

Z Zakładu Geografii Fizycznej UMCS
Kierownik: prof. dr Adam Malicki

Jan TREMBACZOWSKI

Wpływ czynników klimatycznych na charakter morfoskopowy luźnych utworów Kotliny Wielkich Jezior w zachodniej Mongolii¹

Влияние климатических факторов на морфоскопический характер рыхлых отложений Котловины Больших Озер в западной Монголии

Der Einfluss von Klimafaktoren auf den morphoskopischen Charakter loser Gebilde des Beckens Grosser Seen in der westlichen Mongolei

Poznanie charakteru luźnych utworów pokrywowych pozwala nieraz nie tylko znaleźć klucz do rozwiązania problemów dotyczących rodzaju i intensywności procesu wietrzenia, środka transportującego luźne twory oraz warunków ich sedymentacji, ale ponadto pozwala wyjaśnić procesy rozwoju wielu form rzeźby — form zarówno harmonijnych, jak i dysharmonijnych w danym środowisku.

Szczególne znaczenie w określaniu charakteru luźnych utworów mają badania uwzględniające oprócz składu mineralogicznego i mechanicznego również i charakter morfoskopowy ziarn. Już bowiem sam charakter ziarn kwarcu ma duże znaczenie dla poznania warunków klimatycznych w minionych okresach, jak również pozwala określić środowisko sedymentacyjne, przebieg i środek transportu.

Niniejsza rozprawa stanowi kontynuację cyklu obserwacji i badań prowadzonych w Kotlinie Wielkich Jezior w latach 1962—1964. Fizyczno-geograficzna charakterystyka tej osobliwej krainy została już przedstawiona w poprzednich opracowaniach (28 i 29 oraz 15). Z tego względu właściwe będzie przytoczyć tu tylko krótką charakterystykę tych obszarów i form, z których pobrano próby do analiz.

¹ Spostrzeżenia poczynione w Mongolii w okresie prac Polskiej Ekspedycji Geologicznej (1962—1964), której kierownikiem był Dr Edmund Rutkowski.

MORFOLOGICZNA CHARAKTERYSTYKA LUŻNYCH UTWORÓW
I OBSZARÓW ICH WYSTĘPOWANIA

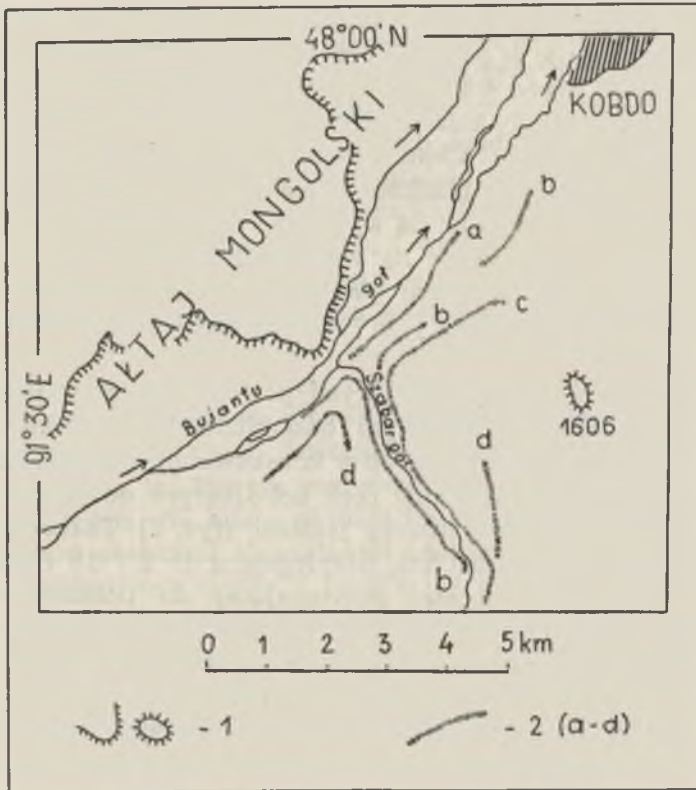
1. Utwory rzeczne Bujantu goł oraz jej dopływu Szabar goł. Charakterystykę tych utworów oparto na materiale wyścielającym dno współczesnego koryta Bujantu goł oraz prawobocznego, małego dopływu tej rzeki — Szabar goł. Bujantu goł jest typową górską rzeką, wypływającą z Ałtaju Mongolskiego. Ta dość zasobna w wody rzeka kończy swój bieg w piaskach i żwirach własnej, rozległej delty, usypanej w odległości zaledwie kilku kilometrów na S od doliny znacznie większej rzeki Kobdo. Długość Bujantu goł wynosi niespełna 200 km przy różnicy wysokości około 1500 m (całkowity spadek — 7,5‰). W środkowym biegu jest rzeką zdziczałą, rozdzielającą się na kilka koryt; najmniejsze z nich są okresowo suche względnie prowadzą minimalną ilość wody. Szerokości koryt są nierówne i dochodzą do kilkunastu metrów. Wody rzeki płyną burzliwie i tworzą bardzo liczne bystrza. W bardzo wielu miejscach i na wielu odcinkach wystają z koryta liczne, większe głazy. Liczne są również przegłębienia w postaci rynien eworsyjnych przy podcinanych brzegach (głębokie do 2 i więcej metrów). Średnia głębokość Bujantu goł wynosi kilkadziesiąt centymetrów. Poziom wody w rzece wykazuje małe i krótkookresowe wahania. Dno koryta wyścielają żwiry i głazy o średnicy do kilkudziesięciu centymetrów (głównie skały krystaliczne). Z rzadka tylko, tu i ówdzie występuje w małych fragmentach drobniejszy żwir z domieszką piasku. Z takiego utworu pobierano próby w odstępach kilku, a wyjątkowo kilkunastu kilometrów na odcinku około 50 km długości.

Górski potok Szabar goł w górnym odcinku płynie głęboko wcięтым kanionem (powyżej 100 m głębokości), natomiast w dolnym biegu dno jego doliny jest dość szerokie (200—600 m) i usiane bardzo licznymi kamieniami i głazami różnej wielkości (nierzadko powyżej 1 m średnicy). Dno płytko wciętego koryta na tym odcinku wyścielają piaski i żwiry. Ogólna długość potoku wynosi około 20 km.

2. Utwory terasowe. Terasy występujące w widłach Bujantu goł i Szabar goł wykształcone są w kilku poziomach wyraźnie od siebie oddzielonych, co podkreślają „świeże” i dobrze zachowane krańędzie (ryc. 1). Denna terasa ponacinana jest płytkami, suchymi i kamienistymi łóżyskami epizodycznych wód. Pozostałe terasy (niska, średnia i wysoka) pocięte są sajrami głębokimi do kilku metrów. Wspólną cechą wszystkich teras jest występowanie na ich powierzchniach materiału skalnego różnej wielkości, nierzadko powyżej 1 m średnicy. Wiele spośród większych głazów i okruchów skalnych wykazuje ślady działalności eolicznej oraz intensywnego wietrzenia mechanicznego. Wszystkie poziomy teras zostały оголоcone z drobniejszych ziarn na skutek deflacji,

co na powierzchniach zaznaczyło się występowaniem bruku deflacyjnego. W pionowym profilu teras występuje — od powierzchni do głębokości około 45 cm — zwięzły, kamienisto-piaszczysto-pylasty poziom iluwialny.

Terasy powstały z przemodelowania („sterasowania”) wysokiej i rozległej formy o charakterze torencjalnego stożka, usypanego przez Szabar goł u wylotu do doliny Bujantu goł. Wysokie zasypanie wylotu doliny tego potoku dokonało się najprawdopodobniej u schyłku trzeciorzędu



Ryc. 1. Terasy Bujantu goł i Szabar goł w okolicy Kobdo; 1 — masywy granitowe i góry wyspowe, 2 — wyraźne krawędzie teras o wysokości: a — 4 m, b — 8 m, c — 16—20 m, d — 46 m

Die Terrassen des Bujantu goł und Schabar goł in der Umgegend von Kobdo; 1 — Granitmasse und Inselberge, 2 — deutliche Terrassenkanten von folgender Höhe: a — 4 m, b — 8 m, c — 16—20 m, d — 46 m

względnie we wczesnym plejstocenie, w okresie wilgotniejszych faz pustynnego klimatu Mongolii. Proces usypywania stożka wspomagany był dużą akumulacją Bujantu goł, bowiem na obszarze kotliny kobdoskiej, przez którą rzeka ta przepływa, wytworzyło się okresowe, plejstoceniowe

jezioro, z którego wody z trudem odpływały poprzez współczesny przełom w okolicy Kobdo. Dla potoku Szabar goł takie warunki oznaczały podniesienie się jego bazy erozyjnej. Rozcinanie stożka dokonywało się w kolejnych fazach erozyjnego wyprzątania, jakie miało miejsce w okresie spływania się plejstoceńskiego jeziora aż do jego całkowitego zaniku.

3. **Utwory aluwialne** południowo-zachodniego obrzeżenia pustyni Borig del els. Aluwia rzeczne zajmują w Kotlinie Wielkich Jezior bardzo rozległe obszary wzdłuż środkowych i dolnych odcinków większych rzek. Największy, pustynny obszar aluwialnych piasków o nazwie Borig del els występuje w północnej części Kotliny Wielkich Jezior i zajmuje powierzchnię ponad 4 000 km². W wykształceniu tak dużej, zwartej powierzchni piasków brały udział okresowe potoki, które spływają z północnych stoków masywu Chan chüchij uul i unoszą ogromne ilości zwietrzliny. Powierzchnia piasków Borig del els położona jest w pobliżu brzegu jeziora Uws nuur na wysokości około 780 m n.p.m. (poziom jeziora Uws nuur znajduje się na wysokości 743 m n.p.m.), natomiast południowa część tego obszaru znajduje się na wysokości powyżej 1 000 m. Wschodnia, najwyższa jego część dochodzi do ok. 1 400 m n.p.m. (M u r z a j e w, 19).

Proces rozrastania się piaszczystych powierzchni przyspieszany był wysychaniem jeziora i stopniowym odsłanianiem się coraz głębszych wokółbrzeżnych fragmentów dna, co w konsekwencji prowadziło do przedłużania się ujściowych odcinków rzek uchodzących do jeziora i nakładania się aluwiów na denne utwory jeziorne (ryc. 2). Takimi są utwory budujące piaszczystą powierzchnię przylegającą do E i SE części jeziora Uws nuur. Natomiast w części przylegającej do północnych stoków masywu Chan chüchij uul obszar ten ma charakter piaszczysto-kamienistej pustyni-stepowej, która w kierunku N i NW przechodzi w rozległą powierzchnię piasków uformowanych w różnokształtne i nieregularne wydmy — pagórki, wały i barchany. Skąpa roślinność zatrzymuje lotne piaski, które wkraczają na wystające z podłoża pojedyncze pagórki i zasypują je.

4. **Piaski eoliczne.** Spośród wszystkich luźnych utworów Kotliny Wielkich Jezior szczególne stanowisko zajmują piaski eoliczne. To w pewnym sensie „uprzywilejowane” środowisko wiąże się nie tylko z pustynnym klimatem tej krainy, ale również z jej makrorzeźbą, warunkującą z kolei wiele innych czynników i procesów rzeźbotwórczych (intensywne wietrzenie mechaniczne, lokalne wiatry o kierunkach najczęściej wymuszonych i in.). W odróżnieniu od wszystkich innych utworów — piaski eoliczne, choć nie tworzą dużych obszarów (z wyjątkiem rozległych powierzchni z nagromadzonymi aluwiami eolicznie przemodelowanymi), występują jednak bardzo często, na całej powierzchni ko-

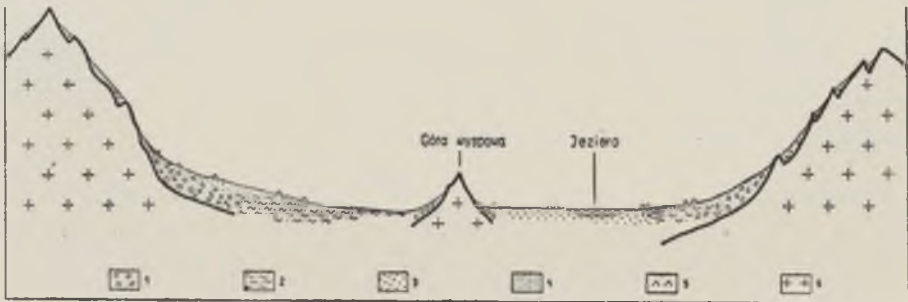
tliny. Wyraźne ślady niszczącej bądź też budującej działalności wiatru napotkać można wszędzie, nie wyłączając wysokich stoków gór oraz przełęczy (do wysokości około 2 000 m n.p.m.), na których spotyka się płaty nawianych piasków. Różne są formy akumulacji eolicznej: od wydm różnej wielkości i kształtów do maleńkich kopczyków piaszczystych (do 1,5 m wysokości), występujących zarówno na płaskich powierzchniach równinnych, jak i na przełęczach górskich, gdzie nagromadzone są w bezpośrednim sąsiedztwie małych niecek deflacyjnych. Piaski eoliczne występują również na stokach odizolowanych pojedynczych gór wyspowych lub u ich podnóży (ryc. 2).

W kotlinie częste są burze piaszczysto-pyłowe oraz samotnie wędrujące, ssące wiry powietrzne. Morfologiczna ich rola polega na „dosypywaniu” piasku do gruzowo-piaszczystych hałd usypiskowych, zalegających u podnóży gór (28). Gdzie tylko istnieją warunki dla eolicznej działalności, zaznacza się ona na powierzchniach zbudowanych z luźnych utworów, bez względu na ich genezę i wiek.

5. **U t w o r y j e z i o r n e.** Zasięg tych utworów jest duży, zarówno w rozprzestrzenieniu poziomym jak i pionowym. Osady jeziorne występują w postaci namulów i ilów, osadów chemicznych oraz piasków ze żwirami. Wiek tych utworów jest zróżnicowany — od trzeciorzędowych do najmłodszych, co wiąże się z permanencją reliktowych, współczesnych zbiorników jeziornych. Osady jeziorne zajmują duże powierzchnie wokół dzisiejszych jezior, ku którym nachylone są duże powierzchnie den poszczególnych kotlin. Na wielu powierzchniach jeziorne osady występują pod młodszymi utworami aluwialnymi większych rzek, jak również pod utworami stożkowymi sajrów i innych okresowych potoków. Starsze utwory jeziorne nierzadko występują z dala (kilkadziesiąt i więcej kilometrów) od współczesnych mis jeziornych, a ich zróżnicowany pionowy zasięg do wysokości przekraczającej 100 m świadczy o zmniejszaniu się powierzchni jezior (M u r z a j e w, 19). Osady te wchodzi w skład mniej lub bardziej wyraźnych teras oraz nadbrzeżnych wałów jeziornych. Osady jeziora są zatem wymieszane z utworami akumulowanymi przez rzeki, sajry i okresowo suche potoki w ujściowych ich odcinkach (ryc. 2).

