

MARIAN APARTA, TADEUSZ SZCZYPEK*

WYDMY OKOLIC MISURATY (PÓŁNOCNA LIBIA) W ŚWIETLE ANALIZY ZDJEĆ LOTNICZYCH

WSTĘP

Obszary strefy suchej i półsuchej, a szczególnie obszary z formami rzeźby pustynnej, są terenami najbardziej nadającymi się do badań różnych naturalnych procesów i zjawisk za pomocą interpretacji zdjęć lotniczych (Olędzki, 1975). Sprzyja temu głównie brak zwartej szaty roślinnej oraz stosunkowo niski stopień opanowania tych terenów przez człowieka. Nic więc dziwnego, że w literaturze geograficznej bardzo często są spotykane przykłady wykorzystania zarówno zdjęć lotniczych, jak i obrazów satelitarnych do badań geomorfologicznych tych obszarów. Z wielu prac posługujących się zdjęciami lotniczymi, zarówno pionowymi, jak i skośnymi, można wymienić m. in. takie, które przykładowo ilustrują wybrane formy rzeźby pustynnej lub ich kompleksy w celu pełniejszej charakterystyki omawianych w nich zagadnień (Mellon, 1940; Martonne, 1948; Villiers, 1963; Kosok, 1965; Lancaster, 1978; Bowler, Jones, 1979; Gore, 1979; Jäkel, 1980; Jordan, 1981 i in.) oraz takie, w których korzystanie ze zdjęć lotniczych jest zasadniczą metodą badawczą, prowadzącą do określonego celu, np. wykonanie mapy geomorfologicznej, śledzenie dynamiki procesów (Finkel, 1959; Hastenrath, 1967; Clos-Arceuduc, 1968; Grove, 1969 i in.). Podobne znaczenie mają obrazy satelitarne, rów-

* Mgr Marian Aparta, Okręgowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne, ul. Kossutha 9, 40-950 Katowice

Doc. dr hab. Tadeusz Szczypek, Katedra Geografii Fizycznej Uniwersytetu Śląskiego, ul. Mielczarskiego 60. 41-200 Sosnowiec

niez chętnie zamieszczane w wielu publikacjach (m. in. Verstappen, Zuidam, 1970; Fryberger, Ahlbrandt, 1979; Haynes, 1982). Zdjęcia lotnicze i obrazy satelitarne z obszarów pustynnych coraz częściej są też drukowane w różnego rodzaju atlasach, monografiach i podręcznikach (Glennie, 1970; Pietrow, 1973; Ostaficzuk, 1978; Demek, Zeman, 1979; *Atlas zur Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen. Methodik und Ergebnisse*, 1982 i in.)

W niniejszej pracy podstawową metodą badawczą jest także analiza zdjęć lotniczych obszarów pustynnych, która powinna pozwolić na charakterystykę morfometryczną i geomorfologiczną wydm oraz na określenie związku badanych form z panującymi tam warunkami anemologicznymi.

CHARAKTERYSTYKA ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Do pracy wykorzystano czarno-białe panchromatyczne zdjęcia lotnicze, które obejmują teren o powierzchni około 17,5 km², położony przy zachodniej granicy miasteczka Misurata (Misrātah) w północnej Libii nad zatoką Wielka Syrta. Wspomniane zdjęcia mają format 23 × 23 cm. Są to zdjęcia pionowe, wykonane w dniach 13 i 14 września 1979 roku około godziny 11. Fotografie lotnicze z 13 września wykonano w podziałce 1 : 15 000 z wysokości 2190 m kamerą o ogniskowej obiektywu 152,00 mm, natomiast zdjęcia z 14 września mają podziałkę 1 : 6000, wykonano je z wysokości 850 m również kamerą o ogniskowej 152,00 mm. Papierowe odbitki charakteryzowanych zdjęć są mało kontrastowe, cechują się jednak dobrą jakością i czytelnością.

Fotografie w mniejszej podziałce dają ogólny pogląd na lokalizację i orientację wydm, natomiast zdjęcia w podziałce większej posłużyły do szczegółowej charakterystyki omawianych form. Na podstawie tych zdjęć wykreślono rysunek hipsometryczny 1 : 5000 o stopniu poziomowym 2,0 m (Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne) oraz wykonano fotointerpretacyjne szkice geomorfologiczne trzech wybranych obszarów wydmowych.

OGOLNA SYTUACJA GEOLOGICZNO-GEOMORFOLOGICZNA I METEOROLOGICZNA OKOLIC MISURATY

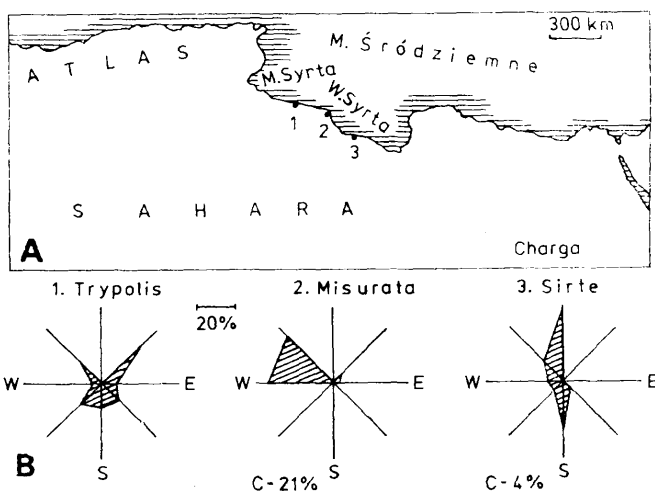
Mapy zamieszczone w *Fiziko-geograficzeskom atlasie mira* (1964) informują, że Misurata i jej okolice leżą na czwartorzędowej akumulacyjnej nizinie nadmorskiej. Wybrzeże jest tu w większości płaskie i cha-

rakteryzuje się obecnością wydm, za którymi w kilku miejscach występują wysychające słone jeziora nadbrzeżne, np. Sebcha Tauorga na południe od Misuraty (Flis, 1967). Wydmy, będące przedmiotem niniejszego opracowania, są położone na zachodnim skraju niziny Syrtyka, zbudowanej z aluwii i utworów eolicznych, przykrywających osady pochodzenia morskiego (Klute, Wittschell, Kaufmann, 1936; Flis, 1967). Od południa nizina ta jest ograniczona denudacyjno-strukturalnym progiem, pociętym licznymi uedami, oddzielającym ją od trzeciorzędowej wyżyny płytowej, zbudowanej z wapieni i dolomitów.

