

Kazimierz DZIEDZIC

ORIENTACJA OTOCZAKÓW I JEJ GEOLOGICZNE ZNACZENIE

SPIS TREŚCI

Streszczenie	263
Wstęp	263
Metoda pracy	264
Orientacja otoczków w potokach współczesnych	265
Wybór średniej i określenie kierunku transportu na podstawie diagramu	274
Orientacja otoczków w zlepieńcach kopalnych	275
Czerwony spągowiec	275
Utwory stefańskie	279
Utwory westfalskie i namurskie	284
Utwory dolnego karbonu	288
Geologiczne znaczenie orientacji otoczków	297
Literatura	300
Summary	301

Streszczenie

W pracy rozpatrywano orientację otoczków w osadach makroklastycznych. Pod tym kątem widzenia zanalizowano współczesne żwiry aluwialne oraz niektóre osady kopalne. Z osadów kopalnych uwzględniono zlepieńce czerwonego spągowca oraz górnego i dolnego karbonu, rozwinięte w Środkowych Sudetach. Na podstawie zebranego materiału autor dochodzi do wniosku, że orientacja otoczków odzwierciedla hydrodynamiczne warunki transportu i depozycji, które ujawniają się w postaci niejednakowej symetrii uporządkowania. Żwiry współczesne i osady górnokarbońskie starsze od stefańskich wykazują zbliżony typ orientacji ziarn — przeważa w nich jednoskośna symetria uporządkowania. W zlepieńcach stefanu i czerwonego spągowca zaznacza się symetria trój-

skośna. W zlepieńcach dolnokarbońskich dochodzi do głosu rombowa symetria uporządkowania składników, co pozwala przypuszczać, że powstały one w morskim środowisku akumulacyjnym. W oparciu o analizowany materiał wyróżniono kilka typów strukturalnych uporządkowania składników w osadach gruboziarnistych.

Prócz tego rozpatrzono zagadnienie rekonstrukcji kierunków transportu na podstawie orientacji otoczków, jak również kwestię ilości pomiarów potrzebnych do uzyskania możliwie wiernego obrazu paleogeograficznego. Zwrócono też uwagę na znaczenie orientacji składników żwirów dla geologii strukturalnej.

WSTĘP

Podczas prac polowych nad utworami permu i karbonu w niecce śródsudeckiej został zebrany przez autora bogaty materiał dotyczący ułożenia otoczków w zlepieńcach tych forma-

cji. Statystyczne opracowanie tego materiału ujawniło pewne różnice w sposobie uporządkowania fragmentów skalnych badanych formacji, w związku z czym wyłoniła się potrzeba

zanalizowania żwirów współczesnych potoków w celu porównania uzyskanych wyników. Obserwacje żwirów współczesnych przeprowadzono na kamieńcach Nysy Kłodzkiej, Bystrzycy Dusznickiej i potoku Lesk. Szczególnie dużo

uwagi poświęcono odcinkom meandrującym. Wielkość i charakter otoczków w ogólnych zarysach odpowiada składnikom, zlepieńców permskich i karbońskich.

METODA PRACY

Kierunek transportu kopalnych osadów gruboklastycznych określić można na podstawie pomiarów orientacji otoczków, które przyjmują określoną pozycję względem transportującego środowiska. W celu uzyskania materiału statystycznego prowadzono pomiary na otoczkach większych od przeciętnych, wybierając przy tym okazy spłaszczone lub wydłużone. Przy pomiarach otoczków przyjęto następujące określenia charakteryzujące ich wielkość

- A — najdłuższa oś otoczka,
- B — pośrednia oś otoczka \perp A,
- C — najkrótsza oś otoczka \perp AB.

Jeśli $A \geq B \neq C$, płaszczyzna AB stanowi maksymalny przekrój otoczka.

Stosunki transportu i sedymentacji odniesiono do współrzędnych strukturalnych a , b , c (Sander 1948), gdzie:

- a — kierunek transportu,
- b — \perp a w płaszczyźnie osadzania,
- c — \perp ab ,
- ab — płaszczyzna transportu i osadzania.

Do pomiarów wybierano stosunkowo małą powierzchnię, nie przekraczającą 1 m². Stosowano dwa rodzaje pomiarów. W przypadku pierwszym mierzono azymut i kąt nachylenia płaszczyzny AB oraz azymut osi A. Drugi rodzaj pomiarów dotyczył określenia azymutu i kąta nachylenia płaszczyzny AB i osi A. Ponieważ nie zawsze obydwa parametry (AB i A) zaznaczały się dość wyraźnie w jednym otoczku, przeto obserwacje nie odpowiadają ściśle tym samym składnikom.

Po zanotowaniu orientacji otoczka mierzono jego osie *, optycznie określano stopień obtoczenia oraz rodzaj skały. Przy każdej obserwacji notowano też ilość składników stykających się z mierzonym otoczkiem, uwzględniając w tym przypadku tylko te składniki, które mogły wywierać wpływ na wzajemną orientację, a więc otoczki występujące w bezpośrednim podłożu lub stykające się bocznie, a w dodatku wykazujące mniej więcej jednakową wielkość. Po przeliczeniu uzyskano wartość upakowania U.

Przy badaniach osadów współczesnych zwracano uwagę na położenie analizowanego obsza-

ru względem brzegów i nurtu potoku, przebieg głównej doliny, kierunek fali obmywającej dane żwirowisko, lokalne nierówności itp. W utworach starszych rejestrowano prócz tego skłonne warstwowanie, szczątki roślinne i hieroglify prądowe.

W pracach polowych w każdym miejscu starano się uzyskać średnio 100 obserwacji. Procedura taka nawet przy dużej wprawie jest bardzo czasochłonna. W związku z tym szukano odpowiedzi na pytanie, jaka ilość pomiarów jest konieczna dla uzyskania możliwie wierne-go obrazu. Podobne zagadnienie z powodzeniem rozpatrzył J. Schlee (1957), przeciwstawiając masowym obserwacjom pomiary selektywne. Uzyskał on przy tym, posługując się niewielką ilością pomiarów, bardziej jasne diagramy.

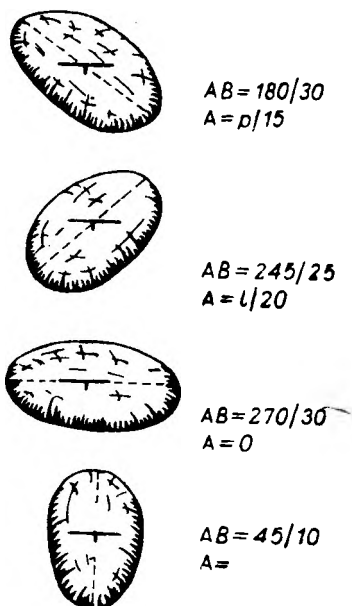


Fig. 1
Oznaczenia stosowane przy pomiarach otoczków; bliższe objaśnienia w tekście

Designations used in measurements of pebbles; detailed explanations in the text on p. 301

Metodę pomiarów selektywnych proponowaną przez J. Schleea zastosowano również dla większości opracowanych odkrywek. Aby wyniki mogły być porównywalne, mierzono normalnie 100 otoczków, oznaczając w odpowiedni sposób zapisy dotyczące otoczków wybitnie spłaszczonych lub wydłużonych. Prócz tego w celu zwiększenia dokładności pomiarów, odczyty osi A tych otoczków, przy których mierzono płaszczyznę AB, kontrolowano graficznie.

* W miejscach gdzie pomiary osi otoczków były utrudnione, podano przybliżone rozmiary mierzonych składników.

W związku z powyższym korzystniej było dla takich składników zastosować szybszą metodę pomiarów i zapisów. Polega ona na tym, że u otoczaka zbliżonego do dyskooidalnego, mierzy się azymut i kąt nachylenia płaszczyzny AB oraz kąt nachylenia osi A (dla zaznaczenia kierunku nachylenia wprowadzono odpowiednie symbole: p , l , 0 , $=$, porównaj fig. 1). Przy odczytach z przewieszenia zapisy literowe są odwrotne, tzn. prawostronne odczyty oznaczano literą l , lewostronne literą p .

Przed sporządzeniem wykresów orientacji otoczek odczyty zebrane w warstwach wychyłonych sprowadzono do poziomu, rotując wokół biegu warstwy, a w razie potrzeby również wokół prostopadłej do osi fałdu. Gotowy materiał przedstawiano na diagramach używając siatki Schmidta w projekcji równikowej (górną półkulę). Elementy liniowe, takie jak szczątki roślinne, a w pewnych przypadkach również osie A otoczek, rejestrowane bez uwzględnienia kąta nachylenia, przedstawiono na obwodzie diagramu metodą R. Hoepfenera (1953). Pokrój otoczek w niektórych miejscach przedstawiono na kwadracie Zingga, na-

tomiał wielkość osi A otoczek, jak również obtoczenie w postaci histogramów.

W celu uwidocznienia uprzywilejowanych kierunków orientacji otoczek w utworach współczesnych w stosunku do kierunku przepływu, sporządzono azymutalne krzywe rozsiewu. Dla osi C stosowano klasy co 5° , natomiast dla osi A co 10° . W wyniku prostych przeliczeń otrzymano wartość upakowania U , która jest sumą otoczek stykających się ze składnikiem mierzonym w poszczególnych obserwacjach, dzieloną przez ilość obserwacji. Wartość tę można obliczyć według wzoru:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{n}$$

gdzie:

s — suma stykających się otoczek,
 n — ilość obserwacji.

Na koniec obliczono średnie statystyczne dla osi C , aby się przekonać, która z nich najlepiej odpowiada kierunkowi transportu. Ważniejsze indeksy statystyczne oznaczono następująco: X — średnia arytmetyczna ważona, Me — mediana, Mo — modalna.

ORIENTACJA OTOCZAKÓW W POTOKACH WSPÓŁCZESNYCH

Uwzględniając materiał zawarty w literaturze dotyczącej powyższego zagadnienia, można wnioskować, że uporządkowanie otoczek w potoku zależne jest od kilku czynników, które dają się ująć w dwie główne grupy. Do pierwszej, jak się wydaje ważniejszej, grupy należeć będą czynniki niezależne od samych składników, które z kolei dzielić można na podłożowe i hydrodynamiczne. Grupę drugą stanowią będą cechy transportowanych i deponowanych otoczek. Niezależnie od tego ostateczne i utrwalone uporządkowanie może ulec modyfikacji w porównaniu ze standardowym, w wyniku częściowej reorientacji nieco wcześniej złożonych żwirów. Mając na uwadze powyższe fakty, przeanalizowałem uporządkowanie żwirów współczesnych w celu wyjaśnienia jaką dokładność określenia kierunku transportu można uzyskać z pomiarów orientacji otoczek i w jakim stosunku pozostają diagramy orientacji żwirów współczesnych do obrazów uzyskanych z formacji starszych. Badania tego typu przeprowadzał ostatnio J. Kaltenherberg (1956), jednak uzyskane przez niego wyniki nie zawsze są porównywalne z przedstawionymi w niniejszej pracy, gdyż wymieniony autor użył nieco innej metody obserwacji. Najbardziej zbliżony sposób obserwacji (jeśli chodzi o wybór otoczek a nie

samą metodę pomiarów) stosował w żwirach współczesnych J. Schlee (1957). W tym przypadku otrzymał on duże podobieństwo wyników.

Omówię najpierw obserwacje poczynione na żwirowiskach współczesnych, a następnie przejdę do formacji starszych.

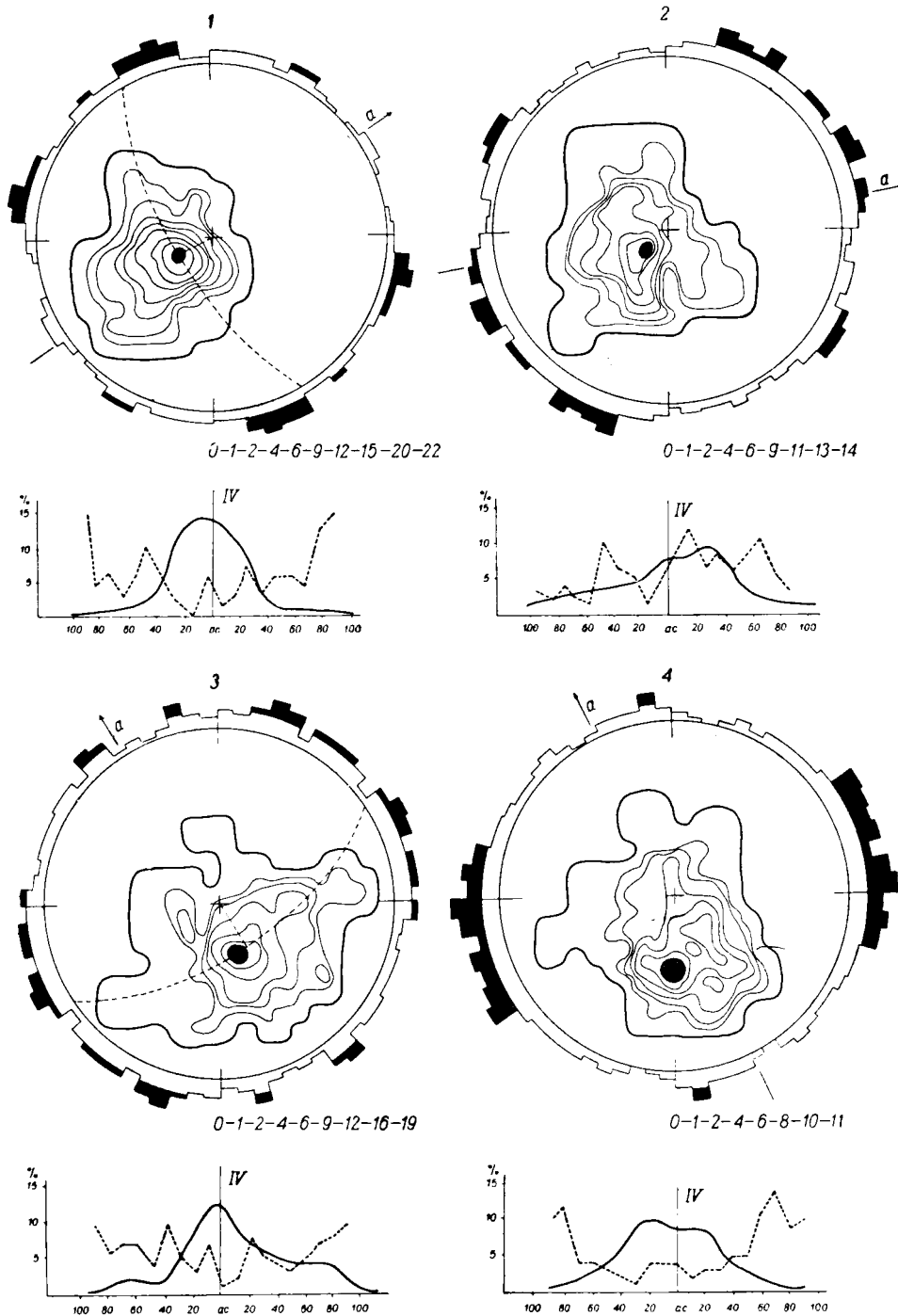
Odkrywka 1 (fig. 2) przedstawia rezultaty pomiarów zebrane na niewielkim żwirowisku Bystrzycy Dusznickiej, w miejscowości Stary Wielisław Dolny. Żwirowisko położone jest w środkowej części potoku. Podłoże wyrównane, złożone z dyskowatych otoczek, o przeciętnej wielkości osi $A = 8$ cm. Otoczki na ogół gęsto upakowane, osi C składników dyskooidalnych daje jedno wyraźne maksimum skierowane zgodnie z prądem, a nachylone pod kątem 72° . Płaszczyzny AB zwrócone są pod prąd. Osie A wyznaczają cztery maksima, z których główne zaznacza się prostopadle do kierunku prądu. Diagram ma jednoskośną symetrię. Płaszczyzna symetrii jest wspólna dla osi C i A . Azymutalny rozkład osi C i A wokół płaszczyzny ac jest w miarę symetryczny (fig. 2, I, IV). Z rysunku wynika, że maksimum osi C jest lekko przesunięte w lewo w stosunku do płaszczyzny ac . Osie A tworzą względem ac cztery maksima oddalone od siebie prawie o 45° . Najmniejsze pokrywa się z płaszczyzną

symetrii, a największe oddalone jest od niej o 90° .