6. **U t w o r y p o k r y w z w i e t r z e l i n o w o - d e l u w i a l n y c h.** W odróżnieniu od osadów jeziornych, zalegających przeważnie w centralnych częściach kotliny, utwory zwietrzelinowo-deluwialne występują głównie na obrzeżeniu, wszędzie tam, gdzie ponad równinnymi powierzchniami wznoszą się pasma górskie obrzeżające kotlinę. Utwory te zalegają również u podnóży odizolowanych, mniejszych pasm lub pojedynczych gór wyspowych rozrzuconych po całej powierzchni kotliny; zatem wchodzi one w skład wszystkich stożków usypiskowych, hałd i pokryw zalegających u podnóży i na powierzchni stoków. Są to więc zarówno pokrywy

wietrzniowe (eluwialne) jak i stokowe, grawitacyjne (J a h n, 5). Zwarta powierzchnia utworów zwietrzelinowych otula stoki do znacznej nieraz wysokości; tylko najwyższe partie gór wystają ponad własną zwietrzelinę (ryc. 2). Spotykamy tu więc typowe stoki grawitacyjne, skalno-gruzowe (J a h n, 4), powstałe w wyniku intensywniejszych procesów wietrzniowych w porównaniu z procesami denudacyjnymi. Miąższość pokryw zwietrzelinowych jest nierówna, na ogół jednak duża, zaś największa u podnóży stoków, skąd nachylenie powierzchni zbudowanych z tych utworów maleje ku środkowi kotliny. Pokrywy zwietrzelinowe występują również na powierzchniach wszystkich podstokowych zrównań (pedymentach). Zwietrzelina przemieszczana tylko grawitacyjnie, bez udziału



Ryc. 2. Schemat występowania luźnych utworów w Kotlinie Wielkich Jezior; 1 — utwory zwietrzelinowo-deluwialne, 2 — utwory aluwialne, 3 — utwory jeziorne, 4 — piaski eoliczne, 5 — wydmy, 6 — masywy krystaliczne
Schematische Darstellung der Ausbildung von losen Gebilden im Becken der Großen Seen; 1 — Verwitterungsprodukte verschiedener Ausbildung, 2 — Alluvionen, 3 — Seebildungen, 4 — äolische Sande, 5 — Dünen, 6 — kristalline Massive

czynników modelujących, odbywa bardzo krótki transport; tym głównie tłumaczy się duża jej miąższość u podnóży stoków. Głównym czynnikiem rzeźbiącym w pokrywach zwietrzelinowych są wody okresowych i epizodycznych potoków, których suche koryta wcięte są do różnej głębokości. Powierzchnie zrównań podstokowych są nieraz gęsto pocięte krótkimi dolinkami-sajrami, dzięki którym materiał zwietrzelinowy wynoszony jest ku środkowi kotliny i — z dala od stoków — osadzany w postaci rozległych stożków, względnie równin aluwialnych. Działalność wiatru w modelowaniu powierzchni pokryw zwietrzelinowych zaznacza się na ogół słabo i ogranicza się raczej do procesów deflacji.

GRANULOMETRYCZNO-MINERALOGICZNA CHARAKTERYSTYKA BADANYCH UTWORÓW

Analizowany materiał przesiewano na sitach o wielkości oczek: 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,10 i 0,06 mm. Wydzielone w bromoformie minerały ciężkie pochodzą z frakcji 0,25—0,10 mm. W badaniach posłużono się

mikroskopem stereoskopowym (PZO — Mst 130). Przed analizą mikroskopową wszystkie ziarna wytrawiane były na zimno, w 10% HCl przez 10 minut. Wyniki analiz zamieszczono w tabelach (tab. 1—3).

U t w o r y r z e c z n e. Uziarnienie utworów koryta Bujantu goł wykazuje na ogół słaby stopień wysortowania oraz małe zróżnicowanie na całym badanym odcinku (około 50 km długości). W słabym wysortowaniu trudno nawet dopatrzeć się jakiegś prawidłowości uzależnionej odległością transportu (tab. 1). Jedynie udział ziarn wielkości 1,0—0,50 mm maleje na ogół stopniowo z biegiem rzeki. Nieco większe różnice w uziarnieniu wykazują twory koryta Szabar goł. Charakteryzują się one większym odsetkiem ziarn poniżej 0,10 mm, które w korycie Bujantu goł występują tylko w śladach. Na uwagę zasługuje fakt, iż drobne ziarno liczniej występuje w wyższym odcinku Szabar goł aniżeli przy ujściu, choć należałoby się spodziewać stosunków odwrotnych. Zupełnie odmienny charakter uziarnienia wykazują twory budujące dna okresowych potoków; materiał ich jest silnie zróżnicowany i podlega dużym wahaniom. Należy jednak zaznaczyć, iż analizowane formy wyraźnie różnią się między sobą, zarówno rozmiarami jak i budową podłoża.

Udział ziarn kwarcu w piaskach rzecznych jest stosunkowo niski na całym badanym odcinku Bujantu goł. Mineral ten występuje w mniejszości we frakcjach powyżej 0,25 mm i jedynie we frakcji 0,25—0,10 mm przekracza połowę wartości minerałów pozostałych. Z teoretycznych założeń wynikałoby, iż udział kwarcu — minerału odpornego na chemiczne i mechaniczne niszczenie — powinien wzrastać z biegiem rzeki. Uzyskane wyniki (tab. 2) wykazują jednak pewną nieprawidłowość wahań, powtarzającą się we wszystkich analizowanych frakcjach. W korycie Szabar goł ilość kwarcu jest nieco większa; jednocześnie mineral ten wykazuje mniejsze wahania udziału. Również i materiał wyścielający dna okresowych potoków zawiera (niezależnie od wielkości ziarna) zmienne ilości kwarcu. Jedynie twory budujące ściany koryta Bujantu goł wyróżniają się prawidłowym, choć nieznacznym wzrostem udziału kwarcu, przy czym im mniejsze ziarna tym większy jego udział.

Wagowy udział ciężkich minerałów w utworach rzecznych Bujantu goł (tab. 3) jest większy niż w wielu innych luźnych utworach Kotliny Wielkich Jezior i wynosi 5,8—7,6%. Wyraźniejsze jednak różnice zachodzą w mineralnym składzie tej frakcji; dotyczą one szczególnie amfiboli osiagających w utworach rzecznych najwyższe wartości (do 57,5%). Znacznie jednak skromniej niż w innych utworach reprezentowane są tlenki żelaza, a wśród nich szczególnie rzadkie są ziarna magnetytu. Inne zespoły minerałów ciężkich nie wykazują większych wahań. W utworach okresowych potoków uderza natomiast skromniejszy udział amfiboli, a większy — tlenków żelaza, w tym również i magnetytu. Z minerałów

Tab. 1. Skład granulometryczny luź
Granulometrische Zusammensetzung der

Numer próby Probe- nummer	Fracje ziarn w mm (w %% wagowych) Kornfraktionen (in mm) in Gewichtsprozenten						
	> 2,00	2,00—1,00	1,00—0,50	0,50—0,25	0,25—0,10	0,10—0,06	< 0,06
Utwory rzeczne — Flussbildungen Koryto Bujantu goł — Flussbett des Bujantu goł							
1	63,79	7,06	21,35	3,38	3,95	0,29	0,18
2	58,48	5,45	11,69	12,19	10,86	0,91	0,42
5	71,71	7,82	9,44	9,25	1,39	0,28	0,10
20	77,14	6,51	7,88	7,25	1,03	0,10	0,09
28	71,19	10,03	8,35	4,80	5,15	0,30	0,18
Koryto Szabar goł — Flussbett des Schabar goł							
8	42,95	17,11	17,52	10,69	8,20	2,63	0,90
9	73,11	10,22	9,67	5,39	1,44	0,10	0,07
Brzeg Bujantu goł — Ufer des Bujantu goł							
15	76,96	7,23	9,08	4,91	0,61	0,88	0,32
21	36,69	9,08	20,56	24,79	7,23	1,28	0,37
Koryta potoków okresowych Bette von periodischen Flüssen							
6	47,34	20,62	15,64	4,35	1,94	0,17	9,93
33	—	—	0,26	23,83	74,58	0,98	0,33
34	15,06	14,71	16,97	31,76	20,85	0,56	0,08
Utwory terasowe — Terrassenbildungen Terasa wysoka (46 m) — Hohe Terrasse (46 m)							
11	48,35	13,99	16,32	9,53	8,46	1,65	1,69
Terasa średnia — Mittlere Terrasse (16—20 m)							
10	19,19	3,12	9,87	16,78	38,50	7,28	5,26
16	15,54	7,68	17,19	22,69	31,35	3,82	1,72
17	41,42	11,46	15,56	12,64	17,61	0,93	0,37
18	31,29	8,09	9,46	10,00	29,02	7,72	4,40
Terasa niska (8 m) — Niedrige Terrasse (8 m)							
7	37,36	25,50	20,35	8,13	6,24	1,42	1,00
19	54,98	10,59	12,93	9,09	9,57	1,49	1,35
Aluwia SW obrzeżenia pustyni Borig del els Alluvionen der SW Umrandung der Wüste Borig del els							
32	2,24	2,57	7,32	11,84	69,49	5,38	1,15
35	—	—	0,69	32,22	65,29	1,26	0,53
36	0,56	1,95	4,29	38,77	52,84	1,24	0,33
40	3,24	0,57	2,04	18,05	73,08	2,14	0,88

ných utworów Kotliny Wielkich Jezior
losen Gebilde im Becken der Grossen Seen

Numer próby Probenummer	Frakcje ziarn w mm (w %% wagowych) Kornfraktionen (in mm) in Gewichtsprozenten						
	> 2,00	2,00—1,00	1,00—0,50	0,50—0,25	0,25—0,10	0,10—0,06	< 0,06
Piaski wydmowe — Dünensande							
37	—	—	—	30,56	69,09	0,33	0,02
38	—	—	0,30	41,74	56,29	1,48	0,18
39	—	—	1,90	60,00	37,19	0,72	0,18
41	—	—	—	15,62	84,19	0,18	0,01
42	—	—	—	52,50	47,23	0,24	0,02
43	—	—	0,53	12,00	86,11	1,24	0,11
Piaski eoliczne (poza wydrami) Äolische Sande (ausser den Dünen)							
14	—	0,23	76,94	18,87	3,59	0,23	0,14
26	—	—	0,17	49,96	48,84	0,80	0,22
29	—	0,44	30,79	29,23	33,94	4,43	1,16
27	—	—	24,81	59,22	15,32	0,54	0,11
Utwory jeziorne — Seebildungen							
30	2,47	3,21	6,96	21,14	66,03	0,17	—
31	—	2,46	25,78	49,01	21,33	0,51	0,90
Utwory pokryw zwietrzelinowo-deluwialnych Verwitterungsprodukte (verschieden ausgebildet)							
Podnóże stoku — Fuss des Hanges							
3	29,29	19,21	27,58	14,62	7,19	1,00	0,41
4	33,94	23,77	27,43	9,19	4,17	0,65	0,25
Zrównanie podstokowe — Fussfläche							
12	41,55	10,80	16,13	10,98	13,49	3,01	4,03
Podnóże góry wyspowej — Fuss des Inselberges							
13	5,95	6,89	14,29	14,09	40,92	11,59	6,28
Kotlina Kobdo — Kobdo-Becken z głębokości 1,0 m — 1,0 m Tiefe							
22	33,76	23,03	18,79	8,47	13,51	1,69	0,74
z głębokości 1,7 m — 1,7 m Tiefe							
23	48,98	20,71	18,62	7,23	3,91	0,35	0,20
z głębokości 2,0 m — 2,0 m Tiefe							
24	2,46	4,03	10,02	22,56	53,05	6,52	1,36
z głębokości 4,0 m — 4,0 m Tiefe							
25	22,78	13,17	15,43	15,48	27,77	3,97	1,40

Tab. 2. Obróbka mecha
Mechanische Bearbei

Numer próby Probenummer	Frakcje ziarn w mm Korn- fraktion in mm	Obróbka mechaniczna ziarn kwarcu (w %% ilościowych) Mechanische Bearbeitung der Quarzkörner (in Mengenprozenten)								% kwarcu Quarz- prozente
		Obtoczenie Abrundung					Połysk Glanz			
		I	II	III	IV	V	1	2	3	
Utworki rzeczne — Flussbildungen										
1	1,00 - 0,50	—	—	5,0	72,0	23,0	15,0	73,0	12,0	31,8
	0,50 - 0,25	—	—	—	78,5	21,5	12,5	81,5	6,0	44,2
	0,25 - 0,10	—	—	1,0	74,0	25,0	13,0	82,0	5,0	52,6
2	1,00 - 0,50	—	—	—	46,1	53,9	6,9	61,7	31,3	25,3
	0,50 - 0,25	—	—	1,0	70,5	28,5	14,0	61,0	25,0	43,1
	0,25 - 0,10	—	—	1,5	62,5	36,0	12,0	71,0	17,0	62,5
5	1,00 - 0,50	—	—	1,5	62,5	36,0	17,0	71,0	12,0	33,9
	0,50 - 0,25	—	—	2,0	38,0	60,0	19,5	71,0	9,5	47,1
	0,25 - 0,10	—	—	0,5	52,0	47,5	11,0	83,5	5,5	58,8
20	1,00 - 0,50	—	—	1,5	74,0	24,5	11,5	75,0	13,5	46,1
	0,50 - 0,25	—	—	3,0	52,0	45,0	26,5	59,0	14,5	45,5
	0,25 - 0,10	—	—	—	57,0	43,0	15,0	77,0	8,0	62,5
28	1,00 - 0,50	—	0,5	8,0	72,0	19,5	17,5	73,0	9,5	41,2
	0,50 - 0,25	—	—	5,5	68,5	26,0	23,0	73,0	4,0	35,0
	0,25 - 0,10	—	—	—	65,5	34,5	32,5	65,5	2,0	35,1
8	1,00 - 0,50	—	—	—	39,5	60,5	15,0	74,5	10,5	63,1
	0,50 - 0,25	—	—	—	39,0	61,0	14,0	83,5	2,5	60,8
	0,25 - 0,10	—	—	—	40,0	60,0	12,0	86,5	1,5	62,5
9	1,00 - 0,50	—	—	—	62,0	38,0	9,0	81,0	10,0	62,1
	0,50 - 0,25	—	—	—	38,0	62,0	11,0	85,0	4,0	60,2
	0,25 - 0,10	—	—	1,0	43,0	56,0	15,5	82,0	2,5	52,6
15	1,00 - 0,50	—	—	2,0	68,0	30,0	8,5	72,5	19,0	48,1
	0,50 - 0,25	—	—	1,0	53,0	46,0	21,0	74,5	4,5	54,2
	0,25 - 0,10	—	—	1,0	50,0	49,0	15,5	78,0	6,5	54,9
21	1,00 - 0,50	—	—	1,5	66,0	32,5	12,0	83,0	5,0	44,8
	0,50 - 0,25	—	0,5	1,5	56,0	42,0	23,0	67,5	9,5	59,5
	0,25 - 0,10	—	—	—	66,0	44,0	14,5	78,5	7,0	83,7
6	1,00 - 0,50	—	—	2,0	69,5	28,5	11,0	76,0	13,0	57,8
	0,50 - 0,25	—	—	0,5	63,5	36,0	10,0	84,5	5,5	68,3
	0,25 - 0,10	—	—	0,5	63,5	36,0	15,0	82,0	3,0	65,4
33	1,00 - 0,50	—	5,5	53,5	39,5	1,5	24,5	74,0	1,5	71,4
	0,50 - 0,25	—	1,5	40,0	50,0	8,5	21,5	78,0	0,5	73,5
	0,25 - 0,10	0,5	3,0	23,5	60,5	12,5	20,0	79,5	0,5	62,9
34	1,00 - 0,50	—	—	24,5	59,0	16,5	3,5	80,5	16,0	39,1
	0,50 - 0,25	—	3,0	24,5	55,0	17,5	17,0	76,5	6,5	61,5
	0,25 - 0,10	—	1,5	32,0	47,0	19,5	22,0	73,5	4,5	66,0