Pod względem krajobrazowym okolice Misuraty leżą w strefie pustynnych stepów (Flis, 1967).

Wieloletnie obserwacje i pomiary meteorologiczne wskazują, że omawiany obszar otrzymuje średnio w ciągu roku około 250—300 mm opadu (Klute, Wittschell, Kaufmann, 1936; Griffiths, 1972), przy czym stosunkowo najwilgotniejsze są miesiące zimowe (grudzień—styczeń) — łącznie około 140 mm opadu, natomiast okres letni (maj—wrzesień) jest bardzo suchy — suma opadów wynosi wówczas około 11 mm (Griffiths, 1972).

Oprócz odpowiedniego podłoża i niewielkich opadów główną rolę w tworzeniu wydm — jak wiadomo — odgrywają stosunki anemologiczne. Na podstawie informacji zawartych w pracy J. F. Griffithsa (1972) skonstruowano średnie roczne róże wiatrów dla Misuraty oraz — porównawczo — dla Trypolisu i Sirte (rys. 1). Wynika z nich, że w każdym z tych punktów dominują wiatry wiejące z odmiennych kierunków, mimo że odległości między tymi punktami oraz ogólne różnice w morfologii terenu nie są zbyt duże. Można więc stwierdzić, że w Trypolisie i w jego okolicach przeważają wiatry północno-wschodnie przy stosun-



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań (A) i róże wiatrów dla Trypolisu, Misuraty i Sirte (B)

Fig. 1. Location of the investigated area (A) and wind roses for Tripoli, Misurata and Sirte (B)

kowo dużym udziale wiatrów z sektora południowego, w Sirte zaznacza się przewaga wiatrów północnych i południowych, natomiast w okolicach Misuraty zdecydowanie dominują wiatry wiejące z zachodu i północno-zachodu (po 33% w każdym ze stwierdzonych przypadków).

Mimo odmiennych kierunków-prędkości omawianych wiatrów nie są już tak bardzo zróżnicowane. Wyrównanym przebiegiem w okresie rocznym charakteryzują się prędkości wiatrów w Misuracie (średnie miesięczne 2—4 m/s przy średniej rocznej 3 m/s) oraz w Sirte (średnie miesięczne 2,5—4,5 m/s, średnia roczna 3,5 m/s), natomiast w Trypolisie — jak podają J. F. Griffiths (1972) i *Klimaticzeskije sprawoczniki ziemnogo szara* (1977) — prędkości te są również wyrównane, ale około 2 razy większe niż w przypadkach poprzednich: średnie miesięczne są tu zawarte w przedziale 5,5—7,0 m/s przy średniej rocznej 6,0 m/s. Przyczyny powodujące odmienne kierunki i różne prędkości wiania wiatrów w porównywanych punktach są dla zagadnienia przedstawianego w niniejszej pracy nieistotne i dlatego nie będą wyjaśniane.

Naszkicowane ogólne warunki litologiczne oraz opadowo-anemologiczne, panujące w okolicach Misuraty, wywarły określony wpływ na rozwój i charakter form wydmowych.

OBRAZ WYDM OKOLIC MISURATY NA ZDJĘCIACH LOTNICZYCH

Z analizy zdjęć lotniczych wynika, że wydmy okolic Misuraty występują na dość nierównej powierzchni niziny nadmorskiej, która tuż za wąską plażą o średniej szerokości około 100 m wyraźnie podnosi się na 7—8 m n.p.m., by dalej w kierunku południowym tę wysokość bezwzględną powiększać. Zaczątkowe, stosunkowo niewielkie i bardzo zróżnicowane pod względem kształtu, formy wydmowe pojawiają się już w odległości 100—250 m od linii brzegowej, w pojedynczych przypadkach jeszcze na powierzchni piaszczystej plaży, natomiast dobrze rozwinięte wydmy, tworzące zwarte pole, występują począwszy od 350—400 m od wybrzeża.

Omawiane wydmy są formami niezwykle wyraźnie widocznymi na zdjęciach lotniczych, zarówno na modelu stereoskopowym, jak i na zdjęciach pojedynczych. Przyczyną tego jest brak zwartej szaty roślinnej oraz — w większości przypadków — podkreślenie kształtu wydm przez luźne skupiska roślinności drzewiastej (szczególnie na stromych stokach omawianych form), a także jaśniejszy fototon piasku wydmowego w stosunku do obszarów otaczających.

Na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych w podziałce 1:15 000 wykreślono przebieg linii grzbietowych głównych form wydmowych

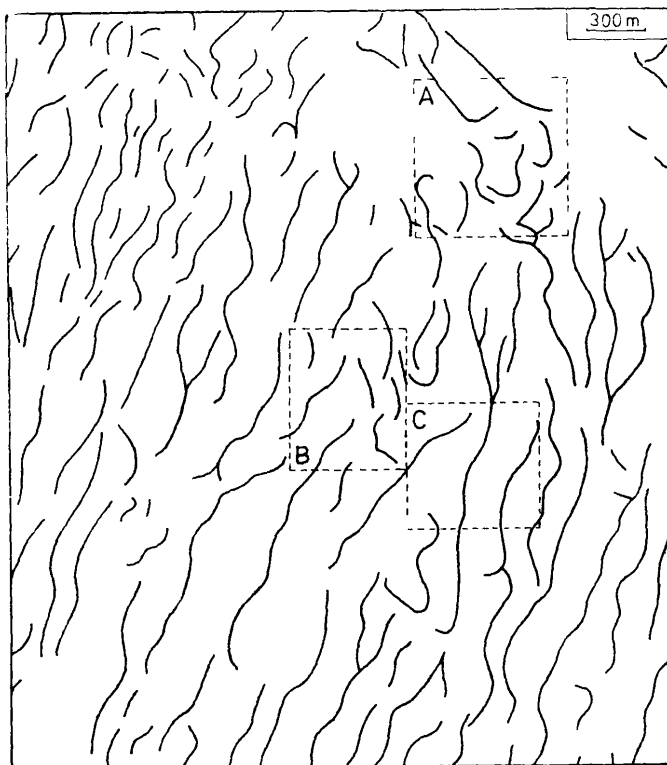
(rys. 2). Okazuje się, że zarówno wstępne obserwacje zdjęć, jak i wykreślone linie grzbietowe wskazują na istnienie tu przede wszystkim wyraźnie wykształconych wydm poprzecznych. Osie tych form są z reguły zorientowane z NE na SW, w niektórych przypadkach z N na S i raczej rzadko w innych kierunkach. Stwierdzono tu też obecność kilku różnie rozwiniętych wydm parabolicznych.