Bieg rzeki jest prostoliniowy, a kierunek koryta i prądu jest zgodny i wynosi 55° . Indeksy statystyczne odnoszące się do kierunku nachylenia osi C, a uzyskane z uporządkowanego szeregu w przedziale co 5° , kształtują się następująco. $X - 63^\circ$, $Me - 57^\circ$, $Mo - 62^\circ$.

Niewielkie odchylenie średnich oraz ich stosunek do rzeczywistego kierunku prądu wskazują na prawidłowy szereg statystyczny, co już wynikało niedwuznacznie z azymutalnej krzywej rozsiewu. Mediana znajduje się najbliżej rzeczywistego kierunku transportu.

Badań otoczków Nysy Kłodzkiej dokonano w kilku miejscach, które kolejno omówię.



W Młynowie zbadano ułożenie otoczek na wydłużonej mieliźnie w części zwróconej pod prąd. Powierzchnia badana znajdowała się w środku rzeki, rozdzielając masę wody na dwa bystre nurty. Powierzchnia ta usłana była grubymi otoczkami (średnie wartości osi A 10—12 cm). Pojedyncze składniki silnie wydłużone przekraczały 25 cm. Poszczególne składniki kontaktowały ze sobą, wskazując na wysoką wartość upakowania. Dane uzyskane z pomiarów oznaczono numerem 2 (fig. 2). Osie C grupują się półkolisto w dość szerokim wachlarzu wyznaczając pierścień, którego symetralna pokrywa się z kierunkiem płynięcia. Nachylenie wykreślonej płaszczyzny wynosi 74° . Maksimum położone jest ekscentrycznie względem pół sąsiednich, a kąt jego nachylenia równa się wartości nachylenia płaszczyzny półkola. Osie A wyznaczają trzy prawie równoznaczne maksimum. Jedno leży równoległe do płaszczyzny symetrii diagramu osi C , a dwa ustawione są względem niego pod kątem zbliżonym do 45° . Diagram ma jednoskośną symetrię. Płaszczyzna symetrii odchyła się nieco od płaszczyzny ac .

Kierunek koryta wynosi 80° , natomiast nurty rozwidlające się na mieliźnie mają azymuty 40 i 70° . Średnie statystyczne w zestawieniu z kierunkiem koryta wynoszą: a — 80° , X — 64° , Me — 55° , Mo — 35° i 70° (średnia 52°). Średnia arytmetyczna leży najbliżej kierunku wyznaczającego koryto rzeki. Mediana zajmuje drugie miejsce i odchyłona jest o 25° . Modalna wskazuje na dwa kierunki, które w przybliżeniu odpowiadają nurtom rozgałęzień.

Dalsze obserwacje zebrano z Nysy Kłodzkiej

między Kłodzkiem a Krosnowicami. Rzeka tworzy tu szerokie zakola z obszernymi łachami żwirowymi. Odkrywki 3, 4, 5, znajdują się na mieliźnie o długości 30 m i szerokości 8 m. Główna masa wody obmywa meliznę od strony wschodniej. Po zachodniej stronie melizny znajduje się wąskie łozysko, które w czasie obserwacji wypełnione było niewielką ilością wody. Melizna w przekroju poprzecznym jest asymetryczna. Jej powierzchnia opada ku wschodowi pod kątem 6° . Odkrywka 3 znajduje się na wschodnim skraju melizny położonym nad zwierciadłem wody, bliżej tej części melizny, która zwrócona jest zgodnie z prądem. Powierzchnia plaży wyrównana. Wielkość otoczek wynosi przeciętnie 8—12 cm. Wśród nich sporo jest otoczek płaskich. Osie C otoczek wykazują stosunkowo zwarte pole w maksimum nachylenym pod kątem 65° , w tym samym kierunku co prąd. Pola niższej procentowości mają tendencję odchylenia się od maksimum w kierunku wschodnim, co wiąże się z nachyleniem powierzchni melizny i obmywaniem żwirów przez wodę. Diagram ma jednoskośną symetrię. Osie A układają się względem płaszczyzny symetrii diagramu w ten sposób, że część jest do niej prostopadła, a część ustawia się pod bardzo ostrym kątem. Większe nagromadzenie w kwadrancie trzecim lub pierwszym wiąże się z położeniem odkrywki względem brzegu melizny.

Indeksy statystyczne wynoszą: a — 337° , X — 339° , Me — 334° , Mo — 341° . Średnie grupują się blisko rzeczywistego kierunku, co wskazuje na prawidłowe rozłożenie elementów szeregu. Najbliżej kierunku płynięcia leży średnia arytmetyczna.

Fig. 2

Orientacja otoczek w żwirach współczesnych

Objaśnienia figur 2—30 prócz figur 20 i 29. Liczby arabskie — numery odkrywek. Wykresy naniesione na obwodzie diagramów konturowych biegunów osi C odnoszą się do osi A otoczek mierzonych bez uwzględnienia kąta nachylenia. Pola zacernione dotyczą ilości otoczek ponad 5%. Na diagramach sprzężonych (III) zakropkowano pola najniższej procentowości dla biegunów osi C , I — orientacja osi C , II — orientacja osi A , I, II — diagramy sprzężone osi C i A sporządzone z 50—70 pomiarów, I', II' — diagramy z selektywnych pomiarów, III — diagramy sprzężone z pomiarów selektywnych, IV — azymutalny rozkład osi C i A (linia ciągła odnosi się do osi C , linia przerywana do osi A), V — histogramy obtoczenia, VI — histogramy wielkości osi A w centymetrach, VII — wykresy sferyczności otoczek, d — normalna warstewki rozdzielającej żwiry, a — normalne skośnego warstwowania, A — diagramy punktowe osi C otoczek sporządzone bez uwzględnienia kąta nachylenia

Orientation of pebbles in Recent gravels

Explanation of figures 2—30 except figures 20 and 29. Arabic numerals — designations of particular outcrops. Diagrams plotted on the circumference of contour diagrams of the poles of axis C refer to axis A of pebbles measured without taking into account the angle of inclination. Black areas point to the number of pebbles amounting to more than 5 per cent. On combined diagrams (III), areas of the lowest percentage for the poles of axis C are dotted. I — orientation of axis C , II — orientation of axis A , I, II — combined diagrams of axes C and A carried out on 50—70 measurements, I', II' — diagrams drawn on selective measurements, III — diagrams combined drawn on selective measurements, IV — azimuth arrangement of axes C and A (continuous and broken lines refer to axes C and A respectively), V — histograms of rounding, VI — histograms of the length of axis A in centimetres, VII — diagrams of sphericity of pebbles. d — normal of a thin stratum separating gravels, a — normal of cross bedding, A — diagrams marked by points of axis C of pebbles carried out without taking into account the angle of inclination

Na spłaszczonej wierzcholinie mielizny diagram orientacji otoczków jest trochę inny. W ułożeniu osi C zauważyć można maksimum i jedno submaksimum (fig. 2, 4). Oba pola leżą niesymetrycznie względem diagramu. Maksimum nachylone jest z prądem pod kątem 55° , a submaksimum pod kątem 68° . Otoczki płaskie nachylone są w tym przypadku nieco stromiej, średnio pod kątem 28° . Osie A w większości układają się prostopadle do kierunku przepływu, a tylko pewna część zorientowana jest równoległe do prądu. Jednoskośna budowa jest zaburzona zwłaszcza w ułożeniu osi C, w związku z czym zarysowują się wpływy trójskośne.

Średnie statystyczne w tym przypadku wynoszą: $a - 337^\circ$, $X - 346^\circ$, $Me - 348^\circ$, $Mo - 360^\circ$ i 20° (średnio 10°). Średnia arytmetyczna, i mediana wykazują wartość leżącą najbliżej azymutu wyznaczającego kierunek łóżyska rzeki i prądu.

Na końcu mielizny zwróconej pod prąd znaj-

duje się odkrywka 5 (fig. 3). Osie C otoczków wyznaczają symetryczne pole w stosunku do kierunku płynięcia. Widoczne jest to również z wykresu IV (fig. 3, IV), z tym że maksimum jest lekko odchylone w prawo. Maksimum wskazuje nachylenie 65° w kierunku prądu. Tym samym otoczki dyskooidalne nachylają się pod prąd pod kątem 25° . Przy pomiarach osi A otoczków uwzględniono azymut i kąt nachylenia. Osie A składników wydłużonych grupują się wzdłuż pierścienia nachylonego pod prąd pod kątem 25° (fig. 3, II). Normalna pierścienia pokrywa się prawie z maksimum osi C. Większość składników dłuższą osią ustawia się w kierunku prądu, część zmierza do ustawienia prostopadłego. Pojedyncze tylko składniki nachylają się zgodnie z prądem. Diagramy osi A i C mają jednoskośne symetrie, przy czym płaszczyzna symetrii jest dla obydwu wspólna. Rozsiew wielkości osi A przedstawia wykres VI (fig. 3, VI). Największa ilość mierzonych składników znajduje się w przedziale

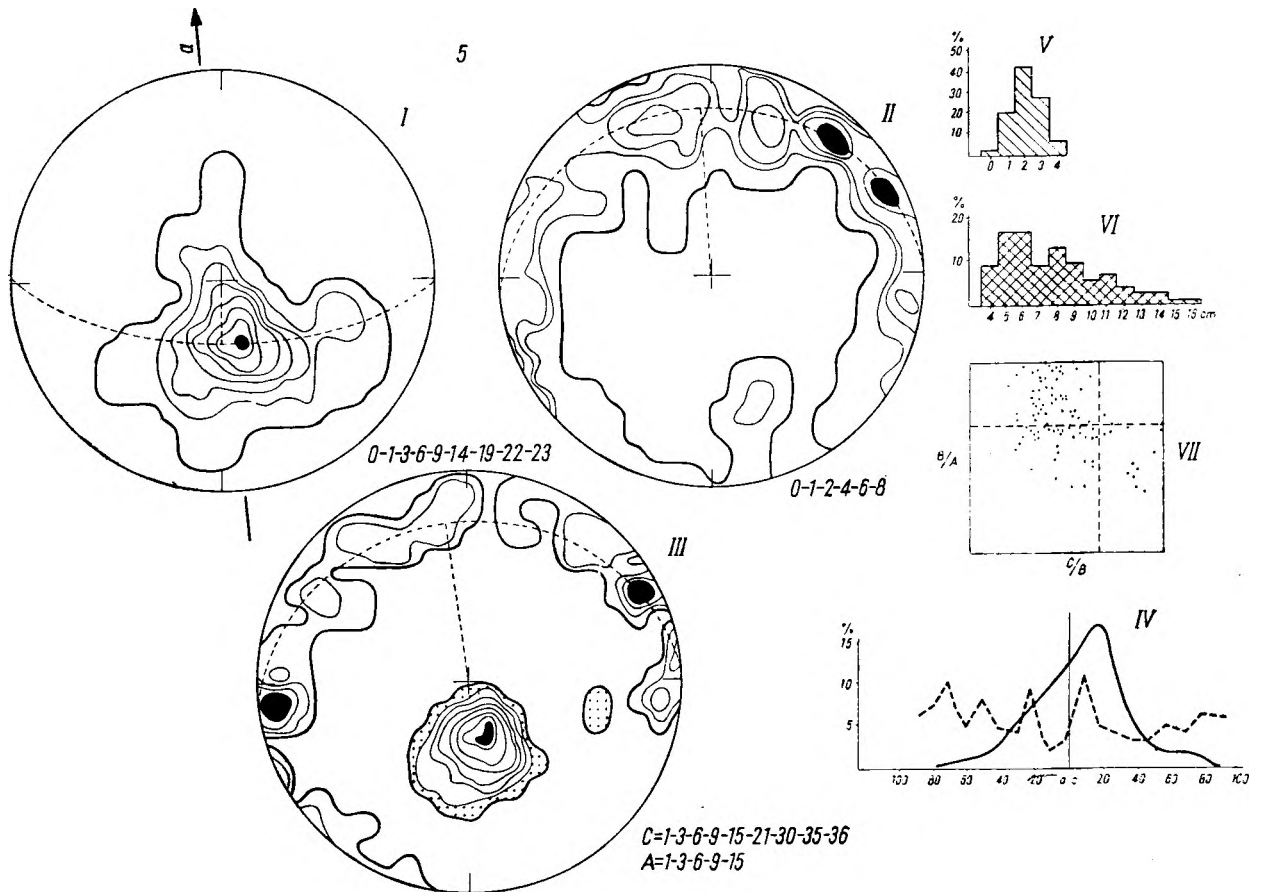


Fig. 3

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
Explanations given in Figure 2

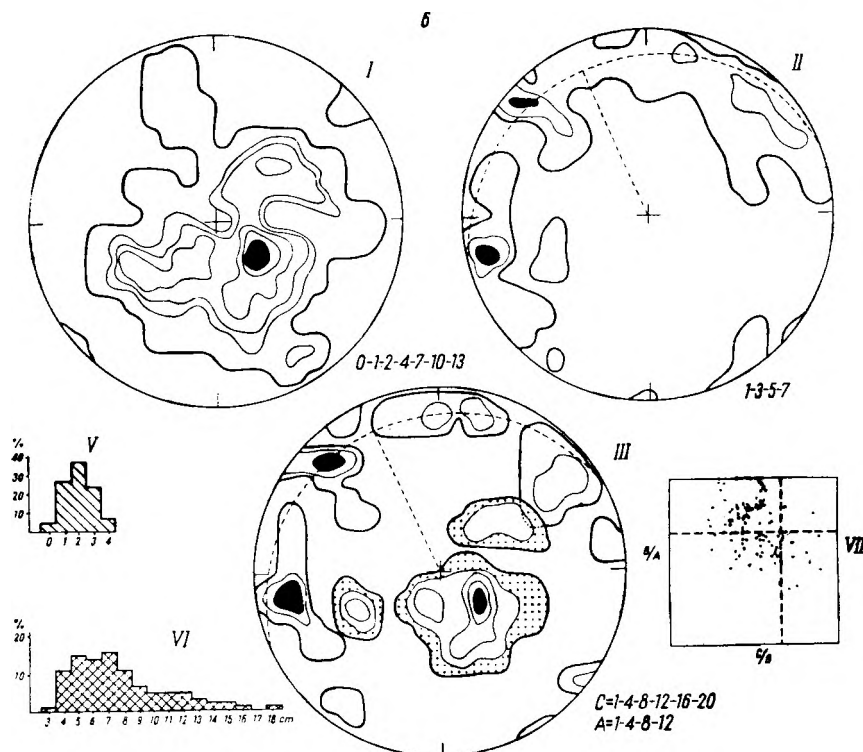


Fig. 4

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
Explanations given in Figure 2

5—6 cm. Stopień obtoczenia wynosi średnio 2,5 (fig. 3, V).

Ze stosunków osiowych wynika, że mierzo otoczki dyskooidalne oraz płaskie trójosiowe (fig. 3, VII). Wartość upakowania U — 1,28. Indeksy statystyczne uporządkowania osi C wyrażają wielkości: a — 355° , X — 354° , Me — 345° , Mo — 340° i 335° (średnio 338°). Średnia arytmetyczna pokrywa się z kierunkiem transportu, mediana zajmuje drugie miejsce.

W ostatnio omawianym przykładzie zastosowano w czasie pracy metodę pomiarów selektywnych. Wytypowano 34 otoczki dla osi C i A . Wyniki przedstawia wykres III (fig. 3, III)*. Kierunek transportu uzyskany w ten sposób jest identyczny z tym, jaki otrzymałem przy 100 pomiarach. Nie uległa przy tym zniekształceniu ani symetria budowy, ani też zasadniczy desień diagramu. Wprost przeciwnie, zniknęły nieregularne zatoki diagramu widoczne przy masowych pomiarach, które praktycznie nie

mają większego znaczenia przy interpretacji wyników.

W odkrywce 6 analizowałem orientację otoczków ułożonych w stwardniałej glinie aluwialnej leżącej 0,5—1,0 m ponad zwierciadłem wody. Materiał usypany został przez rzekę w jakimś wcześniejszym okresie, w związku z czym dokładny jej bieg nie może być wprost określony. W ułożeniu osi C brak jest zdecydowanego uporządkowania. Wyznaczają one jedno maksimum i dwa mniej więcej symetrycznie położone submaksima, z których lewe — silniej zaznaczone — zdaje się wiązać z dzisiejszym nurtem powodującym częściową reorientację otoczków. Maksimum osi C nachylone jest pod kątem 66° z biegiem doliny. Diagram nie wykazuje zdecydowanej jednoskośnej symetrii (fig. 4, I). Azymuty osi A odczytane metodą graficzną rozkładają się przeważająco w trzech kwadrantach wyznaczając pierścień nachylony w kierunku drugiego kwadranta pod kątem 15° (fig. 4, II). Ułożenie osi A wykazuje jednoskośną symetrię. Płaszczyzny symetrii obu omówionych diagramów pokrywają się. Bliższą charakterystykę otoczków przedstawiono na wykresach (fig. 4, V—VII). Wartość upakowania $U = 0,90$. Indeksy statystyczne orientacji

* Na wszystkich diagramach sprzężonych, przedstawiających osie C i A , dla większej jasności obrazu zakropkowano pole najniższej procentowości diagramu osi C .