niczna ziarn kwarcu
tung der Quarzkörner

Numer próby Probenummer	Fracje ziarn w mm Korn- fraktion in mm	Obróbka mechaniczna ziarn kwarcu (w %% ilościowych) Mechanische Bearbeitung der Quarzkörner (in Mengenprozenten)								% kwarcu Quarz- prozente
		Obtoczenie Abrundung					Połysk Glanz			
		I	II	III	IV	V	1	2	3	
Utwory terasowe — Terrassenbildungen										
11	1,00—0,50	—	—	1,0	68,0	31,0	—	2,5	97,5	79,4
	0,50—0,25	—	—	1,0	48,0	51,0	—	5,0	95,0	83,7
	0,25—0,10	—	—	—	64,0	36,0	0,5	9,0	90,5	80,0
10	1,00—0,50	—	—	—	65,5	34,5	—	12,5	87,5	79,0
	0,50—0,25	—	—	1,5	53,5	45,0	—	29,0	71,0	75,5
	0,25—0,10	—	—	1,0	48,0	51,0	—	35,0	65,0	85,5
16	1,00—0,50	—	—	5,0	65,0	30,0	—	6,5	93,5	86,6
	0,50—0,25	—	—	2,0	75,0	23,0	0,5	14,5	85,0	86,9
	0,25—0,10	—	—	3,5	71,5	25,0	—	17,0	83,0	86,9
17	1,00—0,50	—	—	2,5	57,5	40,0	—	19,0	81,0	84,0
	0,50—0,25	—	—	1,0	47,5	51,5	—	34,0	66,0	85,5
	0,25—0,10	—	—	1,5	56,5	42,0	—	23,0	77,0	86,2
18	1,00—0,50	—	—	13,0	64,0	23,0	—	20,0	80,0	91,3
	0,50—0,25	—	0,5	12,5	60,0	27,0	—	11,0	89,0	87,7
	0,25—0,10	—	—	3,0	66,0	31,0	—	21,0	79,0	85,8
7	1,00—0,50	—	—	1,0	63,0	36,0	1,0	95,0	4,0	83,7
	0,50—0,25	—	—	—	53,0	47,0	9,0	90,0	1,0	77,8
	0,25—0,10	—	—	—	61,5	38,5	14,0	86,0	—	84,7
19	1,00—0,50	—	—	0,5	42,5	57,0	—	7,0	93,0	60,1
	0,50—0,25	—	—	2,5	47,5	50,0	—	23,0	77,0	66,7
	0,25—0,10	—	—	1,0	50,0	49,0	0,5	21,5	78,0	76,9
Aluwia SW obrzeżenia pustyni Borig del els Alluvionen der SW Umrandung der Wüste Borig del els										
32	1,00—0,50	—	1,0	16,0	70,5	12,5	—	89,0	11,0	43,8
	0,50—0,25	—	2,0	16,0	75,0	7,0	6,0	81,5	12,5	54,6
	0,25—0,10	—	—	2,5	77,5	20,0	18,0	76,5	5,5	69,0
35	1,00—0,50	—	0,5	22,0	71,0	6,5	3,5	84,0	12,5	76,6
	0,50—0,25	—	—	13,0	81,5	5,5	7,5	74,0	18,5	88,1
	0,25—0,10	—	—	9,5	82,0	8,5	3,5	86,5	10,0	94,8
36	1,00—0,50	—	5,0	33,0	60,0	2,0	4,5	45,5	50,0	76,6
	0,50—0,25	—	—	14,5	76,0	9,5	3,0	68,0	29,0	92,6
	0,25—0,10	—	—	9,5	75,5	15,0	7,5	69,5	23,0	88,9
40	1,00—0,50	—	—	30,0	69,0	1,0	3,5	90,0	6,5	78,7
	0,50—0,25	—	—	17,0	71,5	11,5	17,0	81,0	2,0	87,7
	0,25—0,10	—	—	10,5	78,0	11,5	14,0	82,5	3,5	94,3

c. d. tab. 2

Numer próby Probenummer	Frakcje ziarn w mm Korn- fraktion in mm	Obróbka mechaniczna ziarn kwarcu (w %% ilościowych) Mechanische Bearbeitung der Quarzkörner (in Mengenprozenten)								% kwarcu Quarz- prozente
		Obtoczenie Abrundung					Połysk Glanz			
		I	II	III	IV	V	1	2	3	
Piaski wydmowe — Dünenande										
37	1,00—0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,50—0,25	—	1,0	7,5	59,5	32,0	27,0	66,5	6,5	82,3
	0,25—0,10	—	0,5	6,0	59,5	34,0	30,5	66,0	3,5	85,1
38	1,00—0,50	—	7,0	35,0	54,0	4,0	9,0	86,0	5,0	82,6
	0,50—0,25	—	0,5	14,5	73,5	11,5	22,5	74,5	3,0	84,7
	0,25—0,10	—	—	10,0	69,0	21,0	20,5	77,5	2,0	84,7
39	1,00—0,50	—	2,0	41,0	55,5	1,5	7,0	83,5	9,5	76,0
	0,50—0,25	—	1,0	18,0	66,5	14,5	21,0	74,5	4,5	84,0
	0,25—0,10	—	—	6,0	77,0	17,0	29,0	69,0	2,0	83,3
41	1,00—0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,50—0,25	—	—	7,0	66,0	27,0	29,5	62,0	8,5	83,7
	0,25—0,10	—	—	5,5	61,0	33,5	33,0	61,0	6,0	81,3
42	1,00—0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,50—0,25	—	—	4,5	73,0	22,5	27,5	69,0	3,5	77,8
	0,25—0,10	—	0,5	8,0	64,5	27,0	22,5	66,5	11,0	71,4
43	1,00—0,50	—	2,0	19,0	74,0	5,0	10,0	56,5	33,5	78,7
	0,50—0,25	—	1,0	15,5	67,5	16,0	9,0	70,0	21,0	83,7
	0,25—0,10	—	—	4,0	73,5	22,5	20,0	69,5	10,5	77,8
Piaski eoliczne (poza wydymami) Äolische Sande (ausser den Dünen)										
14	1,00—0,50	—	—	1,5	12,5	86,0	—	15,0	85,0	90,9
	0,50—0,25	—	—	2,0	31,0	67,0	0,5	20,0	79,5	92,6
	0,25—0,10	—	—	—	47,0	53,0	0,5	28,5	71,0	85,1
26	1,00—0,50	—	1,0	19,5	63,5	16,0	0,5	42,5	57,0	88,8
	0,50—0,25	—	0,5	13,5	44,0	42,0	11,0	24,0	65,0	84,4
	0,25—0,10	—	—	8,5	58,5	33,0	2,0	37,5	60,5	82,7
29	1,00—0,50	—	—	0,5	62,5	37,0	0,5	25,0	74,5	66,7
	0,50—0,25	—	—	0,5	54,5	45,0	1,5	26,5	72,0	62,5
	0,25—0,10	—	—	1,0	59,0	40,0	—	17,0	83,0	84,7
27	1,00—0,50	—	4,5	66,5	20,5	8,5	7,0	49,0	44,0	92,6
	0,50—0,25	—	0,5	69,0	25,0	5,5	2,0	71,0	27,0	86,6
	0,25—0,10	—	0,5	30,0	45,0	24,5	10,0	61,5	28,5	85,1

c. d. tab. 2

Numer próby Probennummer	Fracje ziarn w mm Korn- fraktion in mm	Obróbka mechaniczna ziarn kwarcu (w %% ilościowych) Mechanische Bearbeitung der Quarzkörner (in Mengenprozenten)								% kwarcu Quarz- prozente
		Obtoczenie Abrundung					Połysk Glanz			
		I	II	III	VI	V	1	2	3	
Utwory jeziorne — Seebildungen										
30	1,00—0,50	—	—	14,0	49,5	36,5	—	9,5	90,5	69,7
	0,50—0,25	—	—	4,0	73,5	22,5	1,0	27,0	72,0	49,5
	0,25—0,10	—	14,5	68,0	11,0	6,5	—	10,0	90,0	42,8
31	1,00—0,50	—	—	10,0	62,0	28,0	—	89,0	11,0	62,5
	0,50—0,25	—	—	6,5	67,0	26,5	7,5	77,0	15,5	62,5
	0,25—0,10	—	—	4,0	67,0	29,0	11,0	73,0	16,0	65,2
Utwory pokryw zwietrzelinowo-deluwialnych Verwitterungsprodukte (verschleden ausgebildet)										
3	1,00—0,50	—	—	—	71,9	28,1	—	63,7	36,3	29,6
	0,50—0,25	—	—	—	41,5	58,5	2,5	74,5	23,0	31,1
	0,25—0,10	—	—	2,0	46,0	52,0	12,0	63,0	25,0	33,3
4	1,00—0,50	—	—	—	59,0	41,0	1,0	80,0	19,0	48,1
	0,50—0,25	—	—	—	70,0	30,0	11,0	78,0	11,0	46,7
	0,25—0,10	—	—	—	73,0	27,0	13,5	82,0	4,5	47,6
12	1,00—0,50	—	—	—	40,0	60,0	—	12,0	88,0	79,4
	0,50—0,25	—	—	—	42,0	58,0	—	24,0	76,0	85,1
	0,25—0,10	—	—	—	51,0	49,0	—	32,5	67,5	84,0
13	1,00—0,50	—	—	2,0	50,0	48,0	—	14,5	85,5	93,0
	0,50—0,25	—	—	2,5	60,0	37,0	—	19,0	81,0	90,9
	0,25—0,10	—	—	1,5	55,0	43,5	—	26,0	74,0	85,5
22	1,00—0,50	—	—	5,5	75,0	19,5	6,0	85,0	9,0	75,2
	0,50—0,25	—	—	5,0	68,0	27,0	16,0	78,5	5,5	78,7
	0,25—0,10	—	—	—	54,0	46,0	32,0	63,5	4,5	76,9
23	1,00—0,50	—	—	5,0	68,0	27,0	18,0	73,5	8,5	72,5
	0,50—0,25	—	—	—	62,5	37,5	37,5	55,0	7,5	69,7
	0,25—0,10	—	—	—	68,0	32,0	29,0	60,0	11,0	69,0
24	1,00—0,50	—	—	8,5	72,5	19,0	11,0	72,5	16,5	65,8
	0,50—0,25	—	—	4,0	59,5	36,5	40,5	49,0	10,5	68,0
	0,25—0,10	—	—	3,0	61,5	35,5	34,0	53,0	13,0	78,7
25	1,00—0,50	—	3,0	26,0	65,0	6,0	3,0	69,5	27,5	80,6
	0,50—0,25	—	2,0	22,5	57,5	18,0	14,5	64,5	21,0	91,7
	0,25—0,10	—	—	4,5	78,5	17,0	15,0	75,5	9,5	86,2

Objaśnienia — Erläuterungen:

I — ziarna zupełnie obtoczone (völlig abgerundete Körner), II — obtoczone (abgerundete), III — średnio obtoczone (mittelmässig abgerundete), IV — słabo obtoczone (schwach abgerundete), V — ostrokrawędziste (scharfkantige); 1 — ziarna błyszczące (glänzende Körner), 2 — półmatowe (halbmatte), 3 — matowe (matte).

nie reprezentowanych w utworach Bujantu goł pojawia się bardzo mała ilość rutylu, tylko nieco częściej występuje cyrkon.

Ziarna kwarcu w rzecznych utworach są na ogół słabo obtoczone (tab. 2), a charakter ich obtoczenia wykazuje wiele nieprawidłowości. Udział ziarn słabo obtoczonych waha się dość znacznie i na ogół maleje wraz z biegiem rzeki. To zmniejszanie się ilości ziarn słabo obtoczonych zachodzi jednak nie kosztem wzrostu ilości ziarn lepiej obtoczonych, a przeciwnie — na korzyść ostrokrawędzistych. Ziarna średnio obtoczone reprezentowane są w małej ilości, a w niektórych próbach w ogóle nie występują. Inaczej jest w utworach koryta Szabar goł, gdzie występują tylko ziarna słabo obtoczone oraz ostrokrawędziste, przy czym dość wyraźnie zaznacza się ubożenie ziarn ostrokrawędzistych, postępujące z biegiem rzeki, mimo że odcinek dzielący analizowany materiał wynosi zaledwie 3 km. Zgoła odmienny charakter obtoczenia wykazują ziarna w utworach okresowych potoków, zwłaszcza na obszarze Borig del els. Ziarna kwarcu są w nich znacznie lepiej obtoczone aniżeli w pozostałych utworach rzecznych. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż utwory te cechuje prawidłowość dotycząca stopnia obróbki mechanicznej, uzależnionego od wielkości ziarna i od przebytej drogi. Pamiętać jednak należy, że potok na pustyni Borig del els przepływa przez obszar zbudowany z utworów aluwialnych, na powierzchni których zaznaczyły się silnie procesy eoliczne, i że materiał zalegający w dnie tego potoku wymieszany jest z utworami występującymi na powierzchni.