Rys. 2. Orientacja linii grzbietowych wydm w okolicach Misuraty (szkic fotointerpretacyjny):

A, B, C — obszary przedstawione na rys. 3, 4, 5, 6, 7, 8

Fig. 2. Orientation of dune crest lines near Misurata (photointerpretation sketch):

A, B, C — areas presented in figs. 3, 4, 5, 6, 7, 8



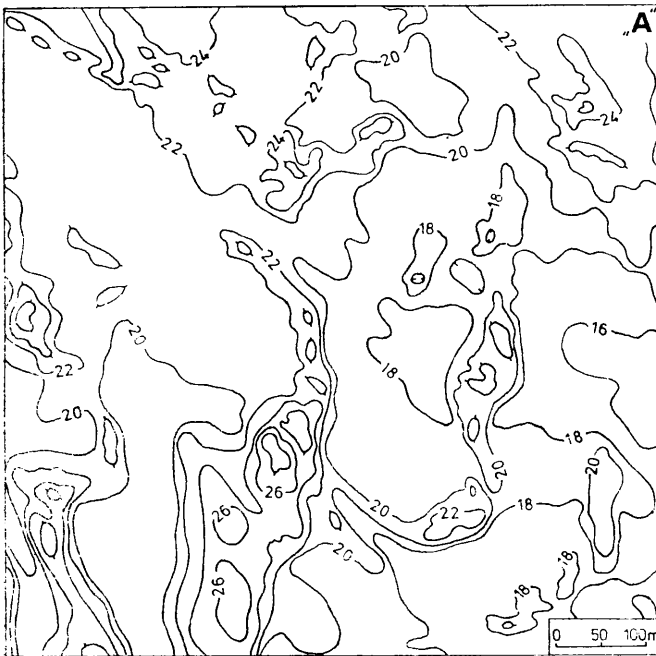
Długość analizowanych wałów poprzecznych jest bardzo zróżnicowana. Oprócz dość rzadko spotykanych wydm mających 50—60 m występują takie, które liczą po 600—900 m oraz takie, których długość dochodzi do 1500—2000 m. Charakterystyczną cechą wszystkich omawianych form wydmy, doskonale widoczną na zdjęciach lotniczych, jest bardzo wyraźna asymetria stoków. Stoki łagodne, proksymalne w zdecydowanej większości przypadków są wystawione na NW lub W, natomiast strome, dystalne — w kierunkach przeciwnych.

Do szczegółowych analiz wytypowano trzy niewielkie obszary wydmy, których lokalizację zaznaczono na rys. 2. Obszary te starano się wybrać w ten sposób, by każdy z nich przedstawiał odmienny typ wydmy

oraz różny stopień opanowania tych form przez roślinność. Fragment oznaczony literą „A” prezentuje więc zespół przemodelowanych wydym parabolicznych stosunkowo niewiele porośniętych przez starszą roślinność drzewiastą, fragment „B” — zespół wydym poprzecznych ze świeżymi umocnieniami roślinnymi i stosunkowo rzadką roślinnością starszą, a fragment „C” — wydmy poprzeczne, wyraźnie opanowane przez rośliny drzewiaste.

Każdy z wymienionych obszarów zostanie omówiony na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych w podziale 1 : 6000. Należy zaznaczyć, że w przedstawionych w dalszej części pracy parach: rysunek poziomicowy — szkic geomorfologiczny występują, ze względów technicznych, przesunięcia granic wielkości 100—150 m. Wydaje się jednak, że nie odgrywają one większej roli i w związku z tym można przyjąć, iż rysunki te pokazują ten sam obszar.

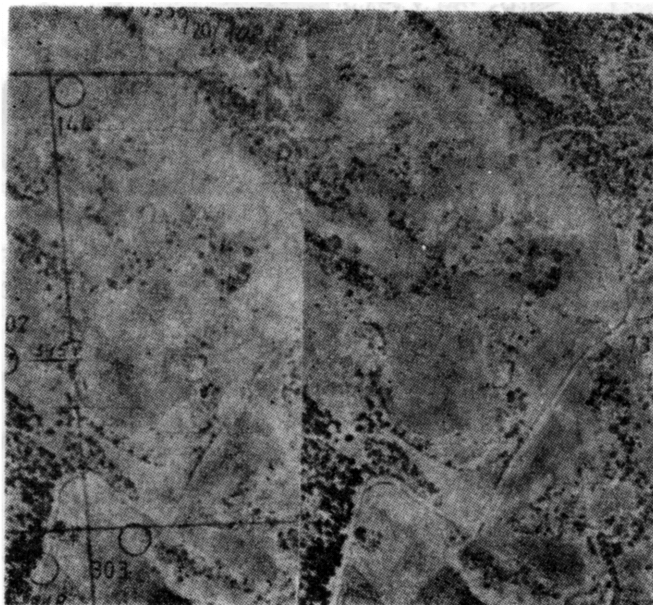
Na rys. 3 przedstawiono hipsometrię fragmentu „A” z zespołem wielokrotnie i wielorako przemodelowanych wydym parabolicznych prawdopodobnie z wcześniejszym znacznym udziałem roślinności. Z rysunku tego wynika, że omawiane formy osiągają względną wysokość 4—5 m. Zarówno układ poziomic, jak i obserwacje modelu stereoskopowego (fot. 1) pozwalają na stwierdzenie wyraźnej asymetrii stoków. Obliczono, iż



Rys. 3. Hipsometria fragmentu pola wydmowego „A” (por. rys. 2)

Fig. 3. Hypsometry of part of dune field „A” (cf. fig. 2)

stoki proksymalne wydm są nachylone z reguły pod kątem 6° , natomiast dystalne — pod kątem 24° . Rysunek poziomicowy świadczy również o niejednorodnym, nierównym wykształceniu zarówno ramion, jak i części czołowych form.