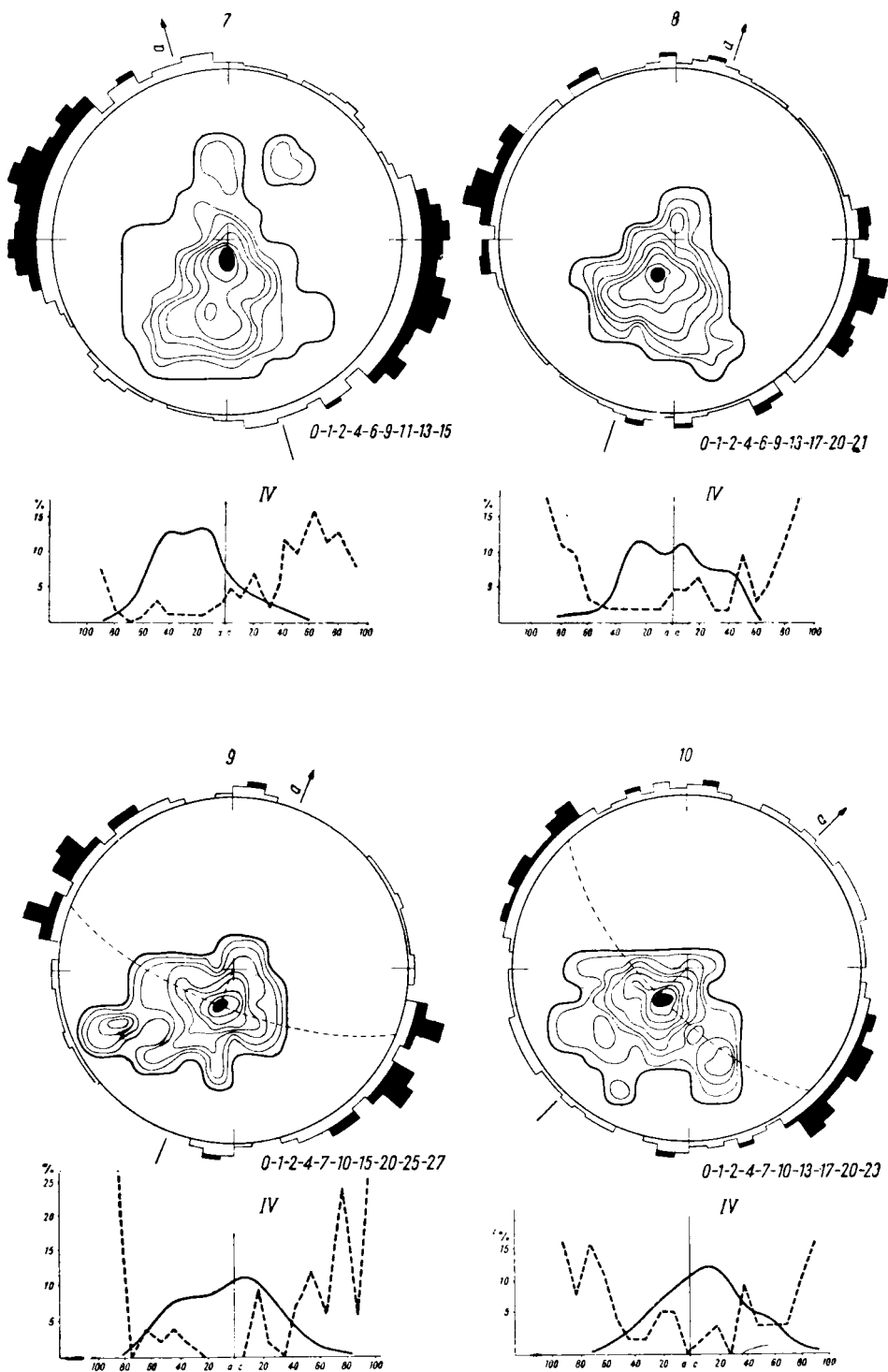


Fig. 5

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
 Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
 Explanations given in Figure 2

osi C są następujące: a — ?, X — 336° , Me — 335° , Mo — 300° . Średnia arytmetyczna ważona i mediana wykazują prawie te same wielkości. Z dotychczasowych przykładów wynikało, że średnia arytmetyczna, a później mediana wyrażają wielkości stojące najbliżej rzeczywistego kierunku transportu. Można na tej podstawie wnosić, że przemieszczenie przebiegało w kierunku 336° .

Selektywne pomiary oparte na obserwacji 25 otoczków ilustruje wykres III (fig. 4). Uzyskany obraz przy znacznym uproszczeniu deseniun nadaje się w pełni do interpretacji. Uchwyczone są te same szczegóły i ten sam kierunek transportu co w rysunkach sporządzonych na podstawie 100 pomiarów.

Odkrywki 7—11 (fig. 5 i fig. 6) znajdują się w zakolu i rozłożone są w kierunku biegu rzeki. Odkrywka 7 położona jest nad zwierciadłem wody. Powierzchnia usłana otoczkami nachyla się w stronę rzeki, tj. ku zachodowi. Oś A mierzonych otoczków wynosi 8—12 cm. Osie C tworzą maksimum i jedno submaksimum o tym samym azymucie. Nachylenie maksimum osi C wynosi 80° , submaksimum natomiast ma łagodniejszy spadek wynoszący 55° . Odpowiada to toczeniu otoczków wokół osi A . Oś A składników ustawiona jest w większości pod kątem 45° w stosunku do brzegu. Niewielka część wydłużonych otoczków ustawia się prostopadle bądź równoległe do przebiegu koryta. Układ osi A przypomina dane uzyskane drogą eksperymentalną (Kind, Kucharenko, 1948). Diagram wykazuje symetrię jednoskośną. Płaszczyzna symetrii diagramu odchyła się nieco od kierunku a .

Indeksy statystyczne wynoszą: a — 345° , X — 10° , Me — 10° , Mo — 355° . Odchylenie średniej arytmetycznej i mediany zdaje się wiązać z pochyłością podłoża, a w pewnym stopniu z dopływem Bystrzycy Dusznickiej, którego ujście znajduje się po przeciwnej stronie omawianej odkrywki. Zapewne te same przyczyny powodują nieznaczne przesunięcie w prawo wartości modalnej w porównaniu do kierunku płynięcia rzeki głównej.

Uporządkowanie składników przy wierzchołku zakola przedstawiają trzy diagramy odkrywek 8—10, sporządzone na podstawie pomiarów na płasko wyrównanej powierzchni. Układ otoczków był tak prawidłowy, że porzeczano na mniejszej ilości pomiarów. W diagramach odkrywek 8 i 9 maksimum osi C nachyla się z prądem pod kątem 72° , w odkrywce 10 kąt wynosi 70° .

Osie A ustawiają się w sposób charakterystyczny. Grupują się one w dość zwartym łuku przypadającym w trzecim kwadrancie, co odpowiada poprzecznemu i skośnemu ustawieniu

względem brzegu. Nieznaczny tylko procent układa się mniej więcej równoległe do płynięcia. Wraz ze zmianą kierunku płynięcia deseri diagramów (osi C i A) wykazuje stopniowy obrót zgodny z ruchem wskazówek zegara. Diagramy mają jednoskośną symetrię z płaszczyzną symetrii prawie pokrywającą się z płaszczyzną ac .

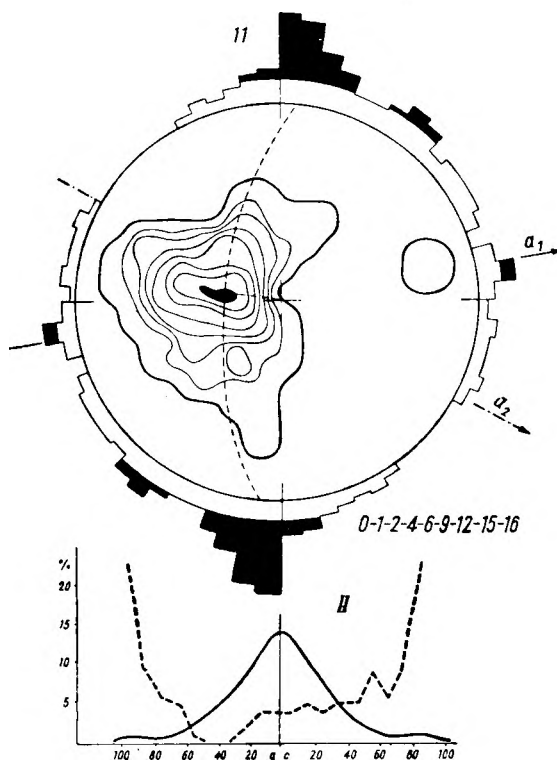


Fig. 6

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
Objaśnienia zamieszczone przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
Explanations given in Figure 2

Indeksy statystyczne wykazują wartości: dla odkrywki 8: a — 17° , X — 14° , Me — 20° , Mo — 10° i 35° (średnio 22°); dla odkrywki 9: a — 22° , X — 24° , Me — 22° , Mo — 65° ; dla odkrywki 10: a — 45° , X — 48° , Me — 34° , Mo — 30° .

Odkrywka 11 znajduje się za opisywanym zakolem w miejscu rozwidlenia koryta. Główna masa wody płynie w kierunku 80° , a część odgałęzia się w kierunku 120° , omijając niewielką porośniętą wysepkę.

Osie C w odkrywce 11 układają się w ten sposób, że płaszczyzna symetrii diagramu stanowi w przybliżeniu średnią obu kierunków płynięcia. Większość osi A respektuje ten średni kierunek ustawiając się doń prostopadle

i skośnie. Mniejsza ilość otoczków układa się równolegle. Część otoczków dłuższymi osiami orientuje się skośnie względem prądu o kierunku 120° . W związku z tym w ułożeniu osi A zaznacza się trójskośna symetria. Diagram osi C ma symetrię jednoskośną. Nachylenie maksimum osi C wynosi 66° .

Indeksy statystyczne wynoszą: a — 80 i 120° (średnio 100°), X — 99° , Me — 99° , Mo — 100° .

Ułożenie otoczków zbadano również na zwirowiskach potoku Lesk, w miejscu gdzie tworzy on szereg drobnych meandrów. Wyniki przedstawiono na figurach 7—9 odkrywki 12—13a. Diagramy z odkrywki 12 dotyczą orientacji otoczków na niewielkiej mieliźnie usypanej współcześnie. Osie C wyznaczają jedno maksimum nachylone zgodnie z prądem pod kątem 77° . Prócz tego zarysowuje się submaksimum nachylone pod niewielkim kątem. Pojedyncze otoczki płaszczyzną AB nachylają się zgodnie z prądem. Jest możliwe, że uchwyciono moment, w czasie którego część otoczków nie osiągnęła jeszcze równowagi wynikającej z to-

czenia po dnie. Pod tym względem rysunek przypomina do pewnego stopnia diagram z odkrywki 7. Jednoskośna symetria diagramu jest zaburzona polem niższej procentowości. Osie A otoczków, po graficznym wyznaczeniu azymutów, tworzą pierścień nachylony pod kątem 16° pod prąd. Symetria diagramu jest jednoskośna. Płaszczyzny symetrii diagramów osi C i A tworzą z sobą kąt 15° . Liczba upakowania $U = 1,03$. Indeksy statystyczne wynoszą: a — 345° , X — 342° , Me — 338° , Mo — 330° . Podobnie jak w większości przypadków, średnia arytmetyczna, a na drugim miejscu mediana wyznaczają wartość najbardziej zbliżoną do rzeczywistego kierunku prądu.

Diagram sporządzony z pomiarów selektywnych (fig. 7, III) nie różni się wiele od poprzednich, a wywnioskowany kierunek transportu jest zbliżony do rzeczywistego.

Ostatnim miejscem, na którym badano orientację otoczków współczesnych, była odkrywka ze słabo zdiagenezowanymi żwirami aluwialnymi w potoku Lesk. W podjętym brzegu na przestrzeni $1,20$ m, nad zwierciadłem wody

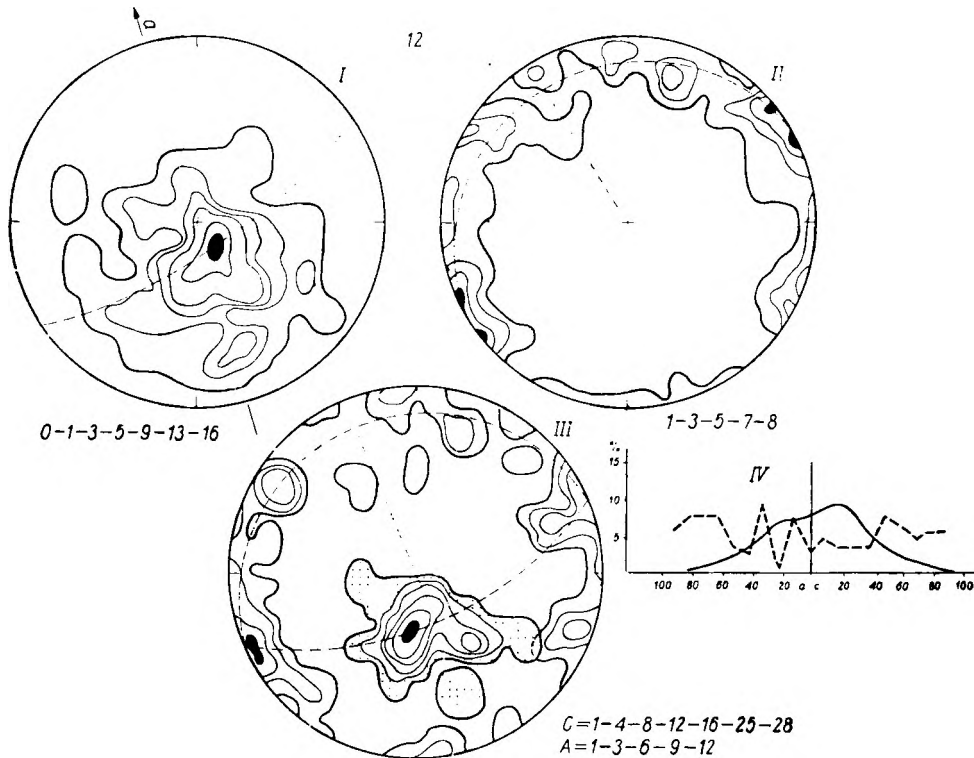


Fig. 7

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
Explanations given in Figure 2

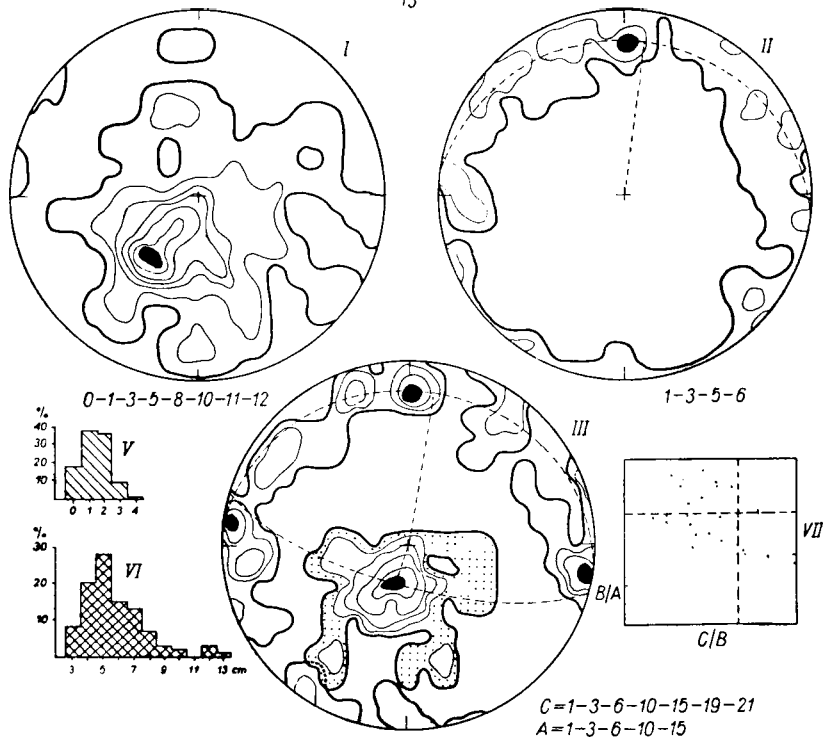


Fig. 8

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
Explanations given in Figure 2