Stwierdzić należy na ogół wzrastający z biegiem rzeki udział błyszczących ziarn kwarcu, jakkolwiek i w tym przypadku zachodzą nieprawidłowe wahania. W przekroju całego badanego odcinka Bujantu goł najwyższą wartość osiągają ziarna półbłyszczące, natomiast w pozostałych utworach rzecznych ziarenka te zajmują stanowisko pośrednie. W odróżnieniu od utworów Bujantu goł i Szabar goł — materiał okresowego potoku na obszarze Borig del els zawiera mniejszą ilość ziarn matowych.

Nasuwać się pewne ogólne wnioski dotyczące warunków transportu, obróbki mechanicznej i akumulacji utworów rzecznych. Słabe wysortowanie ziarn oraz również słaba ich obróbka mechaniczna (obtoczenie) w utworach Bujantu goł wiąże się zapewne z burzliwym przepływem wód tej rzeki. Drobniejsze okruchy skał, a także niektóre minerały, ulegają raczej rozkruszaniu (rozdrabnianiu podczas ich uderzania o nierówne, kamieniste dno) aniżeli zmniejszaniu objętości na skutek bardziej równomiernego ścierania całej powierzchni ziarna, co dokonać się może tylko w warunkach umiarkowanego przepływu, w czasie którego ziarna są toczone po dnie. Za takim wnioskiem przemawiałby wyraźnie wyższy udział w utworach Bujantu goł amfiboli (głównie hornblendy) — mine-

Tab. 3. Minerale ciężkie
Schwerminerale

Numer próby	Minerale ciężkie (w % wagowych) Schwerminerale (in Gewichts- prozenten)	Skład mineralogiczny (w % ilościowych) Mineralogische Zusammensetzung (in Mengenprozenten)													
		Zirkon	Rutil	Epidot	Turmalin	Granaty	Apatyt	Tlenki Fe bez magnet. Eisenoxyde ohne Magnet.	Magnetyt	Tytanit	Anataz	Amfibole	Pyrokseny	Monacyt	Ilmenit
10	5,33	—	—	33,5	—	—	—	35,5	16,0	1,5	—	11,0	2,5	—	—
11	9,00	—	—	16,5	2,5	—	35,5	32,0	3,0	1,0	—	10,0	2,5	—	—
12	2,67	—	—	17,0	0,5	—	15,5	45,0	—	—	—	19,5	2,5	—	—
13	5,67	—	—	30,0	—	—	23,0	17,0	—	1,0	1,0	25,5	2,5	—	—
14	4,00	—	—	27,0	1,0	—	24,0	23,0	—	—	—	19,5	3,5	—	—
16	4,33	—	—	24,5	0,1	—	16,5	31,0	—	0,1	—	24,0	4,0	—	—
17	5,00	0,1	—	23,5	1,0	—	13,5	16,5	—	—	—	45,0	0,1	—	0,1
18	4,00	1,5	—	22,0	—	—	27,5	28,0	—	—	—	17,0	3,0	—	—
19	4,33	0,5	—	20,0	—	—	29,0	22,0	—	—	—	24,5	2,5	—	—
20	5,81	—	—	32,5	0,5	—	9,0	6,0	—	—	—	46,0	3,0	0,1	0,5
21	7,64	0,1	—	24,5	—	—	10,0	2,0	—	—	—	57,5	4,5	—	—
26	5,33	1,0	—	21,0	—	—	14,5	25,5	—	—	—	32,0	4,5	—	—
27	5,33	1,5	0,1	23,0	0,1	—	20,0	22,0	—	—	—	28,5	5,0	—	—
29	4,00	1,0	—	38,0	—	—	9,5	12,0	—	1,0	—	32,0	6,5	—	—
30	56,00	0,5	0,1	11,0	0,1	—	8,0	8,0	—	—	0,1	12,0	3,0	6,5	51,0
31	13,00	0,5	0,1	19,0	—	—	2,0	15,0	—	—	—	28,0	6,0	4,0	25,5
32	3,33	0,1	0,1	25,5	0,1	—	2,5	47,5	—	—	—	24,5	0,1	—	—
33	2,67	1,5	1,0	29,0	—	—	13,0	23,0	—	—	—	27,0	4,0	0,1	0,1
34	3,00	2,0	0,5	31,0	1,5	—	8,5	34,5	—	—	—	19,0	2,0	—	—
35	1,67	0,5	—	41,0	—	—	12,5	19,0	—	—	—	22,5	4,5	—	—
37	2,33	1,0	1,0	44,5	0,5	—	6,5	11,5	—	—	—	29,0	5,5	—	—
38	5,00	0,5	0,5	48,0	0,5	—	7,0	12,5	—	0,5	—	23,0	7,0	—	—
39	2,33	1,5	0,5	41,0	—	—	7,0	13,0	—	—	—	32,5	4,5	—	—
40	1,67	1,5	1,5	48,0	—	—	9,5	21,5	—	—	—	14,0	3,0	0,5	0,1
42	3,67	3,0	2,5	36,0	1,5	—	6,0	15,0	—	—	—	26,0	5,0	0,5	0,1
43	0,67	1,5	1,0	46,5	0,5	—	5,0	21,5	—	—	—	21,0	2,0	—	—

rałów bardzo podatnych na rozkruszanie. Wniosek ten zdają się popierać także wyniki uzyskane z analizy obtoczenia ziarn kwarcu w utworach tej rzeki: w dolnym odcinku koryta ziarna są bardziej kanciaste aniżeli w górnym. Natomiast w małym potoku Szabar goł, płynącym na ogół spokojnie (burzliwie tylko w pewnych okresach), zauważyć można pewną prawidłowość w procesie mechanicznego ścierania (zaokrąglania) ziarn toczonych po dnie. Tak więc o procesie sortowania w czasie transportu, jak również o akumulacji i obróbce mechanicznej materiału wyścielającego koryta Bujantu goł i Szabar goł, decydują zmienne warunki hydrodynamiczne (rozdzielanie się rzeki na kilka koryt, liczne bystrza, lokalny mikrorelief dna i in.).

U t w o r y t e r a s o w e. Uziarnienie tych utworów wskazuje na słaby stopień ich wysortowania. Tylko utwory terasy wysokiej (oraz częściowo terasy niskiej) charakteryzują się nieco lepszym wysortowaniem ziarn. W obu tych terasach przeważają ziarna powyżej 0,5 mm średnicy, podobnie jak w utworach rzecznych, natomiast materiał terasy średniej jest słabiej wysortowany; przeważają w nim ziarna poniżej 0,5 mm. Stosunkowo wysoki odsetek stanowią frakcje pylaste (poniżej 0,10 mm), których udział w terasie średniej przekracza 12%.

Interesujące wyniki uzyskano z analizy mineralogicznej. Tak np. udział kwarcu w terasach wykazuje pewne wahania. W ogólności jednak wszystkie utwory terasowe różnią się w tym względzie dość znacznie od utworów rzecznych. Najliczniej reprezentowany jest kwarc w materiale terasy średniej. Gdy chodzi o minerały ciężkie, to stwierdzić należy, iż najliczniej (wagowo 9%) występują one w materiale terasy wysokiej. Równocześnie jednak w utworze tej terasy uderza najniższy (a zarazem minimalny w stosunku do wszystkich luźnych utworów kotliny) udział amfiboli (10%) oraz — również najniższy — epidotu (16,5%), natomiast najwyższy, maksymalny udział biorą tlenki żelaza (67,5%), a wśród nich magnetyt (32%). Również najwyższą wartość uzyskują granaty (2,5%), których występowanie w ogólności jest sporadyczne i skąpe. Oprócz wymienionych minerałów pojawiają się jeszcze tylko pirokseny i tytanit. Charakterystyczną cechą ziarn wszystkich minerałów ciężkich tego utworu jest na ogół średni stopień ich obtoczenia. W utworach terasy średniej największe wahania udziału wykazują amfibole. Pozostałe minerały występują w małych ilościach lub tylko sporadycznie, z wyjątkiem tlenków żelaza i epidotu. W terasie niskiej udział ciężkich minerałów jest podobny do stosunków charakteryzujących materiał terasy średniej.

Obtoczenie i oszlifowanie ziarn kwarcu w utworach terasowych jest słabe. Utwory terasy średniej w ogólności charakteryzują się ziarnem nieznacznie lepiej obtoczonym niż w terasie wysokiej, natomiast w obu

terasach bardzo wysoki odsetek stanowią ziarna o powierzchni matowej (największy — w terasie wysokiej — 97,5%), zaś ziarna błyszczące występują tylko w śladach. Bardzo zmienny charakter obróbki mechanicznej — szczególnie w odniesieniu do połysku — wykazują ziarna w utworach terasy niskiej.

Utworky aluwialne obszaru Borig del els. Granulometryczna charakterystyka tych aluwiów odbiega dość wyraźnie od cech charakteryzujących utworki rzeczne i terasowe. Ta odmienność dotyczy szczególnie charakteru uziarnienia: utworki aluwialne cechuje wyższy stopień wysortowania. Zasadniczym składnikiem tego materiału są ziarna wielkości 0,25—0,10 mm, obok mniej licznej grupy ziarn 0,50—0,25 mm.

W składzie mineralogicznym aluwiów duże wahania wykazuje kwarc. Zestaw ciężkich minerałów cechuje maksymalny — w stosunku do wszystkich luźnych utworów — odsetek epidotu (48%) oraz również maksymalny udział magnetytu (47,5%), przy czym pozostałe tlenki żelaza (hematyt i limonit) reprezentowane są w nikłej ilości 2,5%. Udział amfiboli jest umiarkowany, zaś pozostałe minerały (cyrkon, rutyl, granaty i pirokseny) występują w małych ilościach. Na uwagę zasługuje jednak występowanie śladów ilmenitu i monacytu — minerałów rzadko spotykanych w innych (poza jeziornymi) utworach luźnych.

Stopień obróbki mechanicznej ziarn kwarcu w aluwiach jest stosunkowo dość wysoki. Odsetek ziarn średnio obtoczonych dochodzi do 33%, przy czym obecne są również ziarna obtoczone (do 5%). Charakter powierzchni ziarn kwarcu wykazuje duże wahania. Najliczniejsze są ziarna półbłyszczące, zaś ziarna matowe oraz z połyskiem utrzymują się w równowadze (około 18%). Dużą rozpiętość w wykształceniu powierzchni ziarn kwarcu tłumaczyć należy silnie rozwiniętymi procesami eolicznymi, które lokalnie wywierają mogą nierównomierny wpływ na zmatowienie ziarn.

Piaski eoliczne. Piaski eoliczne, a szczególnie wydmowe, odróżniają się od reszty luźnych utworów znacznie lepszym stopniem wysortowania. Piaski wydmy są przeważnie drobnoziarniste, a ich zdecydowana większość ziarn mieści się we frakcji 0,25—0,10 mm, obok dość zasobnej również frakcji 0,50—0,25 mm. Należy podkreślić, iż połowa analizowanych prób piasków wydmowych nie zawiera w ogóle ziarn powyżej 0,50 mm. W minimalnej ilości występują ziarna poniżej 0,10 mm (do 1,7%). Słabszym natomiast wysortowaniem charakteryzują się piaski eoliczne uformowane w małe, piaszczyste kopczyki względnie też budujące małe powierzchnie piasków nawianych. W utworach tych wielkość ziarn wzrasta. Górna, graniczna frakcja (2,0—1,0 mm) zawiera tych ziarn do 0,4%, natomiast ziarna 1,0—0,5 mm wykazują ogromne wahania

udziału: od 0,17 do 76,9%. Wahania te obejmują również następne, niższe frakcje ziarn.

Odmienny charakter cechuje utwory występujące w dnie misy deflacyjnej na przełęczy górskiej w pobliżu Kobdo, a uformowanej w sąsiedztwie kopczyka eolicznego. W materiale misy wyraźny jest udział frakcji 1,0—0,5 mm (około 25%), bez śladów ziarna grubszego. Należy jednak podkreślić, iż misa deflacyjna została wtórnie wytworzona w utworach nawianych, czyli wstępnie już wysortowanych. Dużą grupę w tym utworze stanowią ziarna wielkości 0,50—0,25 mm (59,2%). Tak więc w porównaniu z piaskami wydmy material wyścielający dno misy deflacyjnej jest grubszy, co tłumaczyć należy wywiewaniem ziarna drobniejszego.

Mineralogiczna charakterystyka piasków eolicznych nie wykazuje dużych wahań, gdy chodzi o udział kwarcu, natomiast wagowy udział ciężkich minerałów jest bardziej zróżnicowany w piaskach wydmy aniżeli w pozostałych utworach eolicznych. W składzie mineralogicznym piasków wydmy najliczniejszy jest epidot (taka sama maksymalna wartość — 48% — jak w aluwiach Borig del els, stanowiących źródło materiału dla wydmy), zaś nieco mniej licznie występują amfibole i tlenki żelaza. Stosunkowo duży jest również udział piroksenów (do 7%) oraz cyrkonu, rutilu, turmalinu i apatyty, które — w porównaniu z innymi utworami — występują w maksymalnych ilościach. Obecne są również ślady monacytu i ilmenitu. W utworach eolicznych poza wydmy również licznie reprezentowany jest epidot oraz amfibole i tlenki żelaza. Inne minerały występują w ilości mniejszej niż w piaskach wydmy, natomiast turmalinu brak. Z porównania utworów występujących w bezpośrednim sąsiedztwie (piaszczysty kopczyk i misa deflacyjna) wynika, iż prawie wszystkie minerały nieco liczniej reprezentowane są w utworze misy deflacyjnej. Wyjątek stanowią tylko amfibole. Nieznacznie większy ich udział w utworze kopczyka tłumaczyć należy zdolnością łatwiejszego rozdrabniania się tego minerału (głównie hornblenda) ze względu na dobrą łupliwość, co dokonuje się nawet w bardzo krótkim transporcie.

Obtroczenie ziarn kwarcu w piaskach wydmy wykazuje dość poważne rozbieżności. Wyjaśnić należy, iż piaski wydmy pochodzą z wydmy wałów na obszarze Borig del els, odległych od siebie o około 10 km. Ziarna wydmy są na ogół słabo obtoczone, przy czym różnice dotyczą głównie zmiennego udziału ziarn średnio obtoczonych i obtoczonych (ziarn zupełnie obtoczonych w utworach eolicznych brak całkowicie). Zmienny stopień obtoczenia ziarn dotyczy również samych form wydmy w ogólności, a także ich poszczególnych elementów morfologicznych. Najliczniejszą grupę stanowią ziarna słabo obtoczone. Duży, lecz bardzo zmienny udział wykazują ziarna średnio obtoczone, natomiast

obtoczone występują sporadycznie i w małych ilościach; również znacznym odsetkiem charakteryzują się ziarna ostrokrawędziste. Jeszcze bardziej kontrastowe różnice w zaokrągleniu ziarn wykazują piaski eoliczne spoza wydm. Tak np. piaski nawiane na stok góry wyspowej w okolicy Kobdo są bardzo słabo obtoczone, zaś stopień ich obtoczenia wzrasta z malejącym ziarnem; natomiast wyraźnie wyższy stopień obtoczenia cechuje utwory piaszczystych kopczyków, wśród których znacznie lepiej obtoczone są ziarna utworu na przełęczy górskiej aniżeli kopczyka na powierzchni delty Bujantu goł. Swoistą niespodzianką jest charakter obtoczenia ziarn w materiale misy deflacyjnej. Utwór ten charakteryzuje się najwyższym stopniem obtoczenia ziarn (w porównaniu z wszystkimi analizowanymi utworami Kotliny Wielkich Jezior). Głównym składnikiem są ziarna średnio obtoczone, obecne są również ziarna obtoczone (do 4,5%), podczas gdy ostrokrawędziste reprezentowane są tylko w ilości 5,5—8,5%.