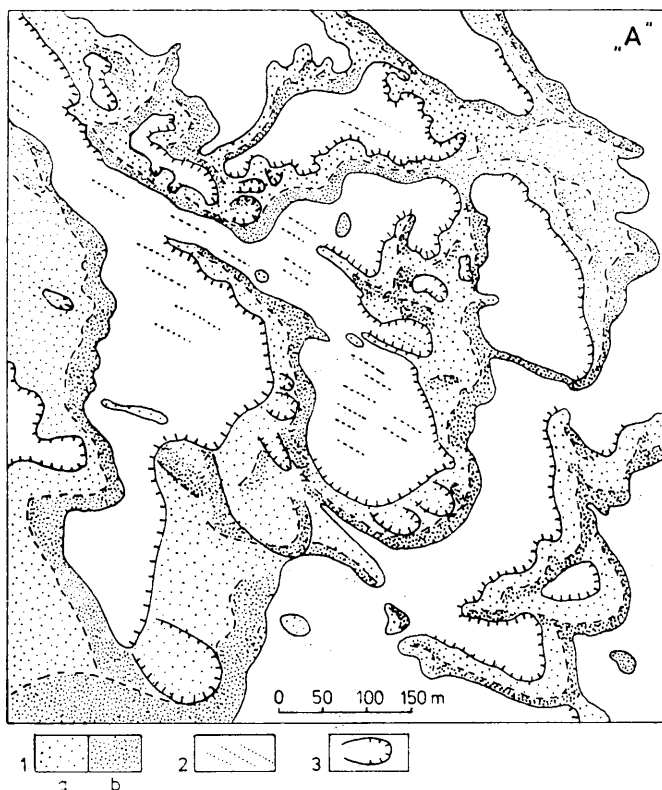


Fot. 1. Stereogram pola wydowego „A”

Photo 1. Stereogram of dune field „A”

Na podstawie interpretacji modelu stereoskopowego wykonano szkic geomorfologiczny omawianego obszaru (rys. 4). Szkic ten, jak i następane omówione dalej, obejmuje dwa zasadnicze rodzaje form rzeźby eolicznej: wydmy z zaznaczonym rozkładem stoków proksymalnych i dystalnych oraz niecki deflacyjne i obniżenia międzywydmowe. Z rysunku wynika, iż mamy do czynienia ze skomplikowanym obrazem rzeźby eolicznej. Przede wszystkim nie ma tu pojedynczych i regularnych wydm parabolicznych, istnieje natomiast kompleks połączonych ze sobą różnej wielkości wydm parabolicznych, łukowych ewentualnie form zbliżonych do nich swoim kształtem. Ramiona tych wydm są otwarte na ogół w kierunku NW. Ze względu na połączenie wielu form przebieg linii grzbietowych jest bardzo urozmaicony i wyraźnie zaburzony. Świadczy on o lokalnych, drugorzędnych, wymuszonych kierunkach wędrowki wydm lub ich fragmentów.

Pomiędzy ramionami wydm, a także między głównymi ciągami form, występują płaskie obniżenia. Jedne z nich wykazują cechy niecek deflacyjnych, inne można określić ogólnym mianem obniżen śród- lub międzywydmowych. Na powierzchni niektórych obniżen, a właściwie niecek



Rys. 4. Fotointerpretacyjny szkic geomorfologiczny fragmentu pola wydmowego „A”:

1 — wydmy: a — stok proksymalny, b — stok dystalny, 2 — smugi piaszczyste w dnach obniżen i niecek deflacyjnych. 3 — niecki deflacyjne i obniżenia

Fig. 4. Photointerpretation geomorphological sketch of part of dune field „A”:

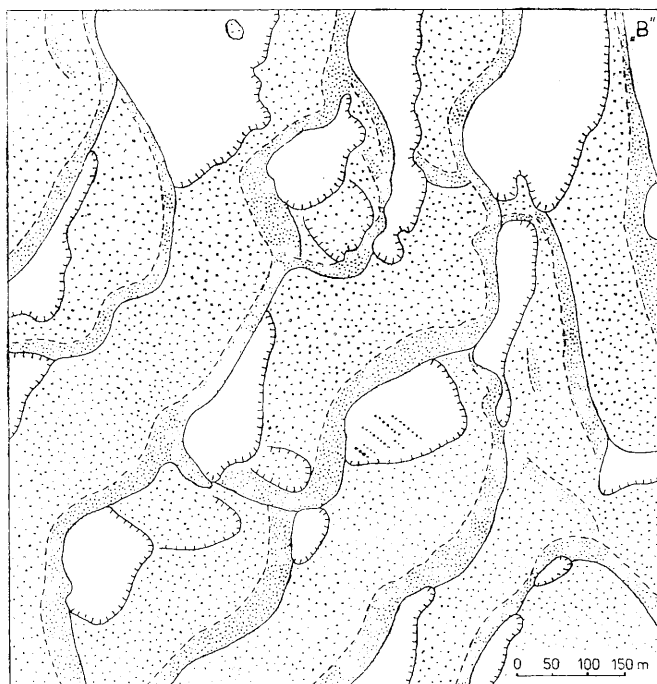
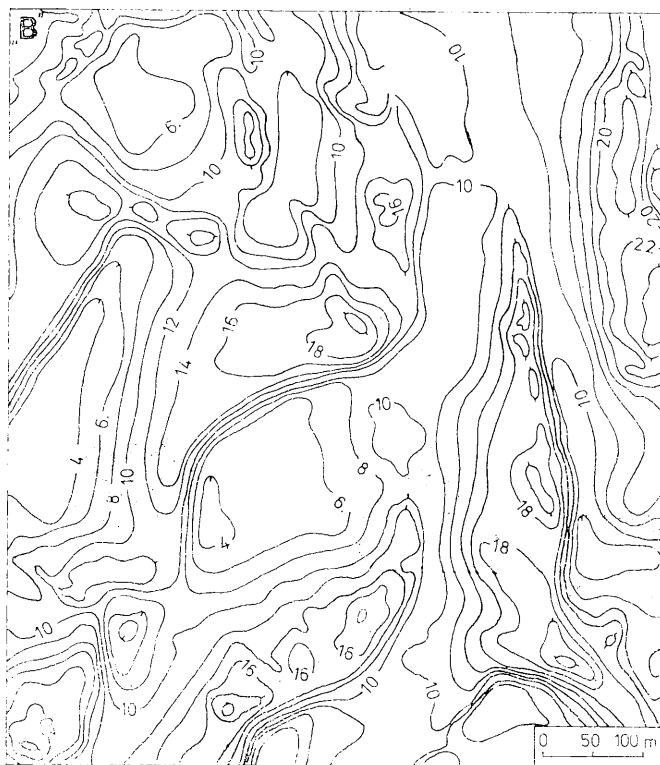
1 — dunes: a — windward slope, b — leeward slope, 2 — sandy streaks on the bottoms of the hollows and blow-outs, 3 — blow-outs and hollows

deflacyjnych, obserwuje się wyraźne ślady przewiewania piasku, zaznaczające się w postaci długich, wąskich, jasnych i równoległych smug. Niecki deflacyjne, będące w różnych stadiach rozwojowych, znajdują się także na proksymalnych stokach wydym. Świadczą one o istnieniu lokalnych ognisk rozwiewania, co przyczynia się do dalszej komplikacji kształtu analizowanych form. Należy zaznaczyć, że porastająca wydmy rzadka roślinność drzewiasta stanowi wyraźną ich ochronę przed deflacją, co uwidacznia się w tworzeniu niewielkich form podobnych do ostańców deflacyjnych, znajdujących się na stokach wydym i będących jeszcze jednym elementem prowadzącym do zniekształcania obrazu form.