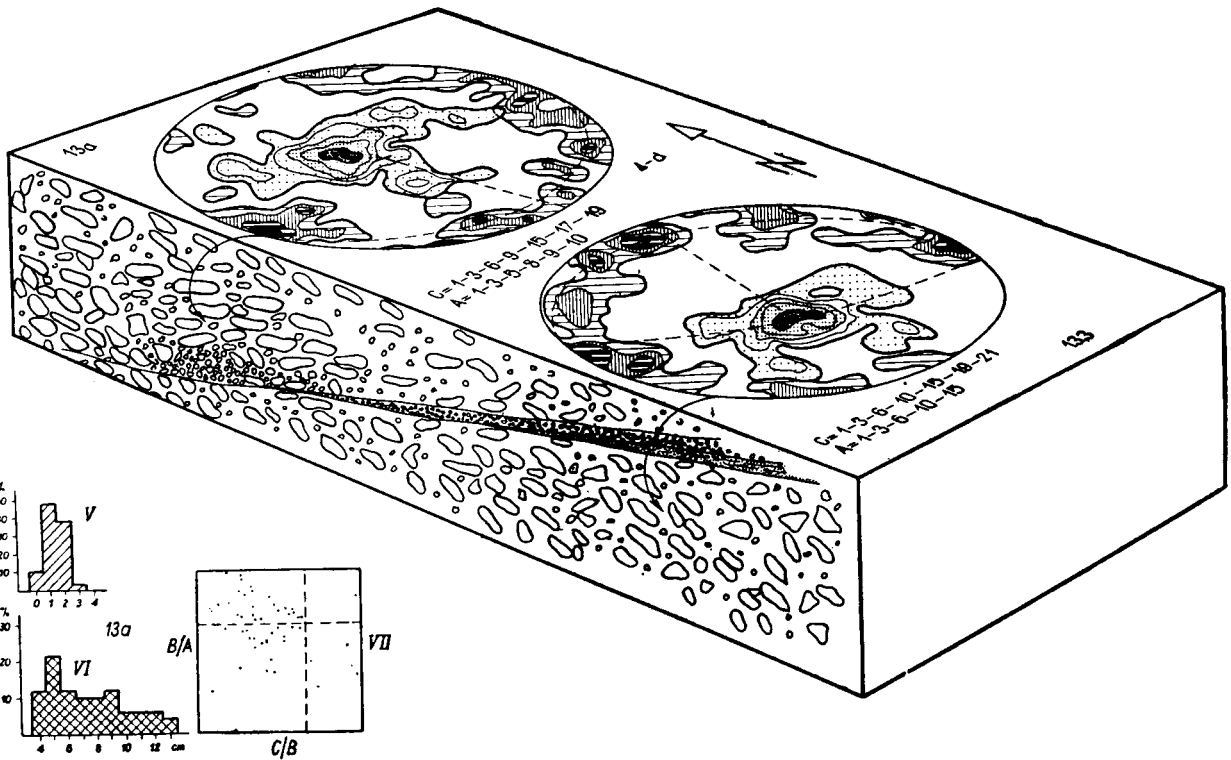


Fig. 9

Orientacja otoczków w żwirach współczesnych
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Recent gravels
Explanations given in Figure 2

odsłonięte są żwiry, rozdzielone nachyloną, cienką warstewką gliny i drobnego przemytego żwirku. Ułożenie otoczków poniżej i powyżej warstewki jest odwrotne, co uwidacznia się nawet przy pobieżnej obserwacji. Na długości 2,5 m w kierunku nachylenia warstewka zanika, a jej przedłużenie stanowi tylko smuga żażelazienia. U czoła smugi aż do powierzchni obserwuje się składniki ułożone podobnie jak poniżej warstewki (fig. 9).

Ułożenie składników poniżej warstewki uwidaczniają diagramy na figurze 8 (odkrywka 13). Oś *C* składników wyznacza stosunkowo płasko nachylone maksimum (56°). Odpowiednio płaszczyzny *AB* ustawiają się stromo pod kątem 34° . Również w azymutach zauważyć można znaczną rozpiętość. Niewielka część otoczków ma tendencję przeciwnego nachylenia w stosunku do większości. Z diagramu wynika, że otoczki doznały częściowej reorientacji. Symetria jednoskośna jest niewyraźna (fig. 8, I). Układ osi *A*, po graficznym wyznaczeniu azymutów, tworzy pierścień nachylony w kierunku maksimum osi *C*, lecz normalna pierścienia i owe maksimum nie pokrywają się (fig. 8, II).

Indeksy statystyczne dla osi *C* wynoszą: *a* — ?, *X* — 11° , *Me* — 18° , *Mo* — 35 i 40° (średnio 37°). Wartość upakowania $U = 0,74$.

Kierunek potoku, który usypał wspomniane żwiry nie jest znany. Pośrednio można jednak wnioskować, że nie odchyłał się zbyt w porównaniu z przebiegiem dzisiejszej doliny, której kierunek wynosi 5° . Można by przyjąć, że wartość średniej arytmetycznej leży najbliżej kierunku przepływu.

Dla omawianych żwirów sporządzono diagram z selektywnych pomiarów uwzględniając 34 obserwacje osi *C* i *A* (fig. 8, III). Uzyskany obraz jest prostszy, a wartość kierunku transportu jest bardzo zbliżona do wartości uzyskanych metodą pierwszą.

Jak już nadmieniono, składniki żwirów leżących powyżej warstwy gliniastej wykazują inne ukierunkowanie (fig. 9). W porównaniu

z diagramem poprzednim maksimum odchyła się o kąt przekraczający 90° . Osie *C* wyznaczają jedno maksimum, którego nachylenie wynosi 72° . Prócz tego zaznaczają się koncentracje pokrywające się mniej więcej z maksimum osi *C* diagramu poprzedniego (fig. 8, I). Osie *A* wyznaczają pierścień, którego normalna prawie pokrywa się z maksimum osi *C*. Diagram ma symetrię jednoskośną.

Średnie statystyczne dla osi *C* wynoszą: *a* — ?, *X* — 215° , *Me* — 100° , *Mo* — 122, 142, 165° (średnio 145°). Liczba upakowania $U = 0,86$. Indeksy statystyczne wykazują w omawianym przypadku duży rozsiew, z czego można wnioskować, że szereg nie zdradza prawidłowości w uporządkowaniu. Na podstawie diagramu sądzić można by, że transport przebiegał z północnego zachodu na południowy wschód. Jednak nie wydaje się to prawdopodobne, gdyż zaprzecza temu układ otoczków leżących u czoła nachylonej powierzchni. Wydaje się, że żwiry leżące poniżej i powyżej powierzchni nierówności osadzały się pod wpływem prądu skierowanego mniej więcej jednakowo, lecz z pewną przerwą w osadzaniu. Wcześniej osadziły się żwiry zakończone w kierunku prądu stromą skarpą, która mogła ulec dodatkowemu zestromieniu pod działaniem podmywającego ją nurtu podczas obniżenia stanu wody. Zazwyczaj nurt taki ześlizguje się z nasypanej wysepki i ma tendencję łączenia się u jej czoła. Jeśli dodatkowo utworzyły się lokalne bariery, wówczas powstały wiry, które okresowo sypać mogły na pochyłoną skarpe drobnymi żwirami i muł. Zjawiska podobne do opisanych, na takich stromo zakończonych nasypach żwirowych, obserwowałem w omawianym potoku po ustąpieniu wezbranych wód. Niezależnie od przyczyn utworzenia owej nierówności należy podkreślić jej decydujący wpływ na sposób ułożenia otoczków. Otoczki płaskie dopasowują się płaszczyznami *AB* do nachylenia podłoża, chociaż większość z nich (maksimum) wykazuje kąt nachylenia mniejszy o 5° od spadku samej powierzchni.

WYBÓR ŚREDNIEJ I OKREŚLENIE KIERUNKU TRANSPORTU NA PODSTAWIE DIAGRAMU

Materiał przedstawiony w rozdziale poprzednim, dotyczący orientacji żwirów w potokach współczesnych, może być wykorzystany przy rozpatrywaniu wyników uzyskanych ze zlepieńców starszych formacji. Na podstawie literatury wiadomo, że w wodzie płynącej w jednym kierunku otoczki spłaszczone układają się w ten sposób, że największe ich przekroje

(*AB*) nachylają się pod prąd. W związku z tym powstaje struktura dachówkowa (*imbricate structure*) o czym pisał G. F. Becker (1893). Jeśli transport i sedymentacja nie są zaburzone, wówczas poszczególne składniki dążą do uporządkowania według krzywej normalnej, której symetralną będzie płaszczyzna *ac*. W przypadku takim średnie statystyczne będą

się albo pokrywać, albo leżeć blisko siebie. W innych okolicznościach zarówno krzywa, jak i indeksy statystyczne będą się różnicować. Jedną z przyczyn tego zróżnicowania, nawet przy normalnej rzecznej depozycji, jest frakcja żwirów. R. Brinkmann (1955) podaje, że rozsiw w ułożeniu osi *A* otoczków wzrasta w miarę wyrównywania frakcji ziarn.

Wpływ frakcji żwirów na orientację otoczków rozpatruje również Cailleux (1945), według którego na ułożenie drobnych składników większy wpływ wywiera sąsiedztwo żwirowe niż sam prąd. Przy otoczkach większych natomiast jest odwrotnie. Wymieniony autor zwraca też uwagę na nierówności podłoża jako czynnika mającego znaczenie przy uporządkowaniu składników.

Wybierając do badań otoczki duże uzyskuje się wprawdzie zbliżoną frakcję, lecz czynnikiem decydującym o ich ułożeniu jest prąd wodny, natomiast opakowanie nie odgrywa tak dużej roli jak w materiale drobnieziarnistym. W rezultacie obserwacji otoczków większych od średnich powinno się otrzymać diagramy z jednym maksimum, mniej więcej odpowiadającym kierunkowi płynięcia. Wniosek ten potwierdza się, gdyż większość diagramów osi *C*, ze żwirów współczesnych wykazuje taki właśnie charakter. Zjawisko to ilustrują dobrze krzywe azymutalne rozsiewu otoczków spłaszczonych (wykresy IV, fig. 2—9).

Większość krzywych jest ekscentryczna względem *ac*. Ich kosość spowodowana została bądź morfologią podłoża, bądź też lokalnymi prądami w korycie rzecznej. Wpływ tych ostatnich czynników analizował J. Schlee (1957).

Na podstawie krzywych azymutalnych można stwierdzić, że szczyty krzywych, jak i maksima na diagramach kolistych, nie zawsze wskazują kierunek transportu. Maksima odpowiadają modalnej, tj. tej klasie azymutów, w której notuje się najwięcej spostrzeżeń. Jak wynika z przedstawionych przykładów, średnia arytmetyczna, a na drugim miejscu mediana,

w zdecydowanej większości przypadków przedstawiają wartość leżącą najbliżej rzeczywistego kierunku przemieszczania (por. tab. 1).

Średnia arytmetyczna (lub mediana uporządkowanego szeregu statystycznego) zbliża się do płaszczyzny symetrii. Zatem wartość tę można w jednoskośnym diagramie wyznaczyć synoptycznie, zamiast poszukiwać jej drogą obliczeń. Płaszczyzna symetrii rozpatrzona łącznie z uprzywilejowaną orientacją osi *C* spłaszczonych składników będzie wektorem transportu dla większości rzecznych nanosów. Azymut nachylenia osi *C* informuje w takich przypadkach o kierunku przemieszczania. Ten rodzaj uporządkowania osi *C* otoczków określam jako konsekwentny. W pewnych okolicznościach, gdy depozycja zachodzi na pochylonym podłożu (fig. 9) sytuacja ulega zmianie. Przypadki takie rozpatrzę w dalszym ciągu pracy.

Ułożenie osi *A* nie wykazuje jakiegokolwiek regularności. Zdania autorów na ten temat są jednak podzielone. Jedni (Becker 1893, Fraser 1935, Twenhofel, 1939) uważają, że większość wydłużonych składników układa się prostopadle do prądu, inni natomiast (Johnston 1932, Krumbein 1940, 1942), że przeważa równoległe ich uporządkowanie. Z diagramów kolistych i krzywych azymutalnych wynika, że osie *A* otoczków zajmują obydwie pozycje, aczkolwiek położenie prostopadłe względem prądu zdaje się być bardziej uprzywilejowane. Podobne obserwacje przytaczają i inni autorzy na podstawie badań żwirów współczesnych (Dargewicz 1956, Unrug 1957). Prócz tego część otoczków ustawia się pod kątem w stosunku do prądu. Wyniki przypominają najbardziej dane uzyskane eksperymentalnie (Kind, Kucharenko, 1948). Osie *A* ustawione równoległe lub skośnie do prądu nachylają się zazwyczaj pod prąd, natomiast składniki prostopadle ułożone spoczywają prawie poziomo. Deseń diagramu wyznacza pierścień, którego symetralna odpowiada w przybliżeniu kierunkowi przemieszczania.

ORIENTACJA OTOCZAKÓW W ZLEPIEŃCACH KOPALNYCH

Materiał obserwacyjny dotyczący ułożenia otoczków w zlepieńcach kopalnych zebrano z utworów młodopaleozoicznych niecki śródsudeckiej. Zanalizowano zlepieńce czerwonego spągowca, górnego i dolnego karbonu. Niżej omówię wyniki tych badań.

CZERWONY SPĄGOWIEC

Na figurach 10—15 (odkrywki 14—24) przedstawiono wyniki pomiarów zebrane w 11 od-

dzielnych odkrywkach, które oznaczono kolejnymi numerami 14—24. Odkrywki 14—17 znajdują się w zlepieńcach czerwonego spągowca, 18—21 w zlepieńcach stefańskich polskiej części niecki śródsudeckiej, natomiast odkrywki 22—24 znajdują się w arkozie zaltmańskiej wchodzącej w skład piętra stefańskiego po stronie czeskiej. Przykłady z czerwonego spągowca zebrano w stratygraficznie różnych poziomach zlepieńcowych.