Interesujące jest porównanie charakteru obtoczenia ziarn w utworze misy deflacyjnej z utworem sąsiedniego kopczyka piaszczystego, dla którego źródłem materiału były piaski wywiane z owej misy. Porównania dokonano obliczając różnicę w udziale ziarn o określonym stopniu obtoczenia (we frakcji 1,0—0,50 mm). Suma w ten sposób obliczonych różnic wynosi 101%. Oznacza to, iż w materiale piaszczystego kopczyka znalazły się ziarna wywiane („brakujące”) z misy deflacyjnej. Stopień obtoczenia ziarn w utworze kopczyka jest wyraźnie niższy niż w utworze misy; bowiem ziarna wielkości 1,0—0,50 mm są w określonych warunkach aerodynamicznych optymalnie podatne zarówno na wywiewanie, jak i na akumulację. Wywianiu uległy ziarna gorzej obtoczone, a więc ziarna bardziej podatne na transport w zawieszeniu (nie zaś toczeniu po powierzchni, na co zresztą w konkretnym przypadku nie pozwalają warunki podłoża, które jest nierówne i zasłane gruzem zwietrzelinowym). Drobniejsza frakcja ziarn (0,50—0,25 mm) dała w podsumowaniu różnic wartość zbliżoną do poprzedniej: 111%, zaś najdrobniejsza — tylko 44%. Drobniejsze bowiem ziarna łatwo ulegały wywiewaniu, ale tylko w ograniczonym stopniu brały one udział w procesie akumulacji, gdyż jako lżejsze transportowane były na dalsze odległości. Przypomnieć wypada, iż misa deflacyjna wycięta jest w piaskach nawianych. Są to piaski zniszczone, na co m. in. wskazywałby bardzo wysoki udział w nich kwarcu — minerału odpornego, który w tym utworze występuje w ilości 92,6% (frakcja 1,0—0,50 mm). W porównaniu z innymi utworami kotliny jest to wartość bardzo wysoka i rzadko spotykana. Na marginesie zagadnienia korelacji utworów misy deflacyjnej i piaszczystego kopczyka wydaje się, iż przytoczone wartości 101% i 111% nie są przypadkowe. Wielce podobne bowiem warunki stwierdzono również w odniesieniu do

piasków barchanu oraz materiału północnego brzegu jeziora Char us nuur (29).

Stopień zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu w piaskach wydmych jest bardzo niski, toteż materiał wydmy charakteryzuje się dużą ilością ziarn błyszczących, natomiast zupełnie odmienny charakter wykazują ziarenka w utworach eolicznych poza wydmy. Zmatowienie ziarn w tych utworach jest typowe dla piasków wydmych: dominują ziarna matowe (44—85%), zaś błyszczące reprezentowane są w ilości 0—11%.

Utwory jeziorne. Uziarnienie utworów współczesnego brzegu jeziora Uws nuur różni się od cech materiału relikowego wału brzegowego tego jeziora. Materiał brzegowy jest bowiem drobniejszy i nieco lepiej wysortowany; jego główny składnik stanowią ziarna wielkości 0,25—0,10 mm (66%). Drobniejsze ziarna występują w znikomej ilości 0,17%, zaś ziarn poniżej 0,06 mm brak zupełnie. Inaczej jest w utworze wału brzegowego, w którym żadna z frakcji nie osiąga bezwzględnej przewagi, a granica wielkości ziarn przesuwana się ku frakcjom grubszym.

Udział kwarcu w obu utworach jeziornych dochodzi do 70% i jest na ogół słabo zróżnicowany. Natomiast interesująca jest charakterystyka mineralogiczna w odniesieniu do ciężkich minerałów. Utwory jeziorne zawierają największą (wagowo) ich ilość: w utworze brzegowego wału — 13%, zaś w materiale brzegowym — 56%, co stanowi wartość nie spotykaną w innych utworach. Ta olbrzymia koncentracja ciężkich minerałów nie wpłynęła jednak na wzbogacenie i urozmaicenie składu mineralogicznego. Przeciwnie — zestaw minerałów jest nawet nieco uboższy niż w innych utworach. W przeciwieństwie jednak do wszystkich pozostałych utworów — w osadach jeziornych występują ślady anatazu. Główną jednak cechą, która w sposób zasadniczy odróżnia osady jeziorne, jest duży w nich udział ilmenitu (do 51%) oraz monacytu (do 6,5%) — minerałów występujących w innych utworach rzadko i tylko w śladach. Stosunkowo niski jest udział epidotu, tlenków żelaza i amfiboli. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż wszystkie ziarna minerałów ciężkich, szczególnie ziarna epidotu i ilmenitu wykazują bardzo wysoki stopień obtoczenia, nierzadko prawie idealnego.

Charakter obtoczenia ziarn kwarcu w utworze brzegowym wykazuje wahania bardzo duże i nieprawidłowe. Stopień obtoczenia ziarn rośnie wraz z ich drobnieniem. Najdrobniejsza frakcja (0,25—0,10 mm) charakteryzuje się zadziwiająco wysoką wartością ziarn średnio obtoczonych (68%) oraz ziarn obtoczonych (14,5%). W grubszych bowiem frakcjach ziarn obtoczonych brak zupełnie, zaś średnio obtoczone osiągają maksymalnie 14%. Natomiast w utworze brzegowego wału wahania są mini-

malne: najwyższy stopień obtoczenia zamyka się w klasie ziarn średnio obtoczonych i wynosi 4—10%.

Niemniej interesująco przedstawia się charakter zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu. W materiale brzegowym zdecydowanie przeważa ziarno matowe i to we wszystkich frakcjach (72—90,5%). Ziarn błyszczących jest zaledwie 1%. Natomiast inna jest charakterystyka utworu wału brzegowego, w którym głównym składnikiem są ziarna półbłyszczące, zaś matowe występują maksymalnie w 16%. Odsetek ziarn matowych rośnie nieprawidłowo w kierunku drobniejszej frakcji. W ogólności jednak w utworze tym wyraźnie większy jest udział ziarn błyszczących, które wykazują prawidłowy wzrost ku frakcjom drobniejszym.

Bardzo wysoki udział ziarn matowych w materiale brzegowym jeziora jest najmniej spodziewany. Podobnie wysokimi wartościami charakteryzują się tylko niektóre utwory terasowe. W świetle tradycyjnych poglądów na charakter ziarn w określonym środowisku należało się spodziewać, iż ziarno matowe będzie udziałem przede wszystkim piasków eolicznych. Tymczasem w utworach Kotliny Wielkich Jezior panują pod tym względem stosunki niemal odwrotne. Zjawisko znacznej przewagi ziarn matowych w brzegowym utworze należy więc tłumaczyć innymi warunkami niż transportem, względnie mechaniczną obróbką ziarn. Sam bowiem ruch (fala jeziorna), jakiemu ziarenka kwarcu podlegają wspólnie z bogatą frakcją wyselekcjonowanych minerałów ciężkich powodowałyby raczej polerowanie ich powierzchni, czego zresztą ślady dostrzec można na wielu ziarenkach monacytu czy ilmenitu, których powierzchnie są wypolerowane. Najprawdopodobniej więc zmatowienie ziarn kwarcu dokonało się na drodze chemicznego korodowania ich powierzchni przez agresywne wody jeziora, których zasolenie wynosi 18,7 g na litr wody. W chemicznym składzie wody przeważają siarczany i chlorki sodu oraz chlorek magnezu.

Utwory pokryte w zwierzelinowo-deluwialnych. W wykształceniu tych utworów udział biorą frakcje ziarn grubszych, zaś drobniejsze ziarna (poniżej 0,25 mm) występują w małej ilości i tylko niekiedy stanowią bezwzględną większość. Wyszortowanie ziarn w tych utworach jest na ogół bardzo słabe.

Udział kwarcu jest na ogół podobny, jak i w pozostałych utworach. Minerale ciężkie (analizowane w utworach występujących na powierzchni podstokowego zrównania i w materiale u podnóża góry wyspowej w okolicy Kobdo) wykazują średni stopień obtoczenia. Występują wśród nich bardzo liczne zrosty amfiboli z kwarcem oraz kwarcu z tlenkami żelaza, co świadczy o względnej „świeżości” tych ziarn (nikły transport zwierzeliny). Mineralogiczny skład tych utworów jest dość ubogi: dominują tlenki żelaza, szczególnie magnetyt. Liczną grupę stanowi również epidot

oraz amfibole. Pozostałe, nieliczne minerały (pirokseny, apatyt, granaty) występują w ilościach znikomych, zaś innych minerałów brak. Ciężkie minerały utworu zalegającego u podnóża góry wyspowej próbowano porównać z minerałami piasków nawianych na stok tej góry. Analiza wykazała bardzo duże podobieństwo, tak pod względem ilościowego, jak i jakościowego ich składu. Bardzo duże podobieństwo zachodzi również w charakterze powierzchni ziarn kwarcu (zmatowienie), natomiast różnice zaznaczają się w stopniu obtoczenia ziarn. O wiele liczniej niż w zwietrzelinie występują w nawianych piaskach ziarna ostrokrawędziste. To osobliwe zjawisko można by tłumaczyć wywiewaniem ze zwietrzeliny — będącej źródłem materiału dla piasków eolicznych — ziarn gorzej obtoczonych, bardziej podatnych na deflację. Takie zaś tłumaczenie możliwe jest tylko przy założeniu, iż ziarna kwarcu w zwietrzelinie uległy częściowemu obtoczeniu (złagodzeniu ostrych krawędzi) na drodze wzajemnego ich ocierania się podczas ruchu wywołanego zmianami temperatury na skutek silnej insolacji. Inaczej bowiem trudno byłoby wytłumaczyć obecność w zwietrzelinie „*in situ*” ziarna posiadającego ślady obróbki mechanicznej. Najprawdopodobniej w zjawisku tym uczestniczą złożone procesy, w których przejawia się zarówno wzajemne ocieranie się ziarenek podczas zmian temperatury, jak i zasilanie zwietrzeliny „świeżym” materiałem z transportu eolicznego („dosypywanie”). Piaski eoliczne na stoku góry zasilane są również materiałem zalegającym u jej podnóża.

Utwory pokryw zwietrzelinowo-deluwalnych wykazują duże zróżnicowanie w stopniu mechanicznej obróbki ziarn kwarcu. Na ogół dominują w nich ziarna ostrokrawędziste i słabo obtoczone oraz ziarna matowe.

UWAGI OGÓLNE I WNIOSKI

Końcowe wnioski poprzedzić należy podkreśleniem charakterystycznych cech tego specyficznego środowiska geograficznego znamionującego Kotlinę Wielkich Jezior. W charakterystycznym dla kotliny zamkniętym układzie, gdy chodzi o główne czynniki morfogenetyczne, jakimi są wietrze, denudacja, transport luźnego materiału i jego akumulacja, nastąpiło wymieszanie materiału aluwialnego, eolicznego i jeziornego, wymieszanie polegające na kolejnym przechodzeniu jednego utworu w drugi, przy stałym zasilaniu wszystkich utworów „świeżą” zwietrzeliną. Część materiału zwietrzelinowego zasilala utwory rzeczne, które następnie brały udział w wypełnianiu i spłycaaniu mis jeziornych, zaś te utwory, które tworzyły duże powierzchnie towarzyszące większym rzekom w ich dolnych odcinkach i podlegały procesom eolizacji, brały również udział w zasypywaniu jezior, lecz na innej drodze. Tak więc wzmożone procesy eoliczne uczestniczyły w powszechnym zjawisku zanikania jezior. W wy-

niku stale postępującego procesu zmniejszania się powierzchni jezior głównie na skutek wysychania, odsłaniały się coraz to nowe powierzchnie ich den, co z kolei powodowało rozrastanie się powierzchni piaszczystych. W warunkach utrzymującego się pustynnego klimatu piaszczyste utwory przechodzić mogły w kolejne, różne fazy akumulacji warunkowanej zmiennym tylko charakterem transportu, sam zaś luźny materiał pozostawał w zasadzie w obrębie kotliny.

Obecność dużej ilości luźnych utworów w Kotlinie Wielkich Jezior wiąże się bezpośrednio z jej warunkami klimatycznymi i litologicznymi. W opracowaniu luźnych utworów stosunkowo najwięcej uwagi i miejsca poświęcono piaskom eolicznym. Fakt ten usprawiedliwiają specyficzne warunki fizyczno-geograficzne, w których wiatr jest jednym z najbardziej aktywnych czynników rzeźbotwórczych na tym obszarze. Ślady jego działalności — niszczącej i budującej — występują wszędzie na powierzchni całej kotliny i związane są ze wszystkimi elementami jej rzeźby. I choć procesy eoliczne są w kotlinie bardziej powszechne niż inne, to ze względu na ich ekstensywny charakter (działający pozornie mało „efektywnie”, ale powszechnie, na całej powierzchni) nie wywierają one przemożnego i decydującego wpływu na rzeźbę krajobrazu. Tę rolę spełniają bowiem inne czynniki, działające bardziej „intensywnie” i na określonych powierzchniach. Takimi są erozja i akumulacja wód stale płynących oraz erozja i denudacja, a także akumulacja związana z wodami okresowymi i epizodycznymi. Wszystkie zaś procesy łącznie działające poprzedza i wspomaga intensywne wietrzenie mechaniczne, dostarczające mnóstwa materiału wszystkim środkom transportu.

Jak wykazały przytoczone wyniki badań — uziarnienie i obróbka mechaniczna utworów aluwialnych są bardzo zmienne. Zjawisko to wiąże się z bardzo zmiennymi, hydrodynamicznymi warunkami transportu i akumulacji materiału rzecznoego. Warunki te uzależnione są bardzo często od przyczyn lokalnych. Na przykładzie zmiennego charakteru uziarnienia utworów korytowych Bujantu goł i Szabar goł można wnioskować, iż procesowi sortowania i obróbki mechanicznej ziarn toczonych przez rzekę towarzyszą duże zakłócenia (nierówności dna łóżyska rzeki, zmienna szerokość koryta, zmienna ilość i prędkość płynących wód i in.).