Hipsometrię fragmentu pola wydmowego, oznaczonego literą „B”, przedstawia rys. 5. Wydmy osiągają tutaj wysokości względne dochodzące do 15—16 m. Mają również wyraźnie asymetryczne stoki, przy czym nachylenie powierzchni dowietrznych wynosi przeciętnie 7° , a odwietrznych — 21° . Ze wspomnianego rysunku poziomicowego, jak i z fotointerpretacyjnego szkicu geomorfologicznego (rys. 6) wynika też, że występują tu dość masywne, szerokie wydmy poprzeczne, których stoki proksymalne są z reguły wystawione na NW. Charakterystyczną cechą

Rys. 5. Hipsometria fragmentu pola wydmowego „B” (por. rys. 2)

Fig. 5. Hypsometry of part of dune field „B” (cf. fig. 2)



Rys. 6. Fotointerpretacyjny szkic geomorfologiczny fragmentu pola wydmowego „B” (objaśnienia — por. rys. 4)

Fig. 6. Photointerpretation geomorphological sketch of part of dune field „B” (for explanations — see fig. 4)

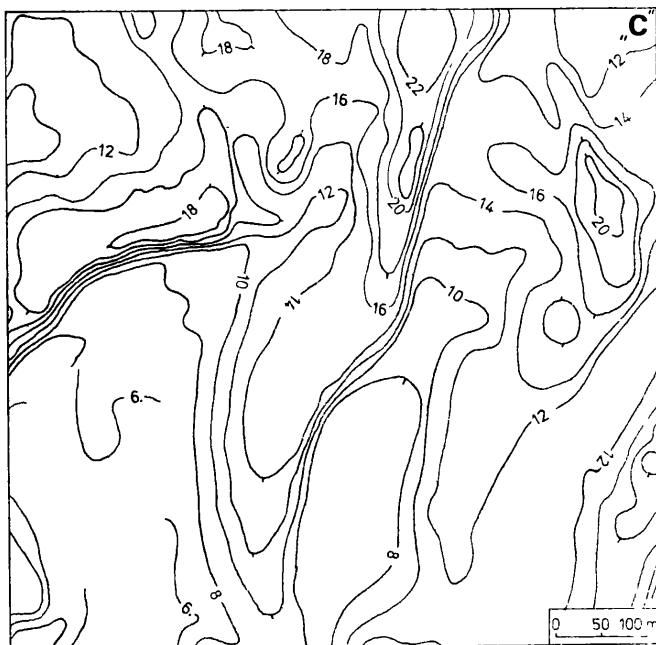
tych form jest — podobnie jak w przypadku uprzednio opisanych wydym parabolicznych — wyraźne ich zachodzenie na siebie, tak że stok dystalny jednej wydmy wkracza na stok proksymalny drugiej, z kolei stok odwrotny tej ostatniej łączy się bezpośrednio z dowieznią powierzchnią trzeciej wydmy itd. Dokładniejsza analiza hipsometrii oraz modelu stereoskopowego (fot. 2), którego odbiciem jest szkic morfologiczny, może doprowadzić do wniosku, że przebieg linii grzbietowych omawianych form ma charakter zbliżony do sinusoidy, tzn. że można wyróżnić tu odcinki typowe dla wydym parabolicznych oraz odcinki typowe dla barchanów. Nasuwa się więc przypuszczenie, że formy te są swym kształtem podobne do wydym typu *aklé*, opisanych przez R. Cooke'a i A. Warrena (K l i m a s z e w s k i, 1978).



Fot. 2. Stereogram pola wydmowego „B”
 Photo 2. Stereogram of dune field „B”

Swoisty natłok form wydmych świadczy o zróżnicowanych prędkościach ich wędrówki, co doprowadziło do zjawiska doganiania jednych wydym przez drugie, a to z kolei spowodowało, że obniżenia międzywymowe są nieliczne i niewielkie, za to charakteryzują się głębokościami dochodzącymi do 4—5 m. Obniżenia te w niektórych przypadkach mogą mieć, jak się wydaje, charakter niecek deflacyjnych. Szczególnie chodzi o te, na przedpolu których fragmenty wydym poprzecznych są lekko wygięte w sposób charakterystyczny dla form parabolicznych.

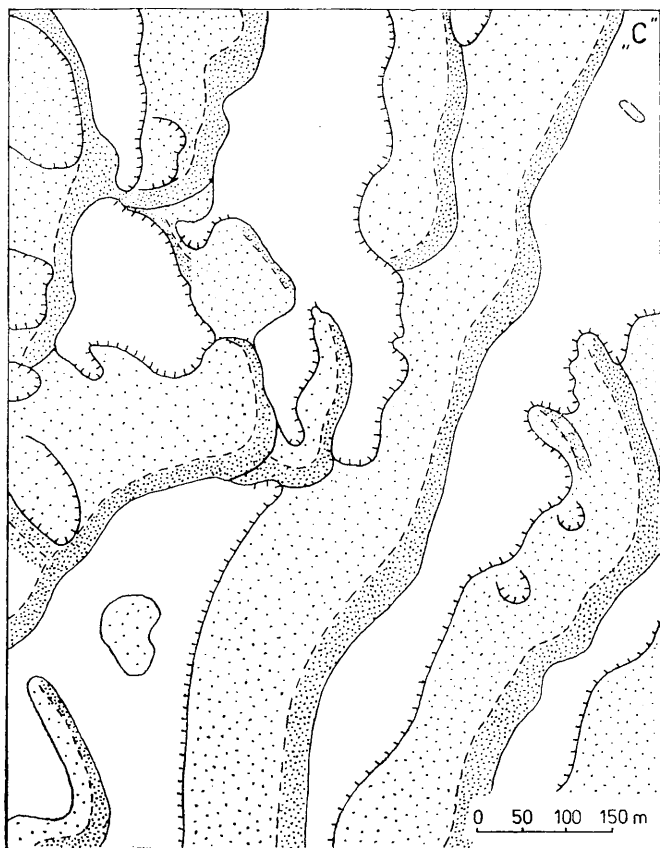
Ogniska bardzo niedawnego rozwiewania są też widoczne na stokach proksymalnych wydym, jednak w porównaniu z wcześniej opisanym zespołem wydym parabolicznych jest ich tu zdecydowanie mniej. W mniejszej liczbie występują także wspomniane już ostańce deflacyjne, związane z drzewami porastającymi stoki dowietrzne.



