warszawa—Kraków 1970.
45. Wojtanowicz J.: Wydmy Niziny Sandomierskiej w świetle badań granulometrycznych (Les dunes du Bassin de Sandomierz à la lumière de l'examen granulométrique). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XXV (1970), Lublin 1972, ss. 1—49.
46. Zaborski B.: Studia nad morfologią dyluwium Podlasia i terenów sąsiednich (Étude sur la morphologie glaciaire de la Podlachie et des régions limitrophes). Przegl. Geogr., t. VII, z. 1—2, Warszawa 1927, ss. 1—52.
47. Żurawski M.: Charakterystyka współczynników filtracji piasków wdmowych Niziny Wielkopolskiej i Basenu Szczecińskiego (Charakteristik der Filtrationscoefficienten der Sanddünen der Grosspolnischen Niederung und das Szczeciner Bassins). Spraw. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, nr 1 (1964), Poznań 1965, ss. 106—109.

РЕЗЮМЕ

Цель исследований — характеристика дюнных отложений северного предполя Люблинской возвышенности между Вислой и Вепшом.

Значительная часть рассматриваемого района расположена в пределах равнин дюнной морены, которые подвергались значительным преобразованиям денудационно-эрозионными процессами, которые начали действовать с конца среднепольского оледенения. Волнообразная равнина донной морены разделена широкими подмокшими долинами рек на обособленные возвышенные площади. Холмообразные формы краевых морен максимального стадияла среднепольского оледенения присутствуют спорадически и имеют небольшие размеры. Средняя мощность четвертичных отложений покрывающих междуречья колеблется в границах 20—30 м.

Голоценовые отложения в долине Вепша имеют мощность нескольких метров. Над поймой долины намечается низкая голоценовая терраса, а выше (на высоте 2—8 м над поймой) плейстоценовая надпойменная терраса, сложена обычно из мелкозенистого песка, содержащим примесь скандинавских гравиев. Аналогичная обстановка имеется в долине Вислы, где широкая надпойменная терраса находится на высоте ок. 10 м над дном долины. В долинах меньших рек, протекающих исследованный район, надпойменные террасы более низкие и узкие, лишь в устьевом отрезке реки Минины терраса расширяется, обнимая часть старей долины Вепша.

Дюны в рассматриваемом районе имеются прежде всего на песчанисто-гравиевых плейстоценовых террасах Вислы и Вепша. Самые большие скопления располагаются на террасе Вислы, протягиваясь на всей длине от г. Пулавы по г. Демблин. На террасе Вепша они прежде всего концентрируются на юг от Коцка, между Гижицами и Фирлеем. Помимо перечисленных мест встречаются немногие дюнные формы на террасах меньших рек, а также иногда на междуречьях ледниковой аккумуляции.

Опираясь на предварительно исследованных в поле присутствующих дюнных форм было выделено 5 мест, в которых проводились детальные исследования. Во время этих исследований проводились наблюдения и измерения касающиеся морфометрии дюн, исследовались — очень редко здесь имеющиеся — натуральные обнажения, а также произведено свыше 100 буровых скважин ручным буром, обычно глубиной 2 м, для отбора свыше 500 проб песка.

Около 400 проб подтверждено лабораторным исследованиям, в рамках которых обозначены анализ грануляции для всех проб, а для фракции 0,25—0,12 мм определено степень окатанности и матовости зерен кварца, а также участие тяжелых минералов. Кроме того для 22 проб тяжелой фракции проведен анализ минерального состава.

Для более полной характеристики исследованных песков — на основании результатов механического анализа — вычислены статистические коэффициенты зернистости, м. проч. графическая куртоза и суммарная графическая кость Р. Л. Фолька и В. Ц. Варда, коэффициент сортировки П. Д. Траска, а также коэффициент зернистости А. Хазена. Кроме того вычислены коэффициенты фильтрации А. Хазена и водоотдачи П. А. Бецинского. Для вычисления коэффициентов зернистости и коэффициентов гидрогеологических использовались специально для этой цели разработанные программы для цифровых вычислительных машин ОДРА 1204 (8).

На основании полевых исследований и лабораторных анализов, а также вычисленных коэффициентов можно заключить:

1. Основным материалом создающим дюны на всей площади северного предполя Люблинской возвышенности между Вислой и Вепшом является мелко- и среднезернистый песок (0,5—0,12 мм), состоящий главным образом из зерен кварца.
2. Дюнные пески рассматриваемого района обычно довольно хорошо сортированные, а их кривые зернистости имеют вид близкий форме кривых нормального состава и в этом отношении они резко отличаются от песков основания.
3. Участие тяжелой фракции в песках дюн обычно колеблется ниже 0,5%, а её минеральный состав во всех исследованных пробах сходный, характеризуясь решительным преобладанием гранатов среди прозрачных минералов. Пески основания содержат более значительное участие тяжелой фракции, в пределах которой намечается уменьшение содержания гранатов в пользу минералов менее сопротивляемых, главным образом пироксенов и амфиболов.
4. Минеральный состав песков дюн северного предполя Люблинской возвышенности, а также их зернистость, указывают большое сходство с минеральным составом и зернистостью песков дюн Люблинской возвышенности и других регионов Польши.
5. В вершинных частях дюн наблюдается увеличение содержания более крупной фракции, а также тяжелых минералов, в результате выдувания зерен легких и меньших размером в этой части дюны.
6. Дюны на предполе Люблинской возвышенности сформированы ветрами из западного сектора (главным образом из ЗСЗ), о чем свидетельствуют формы дюн, а также изменчивость некоторых черт материала дюн в восточном направлении (рост степени сортировки, увеличение участия зерен кварца с высшей степенью обработки). Механический состав дюнных песков указывает, что это были главным образом ветры со скоростями ок. 5,5—7,5 м/сек. и больше.