Podobne uwagi i wnioski dotyczą wielu naszych rzek (i zapewne nie tylko naszych), co potwierdzają m. in. Kościółek (6), Köster (7) oraz Krygowski (10). Ogólny wniosek, dotyczący procesu segregacji materiału oraz jego mechanicznej obróbki, można by sformułować następująco: klimat i podłoże decydują o ilości i litologicznej jakości luźnego materiału „wyjściowego” (zwietrzeliny), sam zaś proces segregacji tego materiału, jak również i jego mechanicznej obróbki, dokonuje się w środowisku rzecznoym bez wpływu (udziału) czynnika klimatycz-

nego. Do podobnego wniosku prowadzą wyniki badań, uzyskane przez niektórych badaczy na innych obszarach. Słabe wysortowanie materiału transportowanego czynnikiem fluwialnym zachodzi również przy krótkim transporcie, co stwierdził F ü r s t (3) na obszarze seriru Tibesti a L u s t i g (12) na pustyni kalifornijskiej, zaś S z c z e p a n k i e w i c z (27) — w odniesieniu do glacialnych i niwalnych rzek na Spitsbergenie. Te spostrzeżenia popierają wywody Meckeleina (16), a częściowo i Wilhelm'y'ego (31) o zmiennym wpływie czynnika klimatycznego na końcowy efekt geomorfologiczny.

Inaczej jest natomiast, gdy chodzi o wpływ klimatu na charakter luźnego materiału znajdującego się w środowisku suchym. Segregacja takiego utworu (pomijając grawitacyjne przemieszczanie się po powierzchniach nachylonych) dokonuje się głównie dzięki procesom eolicznym, w dużej mierze poprzez deflację, w wyniku której powierzchnie zbudowane z luźnych utworów ubożają w drobne cząsteczki. Ów wywiany, drobny materiał, wstępnie i pozornie już wysortowany (wahania wielkości ziarenek są rzędu milimetrów względnie ich ułamków), poddany zostaje dalszemu procesowi segregacji, znacznie jednak bardziej „precyzyjnej” aniżeli w środowisku rzeczonym. Badania środowiska eolicznego dowodzą silnego nieraz zróżnicowania jego materiału, na co wskazują wyniki wielu badaczy (Bagnold — 1, Krygowski — 9, Morawski — 18, Pernarowski — 20, Pietrow — 21, Sindowski — 25, Stankowski — 26 i Trembaczowski — 29). Zróżnicowane uziarnienie materiału wydmowego (w obrębie jednej i tej samej formy) świadczy o zróżnicowanym również procesie aerodynamiki transportu i akumulacji. Zmienność warunków aerodynamicznych jest ściśle uzależniona od morfologii podłoża oraz od czynnika klimatycznego — wiatru. Teoretycznie — w określonych, jednakowych warunkach (okresowo niezmiennych) — transport i akumulacja powinny przebiegać bez zakłóceń, zaś akumulowany materiał powinien zawierać ziarenka o jednakowej wielkości. Obserwacje wykazują jednak, iż niemały wpływ na wielkość transportowanego materiału ma kształt i charakter powierzchni ziarn. Ziarno graniaste łatwiej podlega transportowi (w zawieszeniu) niż tej samej objętości ziarenko kuliste, o kształtach opływowych (T r e m b a c z o w s k i — 29).

Czynnikiem klimatycznym natomiast jest uwarunkowana prawidłowość w uziarnieniu piasków eolicznych. Zachodzi ona również na rozległych, pustynnych obszarach Centralnej Azji (Pietrow — 22, 23), a polega na drobnieniu piasków eolicznych z NW ku SE, a więc zgodnie z przeważającymi kierunkami wiatrów (niezgodnie natomiast — w odniesieniu do Kotliny Wielkich Jezior — z ogólnym nachyleniem jej powierzchni z S ku N). W ścisłym związku z charakterystyką uziarnienia pozostaje

zróznicowany udział kwarcu. Ilość tego minerału rośnie ku SE peryferiom pustyń, a więc również zgodnie z panującymi wiatrami. Wydaje się jednak, iż zjawiska tego nie należy tłumaczyć bezpośrednim wpływem czynników klimatycznych, ale powszechną prawidłowością wzrostu udziału tego minerału w miarę drobnienia ziarn (przy założeniu identyczności względnie podobieństwa materiału wyjściowego). Duża zawartość kwarcu może być w pewnym sensie klimatycznym wskaźnikiem, świadczącym o permanencji warunków pustynnych i o „dojrzałości” ziarn luźnego materiału wzbogaconego w kwarc. W świetle wyników C a i l l e u x (2), w środowiskach sprzyjających chemicznemu wietrzeniu następuje nagromadzanie się kwarcu — minerału odpornego na niszczenie — kosztem innych, mniej odpornych minerałów, które w procesie chemicznego wietrzenia uległy zniszczeniu. W warunkach pustynnego klimatu, przy bardzo ograniczonym wietrzeniu chemicznym, wzbogacanie się utworu w kwarc zachodzi więc na innej drodze — poprzez mechaniczne drobnienie (do pewnej granicy wielkości). W związku z tym nasuwa się pytanie: czy szybciej wzbogacają się w kwarc luźne utwory w klimacie suchym, czy w wilgotnym? Uzyskane wyniki badań utworów Kotliny Wielkich Jezior wskazywałyby na konserwującą rolę klimatu tej krainy, czego dowodem jest duży udział (we wszystkich utworach) minerałów stosunkowo mało odpornych na chemiczne wietrzenie (amfibole, epidot oraz — na pustyni Ordos — granaty). T u r n a u - M o r a w s k a (30) zalicza do „mało odpornych i bardzo mało odpornych na wietrzenie i transport” m. in. apatyt, epidot, amfibole i pirokseny — minerały obecne w piaskach eolicznych Kotliny Wielkich Jezior oraz w utworach pozostałych pustynnych obszarów Centralnej Azji (P i e t r o w — 22, 23). W rozważaniach tych nie można więc pominąć faktu (a nawet możliwości) zasilania utworu materiałem ze „świeżej” zwietrzeliny.

Rolę wskaźnika klimatycznego odgrywa również wielkość ziarn dominujących frakcji. Siła wiatru potrzebna do transportowania ziarn wielkości 0,12 mm wynosi 1,5 m/sek., zaś dla ziarn 0,25 mm — 3,0 m/sek. Ziarenka grubsze (0,60 mm) wymagają większej prędkości — 7,4 m/sek., a ziarna 1,04 mm — 11,4 m/sek. (B a g n o l d — 1, P e r n a r o w s k i — 20, P i e t r o w — 21, S i n d o w s k i — 25, S t a n k o w s k i — 26). Przytoczone wartości odpowiadałyby zarówno wielkościom dominujących ziarn, jak też i sile wiatrów wiejących na obszarach Centralnej Azji. W Kotlinie Wielkich Jezior wieją wiatry o średniej prędkości 2,5 m/sek., zaś wiatry lokalne (wiosenne) osiągają prędkość do 23 m/sek. (M u r z a j e w — 19). Najprawdopodobniej lokalnymi wiatrami i dużą, nierówną ich prędkością tłumaczyć należy słabszy stopień wysortowania piasków eolicznych w Kotlinie Wielkich Jezior. Jedną z charakterystycznych cech uziarnienia piasków eolicznych pustyń Centralnej Azji jest dość stała

wartość frakcji ziarn poniżej 0,10 mm. Fakt ten wiąże się zapewne z dalekim transportem i dłuższym okresem przebywania bardzo drobnych piasków i pyłów w stanie zawieszenia, po czym następuje dość równomierna ich akumulacja na dużych obszarach.

Charakterystycznym przykładem drobnienia piasków eolicznych, a jednocześnie wzrostu udziału kwarcu w zależności od kierunków przeważających wiatrów, jest zwarty, ogromny obszar pustyni Takla Makan. Cała północna część tej pustyni charakteryzuje się wiatrami północno-wschodnimi, natomiast w południowo-zachodniej części Takla Makan — w okolicach Gummy i Chotanu — wieją wiatry północno-zachodnie. Piaski występujące w okolicach tych miejscowości są wyraźnie drobniejsze i zawierają więcej kwarcu aniżeli piaski północnego obrzeżenia pustyni (P i e t r o w — 23).

Zróżnicowanie uziarnienia piasków eolicznych jest dość duże. Cecha ta bynajmniej nie dotyczy tylko Kotliny Wielkich Jezior. W poniższym zestawieniu (tab. 4) przytoczono wartości uziarnienia eolicznych piasków występujących na różnych obszarach. Poszczególne symbole w tym zestawieniu oznaczają: A — poniżej 25%, B — 26—50%, C — 51—75% oraz D — powyżej 75% udziału ziarn poszczególnych wielkości. Jeszcze większe zróżnicowanie niż przytoczone odnosi się do stopnia mechanicznej obróbki. W piaskach eolicznych niektórych obszarów europejskich ziarna kwarcu wykazują — podobnie jak piaski eoliczne Kotliny Wielkich Jezior — bardzo duże zróżnicowanie stopnia obróbki mechanicznej, co również ilustruje przytoczone zestawienie — tab. 5 (wartości dla frakcji 1,0—0,50 mm, zaokrąglone do 1%). W tym zestawieniu wyższemu stopniowi obtoczenia ziarn przeciwstawiono ziarna ostrokrawędziste, zaś ziarnom o powierzchni błyszczącej — matowe. Dopełnienie do 100% stanowią ziarna średnio i słabo obtoczone oraz ziarna częściowo błyszczące. Z zestawienia tego widać, jak bardzo zmienny jest charakter mechanicznej obróbki ziarn kwarcu w środowisku eolicznym.

Spostrzeżenia S i d o r e n k i (24), jakoby w piaskach podlegających eolicznemu transportowi zmniejszać się miała ilość ciężkiej frakcji, nie znajdują pełnego potwierdzenia w wynikach uzyskanych dla eolicznych piasków Centralnej Azji. Podobnie i uwagi tego autora o zmniejszaniu się ilości niektórych minerałów (m. in. amfiboli i epidotu) w czasie przewiewania piasków, kosztem wzrostu ilości innych (m. in. magnetytu) odbiegają od wyników, jakie osiągnięto dla utworów eolicznych w Kotlinie Wielkich Jezior, na obszarze której wymienione minerały wykazują na ogół zależność odwrotną.

Duże zróżnicowanie luźnych utworów Kotliny Wielkich Jezior, tak w charakterze uziarnienia jak i składu mineralogicznego i mechanicznej obróbki, należy wiązać ze specyficznymi warunkami paleogeograficz-

nymi, w których nastąpiło wymieszanie się wszystkich luźnych utworów. Szczególnie wyraźnie proces ten zaznaczył się w piaskach eolicznych, których materiał zawiera — w różnych proporcjach — luźne cząsteczki w s z y s t k i c h środowisk sedymentacyjnych. Stąd też największe zróżnicowanie w piaskach eolicznych dotyczy charakteru mechanicznej obróbki — cechy uzależnionej od środowiska sedymentacyjnego.

Tab. 4. Uziarnienie piasków eolicznych (wartości średnie)²
Mechanische Zusammensetzung äolischer Sande (Mittelwerte)

Obszary	Fracje ziarn w mm:		
	> 0,25	0,25—0,10	< 0,10
Centralna Azja:			
Kotlina Wielkich Jezior	B	B	A
Ordos (22)	B	C	A
Kuzupczy (22)	A	D	A
Ałaskań (22)	A	C	A
„Korytarz Chesi” (23)	A	C	B
Dolina rzeki Sulehe (23)	A	C	A
Kotlina Cajdamska (23)	A	B	B
Kotlina Tarymska (23)	A	B	C
Wybrane obszary Europy:			
Wielkopolska (9)	C	B	A
Polska SE (14)	B	B	A
Wolin (wydmy nadbrzeżne) (17)	C	B	A
Kłajpeda (wydmy nadbrzeżne) (8)	C	A	A
Brandenburgia (9)	B	B	A
Węgry (14)	A	C	A
Bułgaria (13)	A	C	A

² Cyfry w nawiasach odnoszą się do pozycji bibliograficznych.

Na marginesie uwag i wniosków nasuwa się pewna sugestia dotycząca niepowtarzalności poszczególnych faz rozwojowych wydym. Wydaje się, że badania nasze mają charakter mniej lub bardziej epizodycznych obserwacji i być może dotyczą małego wycinka procesów i zjawisk dokonujących się w określonym i krótkim czasie. Szczególnie dotyczy to utworów i form podlegających dynamicznemu rozwojowi („formy żywe”). Czy nasze obserwacje nie są więc przypadkową, jedną i niepowtarzalną „klatką” wyciętą z całej taśmy filmowej? Bowiern jak inaczej wytłumaczyć np. bardzo charakterystyczną koncentrację amfiboli w wierzchołku barchanu oraz minimalną ich ilość u podnóża wydmy (odwrotny również układ w przypadku epidotu), skoro cecha ta wcale nie jest charakterystyczna dla innych form wydmych? (T r e m b a c z o w s k i —

29). Czy wszystkie podobne „osobliwości” należy tłumaczyć „przyczynami lokalnymi”? Inna sugestia, dotycząca również metodyki badań, odnosi się do stopnia zniszczenia powierzchni ziarn kwarcu. Badania K u e n e n a (11) wykazują, iż ziarna kwarcu mogą stosunkowo szybko stracić połysk, względnie go odzyskać. Czy w związku z tym nie popełniamy błędu przesiewając na sucho, względnie przez dłuższy czas wytrawiając w HCl próbę piasku, którego ziarenka narażone są na mechaniczne bądź też chemiczne niszczenie powierzchni? Należy wyrazić

Tab. 5. Mechaniczna obróbka ziarn kwarcu³
Mechanische Bearbeitung der Quarzkörner

Obszary	Ziarna w % ilościowych:			
	obtoczone	graniste	błyszczące	matowe
Kotlina Wielkich Jezior:				
Wały wydymowe na piaskach				
Borig de els	4	4	9	16
Barchany północnego brzegu jeziora				
Char us nuur (29)	19	5	4	28
Piaski nawiane na stok góry wyspowej w okolicy Kobdo	0	86	0	85
Kopczyk eoliczny w delcie				
Bujantu goł	0	37	śl.	75
Kopczyk eoliczny na przełęczy górskiej w okolicy Kobdo	1	16	śl.	57
Misa deflacyjna na przełęczy górskiej w okolicy Kobdo	5	9	7	44
Pagórek wydymowy w zapadlisku Ceregu (15)	0	43	1	7
Wał wydymowy w zapadlisku Ceregu (15)	0	35	śl.	6
Wybrane obszary Europy:				
Polska zach. (9)	26	11	?	?
Polesie (9)	54	13	?	?
Wyżyna Lubelska (18)	63—90	0—4	11—27	11—26
Wyżyna Lubelska (13)	48—51	3—5	9—10	14—16
Polska SE (14)	78	2	3—21	47—70
Węgry (14)	32	17	0—15	49—93
Bułgaria (13)	śl.	53—95	1—3	6—8

³ Cyfry w nawiasach odnoszą się do pozycji bibliograficznych.

nadzieję, że rozwój badań sedymentologicznych pozwoli na rozwiązanie wielu zagadek z tej dziedziny; niektóre z nich zostały poruszone i podkreślone w niniejszej rozprawie.