Rys. 7. Hipsometria fragmentu pola wydmowego „C” (por rys. 2)
 Fig. 7. Hypsometry of part of dune field „C” (cf. fig. 2)

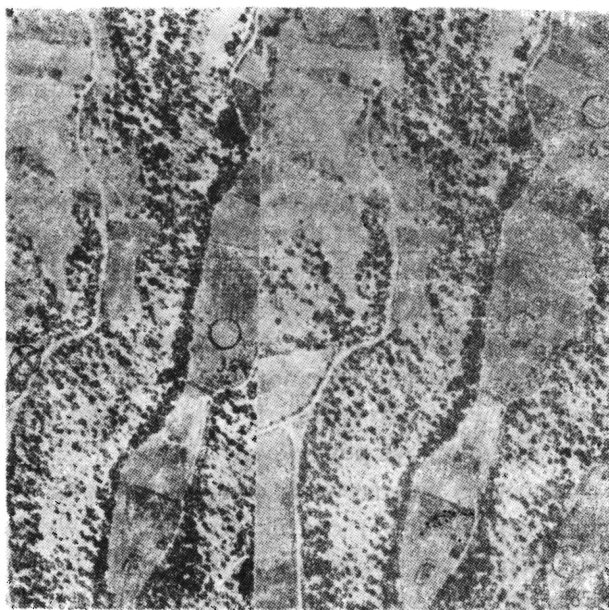
Trzeci obszar wydymowy, oznaczony literą „C”, prezentują: rys. 7 (hypsometria), rys. 8 (fotointerpretacyjny szkic geomorfologiczny) oraz fot. 3 (stereogram). Na ich podstawie można stwierdzić, że sytuacja morfologiczna jest tu wyraźnie prostsza w porównaniu z poprzednimi przypadkami. Dominują tutaj stosunkowo proste, długie wały poprzeczne, o wysokościach względnych rzędu 12—13 m, stokach proksymalnych nachylonych średnio pod kątem 9° ku NW i W oraz stokach dystalnych pochylnych pod kątem 24° . Przebieg linii grzbietowych, mimo prostszej sytuacji morfologicznej, wykazuje pewne analogie do wydym występujących we fragmencie „B”, a zjawisko nakładania się form wydymowych nie jest zbyt powszechne.

Obniżenia międzywydymowe są znacznie rozleglejsze niż w poprzednich przypadkach i charakteryzują się wydłużonymi kształtami. Przebieg obniżień — jak wynika z rysunków i fotografii — jest mniej więcej równoległy do przebiegu osi wydym. Wydaje się, że wśród tych form nie



Rys. 8. Fotointerpretacyjny szkic geomorfologiczny fragmentu pola wydmowego „C” (objaśnienia — por. rys. 4)

Fig. 8. Photointerpretation geomorphological sketch of part of dune field „C” (for explanations — see fig. 4)



Fot. 3. Stereogram pola wydmowego „C”
 Photo 3. Stereogram of dune field „C”

ma typowych niecek deflacyjnych. Również nieliczne są ślady dawnego rozwiewania stoków dowietrznych wydm i prawie w ogóle nie ma na wydmach ostańców deflacyjnych.

WNIOSKI

Obserwacje zdjęć lotniczych, analiza wykonanych na ich podstawie rysunków poziomicowych oraz szkiców geomorfologicznych pozwalają na stwierdzenie bardzo ścisłego związku, jaki istnieje między orientacją i kształtem wydm występujących w okolicach Misuraty a panującymi tam warunkami anemologicznymi. O związku tym świadczy wiele cech morfologicznych i sposobów wykształcenia wydm (przestrzenny rozkład stoków proksymalnych i dystalnych, stosunek niecek deflacyjnych i obniżeń do form wydmowych, przebieg piaszczystych smug będących śladem przewiewania piasku, lokalizacja i kształt drobnych pagórków piaszczystych itp.). Można więc powiedzieć, że genezę i kształt omawiane wydmy zawdzięczają przede wszystkim działaniu wiatrów północno-zachodnich (por. rys. 1 B), zarówno w ujęciu paleogeograficznym, jak i współczesnym. Aktualna rola morfologiczna tych wiatrów jest tu prawdopodobnie nieporównanie większa niż wiatrów zachodnich, mimo że częstotliwości występowania oraz ich średnie prędkości są takie same. Wydaje się, że jedną z głównych przyczyn, dzięki którym uzyskano opisany obraz, jest fakt wyłącznego uwzględnienia w analizach zwyczajnych i bardzo uogólnionych róż wiatrów. Tymczasem powinno się brać pod uwagę prędkości i kierunki jedynie tzw. wiatrów aktywnych (Pietrow, 1973 i in.), tzn. takich, które są zdolne do unoszenia i transportowania piasków. Z powodu braku dostępu do oryginalnych i szczegółowych danych z obserwacji meteorologicznych jest to jednak niemożliwe.