Nr odkrywki	Okres tworzenia się osadu	Rzeczywisty kierunek przemieszczenia w stopniach				Indeksy statystyczne azymutu nachylenia osi C w stopniach				Kąt nachylenia płaszczyzny AB otoczków w stopniach		Azymut i kąt nachylenia płaszczyzny wyznaczonej przez osie A otoczków		Kierunek przemieszczenia wynikający z ułożenia otoczków		Symetria uporządkowania	Kąt między płaszczyzną symetrii diagramu osi C i symetryczną pierścienia osi A	Mediana osi A w cm (MeA)	Mediana obrotowania (MeO)	Upakowanie (U)	Przeciętny skład petrograficzny > 70%	
		a	X	Me	Mo	os C	os A	osi C	osi A													
1	w s p ó ł c z e s n y	55	63	57	62	18	—	63	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2		80	64	55	52	16	—	64	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3		337	339	334	341	25	—	339	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4		337	346	348	10	35	—	346	—	jedn. zab.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs	
5		355	354	345	338	25	170/25	354	350	jednoskośna	jednoskośna	4	7,30	1,69	1,28	—	—	—	—	—	gnejs	
6		?	336	335	300	24	156/15	336	336	jednoskośna	trójskośna	0	7,10	1,62	0,90	—	—	—	—	—	gnejs	
7		345	10	10	355	10	—	10	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs	
8		17	14	20	22	18	—	14	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs	
9		22	24	22	65	18	—	24	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs	
10		45	48	34	30	20	—	48	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs	
11		100	99	99	100	33	—	99	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs	
12		345	342	338	330	13	150/16	342	327	jednoskośna	jedn. zab.	15	—	—	1,03	—	—	—	—	—	porfir	
13		?	11	18	37	34	188/20	11	8	jednoskośna	jedn. zab.	3	5,28	0,88	0,74	—	—	—	—	—	porfir	
13a	?	215	100	145	18	347/18	215	167	jednoskośna	jednoskośna	48	6,90	0,82	0,86	—	—	—	—	—	porfir		
14	s t e f a ń s k o - d o l n o p e r m s k i	—	—	—	—	20	—	20	—	trójskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	kwarc + kwarcyt		
15		—	—	—	—	10	—	124	—	trójskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	kwarc + kwarcyt	
16		—	—	—	—	12	—	360	—	ślaba jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	czerwony piaskowiec	
17		—	—	—	—	15	—	360	—	jednoskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	kwarc + wapień krystaliczny	
18		—	—	—	—	42	155/24	332	335	ślaba jednoskośna	trójskośna	3	6,80	1,81	0,47	—	—	—	—	—	—	kwarcyt + gnejs + szarogłaz + porfir
19		—	—	—	—	10, 23, 28	136/30	320	316	trójskośna	jednoskośna	—	5,60	1,59	0,31	—	—	—	—	—	—	gnejs + porfir
20		—	—	—	—	25	258/10	67	78	trójskośna	trójskośna	—	—	—	0,35	—	—	—	—	—	—	porfir + kwarcyt + kwarc

21	n a m u r s k o - w e s t a l s k i	—	—	—	—	30	237/15	90	57	jednoskośna	trójskośna	33	—	1,36	0,71	—	—	—	—	—	kwarc + lityt			
22		—	—	—	—	18	—	80 (obsek.)	—	trójskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
23		—	—	—	—	0	—	?	—	rombowa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
24		—	—	—	—	17	—	79 (obsek.)	—	trójskośna	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
25		—	—	—	—	42	90/44	284	270	jednoskośna	jednoskośna	14	4,55	1,73	0,90	—	—	—	—	—	—	kwarc + kwarcyt		
26		—	—	—	—	6	133/14	210	313	jednoskośna	trójskośna	3	—	1,63	0,24	—	—	—	—	—	—	kwarc + kwarcyt		
27		—	—	—	—	10	140/20	303	320	jednoskośna	trójskośna	17	—	2,18	0,66	—	—	—	—	—	—	kwarcyt + kwarc		
28		—	—	—	—	12	188/15	355	8	jednoskośna	trójskośna	13	7,10	2,52	0,63	—	—	—	—	—	—	kwarcyt + kwarc		
29		—	—	—	—	32	260/20	78	80	jednoskośna	jednoskośna	2	5,31	0,87	0,37	—	—	—	—	—	—	kwarc		
30		—	—	—	—	20	305/26	141	125	jednoskośna	jednoskośna	16	—	—	0,32	—	—	—	—	—	—	kwarc		
31	d o l n o k a r b o Ń s k i	—	—	—	—	0	142/0	?	⊥ A	ślaba jednoskośna	rombowa	0	5,23	1,86	0,16	—	—	—	—	—	—	paleowulkany kwaśne i zasadowe + szarogłaz + kwarc		
32		—	—	—	—	10	336/3	?	⊥ A	jednoskośna	rombowa	0	—	—	0,60	—	—	—	—	—	—	—		
33		—	—	—	—	3	40/0	?	⊥ A	ślaba jednoskośna	rombowa	0	6,10	2,24	0,35	—	—	—	—	—	—	—	szarogłaz + kwarcyt + lupki krzemionkowe	
34		—	—	—	—	7	124/6	?	⊥ A	rombowa	rombowa	0	—	2,24	0,35	—	—	—	—	—	—	—	zasadowe paleowulkany + szarogłazy + lupki ilaste	
35		—	—	—	—	0	125/0	?	⊥ A	ślaba jednoskośna	rombowa	0	—	1,80	0,18	—	—	—	—	—	—	—	—	kwarc + kwarcyt + lupki krzemionkowe
36		—	—	—	—	20	12/8	?	⊥ A	ślaba rombowa	rombowa	6	—	2,45	0,34	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs
37		—	—	—	—	18, 12	327/0	?	⊥ A	ślaba jednoskośna	rombowa	4	—	2,68	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—	gnejs
38		—	—	—	—	11	300/10	127	120	jednoskośna	jednoskośna	7	6,30	1,72	0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	lupki ilaste i krzemionkowe szarogłaz + kwarc + zasadowe + paleowulkany
39	—	—	—	—	16, 32	252/30	90	72	jednoskośna	trójskośna	18	5,80	1,92	0,44	—	—	—	—	—	—	—	—	zasadowe paleowulkany + lupki szarogłazowe	
40	—	—	—	—	—	—	?	⊥ A	jednoskośna	rombowa	—	5,23	1,82	0,46	—	—	—	—	—	—	—	—	szarogłazy i lupki	
41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,85	0,52	—	—	—	—	—	—	—	kwarcyt + kwarc	

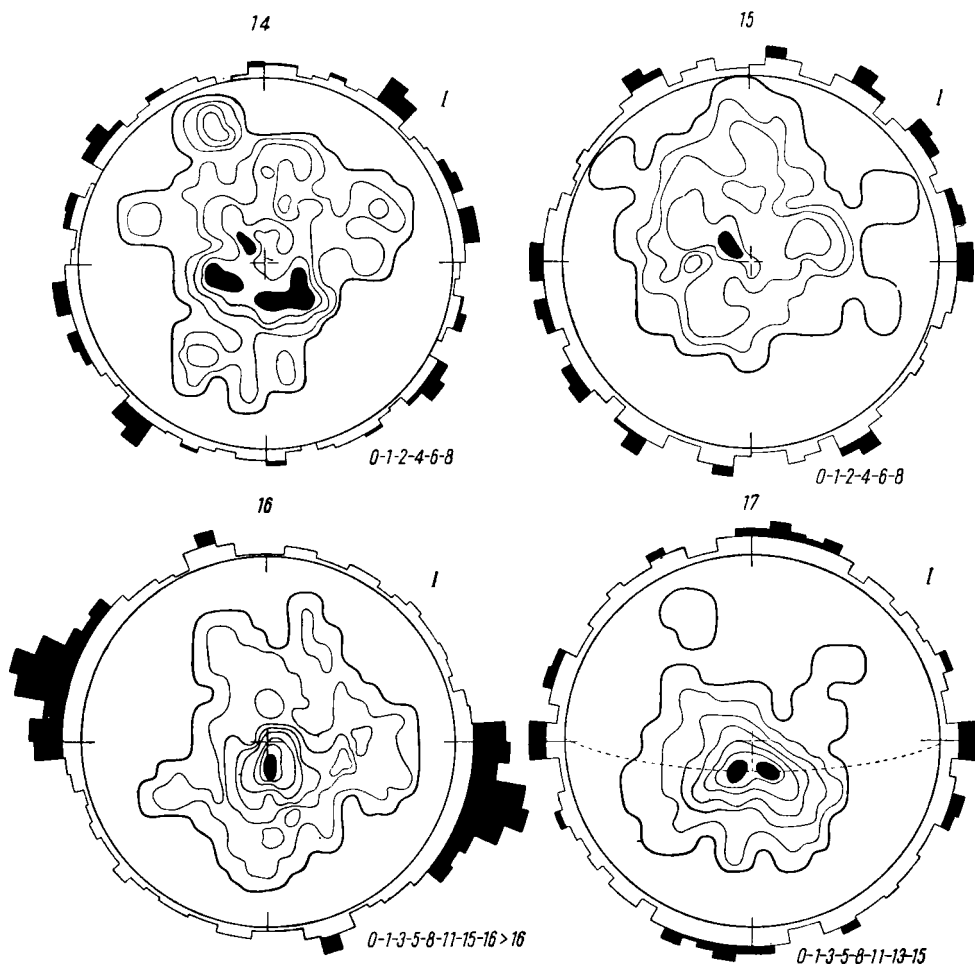


Fig. 10

Orientacja otoczków z utworów czerwonego spągowca
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Permian beds
Explanations given in Figure 2

Orientacja składników zlepieńca kwarcytowego w odkrywce 14 w Świerkach przedstawiona jest na figurze 10. Osad nie wykazuje uławicenia i przemycia. W ułożeniu składników brak regularności. Osie C otoczków tworzą na diagramie dość zawły deseń wskutek głębokich zatok rozdzielających pola o stosunkowo wysokich koncentracjach. Zaznaczają się trzy prawie równorzędne maksima osi C nachylone pod kątem 67—70°. Prócz tego widoczne są drobne submaksima rozrzucone po całym prawie diagramie. Diagram wykazuje trójskośną symetrię ze słabymi wpływami symetrii wyższej.

Osie A składników zdradzają trzy uprzywilejowane kierunki. Dwa z nich ustawione pod kątem prostym orientują się względem słabo zaznaczającej się płaszczyzny symetrii dla osi C, trzeci natomiast tworzy z nią kąt zbliżony do 45°.

Orientacja otoczków zlepieńca z Unisławia odsłaniającego się przy szosie Unisław — Wałbrzych przedstawiona jest na diagramie 15*. Zlepieńiec jest średnio uławicony, a składniki często tkwią pojedynczo w piaskowcu.

Z diagramu wynika, że osie C otoczków układają się w sposób wielce dowolny, w związku z czym deseń diagramu przypomina rysunek poprzedni. Maksimum osi C nachylone jest pod kątem 80°, a dwa submaksima wykazują nachylenie 60°.

W ułożeniu osi A podobnie jak i osi C nie można stwierdzić uprzywilejowania wskutek czego diagram ma budowę trójskośną.

Lepszą nieco prawidłowość w ułożeniu składników dostrzega się w zlepieńcu z poziomu

* Numery diagramów odpowiadają numerom odkrywek.

piaskowca budowlanego w okolicy Ludwikowic Kłodzkich (fig. 10, 16). Osad jest równoległe warstwowany, ze śladami przemycia. Deseń diagramu osi C w ogólnych zarysach przypomina rysunki poprzednie. Większość dyskoidalnych składników grupuje się w wyraźne maksimum o nachyleniu osi C wynoszącym 80° . Submaksimum powoduje zaburzenie jednooskośnej symetrii, tak że w ostateczności diagram ma budowę trójskośną.

Osie A wyznaczają jedno maksimum ułożone skośnie względem uprzywilejowanej orientacji przekrojów AB otoczków. Uporządkowanie otoczków w omawianym odsłonięciu przypomina układ składników w przybrzeżnych partiach żwirowisk potoków współczesnych.

Diagram 17 przedstawia orientację otoczków w fanglomeracie z Radkowa w pobliżu miejscowości o tej samej nazwie. Zlepieniec jest równoległe warstwowany i przemyty, ze słabo zaznaczoną oddzielnością międzylawicową. Deseń diagramu osi C nie odbiega w tym przypadku od rysunków uzyskanych ze żwirów współczesnych. Osie C wyznaczają dwa jednoznaczne maksima nachylone pod kątem 77° . Diagram ma jednooskośną symetrię. Dłuższe osie otoczków układają się w dwu zdecydowanie prostopadłych kierunkach, z których jeden pokrywa się z płaszczyzną symetrii diagramu osi C.

UTWORY STEFAŃSKIE

Diagram 18 (fig. 11) przedstawia układ otoczków w zlepięncu odsłoniętym w rowie poszukiwawczym w okolicy Woliborza. Osad nie wykazuje ani warstwowania, ani uławicenia. Brak jest również oznak sortowania. Liczba upakowania wynosi 0,47. Deseń diagramu osi C jest zawyły, z płasko nachylonym maksimum (48°) i w przeciwną stronę zwróconym submaksimum (85°). Układ wykazuje trójskośną symetrię.

Osie A grupują się w pola wyznaczające pierścień nachylony pod kątem 24° . Symetria diagramu zbliża się do jednooskośnej. Jeśli przyjmie się, że transport przebiegał ku północnemu zachodowi równoległe do płaszczyzny symetrii diagramu (co wydaje się możliwe i słuszne) wówczas widać, że w orientacji osi A nie ma zasadniczej różnicy w porównaniu do żwirów współczesnych. Większość składników ustawia się prostopadle do kierunku przemieszczania, a część jest doń równoległa i skośna. Jeśli chodzi o rekonstrukcję kierunku transportu, to zaznaczyć należy, że w omawianym przypadku korzystniejsze jest wnioskowanie na podstawie orientacji osi A. Płaszczyzna symetrii tego diagramu pokrywa się z głęboką zatoką diagramu osi C, która jest optyczną (nie ważoną) symetralną całego pola.

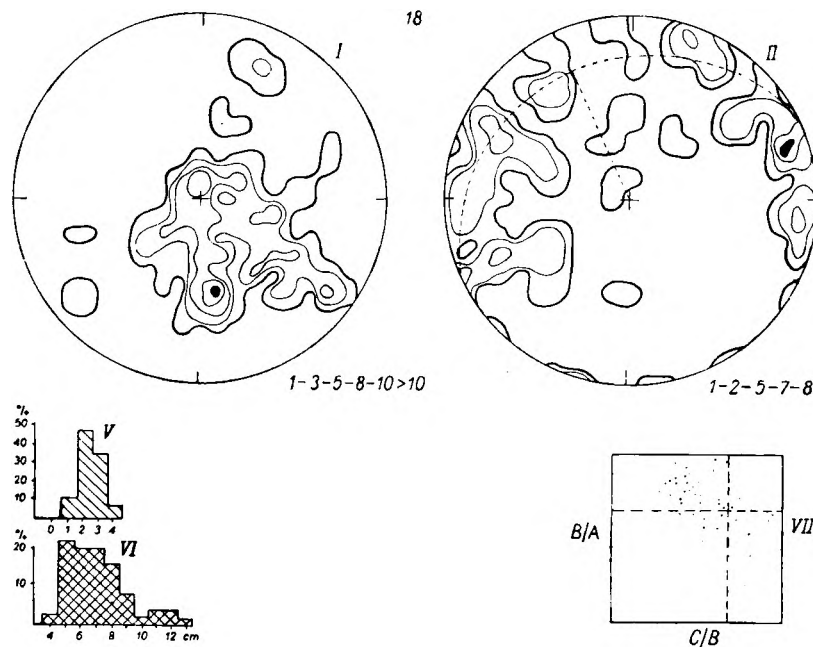


Fig. 11

Orientacja otoczków z utworów stefañskich
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Stephanian beds
Explanations given in Figure 2

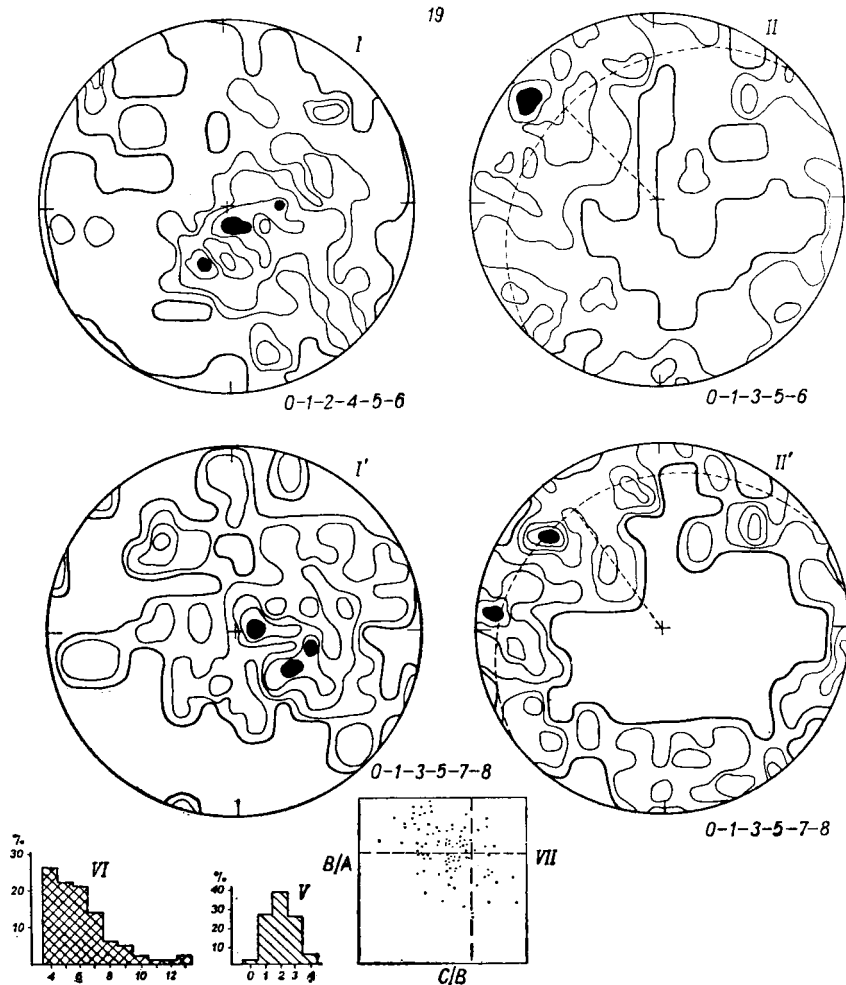


Fig. 12

Orientacja otoczków z utworów stefiańskich
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Stephanian beds
Explanations given in Figure 2

Odkrywka 19, w pobliżu Nowej Rudy dostarczyła danych dotyczących orientacji otoczków w zlepieńcach tam odsłoniętych. Zlepieńce te tworzą jedną grubą ławę, podścieloną laminowanym płytowym piaskowcem pokrytym odlewami szczelin z wysychania. Zlepieńce osadzone zostały najprawdopodobniej w jakimś epizodycznym akcie, gdyż brak w nich warstwowania, wymycia drobniejszego materiału i uławiczenia. Już na pierwszy rzut oka zauważyć można, że grubsze składniki rozmieszczone są w masie żwirowo-piaszczysto-gliniastej raczej chaotycznie. Upakowanie jest nieznaczne i wynosi 0,31.