Uzyskane wyniki badań pozwalają na wyciągnięcie pewnych wnio-

sków o charakterze ogólniejszym, jak również wniosków dotyczących charakterystyki Kotliny Wielkich Jezior:

1. Pokrywy luźnych utworów są jednym z najbardziej charakterystycznych elementów w rzeźbie Kotliny Wielkich Jezior. Intensywniejsze procesy wietrzenia mechanicznego niż procesów denudacyjnych zdecydowały o wykształceniu się typowych stoków grawitacyjnych, skalno-gruzowych — oprócz rozwiniętych również pokryw eluwalnych (J a h n — 4 i 5). Miąższość pokryw luźnego materiału maleje od obrzeżenia kotliny ku jej środkowi; stopniowo przechodzą one w aluwialne, a następnie w jeziorne, natomiast utwory eoliczne występują wszędzie i nie są zależne od rzeźby; w tym względzie wykazują one wiele analogii z utworami eolicznymi pustyni innych części świata.

2. W rzeźbie Kotliny Wielkich Jezior udział biorą zarówno czynniki fluwialne (stare doliny rzeczne odmłodzone w plejstocenie oraz sajrj-wadisys gęsto rozcinające powierzchnie pedymentów), jak i intensywnie działające procesy eoliczne, przejawiające działalność niszczącą (deflacja, korazja) oraz budującą (zasypywanie jezior, „dosypywanie” materiału do gruzowych hałd, akumulacja piasków na stokach i przełęczach górskich, formowanie różnych typów wydmy i kopczyków). Jednym z charakterystycznych zjawisk eolicznych są częste, samotnie wędrujące wiry powietrzne.

3. Badania mineralogiczno-granulometrycznego i morfoskopowego charakteru ziarn pozwoliły wyciągnąć następujące, ważniejsze wnioski:

A. Duże zróżnicowanie w charakterze uziarnienia, składu mineralogicznego i stopnia mechanicznej obróbki ziarn należy tłumaczyć specyficznymi warunkami — wymieszaniem się utworów. Cecha ta szczególnie dotyczy utworów eolicznych. Największe zróżnicowanie zachodzi w mechanicznej obróbce, uzależnionej od środowiska sedymentacyjnego.

B. Na wielkość ziarn transportowanych przez wiatr niemały wpływ wywiera kształt i charakter ich powierzchni; ziarna graniaste są łatwiej unoszone w powietrzu, niż tej samej objętości ziarenka kuliste.

C. Najprawdopodobniej istnieje zależność między wielkością i kształtem wydmy a charakterem i wielkością jej ziarn.

D. Klimat jak i podłoże decydują o ilości i litologicznej jakości luźnego materiału „wyjściowego”, natomiast sam proces segregacji i jego mechanicznej obróbki w środowisku rzeczonym dokonuje się bez wpływu czynnika klimatycznego.

E. Duża zawartość kwarcu w pustynnych utworach może być wskaźnikiem klimatycznym dowodzącym permanencji pustynnych warunków, przy czym wzbogacanie się utworów w kwarc następuje na drodze mechanicznego rozdrabniania się tego minerału. Pustynny klimat sprzyja

również nagromadzeniu się minerałów mało odpornych na chemiczne wietrzenie (amfibole, pirokseny, epidot, apatyt).

4. W odniesieniu do charakterystyki luźnych utworów, ich warunków transportu i akumulacji oraz innych cech charakterystycznych, badania pozwalają wyciągnąć następujące wnioski:

A. Źródłem materiału dla wydm Kotliny Wielkich Jezior były i są silnie wietrzejące skały miejscowe, na co wskazuje krótki transport materiału piaszczystego (słabe wysortowanie, niski stopień obtoczenia, wysoki odsetek ziarn błyszczących, duży udział amfiboli oraz obecność stosunkowo dużych blaszek łuszczyków). Słabe wysortowanie piasków oraz zgodność kierunku osi wydm podłużnych z kierunkiem przeważających wiatrów dowodzi raczej dużej siły wiatrów wydmotwórczych. Wiek wydm utrwalonych wiąże się z okresem wczesnego holocenu (Trembaczowski — 29), natomiast wydmy ruchome tworzą się również współcześnie.

B. Piaski budujące eoliczne kopczyki względnie tworzące pola (płaty) piasków nawianych są słabiej wysortowane aniżeli piaski wydymowe. Stopień zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu w piaskach wydymowych jest niższy niż w pozostałych utworach eolicznych. Ostatnio wymienione — w odróżnieniu od piasków wydymowych — są znacznie uboższe w epidot.

C. Utwory aluwialne obszaru Borig del els są znacznie lepiej wysortowane niż utwory terasowe. Ziarna kwarcu wykazują w nich stosunkowo wysoki stopień obtoczenia i zmatowienia, co wskazuje na duży wpływ procesów eolicznych.

D. Utwory terasowe zawierają w przewodzie ziarna słabo obtoczone oraz wysoki odsetek ziarn matowych. W terasie wysokiej występuje najniższy odsetek amfiboli i epidotu, natomiast najwyższy tlenków żelaza (szczególnie magnetytu).

E. Utwory jeziora Uws nuur charakteryzują się najwyższą zawartością ciężkich minerałów (a wśród nich ilmenitu i monacytu). Wiele z minerałów ciężkiej frakcji wykazuje bardzo wysoki stopień obtoczenia i połysku, natomiast ziarna kwarcu są matowe (chemiczna korozja); stopień ich obtoczenia i zmatowienia rośnie w kierunku ziarn drobniejszych.

F. W pokrywach zwietrzelinowo-deluwialnych przeważają matowe ziarna kwarcu, natomiast błyszczących brak. Minerale ciężkie charakteryzują się dużą ilością zrostów kwarcu z amfibolami względnie z tlenkami żelaza. Bardzo liczny jest magnetyt.

G. Mineralogiczny skład ciężkiej frakcji w luźnych utworach kotliny jest ubogi. Najliczniej występują: epidot, amfibole, tlenki żelaza i pirokseny. Charakterystyczną cechą jest wzajemne „wykluczanie” się tlen-

ków żelaza z amfibolami oraz częściowo z epidotem (szczególnie w utworach rzecznych i terasowych).

5. Z porównawczej charakterystyki porównawczej z innymi obszarami wyciągnięto następujące wnioski:

A. Wyszortowanie ziarn utworów aluwialnych, jeziornych i eolicznych jest w Kotlinie Wielkich Jezior na ogół słabsze, zaś samo ziarno jest grubsze niż w analogicznych utworach na przyległych obszarach Centralnej Azji. Na pustyniach Centralnej Azji wysortowanie piasków eolicznych dokonało się zgodnie z kierunkami panujących wiatrów: wielkość ziarn maleje na ogół z NW ku SE (w takim samym kierunku wzrasta ilość kwarcu), natomiast na porównywanych obszarach europejskich wielkość ziarn kwarcu wzrasta od W ku E.

B. Zmienność w składzie minerałów ciężkich na wszystkich porównywanych obszarach dotyczy jedynie zróżnicowania ilościowego.

C. Charakter uziarnienia piasków wydmych w poszczególnych częściach wydmy jest na ogół zgodny z cechami zaobserwowanymi na wydmach innych obszarów pustynnych (Bagnold — 1) oraz na wydmach Polski (Stankowski — 26). Analogie dotyczą również rozmieszczenia w poszczególnych częściach wydmy ziarn o odpowiednim stopniu obtoczenia.

D. Podobnie duże — jak w Kotlinie Wielkich Jezior — zróżnicowanie w charakterze obróbki mechanicznej piasków eolicznych występuje również w wydmach Wyżyny Lubelskiej.

Wszystkie przytoczone uwagi i stwierdzenia skłaniają do wysnucia ogólnego wniosku, iż czynniki klimatyczne nie zawsze wywierają decydujący wpływ na warunki transportu i akumulacji materiału oraz stopień jego mechanicznej obróbki.

LITERATURA

1. Bagnold R. A.: *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. Methuen, London 1954.
2. Cailleux A.: *Petrographische Eigenschaften der Gerölle und Sandkörner als Klimazeugen*. Geol. Rundschau, Bd. 54, ss. 5—15, Stuttgart 1964.
3. Fürst M.: *Bau und Entstehung der Serir Tibesti*. Zeitschr. f. Geomorph., N. F., Bd. 10, H. 4, ss. 387—418, Berlin 1966.
4. Jahn A.: *Denudacyjny bilans stoku (Balance de dénudation du versant)*. Czas. Geogr., t. XXV, z. 1—2, ss. 38—64, Warszawa—Wrocław 1954.
5. Jahn A.: *Mapa pokryw i jej znaczenie geomorfologiczne (Carte des nappes et son importance morphologique)*. Czas. Geogr., t. XXVII, z. 3, ss. 255—267, Warszawa—Wrocław 1956.
6. Kościółek E.: *Granulometryczna zmienność piasków w dolinie Główniej (Granulometric Variability of Sands in the Valley of the Główna River)*. Bad.

- Fizjogr. nad Polską Zachodnią, Pozn. Tow. Przyj. Nauk., t. XI, ss. 203—211, Poznań 1963.
7. Köster E.: Möglichkeiten und Grenzen granulometrischer und morphometrischer Untersuchungsmethoden in der geographischen und geologischen Forschung. *Pet. Mitt.*, 106, H. 2, ss. 111—115, Gotha 1962.
 8. Krawczenko A. I.: Sostaw i proischozhdienije diunnych pieskow Pribaltiki. *Izw. W.G.O.*, t. 87, wyp. 1, ss. 68—70, Moskwa—Leningrad 1955.
 9. 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, ss. 73—86, Warszawa 1958.
 10. Krygowski B.: Graniformametrija mechaniczna. Teoria, zastosowanie (Die mechanische Graniformametrie — Theorie und Anwendung). *Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wydz. Mat.-Przyr., Prace Komisji Geogr.-Geol.*, t. II, z. 4, Poznań 1964.
 11. Kuenen Ph. H.: Experimental Abrasion of Sand Grains. Reprinted from the Report of the International Geological Congress, XXI Session, Norden 1960, Part X, Submarine Geology, ss. 50—53, Copenhagen 1960.
 12. Lustig L. K.: Clastic Sedimentation in Deep Springs Valley, California. *Geol. Surv., Profess. Paper 352-F*, ss. 131—192, Washington 1965.
 13. Maruszczak H. i Trembaczowski J.: 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.*, t. XXXI, z. 2, ss. 163—178, Warszawa—Wrocław 1960.
 14. Maruszczak H. i Wojtanowicz J.: Analiza porównawcza piasków wydmych Polski Południowo-Wschodniej i Węgier. *Zeszyty Nauk. Uniw. A. M. w Poznaniu, Geografia*, z. 7, ss. 113—129, Poznań 1967.
 15. Masłowski W. i Trembaczowski J.: Piaski wydmy południowego obrzeżenia Kotliny Wielkich Jezior w zachodniej Mongolii (Dünensande der südlichen Umrandung des Beckens Grosser Seen in der westlichen Mongolei). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XX (1965), 3, ss. 55—88, Lublin 1967.
 16. Meckelein W.: Beobachtungen und Gedanken zu geomorphologischen Konvergenzen in Polar- und Wärmewüsten. *Erdkunde*, Bd. XIX, H. 1, ss. 31—39, Bonn 1965.
 17. Morawski J.: Charakterystyka mineralno-petrograficzna oraz morfometria piasków i żwirów z wybrzeża wyspy Wolin (A Mineralogic, Petrographic and Morphometric Characteristic of Sand and Gravels from Wolin Island). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XVI (1961), 1, ss. 1—36, Lublin 1962.
 18. Morawski J.: Osady piaszczyste Wyżyny Lubelskiej. *Studium sedimentologiczne*, Lublin 1965.
 19. Murzajew E. M.: Mongolia. *Opis fizyczno-geograficzny*, Warszawa 1957.
 20. Pernarowski L.: O procesie sortowania piasków eolicznych na przykładzie wydmy okolic Rzędowa (Notes on Sorting of Aeolian Sands). *Czas. Geogr.*, t. XXX, z. 1, ss. 30—60, Warszawa—Wrocław 1959.
 21. Pietrow M. P.: Rieljef barchannych pieskow pustyń i zakonomiernosti jego formirowanija. *Problemy gieomorfologii*, *Trudy Inst. Gieogr.*, wyp. 39, ss. 184—222, Ak. Nauk SSSR, Moskwa—Leningrad 1948.
 22. Pietrow M. P.: Pustyni Centralnoj Azii. T. I. Ordos, Ałaszań, Bejszań. *Izd. „Nauka”*, Moskwa—Leningrad 1966.

23. Pietrow M. P.: Pustyni Centralnoj Azii. T. II. Koridor Chesi, Cajdam, Tarimskaja Wpadina (The Desert of Central Asia, vol. 2 — Corridor Khesi, Tsaidam, Tarim Basin). Izd. „Nauka”, Leningrad 1967.
24. Sidorienko A. W.: Eołowaja diffierencyacyja wieszczstwa w pustynie. Izw. Ak. Nauk. SSSR, sier. geogr., z. 3, 1956.
25. Sindowski K.-H.: Korngrößen- und Kornformen- Auslese beim Sandtransport durch Wind (nach Messungen auf Norderney). Geol. Jb., 71, ss. 517—525, Hannover 1956.
26. Stankowski W.: Rzeźba eoliczna Polski północno-zachodniej na podstawie wybranych obszarów (Eolian Relief of North-West Poland on the Ground of Chosen Regions). Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Geogr.-Geol., t. IV, z. 1, Poznań 1963.
27. Szczepankiewicz S.: Progress of Youthful Sedimentation in the Region of Hornsund. Biul. Perygl., t. 10, ss. 321—338, Łódź 1961.
28. Trembaczowski J.: Morfologia i charakterystyka utworów luźnych sajru w okolicy Kobdo (Altaj Mongolski) (Morphologie und Charakteristik der losen Gebilde des Sajr in der Umgegend von Kobdo (Mongolischer Altai)). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XIX (1964), 4, ss. 109—139, Lublin 1966.
29. Trembaczowski J.: Barchany północnego brzegu jeziora Char us nuur w Kotlinie Wielkich Jezior (zachodnia Mongolia) (Barchane des nördlichen Seeufers von Char us nuur im Becken der Grossen Seen (westliche Mongolei)). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XXI (1966), 4, ss. 87—110, Lublin 1969.
30. Turnau-Morawska M.: Petrografia skał osadowych. Wyd. Geol., Warszawa 1954.
31. Wilhelmy H.: Klimamorphologie der Massengesteine. Georg Westermann Verlag, Braunschweig 1958.