Autorzy dysponowali zdjęciami lotniczymi wykonanymi tylko w jednym terminie. Nie można więc na podstawie takiego materiału z całą stanowczością stwierdzić, czy w okolicach Misuraty mamy obecnie do czynienia z wydmami wędrującymi czy też z ustabilizowanymi. Na rysunku zamieszczonym w pracy F. Klutego, L. Wittschella i A. Kaufmanna (1936) analizowane wydmy są uznane za *Wanderdünen* (wydmy wędrujące). Jednocześnie obserwując uważnie modele na wspomnianych zdjęciach, można dojść do wniosku, że przynajmniej niektóre fragmenty pola wydmowego i niektóre pojedyncze wydmy znajdują się w ruchu. Świadczy o tym sytuacja przedstawiona na rys. 4. Wyraźne smugi piaszczyste na dnie obniżeń i niecek deflacyjnych, charakterystyczne kształty zespołowych wydm parabolicznych, liczne drob-

ne niecki i liczne ostańce deflacyjne na stokach dowietrznych przy dość rzadkiej roślinności porastającej te wydmy są — jak się wydaje — dość istotnymi dowodami mówiącymi o ich przesuwaniu się w kierunku południowo-wschodnim. Do takich samych wniosków można dojść na podstawie analizy rys. 6. Tutaj o ruchu wydym świadczy bardzo częste i wyraźne zachodzenie jednych form na drugie, wygięcia wałów poprzecznych w formy zbliżone do parabol lub łuków oraz niewielka ilość, nawet na stokach dystalnych, starszej roślinności drzewiastej. Jednocześnie można na zdjęciach lotniczych zauważyć, że powierzchnie wszystkich wydym na tym fragmencie pola są stosunkowo niedawno utrwalone przez roślinność celowo wprowadzoną przez człowieka. Może to więc świadczyć o próbach zahamowania ich wędrówki.

Rys. 8 informuje, że mamy do czynienia z formami utrwalonymi (wydmy są raczej odizolowane, obniżenia obszerne i długie, brak śladów rozwiewania na stokach) tym bardziej, że prawie całe powierzchnie dowietrzne i odwietrzne są wyraźnie utrwalone przez starszą roślinność drzewiastą.

Przedstawione fakty dowodzą, że kształt wydym i ogólny charakter rzeźby eolicznej na analizowanych obszarach A, B, C zależy też w dużym stopniu od roślinności.

Mimo istnienia niewątpliwych — jak się wydaje — dowodów świadczących o przesuwaniu się wydym, niemożliwe jest określenie tempa tej wędrówki. Wcześniejsze badania prowadzone np. we wschodniej części Pustyni Libijskiej przez H. J. L. Beadnella (Pawłowski, 1926) wykazały, że wydmy wędrują tam z prędkością 11—19 m/rok. Liczne obserwacje, np. S. Pawłowskiego (1926) i R. Gore'a (1979), wskazują na zasypywanie przez wędrujące piaski oaz, pól uprawnych, linii kolejowych i innych urządzeń technicznych. Wynika stąd, że i miasteczko Misurata, położone — jak wspomniano wcześniej — w sąsiedztwie analizowanego pola wydmowego, było i jest narażone na zasypianie: dlatego na zdjęciach są widoczne próby utrwalania wydym, umacniania skrajów obniżen i zagospodarowywania niecek.

Kolejnym zagadnieniem, o którym trzeba wspomnieć, jest źródło piaszczystego materiału eolicznego. Prace poświęcone temu zagadnieniu dowodzą, że piaski wydmowe północnej części Sahary mogą być zarówno allochtoniczne, jako skutek wietrzenia i przewiewania środkowotrzęciorzędowych piaszczowców i następnie dalekiej wędrówki tej zwietrzliny z wiatrem na południe (Ball, Beadnell, Stromer, Walther — por. Pawłowski, 1926; Jakubow, 1968), jak i autochtoniczne, jako efekt wietrzenia i rozwiewania lokalnych skał, np. wapieni, utworów rzecznych i jeziornych oraz niedalekiej wędrówki zwietrzliny, jak to przyjmują m. in. M. Blackenhorn (Pawłowski, 1926) i T. F. Jakub-

bow (1968). W przypadku wydmy okolic Misuraty wydaje się, że źródłem budujących je piasków są częściowo utwory pochodzenia morskiego, a przede wszystkim lokalne osady fluwialne, naniesione przez okresowe rzeki z trzeciorzędowej wyżyny, przykrywające powierzchnię niziny nadmorskiej. Są to więc piaski autochtoniczne. Trudno natomiast cokolwiek powiedzieć o charakterze materiału budującego te wydmy. T. F. Jakobow (1966), badający piaski tworzące wydmy na wybrzeżu Morza Śródziemnego we wschodniej części Pustyni Libijskiej, podaje, że osady te są bardzo drobnoziarniste, gdyż na materiał o średnicy $< 0,25$ mm przypada 55—65% całej masy, a z przytoczonych przez tego autora zestawień wynika, że utwory o wspomnianej średnicy stanowią aż około 99%. Przez analogię można więc sądzić, że wydmy okolic Misuraty również są zbudowane z materiału bardzo drobnego.

Na zakończenie należy przypomnieć znany fakt, znajdujący potwierdzenie i w niniejszym opracowaniu, że dokładność szkiców, m. in. geomorfologicznych, wykonanych na podstawie analizy zdjęć lotniczych, obejmujących odkryte powierzchnie, jest nieporównanie większa niż szczegółowość takich szkiców opracowanych drogą interpretacji rysunku hipsometrycznego, choćby w dużej podziałce i o małym stopniu poziomowym. W przedstawionej notatce nie ma, co prawda, szkiców wykonanych tą metodą, ale już same rysunki hipsometryczne (rys. 3, 5, 7) wskazują, że ewentualne — uzyskane na ich podstawie — obrazy sytuacji geomorfologicznej byłyby o wiele uboższe w treść niż zamieszczone tu szkice fotointerpretacyjne (rys. 4, 6, 8).

LITERATURA

- Atlas zur Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen. Methodik und Ergebnisse*, Akademie-Verlag Berlin, Verlag Nauka, Moskau, 1982.
- Bowler J. M., Jones R., 1979: *Australia was a land of lakes*, Geogr. Magazine, vol. 51, n° 10, London.
- Clos-Arceud A., 1968: *Emploi des couvertures photographiques aériennes pour la vérification des théories relatives à la formation de dunes allongées dans une direction voisine de celle du vent*, Bull. Soc. Franç. Photogrammetrie, vol. 31.
- Demek J., Zeman J., 1979: *Typy reliéfu Země*, Academia Praha.
- Finkel H. J., 1959: *The barchans of Southern Peru*, J. Geol., vol. 67, n° 6.
- Fiziko-geografičeskij atlas mira*, AN SSSR i GUGIK SSSR Moskva, 1964.
- Flis J., 1967: *Libia*, [w:] *Wielka geografia powszechna*, t. 4, PWN, Warszawa.
- Fryberger S. G., Ahlbrandt T. S., 1979: *Mechanisms for the formation of eolian sand seas*, Z. Geomorph., N. F., B. 23, H. 4.
- Glennie K. W., 1970: *Desert sedimentary environments*. Developments in Sedimentology, vol. 14.