Diagramy ułożenia otoczków wskazują na brak uprzywilejowanej orientacji (fig. 12, I, II). Deseń diagramu osi C jest niejednorodny,

z licznymi i głębokimi zatokami. Trzy maksima położone są względem pozostałej części diagramu raczej symetrycznie. Kąt nachylenia największego z nich wynosi 81° , pozostałe zaś nachylone są pod kątem 63 i 65° . Pewna część spłaszczonych otoczków wykazuje strome ustawienie. Diagram ma symetrię trójskośną.

Osie A składników ułożone są w ten sposób, że maksimum pokrywa się z płaszczyzną symetrii diagramu, a submaksima są względem niej zorientowane prostopadle i skośnie (fig. 12, II). Kąt nachylenia osi A jest zróżnicowany. Maksimum ma wyraźnie mniejszą wartość (13°), w porównaniu z nachyleniem pierścienia wyznaczonego przez submaksima (30°). Lepsza prawidłowość w ułożeniu osi A wyraża się słabo zaznaczoną symetrią jednoskośną.

O kierunku transportu materiału osadowego w omawianej odkrywce wnioskować można na podstawie obydwu diagramów, przy czym, jak się wydaje, korzystniejszy jest diagram osi A. Przemieszczanie sedymentu zachodziło w kierunku północno zachodnim, wskazuje nań symetralna pierścienia wyznaczonego przez submaksima osi A.

Dla odkrywki 19 sporządzono również diagram z selektywnych pomiarów. Ilość obserwacji konieczną dla otrzymania jednoznacznego obrazu należało podnieść do 50. Przy mniejszej ilości pomiarów diagram okazał się wieloznaczny. Diagramy wykonane z pomiarów selektywnych (fig. 12, I', II') nie różnią się zasadniczo od poprzednich tak pod względem zarysu jak i symetrii. Należy podkreślić, że pewna część otoczków ma tendencję nachylania, się z prądem. Dotyczy to zarówno osi C jak i A. Podobne zjawisko, chociaż nieco słabiej, zaznaczało się również na diagramach omówionych poprzednio (fig. 12, II).

Diagram 20 (fig. 13) przedstawia ułożenie otoczków w zlepieniu odsłoniętym nad Włodzicą poniżej kopalni Piast w Nowej Rudzie. Osad różni się od poprzednio omówionego je-

dynie składem petrograficznym. W przewodzie występują tu otoczki porfirów. Ułożenie otoczków zwłaszcza spłaszczonych wydaje się być bardziej regularne, czego nie można zauważyć przy bezpośrednich obserwacjach. Diagram osi C wykazuje nieznaczne zatoki i jedno maksimum nachylone pod kątem 65° (fig. 13, I).

Osie A zajmują peryferyczną część diagramu, wyznaczając cztery maksima (fig. 13, II). Obydwa diagramy mają symetrię trójskośną. Kierunek przemieszczania sedymentu można w przybliżeniu określić na podstawie obydwu diagramów. W czasie transportu, który prawdopodobnie skierowany był od zachodu, większość osi A otoczków układała się mniej więcej równoległe do kierunku przemieszczania. Kąt nachylenia dłuższych osi składników jest nieduży, a część z nich zwrócona jest nawet zgodnie z prądem. Zjawisko powyższe spowodowane mogło być dwiema przyczynami: słabym upakowaniem i nachyleniem podłoża. Wartość upakowania wynosi tu 0,35. Jeśli porówna się upakowanie z odkrywki poprzedniej (19), gdzie wyrażało się ono jeszcze niższą wartością (0,31), wówczas można wnioskować, że w odkrywce 20 czynnikiem decydującym mu-

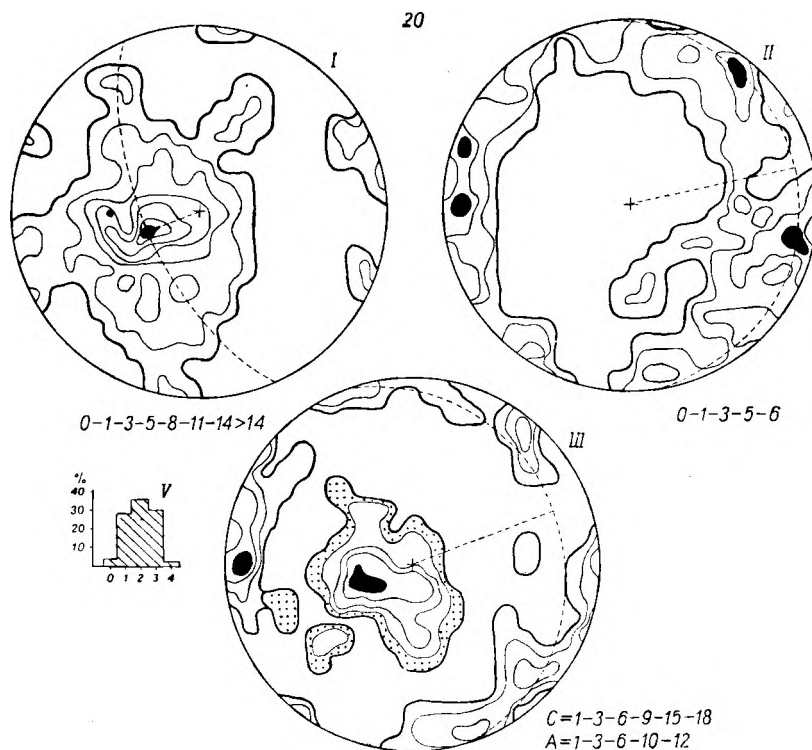


Fig. 13

Orientacja otoczków z utworów stefiańskich
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Stephanian beds
Explanations given in Figure 2

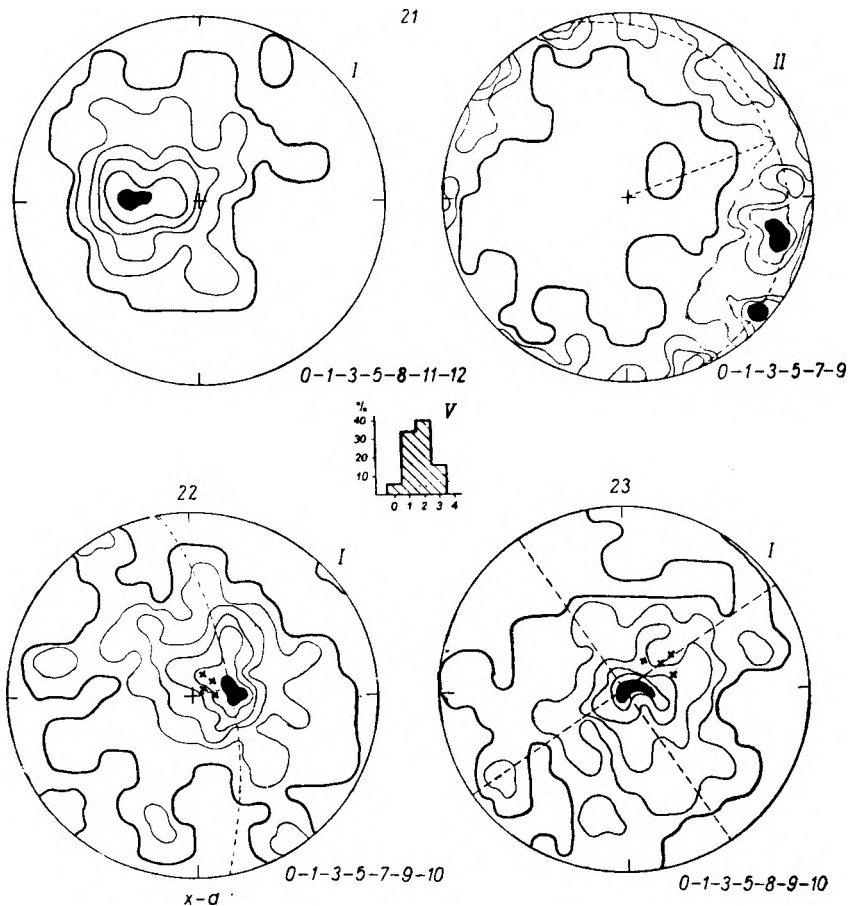


Fig. 14

Orientacja otoczków z utworów stefañskich

Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Stephanian beds

Explanations given in Figure 2

siało być nachylone podłoże, a niskie upakowanie spotęgowało efekt.

Dla odkrywki 20 sporządzono również diagram oparty na selektywnych pomiarach (fig. 13, III). Osie C wskutek niewielkiego rozsiewu grupują się tu w sposób wyraźniejszy od osi A. Jednak ani symetria, ani zasadniczy desień diagramów nie uległy zmianie.

Diagram 21 przedstawia ułożenie otoczków w zlepieńcu okolic Glinnika w pobliżu Wałbrzycha. Zlepieńce są średnioziarniste, równolegle warstwowane i wyraźnie przemyte. Mierzono otoczki o wymiarach dłuższej osi w granicach 3,5—8 cm, średnio 4 cm. Obydwa diagramy (fig. 14, 21, I, II) nie różnią się zasadniczo od rysunków uzyskanych w żwirach współczesnych. Osie C grupują się w polu dającym jedno maksimum nachylone pod kątem 60° . Osie A wyznaczają pierścień nachylony pod kątem 15° . Obydwa diagramy mają jednoskoś-

ną symetrię, nieco słabiej zaakcentowaną w ułożeniu osi A. Płaszczyzny symetrii obu diagramów tworzą z sobą kąt 20° .

Diagramy 22—24 ilustrują ułożenie otoczków, występujących w pokładach zlepieńcowych arkozy żałtańskiej (CSRS). Obserwacje zebrałem w 1959 r. w czasie pobytu w Czechosłowacji*.

Spostrzeżenia z terenu Czechosłowacji są cenne z tego względu, że dokonane zostały w utworach z dobrze rozwiniętym skośnym warstwowaniem. Mierzyłem płaszczyznę AB otoczków większych od średnich, które rozrzucone były w obrębie skośnie warstwowanych

* Pragnę złożyć podziękowanie dr R. Táslarowi i dr F. Valinowi, pracownikom Instytutu Geologicznego w Pradze, którzy w terenie wprowadzali mnie w problematykę geologiczną południowo-zachodniego skrzydła niecki śródsudeckiej.

ławic. Już w terenie można było zauważyć, że składniki dyskowate swoim największym przekrojem dopasowują się do powierzchni sedymentacyjnej. Kąt nachylenia składników zależny jest od nachylenia skośnych warstewek, a więc i od ich morfologii.

Diagram 22 dotyczy głównie otoczek leżących na powierzchni skośnych warstewek. Większość fragmentów spłaszczonych, nachyla się, w przybliżeniu, w tym samym kierunku co i skośne warstewki. Kąt nachylenia otoczek jest prawie dwukrotnie większy od spadku warstewek. Symetria diagramu jest jednoskośna, co dotyczy otoczek i skośnego warstwowania, z tym, że wektor przemieszczania określony jest przez skośne warstwowanie. Osie C większości składników pochylone są w tym przypadku pod prąd i układ taki określam jako obsekwentny.

Diagram 23 przedstawia orientację otoczek w grubej ławicy zlepieńca leżącego poniżej serii skośnie warstwowanej. Deseń diagramu przypomina niektóre diagramy osi C omówione wcześniej (fig. 10, 16; fig. 11, 18, I; fig. 12, 19, I), z tym że punkt ciężkości przesunięty jest ku centrum diagramu. Otoczki przeważnie spoczywają poziomo. Diagram w przybliżeniu wykazuje symetrię rombowa. W omawianym przypadku orientacja osi C nie informuje o kierunku transportu. Na podstawie stosunku skośnego warstwowania do ułożenia żwirów można sądzić, że depozycja dokonywała się na podłożu o tyle pochylonym, że wpływ wektora grawitacji mógł być kompensowany prądowaniem i składniki zachowały poziome ułożenie.

Diagram 24 ilustruje ułożenie otoczek w zlepieńcu odsłoniętym w pobliżu miejscowości Odolov. W przypadku tym maksimum osi C otoczek grupuje się w pobliżu pierścienia wyznaczonego przez normalne skośnego warstwowania. Jest to drugi przykład obsekwentnego ułożenia osi C względem kierunku prądu. Diagram osi C wykazuje symetrię trójskośną.

Uogólnienia i wnioski. Z omówionych przykładów wynika duże podobieństwo w sposobie ułożenia składników w zlepieńcach dolnopermskich i stefañskich. Dotyczy to zwłaszcza orientacji osi C otoczek spłaszczonych. W ułożeniu tych składników brak regularności. Deseń większości diagramów różni się od deseni żwirów współczesnych, gdyż cechuje go obecność głębokich zatok oraz kilka submaksimów rozrzuczonych na diagramie obok pól niskiej koncentracji. Zarówno w azymutach jak i kątach nachylenia osi C zaznacza się duży rozsiew. Na podstawie diagramu nie zawsze jest możliwa rekonstrukcja kierunku przemieszczania. Symetria większości diagramów jest trójskośna, natomiast tendencję jednoskośnej bu-

dowy otrzymuje się w tych przypadkach, gdy osad w czasie transportu, bądź tuż po depozycji, poddany był działaniu wody płynącej, co ujawnia się warstwowaniem, lepszym sortowaniem i wyraźniejszym uławiczeniem.

Mniej zróżnicowany w stosunku do żwirów współczesnych jest układ osi A. Nieco większe odchylenia obserwuje się w kącie nachylenia tego parametru, natomiast w azymutalnym rozsiewie zaznacza się równomierność ułożenia poprzecznego i podłużnego, rzadziej skośnego względem przypuszczalnego wektora a . Lepsze uporządkowanie osi A wyraża się w dążności do symetrii jednoskośnej.

Porównując diagramy ułożenia składników w omawianych wyżej zlepieńcach z obrazami uzyskanymi ze żwirów współczesnych dochodzę do wniosku, że transport i depozycja sedymentu nie przebiegała w jednakowych warunkach. Jeśli uwzględnić inne jeszcze wskaźniki zawarte w osadzie (szczeliny z wysychania, tropy gadów, kopalne odciski kropel deszczu i wielkie ubóstwo szczątków organicznych) wówczas zgodzić się trzeba, że akumulacja odbywała się w środowisku zbliżonym do pustynnego. Przemieszczanie materiału następować musiało etapami, w okresach większych ulew przy dużych możliwościach transportującego medium. Zewnętrzny wygląd sedymentu pozwala przypuszczać, że chodziło raczej o mieszaninę błotno-żwirowo-blokową. Przejście tego rodzaju masy w stan spoczynku następować musiało z pewnym opóźnieniem co pozwoliło na wyprzedzanie przez front fali powodziowej. Zjawiskiem tym tłumaczyć można by fakt, że w niektórych miejscach „ława” zlepieńca ostro graniczy z drobnoziarnistym nadkładem.

Mechanizm opisanego wyżej przemieszczania odbiega od prawideł znanych przy stałym przepływie wody, co znajduje swój wyraz w uporządkowaniu składników. Jak już nadmienilem, różni się ono od ułożenia składników we współczesnych żwirach rzecznych. Brak też pełnej zgodności z obserwacjami jakie poczynił M. Kürsten (1960), w suchych dolinach południowego Iranu. M. Kürsten, badając układ otoczek w sedymentach epizodycznie przemieszczanych, stwierdził wyraźne dachówkowe uporządkowanie dyskowatych składników, które zapadały pod prąd pod kątem 50° . Osie A składników natomiast ustawały się prostopadle do kierunku transportu.

W opisywanych przeze mnie utworach w odkrywcę nie jest widoczne dachówkowe ułożenie i słabo zaznacza się też ono na diagramie. Kąt nachylenia dyskowatych składników jest duży, chociaż występują również wartości bardzo niskie. Dłuższe osie składników orientują się zarówno prostopadle jak i po-

dłużnie w stosunku do przypuszczalnego kierunku transportu, chociaż wydaje się, że chętniej układają się one równoległe do prądu. Podobne wyniki otrzymał W. C. Krumbein (1940, 1942) badając żwirry powodziowe.