OBJASNIENIA DO FOTOGRAFII

Fot. 1. Rzeka Bujantu goł ok. 7 km na S od Kobdo rozdziela się na kilka koryt. W środku zdjęcia widoczna jest wyspa — fragment terasy dennej. Z prawej strony niska terasa kamienista.

Fot. 2. Koryto potoku Szabar goł (ok. 4 km przed ujściem do Bujantu goł) z wyraźnymi krawędziami teras.

Fot. 3. Fragment sajru wciętego w średnią terasę Bujantu goł. W środku zdjęcia — denna terasa i koryta rzeki (ok. 20 km na S od Kobdo).

Fot. 4. Fragment Kotliny Wielkich Jezior na N od Kobdo. Na pierwszym planie — duże bloki granitowe z wyraźnymi śladami eolicznej korazji na ścianach eksponowanych ku WSW.

Fot. 5. Piaski eoliczne nawiane na stok góry w okolicy Kobdo.

Fot. 6. Hałda gruzowa zasypywana piaskami eolicznymi na przełęczy w masywie górskim Arszan uuł (okolice Kobdo). Na powierzchni piasków — krzaki karagany (Caragana).

РЕЗЮМЕ

Определялся гранулометрический и минералогический характер аллювиальных (отложения постоянных и временных рек, террасовые отложения и отложения аллювиальных равнин), эоловых, озерных делювиально-выветренных отложений (табл. 1—3).

Из тяжелых минералов в отложениях современного русла реки Буянту гол доминируют амфиболы, малоустойчивые к химическому и механическому разрушению, в то же время присутствие окисей Fe — минимально (особенно магнетита). Отложения этой реки слабо сортированы, а зерна кварца слабо окатаны и степень их окатанности не увеличивается в зависимости от расстояния переноса. О процессе сортировки материала, транспортированного рекой Буянту гол и ее притоком Шабар гол, также как и об условиях аккумуляции этого материала и механической обработки зерен кварца решают изменчивые гидродинамические условия.

В отложениях высокой террасы наименьшее участие (из всех рыхлых отложений) принимают малоустойчивые минералы амфиболы и эпидот, а самое большое — окиси Fe (особенно магнетит). Наблюдается дифференциация грануляции и механической обработки зерен кварца (в общем слабо окатанных) материала террасовых образований.

В эоловых песках содержание эпидота наибольшее, а амфиболов — несколько меньшее. Из всех рыхлых отложений эоловые пески характеризуются наилучшей сортировкой. В них преобладают зерна фракций 0,25—0,10 мм, а зерна 0,50—0,25 мм встречаются также в больших количествах. Сортировка дюнных песков хуже, чем сортировка эоловых, собранных в холмики. Они содержат более крупные зерна. Из эоловых отложений лучше всего окатаны зерна в отложениях дефляционной впадины горного перевала в окрестности Кобдо. Характерной чертой эоловых отложений является большое участие в них блестящих зерен.

В отложениях озера Увс нуур отмечается очень высокое весовое содержание тяжелых минералов: 13% в отложениях реликтового берегового вала и 56% в материале современного пляжа. Из тяжелых минералов наблюдается значительное содержание ильменита и монацита — минералов в других отложениях присутствующих лишь спорадически и в минимальных количествах. Зерна тяжелых минералов характеризуются очень высокой степенью окатанности. Некоторые из них, такие как, например, эпидот, ильменит, монацит окатаны и отполированы почти идеально. В отличие от реликтового материала берегового вала пляжевые отложения более мелкие и харак-

теризуются высшей степенью сортировки. Степень механической обработки зерен кварца в озерных отложениях растет неправильно, вместе с уменьшением зерен. Большое участие матовых зерен в материале пляжа вызвано химической коррозией этих зерен агрессивными водами озера.

Отложения делювиальных покровов выветривания характеризуются большой дифференцировкой величин зерен. В отложениях подножий склонов, а также в отложениях подсклоновых равнин и коре выветривания у подножья островной горы блестящие зерна отсутствуют. Эти отложения содержат примеси золотых зерен.

Автор приходит к следующим заключениям:

1. В условиях продолжающегося пустынного климата Котловины Больших Озер рыхлые отложения переходили в очередные разные фазы аккумуляции, обусловленной лишь изменчивым характером транспорта, при этом материал оставался в основном в пределах котловины и подвергался сильному смещению.

2. Климат, также как и материнская горная порода имеет решающее значение для количества и литологического качества рыхлого „исходного” материала (коры выветривания). Но сам процесс сегрегации этого материала, также как и его механическая обработка в речной среде осуществляется без влияния климатического фактора. В то же время в сухой (золотой) среде дифференцировка грануляции дюнного материала в пределах одной и той же формы свидетельствует также о дифференцированном процессе аэродинамики транспорта и аккумуляции, однако изменчивость аэродинамических условий тесно обусловлена рельефом основания и ветром — климатическим фактором. Климатическим фактором обусловлено также закономерное уменьшение зерна в направлении на ЮВ, согласно доминирующим ветрам с СЗ. Эта закономерность констатируется на больших территориях центральной Азии.

3. Большое содержание кварца в пустынных отложениях может являться показателем климатической перманентности пустынных условий, причем обогащение отложений кварцем происходит путем механического дробления этого материала. Пустынный климат содействует накоплению минералов, слабо устойчивых к химическому выветриванию (амфиболы, пироксены, эпидот, апатит).

4. Так же как в Котловине Больших Озер большая дифференциация механической обработки золотых песков наблюдается в дюнах некоторых европейских районов, в том числе и Польши.

5. Климатические факторы не всегда имеют решающее влияние на условия транспорта и аккумуляции материала, а также на степень его механической обработки.

ОБЪЯСНЕНИЯ К ФОТОГРАФИЯМ И РИСУНКАМ

Фото 1. Река Буянту гол около 7 км к югу от Кобдо. Она делится на несколько русел. В середине снимка виден остров — фрагмент пойменной террасы. С правой стороны — низкая каменистая терраса.

Фото 2. Русло потока Шабар гол (около 4 км выше места впадения в реку Буянту гол) с резко выраженными краями террас.

Фото 3. Фрагмент сайра, врезанного в среднюю террасу Буянту гол. В середине снимка — пойменная терраса и русла реки (около 20 км к югу от Кобдо).

Фото 4. Фрагмент Котловины Больших Озер к северу от Кобдо. На первом плане большие блоки гранита с отчетливыми следами эоловой коррозии на стенах, обращенных к ЗЮЗ.

Фото 5. Эоловые пески, навеванные на склон горы в окрестности Кобдо.

Фото 6. Свалка щебня, засыпанная эоловыми песками на перевале в горном массиве Аршан уул (окрестность Кобдо). На поверхности песков — кусты караганника (*Caragana*).

Рис. 1. Террасы Буянту гол и Шабар гол в окрестности Кобдо: 1 — гранитные массивы и островные горы; 2 — резкие уступы террас высотой: а — 4 м, б — 8 м, с — 16—20 м, d — 46 м.

Рис. 2. Схема расположения рыхлых отложений в Котловине Больших Озер: 1 — отложения делювия и выветренных пород; 2 — аллювиальные отложения; 3 — озерные отложения; 4 — эоловые пески; 5 — дюны; 6 — кристаллические массивы.

ZUSAMMENFASSUNG

Man bezeichnete den granulometrisch-mineralogischen Charakter der alluvialen Gebilde (Gebilde ständiger und periodischer Flüsse, Terrassengebilde und Gebilde alluvialer Ebenen), äolischen Gebilde, Seeablagerungen sowie verschieden ausgebildeter Verwitterungsprodukte (Tab. 1—3).

Unter Schwermineralen in Gebilden des rezenten Flussbettes von Bujantu гол überwiegen gegen chemische und mechanische Vernichtung schwach widerstandsfähige Amphibole, Eisenoxyde treten in nur minimalen Mengen auf (hauptsächlich Magnetit). Gebilde dieses Flusses sind schwach aussortiert und Quarzkörner schwach abgerundet, ihr Abrundungsgrad steigt nicht in Abhängigkeit von der abgelegten Strecke an. Über den Sortierungsprozess des vom Bujantu гол und seinen Nebenfluss Schabar гол transportierten Materials, sowie die Akkumulationsbedingungen dieses Materials und über die mechanische Bearbeitung der Quarzkörner entscheiden veränderliche hydrodynamische Bedingungen.

In Gebilden der hohen Terrasse tritt der niedrigste (von allen losen Gebilden) Anteil von Amphibolen und Epidoten auf — schwach wider-

standsfähigen Mineralen — jedoch Eisenoxyde (hauptsächlich Magnetit) haben dort ihren grössten Anteil. Das Material der Terrassengebilde zeigt hier eine Differenz der mechanischen Zusammensetzung auf, welche auch in der mechanischen Bearbeitung der Quarzkörner ersichtlich ist, die im allgemeinen schwach abgerundet sind.

In den äolischen Sanden erreichen Epidote ihren höchsten Anteil, Amphibole kommen gleich nach ihnen. Äolische Sande charakterisieren sich, unter allen losen Gebilden, durch beste Aussortierung. Es überwiegen Körner der Fraktion 0,25—0,10 mm, und die Körner 0,50—0,25 mm treten auch häufig auf. Äolische Sande, die in kleine Häufchen formiert sind weisen eine schlechtere Aussortierung auf, als Dünensande. Es treten gröbere Körner auf. Unter allen äolischen Gebilden sind Körner der Deflationsmulde auf dem Gebirgspass in der Umgegend von Kobdo am besten abgerundet. Ein charakteristisches Merkmal der äolischen Gebilde ist ein grosser Anteil glänzender Körner.

In Seegebilden des Uws nur ist ein sehr hoher Gewichtsanteil von Schwermineralien: 13% in Gebilden des Reliktwalls des Seeufers, sowie 56% im Material des rezenten Strand. Unter Schwermineralien hat Ilmenit und Monazit einen beträchtlichen Anteil — Minerale die nur sporadisch und in Fahrtmengen anderer Gebilde anzutreffen sind. Körner der Schwermineralien haben einen sehr hohen Abrundungsgrad. Manche von ihnen, wie Epidot, Ilmenit und Monazit sind fast ideal abgerundet und poliert. Unterschiedlich vom Material des Reliktwalls ist das Strandgebilde feiner und besser aussortiert. Der mechanische Bearbeitungsgrad von Quarzkörnern in Seegebilden steigt ungleichmässig mit den kleiner werdenden Körnern an. Einen grossen Anteil haben matte Körner (im Strandmaterial), was wohl auf die chemische Korrosion dieser Körner durch aggressives Seewasser zurückzuführen ist.

Deckengebilde verschieden ausgebildeter Verwitterungsprodukte sind durch sehr unterschiedliche mechanische Zusammensetzung charakteristisch. In Gebilden der Fussfläche sowie im Verwitterungsmaterial am Fusse des Inselberges fehlen glänzende Körner. Diese Gebilde enthalten eine Beimischung äolischer Körner.

Man folgerte:

1. In Bedingungen des anhaltenden Wüstenklimas im Becken der Grossen Seen durchgingen die dortigen losen Gebilde verschiedene Akkumulationsphasen, die nur durch einen abweichenden Transportcharakter bedingt waren, wobei das Material selbst im Bereich des Beckens blieb und einer starken Durchmischung unterlag.

2. Das Klima wie auch der Untergrund sind für die Menge und den lithologischen Wert des losen Gebildes „Ausgangsmaterials“ (Verwitterungsmaterials) ausschlaggebend. Der Sortierungsprozess dieses Ma-

terials wie auch seine mechanische Bearbeitung im Flussmilieu geschieht ohne Einfluss des Klimafaktoren. Jedoch im trockenen Milieu (äolischen) ist die differierte mechanische Zusammensetzung des Dünenmaterials im Bereich der einen und derselben Form auch als Ergebnis eines differierten aerodynamischen Transport- und Akkumulationsprozesses anzusehen, jedoch die Veränderlichkeit der aerodynamischen Bedingungen ist streng von der Untergrundmorphologie und dem Wind — dem Klimafaktor abhängig. Vom Klimafaktor ist auch die Regelmässigkeit der Kornzerkleinerung in der SE-Richtung bedingt, die mit den dort wehenden NW-Winden übereinstimmt. Diese Regelmässigkeit tritt auf grossen Flächen Zentralasiens auf.

3. Der hohe Quarzanteil in Wüstengebilden kann als Klimaanzeiger angesehen werden, der die Permanenz der Wüstenbedingungen beweist, wobei die Anreicherung der Gebilde an Quarz auf dem Wege mechanischer Zerkleinerung dieses Minerals stattfindet. Das Wüstenklima begünstigt eine Anhäufung wenig widerstandsfähiger Mineralien gegen chemische Verwitterung (Amphibol, Pyroxen, Epidot, Apatit).

4. Ähnlich wie im Becken der Grossen Seen ist eine starke Differenz im mechanischen Bearbeitungsgrad der äolischen Sande von Dünen mancher europäischen Gebiete zu beobachten, darunter auch der in Polen.

5. Klimatische Faktoren haben nicht immer einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Transport- und Akkumulationsbedingungen des Materials, sowie auf sein mechanischen Bearbeitungsgrad.

BESCHREIBUNG DER PHOTOGRAMME

Phot. 1. Der Bujantu goł (7 km südlich von Kobdo) verteilt sich in mehrere Flussbette. In der Mitte ist eine Insel sichtbar — Fragment einer Bodenterrasse. Rechts — steinige Niederterrasse .

Phot. 2. Das Flussbett des Schabar goł (ca 4 km vor seiner Mündung in den Bujantu goł) mit deutlichen Terrassenkanten.

Phot. 3. Ein Sajrfragment eingeschnitten in die mittlere Terrasse des Bujantu goł. In der Mitte — Bodenterrasse und Flussbette (ca 20 km südlich von Kobdo).

Phot. 4. Ein Fragment des Beckens Grosser Seen nördlich von Kobdo. Im Vordergrund grössere Granitblöcke mit deutlichen Spuren äolischer Korrasion an der WSW-Seite.

Phot. 5. Ein Berghang mit angewehten äolischen Sanden in der Umgegend von Kobdo.

Phot. 6. Die mit äolischen Sande zugeschüttete Grushalde im Passe von Archan uul-Gebirge (Umgegend von Kobdo). Auf der Oberfläche der Sande — Caragana-Sträucher.



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6