- Gore R., 1979: *An age-old challenge grows*, Nat. Geogr. Magazine, vol. 156, n° 5.
- Griffiths J. F., 1972: *The Mediterranean Zone*, [in:] *World Survey of Climatology*, 10: *Climates of Africa*, Elsevier Amsterdam—London—New York.
- Grove A. T., 1969: *Landforms and climatic change in the Kalahari and Ngamiland*, Geogr. Jour., vol. 135, n° 2.
- Hastenrath S. L., 1967: *The barkhans of the Arequipa region, Southern Peru*, Z. Geomorph., N. F., B. 11, H. 3.
- Haynes C. V. Jr., 1982: *Great Sand Sea and Selima Sand Sheet, Eastern Sahara. Geochronology of desertification*, Science, vol. 217, n° 4560.
- Jakubov T. F., 1966: *Peski sredizemnomorskogo poberežja Livijskoj pustyni*, Počvovedenije, n° 6.
- Jakubov T. F., 1968: *Peski oazisa Charga w Livijskoj pustynie i svjazannyje s nimi problemy*, Izv. AN SSSR, ser. geogr., n° 3.
- Jäkel D., 1980: *Die Bildung von Barchanen in Faya-Largeau (Rep. du Tchad)*, Z. Geomorph., N. F., B. 24, H. 2.
- Jordan E., 1981: *Die rezenten Dünengebietetes Boliviens und ihre regional-genetische Differenzierung*, [in:] *Geographische Probleme in Trockenräumen der Erde*, Würzburger Geogr. Arbeiten, H. 53.
- Klimaszewski M., 1978: *Geomorfologia*, PWN, Warszawa.
- Klimatičeskie spravocniki zemnogo šara. Azija (bez SSSR), Afrika, Australija. Okeanija, Južnaja Amerika, Gidrometeoizdat, Leningrad 1977.
- Klute F., Wittschell L., Kaufmann A., 1936: *Afrika in Natur, Kultur und Wirtschaft*, [in:] *Handbuch der geographischen Wissenschaft*, Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion M. B. H., Podstam.
- Kosok P., 1965: *Life land and water ancient Peru*, New York.
- Lancaster I. N., 1978: *Composition and formation of southern Kalahari pan margin dunes*, Z. Geomorph., N. F., B. 22, H. 2.
- Martonne E., 1948: *Géographie aérienne*, Paris.
- Melton F. A., 1940: *A tentative classification of sand dunes, its application to dune history in the Southern High Plains*, J. Geol., vol. 18, n° 2.
- Olędzki J. R., 1975: *Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniach geomorfologicznych (Use of air photographs in geomorphological research)*, Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 1—2, Praha.
- Ostaficzuk S., 1978: *Fotogeologia. Fotointerpretacja i fotogrametria geologiczna*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Pawłowski S., 1926: *Przemarsz piasków przez wschodnią część Pustyni Libijskiej (Passage des sables par le désert Libyque orientale)*, Przegl. Geogr., t. 5.
- Petrov M. P., 1973: *Pustyni zemnogo šara*, Nauka, Leningrad.
- Verstappen H. Th., Zuidam R. A., 1970: *Orbital photography and geosciences. A geomorphological example from the Central Sahara*, Geoforum, 2.
- Villiers A., 1963: *Australia. The West and the South*, Nat. Geogr. Magazine, vol. 124, n° 3.

МАРИАН АПАРТА, ТАДЕУШ ЩИПЕК

**ДЮНЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. МИСУРАТА (СЕВЕРНАЯ ЛИВИЯ)
В СВЕТЕ АНАЛИЗА АЭРОФОТОСНИМКОВ**

Резюме

Дюны окрестностей г. Мисурата возникли на поверхности четвертичной приморской низменности, покрытой флювиальными отложениями, принесенными пересыхающими реками. На основании анализа аэрофотоснимков в масштабе 1:15 000 и 1:6000 изготовлено несколько рисунков, характеризующих рассматриваемую проблему. Установлено, что:

1) здесь имеются поперечные дюны, оси которых ориентированы с СВ на ЮЗ; рядом с ними иногда встречаются параболические дюны (рис. 2);

2) гипсометрические рисунки (рис. 3, 5, 7), геоморфологические зарисовки, выполненные на основании дешифрирования аэрофотоснимков (рис. 4, 6, 8) и стереограммы (фот. 1, 2, 3) показывают, что дюны отличаются четкой асимметрией склонов, причем, наветренные склоны экспонированы, главным образом, к СЗ, реже — к З;

3) существует тесная связь между формой дюн и господствующими в окрестностях г. Мисурата анемологическими условиями (рис. 1). Главную морфологическую роль играют здесь северо-западные ветры;

4) форма и развитие дюн зависят также от степени и времени овладения ими растительностью;

5) часть дюн в настоящее время находится в движении, некоторые недавно закреплены, а некоторые части дюнного поля неподвижны уже давно;

6) точность зарисовок, выполненных на основании дешифрирования аэрофотоснимков, значительно выше, чем выполненных на основании анализа горизонталей, о чем свидетельствует незначительная точность гипсометрических рисунков

MARIAN APARTA, TADEUSZ SZCZYPEK

**DUNES IN THE MISURATA REGION (NORTHERN LIBYA) ANALYSED FROM
AERIAL PHOTOGRAPHS**

Summary

Dunes in the Misurata area have developed on the surface of a quaternary coastal plain, covered with fluvial formations deposited by periodic rivers. From aerial photographs on scale of 1:15 000 and 1:6000 several drawings were prepared illustrating the subject matter. It was ascertained that:

1) present here are mainly transverse dunes, with axes oriented primarily from NE to SW; also sometimes found are parabolic dunes,

2) from contour drawings, geomorphological photointerpretation sketch maps and stereograms it may be seen that these dunes exhibit characteristically a distinct asymmetry of their slopes, while the windward slopes are chiefly oriented NW, more rarely W,

3) there is a precise relationship between dune shape and the anemological conditions in the Misurata area. North-west winds the principal morphogenetic role here,

4) dunes' shape and development is very largely dependent on degree and times of their colonisation by vegetation,

5) some of the dunes are still moving, some have quite recently become stabilised, and certain parts of the dune fields have been stabilised for a longer time,

6) accuracy of photointerpretation sketch maps is considerable, greater than for sketches based on hypsometric analysis, as is evidenced by the lack of detail on the contour drawings.