R. Unrug (1957) wyraził pogląd, że w wodzie płynącej, w miarę spadku prędkości, osie A składników ulegają reorientacji z położenia poprzecznego na podłużne. W opisywanych utworach tłumaczenie powyższe jest trudne do przyjęcia, ponieważ wpływ powodujący reorientację odbiłby się natychmiast w samym sedymencie. Wydaje się, że sposób ułożenia składników odzwierciedla swoistą specyfikę przemieszczania, upodabniającą się raczej do kurzawek.

Jeśli chodzi o uporządkowanie otoczków w obrębie serii skośnie warstwianych, to pomiary wskazują, że dyskowate składniki płaszczyzną AB układają się mniej więcej równoległe do powierzchni sedymentacyjnej, nachylając się z nią zgodnie z kierunkiem przemieszczania. Jest to zgodne z poglądami znanymi z literatury (Brinkmann 1955, Kaltenherberg 1956).

UTWORY WESTFALSKIE I NAMURSKIE

Diagramy ułożenia składników w starszych ogniwach stratygraficznych górnego karbonu wykazują duże podobieństwo, co pozwala na łączne ich omówienie.

Diagram 25 (fig. 15, 25, I, II) przedstawia orientację otoczków w zlepieńcu warstw zachlerskich odsłoniętych w niewielkim łomiku na Nowej Kolonii w Wałbrzychu. Pomiary zebrano w grubej i niewarstwowanej ławicy zlepieńca. Wartość upadkowa wynosi 0,90.

Osie C grupują się w zwarte pole tworząc jedno maksimum nachylone pod kątem 45° (fig. 15, 25, I). Maksimum to prawie pokrywa się z normalną dla pierścienia wyznaczonego przez osie A otoczków (fig. 15, 25, II). Oba diagramy wykazują jednoskośną symetrię, nieco lepiej wyrażoną przez osie C. Płaszczyzny symetrii diagramów prawie się pokrywają. Orientacja żwirów przypomina obrazy uzyskane z osadów współczesnych.

Diagramy z odkrywki 26 (fig. 16) ilustrują orientację otoczków zlepieńcowatego piaskow-

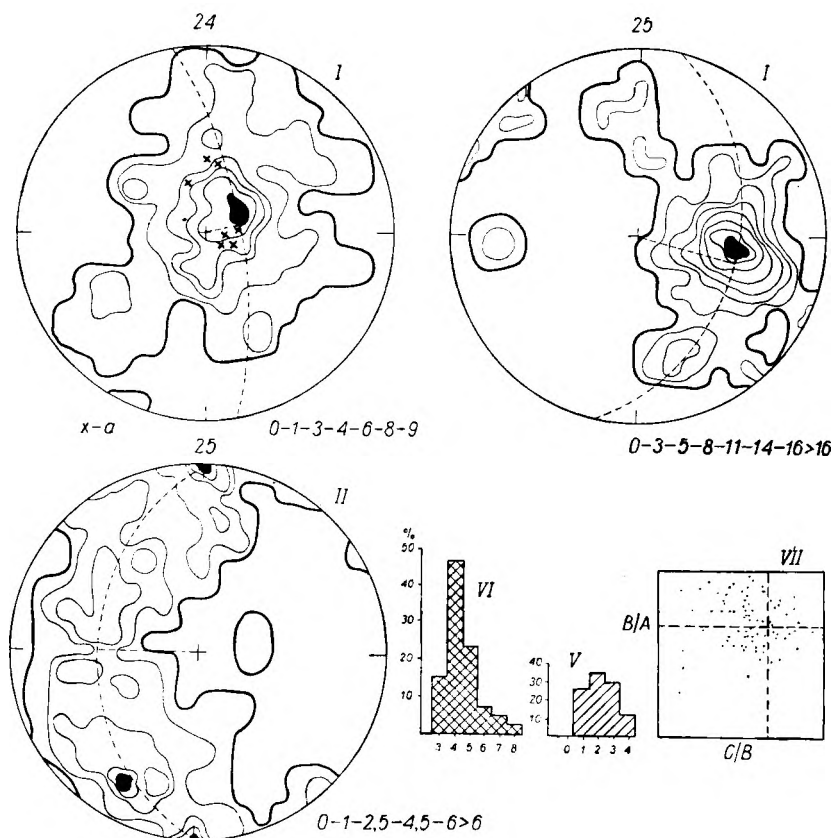


Fig. 15

Orientacja otoczków z utworów westfalu i namuru (diagram 24 odnosi się do utworów stefańskich)

Objaśnienia zamieszczone przy figurze 2

Orientation of pebbles in Westphalian and Namurian beds (diagram 24 relates to the stephanian deposits)

Explanations given in Figure 2

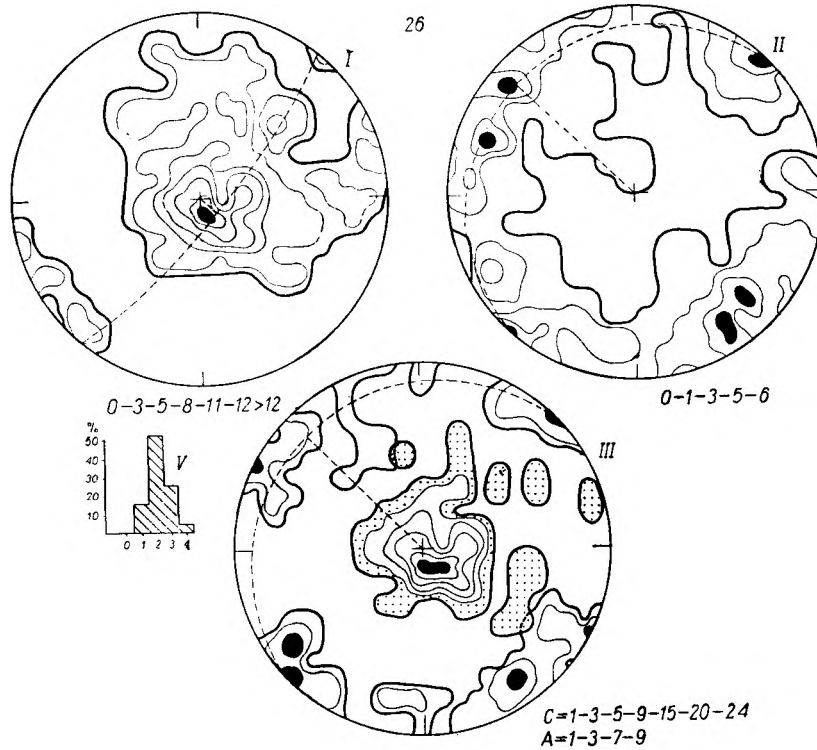


Fig. 16

Orientacja otoczków z utworów westfalu i namuru
 Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Westphalian and Namurian beds
 Explanations given in Figure 2

ca odsłoniętego w starym łomie w Drogosławiu. Odkrywka położona jest w pobliżu granicy warstw stefañskich. W podłożu omawianych warstw zaclerskich leżą brązowe piaszczyste łupki. Utwory, w których przeprowadzono obserwacje nie wykazują uławicenia. Żwiry gromadzą się bądź w postaci smug, bądź też tworzą niegrubą warstwę w osadzie drobniejszym. Wartość upakowania wynosi 0,24.

Osie C wyznaczają wprawdzie jedno maksimum, lecz deseń diagramu przypomina obrazy z utworów stefañskich (fig. 16, I).

W ułożeniu osi A brak również uprzywilejowanej orientacji (fig. 16, II). Jeśli przyjmie się na podstawie obydwu diagramów, że przemieszczanie następowało ku północnemu zachodowi wówczas można wnioskować, że przeważająca część otoczków swą dłuższą osią orientowała się równoległe do wektora a , nachylając się w przeciwne strony. Jest również możliwe, że pierwotny układ otoczków w omawianym miejscu został zaburzony przez inaczej skierowany prąd, powodujący częściową ich reorientację, co ujawnia się trójskością symetrii diagramów. Należy podkreślić, że podobny obraz otrzymałem stosując pomiary selektywne (fig. 16, III).

Diagramy 27 (fig. 17) są przykładem orientacji otoczków w utworach zaclerskich odsłoniętych w starym łomiku w Jugowie. Osad jest równoległe warstwowany lecz grubouławiczny. Pod względem grubości ziarna utwór przypomina podstawowe zlepieńce warstw z Białego Kamienia. Obserwacje przeprowadziłem na otoczkach o osi A w granicach 6—10 cm. Wartość upakowania wynosi 0,66.

Diagramy ułożenia składników przypominają orientację żwirów współczesnych. Pojedyncze maksimum osi C nachylone jest konsekwentnie pod kątem 78° (fig. 17, I). Diagram wykazuje symetrię jednoskośną.

Osie A grupują się w lewej połowie diagramu dając tu jedno maksimum. Pierścień wyznaczony przez koncentrację biegunów, nachylony jest pod kątem 18° (fig. 17, II). Osie A układają się według trójskojnej symetrii. Diagram sporządzony na podstawie pomiarów selektywnych (fig. 17, III), jest zgodny z diagramem opartym na większej ilości spostrzeżeń.

Przykład orientacji otoczków w zlepieńcach białokamięńskich przedstawiono na diagramach z odkrywki 28 (fig. 18). Obserwacje zebrano w odkrywce znajdującej się na wierzchołwie

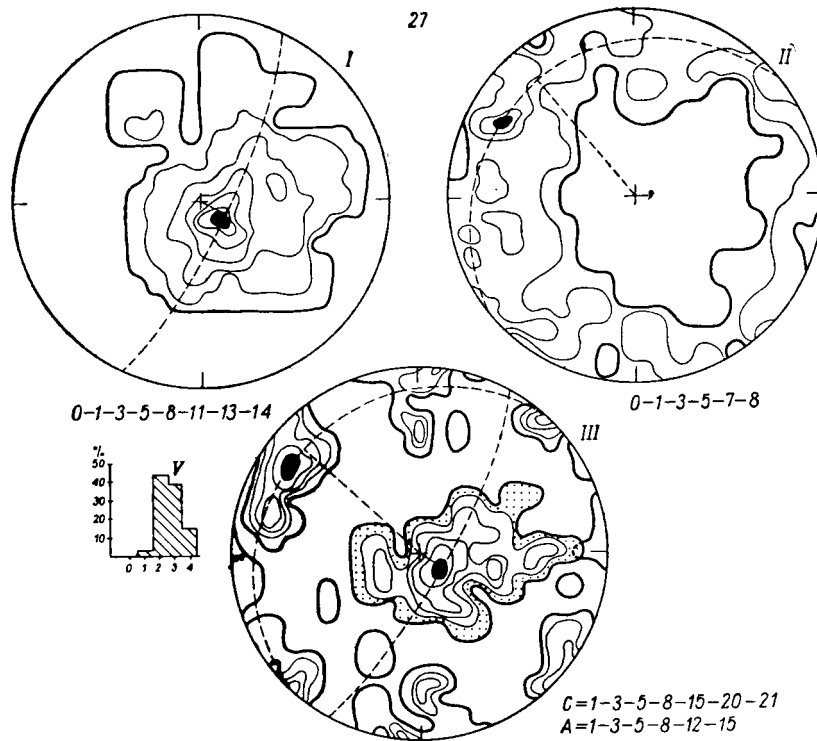


Fig. 17

Orientacja otoczków z utworów westfalu i namuru
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Westphalian and Namurian beds
Explanations given in Figure 2

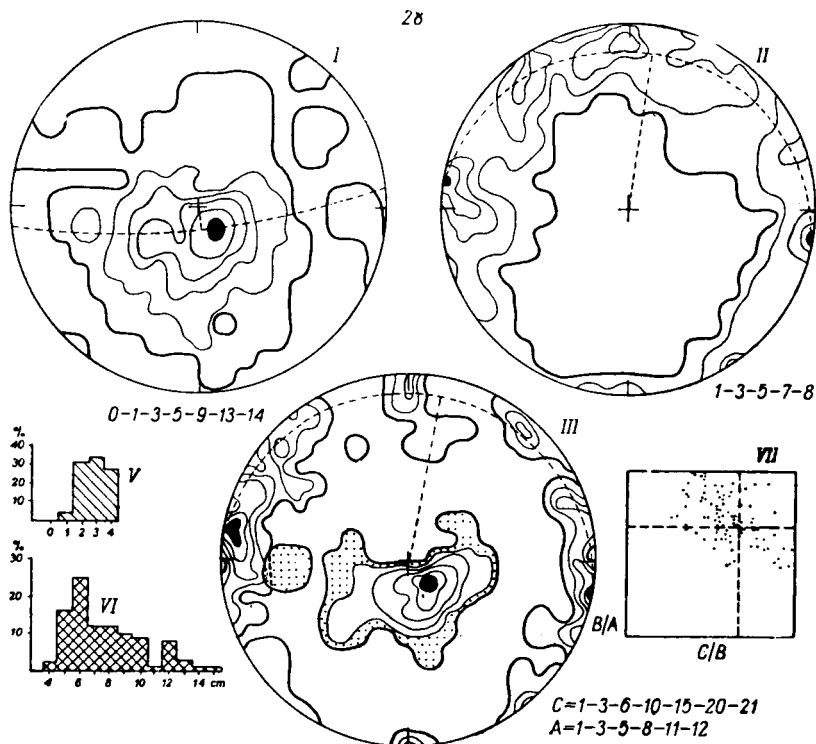


Fig. 18

Orientacja otoczków z utworów westfalu i namuru
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Westphalian and Namurian beds
Explanations given in Figure 2

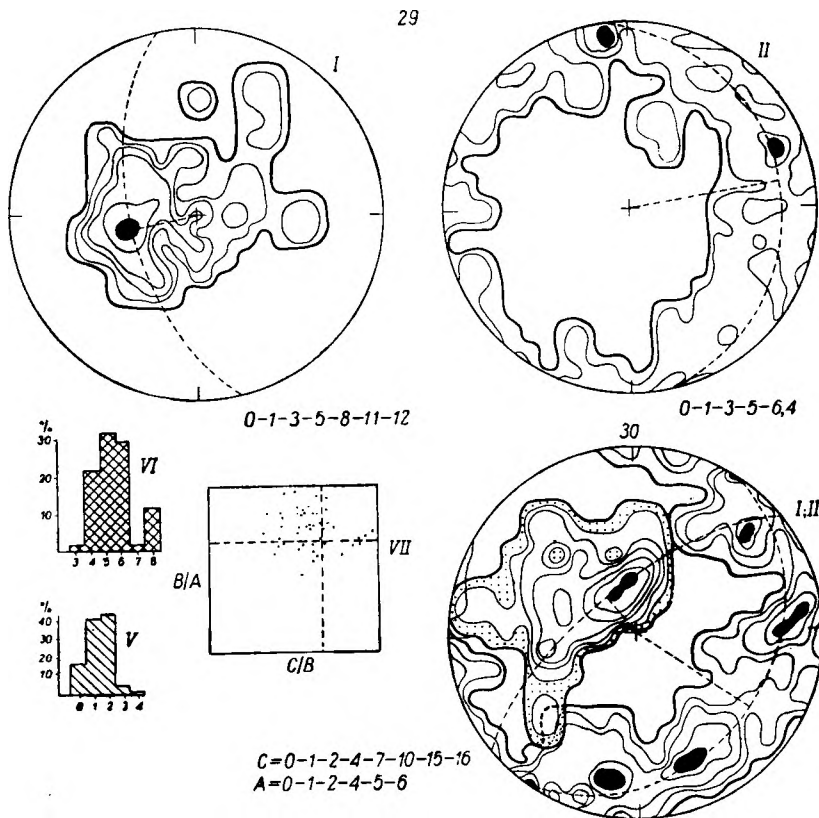


Fig. 19
 Orientacja otoczków z utworów westfalu i namuru
 Objasnienia zamieszczono przy figurze 2
 Orientation of pebbles in Westphalian and Namurian beds
 Explanations given in Figure 2

morfologicznej grzędy należącej do wzgórza Długa. Zlepianiec nie wykazuje warstwowania i uławicenia. Wartość upakowania wynosi 0,63.

Diagramy ułożenia składników przypominają obrazy ze żwirów współczesnych. Wyższe wartości procentowe dla osi C otoczków grupują się w wydłużonym polu. Pierścień poprowadzony przez to pole pokrywa się prawie z kołem zonalnym dla symetralnej pierścienia osi A (fig. 18, I, II). Obydwa diagramy mają symetrię jednoskośną. Kąt utworzony przez płaszczyznę symetrii obu diagramów wynosi 11° , tak że wektor a może być określony z dużą dokładnością. Zgodne wyniki uzyskałem posługując się mniejszą ilością pomiarów (fig. 18, III).