7. Дюны этого района созданы вероятно в конце плейстоцена (младший дриас?), или же в начале голоцена. Более детальная датировка пока не реальна из-за отсутствия данных.

ОБЪЯСНЕНИЯ РИСУНКОВ

Рис. 1. Расположение дюн на северном предполье Люблинской возвышенности.

Рис. 2. Зернистость песков дюн северного предполья Люблинской возвышенности (на горизонтальной оси обозначены номера пунктов взятия проб).

Рис. 3. Окатанность зерен кварца фракции 0,25—0,12 мм (на горизонтальной оси обозначены номера взятия проб).

Рис. 4. Участие тяжелых минералов во фракции 0,25—0,12 мм.

SUMMARY

The purpose of investigations was the characterization of dune sediments of northern foreland of the Lublin Upland located within the Vistula and the Wieprz rivers.

The major part of this area is covered by ground moraine plains which have undergone significant transformations due to denudative and erosive processes active on this area at the end of the Central-Poland glaciation. Undulating plain of the ground moraine is cut into separate upland areas by wide and wet river valleys. Terminal moraine hills of maximum substage of the Central-Poland glaciation occur in small numbers and are of small sizes. Average thickness of the Quaternary upland sediments oscillates from 20 to 30 m.

The thickness of Holocene sediments in the Wieprz valley usually amounts to some metres. There is a low Holocene terrace above the valley bottom and above this — at the height of 2—8 m from the valley bottom — there is a Pleistocene flood terrace mainly built of fine grained sands which contain some addition of Scandinavian gravels. A similar situation exists in the Vistula valley where a wide flood terrace reaches the height of 10 m over the valley bottom. In the valleys of smaller rivers which cut the investigated area, the flood terraces are lower and more narrow and only at the mouth of the Minina river the terrace broadens covering also the Wieprz former valley.

Dunes on the mentioned area occur mainly on the Pleistocene sandy-gravel terraces of the Vistula and the Wieprz rivers. The biggest concentration of them is found on the Vistula terrace ranging from Пулавы to Дęблин on the whole length. As to the Wieprz terrace the dunes are chiefly located south of Kock, between Giżyce and Firlej. Outside these areas only few dune formations can be found on the terraces of smaller rivers and occasionally on post-glaciation heights.

On the basis of the field preliminary estimation of occurring here dune formations five stations have been chosen for carrying out detailed investigations. During these investigations observations and measurements were made as to the morphometry of dunes and there were also examined some rarely occurring natural outcrops. One hundred borings, usually reaching 2 m of depth, were made with a hand drill and 500 samples of sand were taken.

About 400 samples underwent laboratory examinations during which granula-

tion analyses were made for all the samples. The degree of rounding and dullness as well as participation of heavy minerals were defined for the fraction of 0.25—0.12 mm. Besides, the analyses of mineral composition were made for 22 samples of the heavy fraction.

For the purpose of a more detailed characterization of the investigated sands, on the basis of the results of mechanical analyses, there were also counted statistical coefficients of granulation, among them; graphic kurtosis and inclusive graphic skewnes of R. L. Folk and W. C. Ward, P. D. Trask's coefficient of sorting and A. Hazen's coefficient of granulation uniformity. Additionally, A. Hazen's coefficient of filtration and P. A. Bieciński's water yield coefficient were calculated. In order to count the granulation coefficients and both hydrological coefficients special numerical programmes were worked out for the computer ODRA 1204 (8).

On the basis of field investigations, laboratory analyses and calculated coefficients the following conclusions can be drawn:

1. The basic material of dunes on the whole area of northern foreland of the Lublin Upland between the Vistula and the Wieprz rivers is fine grained and medium grained sand (0.5—0.12 mm), consisting mainly of quartz grains.

2. Dune sands of the investigated area are usually well sorted out and their granulation curves have a shape similar to the shape of curves of normal distribution so, in this respect, they are clearly different from bed sands.

3. The percentage of the heavy fraction in dune sands usually amounts to 0.5% or less and its mineral composition in all the examined samples is alike, characterized by a decisive prevalence of garnets among transparent minerals. Participation of heavy fraction is larger in bed sands and it is characterized by a smaller quantity of garnets and a larger quantity of less-resistant minerals, chiefly pyroxene and amphibole groups.

4. The mineral composition and granulation of sand dunes on the northern foreland of the Lublin Upland show a great similarity to the mineral composition and granulation of dunes occurring on the Lublin Upland and other Poland's dune areas.

5. In top parts of the dunes there is an increasing participation of the heavy fraction and heavy minerals due to the easier blowing away of lighter and finer grains out of these parts.

6. Dunes on the Lublin Upland's foreland were formed by winds blowing from the west section (chiefly WNW direction), which is proved by dune shapes and changeability towards the east of some dune material characteristics such as the increase of sorting degree and greater participation of well-rounded quartz grains. The mechanical composition of sand dunes indicates that the wind speeds were chiefly about 5.5—7.5 m/sek and more.

7. Dunes on this area were probably formed at the end of the Pleistocene (Younger Dryas?) or at the beginning of the Holocene period. A more detailed dating on this area is not possible due to no data available.