Diagram 29 (fig. 19) przedstawia orientację otoczków w zlepiancach warstw wałbrzyskich odsłoniętych w postaci odizolowanej skałki na północ od Czarnego Boru. Zlepianiec wykazuje słabo widoczne równoległe warstwowanie i oznaki przemycia. Wartość upakowania wynosi 0,37. Diagramy sporządziłem na podstawie mniejszej ilości pomiarów, jednakże wykazują one dużą prawidłowość i mogą być interpretowane w sposób jednoznaczny.

Osie C i A układają się według symetrii jednoskośnej. Maksimum osi C prawie pokrywa się z normalną pierścienia osi A wyznaczonego przez większe zagęszczenie tego parametru (fig. 19, 29, I, II). Obydwa diagramy nie różnią się od diagramów orientacji żwirów współczesnych.

Ostatnim przykładem orientacji żwirów w zlepiancach warstw wałbrzyskich jest diagram 30. Dotyczy on odsłonięcia położonego 625 m na wschód od dworca kolejowego Wałbrzych Miasto. Obserwacje zredukowałem tu do 50 pomiarów osi C i A. Diagramy wykazują jednoskośną symetrię, a kąt utworzony przez płaszczyznę symetrii obu diagramów wynosi 16° . Z diagramów łatwo jest wnioskować o kierunku przemieszczania. Jeśli chodzi o uporządkowanie składników, zlepianca, to należy zaznaczyć, że i tutaj widoczna jest analogia z orientacją żwirów współczesnych.

Uogólnienia i wnioski. Uogólniając spostrzeżenia dotyczące orientacji otoczków w starszych (od stefanu) utworach karbonu górnego można wskazać na duże podobieństwo ze żwirami osadzonymi współcześnie. Pomijając

drobne odstępstwa — na które składa się wiele różnorodnych przyczyn nie zawsze możliwych do uchwycenia i prawidłowej oceny — można przypuszczać, że transport i depozycja omawianych osadów przebiegały w warunkach o tyle podobnych, że decydującym czynnikiem w przemieszczaniu materiału był normalny transport rzeczny. Odbiciem zbliżonej dynamiki przemieszczania sedymentu jest duża prawidłowość w ułożeniu składników wyrażająca się jednoskością symetrią budowy.

UTWORY DOLNEGO KARBONU

Górnokarbońskie serie osadowe w niecce śródsudeckiej na znacznych obszarach leżą na utworach karbonu dolnego. W celu uzyskania pełniejszego obrazu paleogeograficznego obserwacje rozszerzyłem również na osady dolnokarbońskie. Podczas prac zebrałem materiał mający pewne znaczenie przy rozpatrywaniu genezy niektórych serii zlepieńcowych dolnego karbonu. Prócz tego wyłonił się aspekt natury metodycznej.

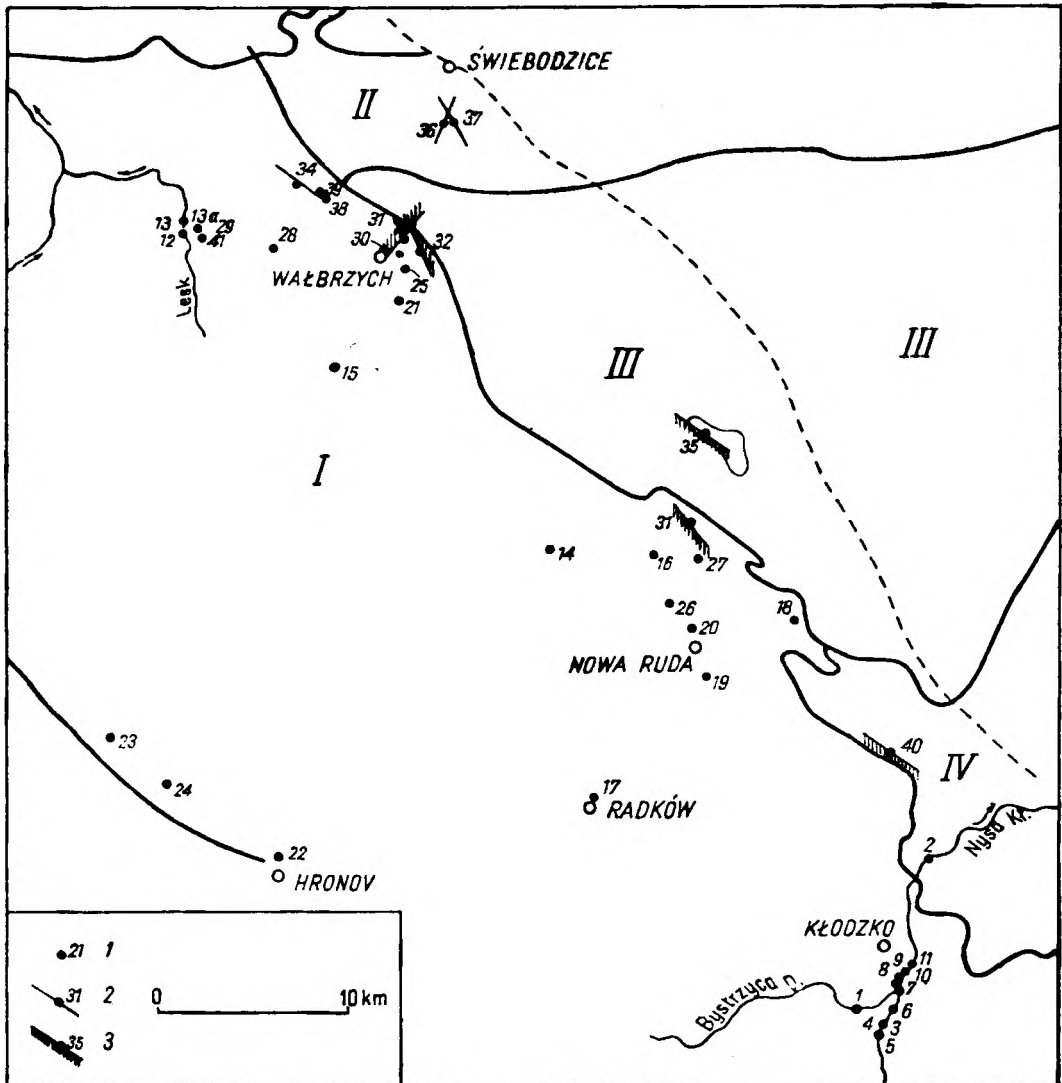


Fig. 20

Szkic sytuacyjny rozmieszczenia odkrywek omawianych w tekście

I — niecka śródsudecka, II — depresja Świebodzice, III — blok gnejsowy Gór Sowich, IV — Góry Bardzkie, 1 — odkrywki, 2 — linia brzegowa ówczesnego morza, 3 — lądowa część brzegu morskiego (zakreskowana)

Distribution of outcrops mentioned in the text

I — Middle Sudectic Basin, II — Świebodzice depression, III — gneissblock of the Sowie Mts.; IV — Bardzkie Mts., 1 — exposures, 2 — sea shore line of an ancient sea, 3 — continental part of an ancient shore (dotted)

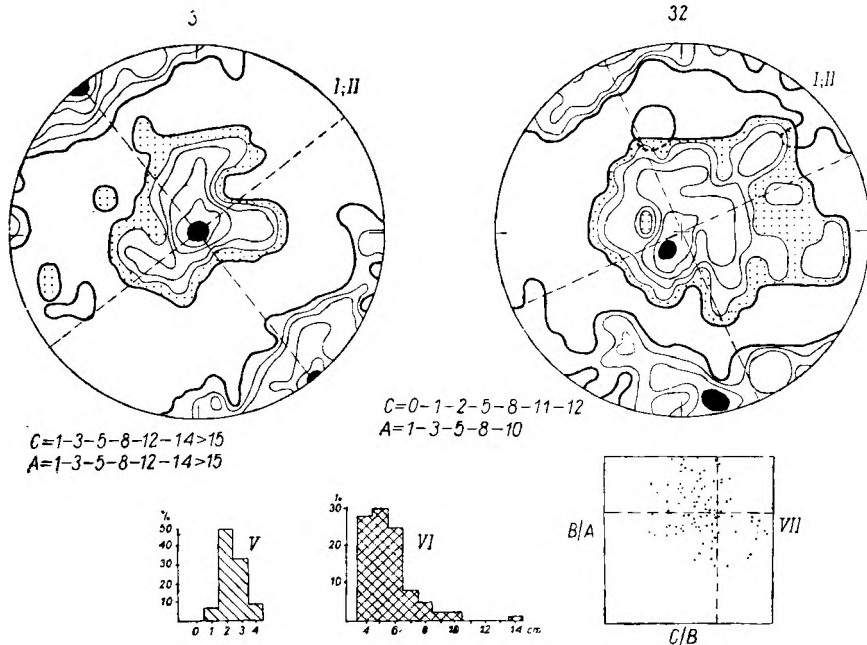


Fig. 21

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu

Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2. Diagramy V, VI, VII odnoszą się do odkrywki 31

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds

Explanations given in Figure 2. Diagrams V, VI, VII relates to exposure 31

Przed przystąpieniem do krótkiej charakterystyki uzyskanych wyników nadmienię jeszcze, że obserwacje ułożenia składników w zlepieńcach dolnokarbońskich z konieczności rozszerzyłem nieco poza ramy niecki śródsudeckiej (fig. 20). Jednak niezależnie od obszaru otrzymałem daleko idącą zgodność obrazów. Przeważająca większość badanych utworów różni się od omówionych dotychczas.

Figury 21—28 i 30 (odkrywki 31—40) przedstawiają dane dotyczące orientacji otoczków w zlepieńcach dolnokarbońskich, zebrane w trzech odrębnych jednostkach Sudetów Środkowych: w niecce śródsudeckiej (31—34 oraz 38 i 39), w depresji Świebodzic (36 i 37), w płacie dolnokarbońskim z obrębu Gór Sowich (35) oraz w Górach Bardzkich (40).

Diagram 31 przedstawia wyniki pomiarów uporządkowania składników zlepieńca wariolitowego (Dathe 1904), odsłoniętego w okolicy Sokolca w odległości 325 m od ostrego zakrętu drogi Jugów — Dzierżoniów. Osad jest równolegle warstwowany, raczej grubo ulawicony i w miarę przemyty. Wartość upakowania wynosi 0,16.

W ułożeniu osi C stwierdzam wysoki stopień uporządkowania, chociaż centralna pozycja maksimum czyni diagram niezdadnym do rekonstrukcji kierunku transportu. Niższe pola zagęszczeń diagramu układają się wokół ma-

ksimum na kształt śruby, wskutek czego zostaje zaburzona nieco symetria jednoskośna.

Dużo większą regularność uporządkowania wykazują osie A, grupując się na przeciwległych biegunach i przyjmując poziome ułożenie. Układ wykazuje rombową symetrię. Jedna z płaszczyzn symetrii pokrywa się z płaszczyzną symetrii osi C.

Diagram 32 ilustruje ułożenie otoczków w zlepieńcach wariolitowych (Berg 1921), odsłoniętych w postaci skałek na wschodnim zboczu wzgórza Lisi Kamień, niedaleko Wałbrzycha. Charakter osadu niewiele się różni od poprzednio opisanego. Pomierzone zostały otoczki o osi A równej 5—7 cm. Wartość upakowania wynosi 0,60.

Diagramy wykazują duże analogie z poprzednimi, z tym że maksimum osi C przesunęło się na drugą stronę w stosunku do pozostałego pola stwarzając swego rodzaju jego przeciwwagę. Silnie zaznaczony śrubowy deseń diagramu zaburza jednoskośną symetrię.

Osie A orientują się według symetrii rombowej. Jedna z płaszczyzn symetrii pokrywa się z płaszczyzną symetrii dla osi C. Z obydwu diagramów nie można odczytać kierunku prądu, a sam diagram osi C mógłby prowadzić do błędnych wniosków.

Kolejnym miejscem gdzie przeprowadzałem badania ułożenia otoczków była jedna z odkry-

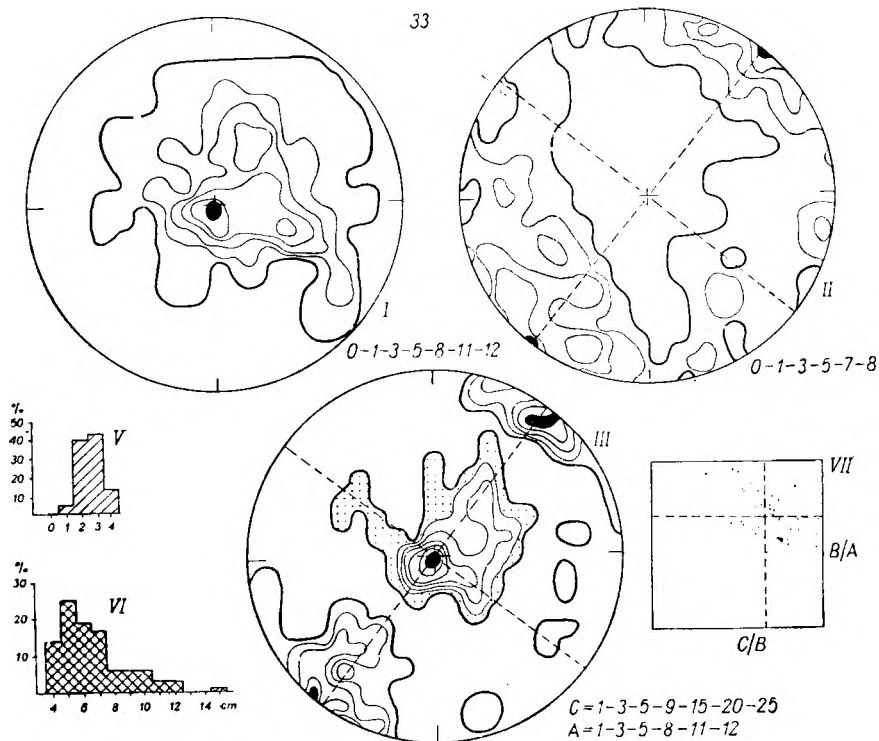


Fig. 22

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds
Explanations given in Figure 2

wiek zlepieńców wariolitowych na południowo-zachodnim zboczu Ptasiej Góry w Wałbrzychu (odkrywka 33). Zlepieńce tu występujące są gruboziarniste i gruboławicowe. Ślady ułwienienia podkreśla czasem cienka wkładka szarogłazu. Przed ostatecznym sporządzeniem diagramu osi C otoczków uwzględniłem nachylenie osi fałdu wynoszące $292/8^\circ$. Poprawki tej nie stosowałem dla osi A gdyż zmiany z tego powodu wynikające są minimalne. Orientację otoczków ilustrują diagramy (fig. 22, I, II, III).

Diagram osi C wykazuje maksimum ułożone ekscentrycznie względem projekcji, oraz nierównorzędne submaksima odsunięte od maksimum ku obwodowi. Diagram wykazuje niewyraźną symetrię jednoskośną.

Osie A wykazują większy rozsiew, chociaż mają tendencję do orientacji poziomej. Diagram II ma symetrię rombową (fig. 22). Wyniki uzyskane przez pomiary selektywne pozostają w zgodności z obserwacjami masowymi, a diagramy są bardziej przejrzyste (fig. 22, III). Wartość upakowania wynosi 0,35.

Diagram 34 przedstawia obserwacje zebrane w zlepieńcach kulmu ze Szczawna (Teisseyre 1952), odsłaniających się na wzgórzu położo-

nym na zachód od stacji kolejowej Wałbrzych Miasto (niem. Geiers B.). Zlepieńce są średnioziarniste i wyraźnie przemyte. Mierzyłem otoczki w granicach 3—6 cm. Wartość upakowania wynosi 0,58.

Osie C wykazują dużą regularność uporządkowania z maksimum przesuniętym w kierunku pierwszego kwadrantu. Niższe wartości procentowe układają się symetrycznie względem maksimum, jednakże z wyraźną tendencją rozszerzania się w kierunku pierwszego i trzeciego kwadrantu (fig. 23, I).

Osie A grupują się w pozostałych kwadrantach dążąc do ułożenia poziomego (fig. 23, II). Obydwa diagramy mają rombową symetrię. Płaszczyzny symetrii obu diagramów pokrywają się. Analogiczne dane otrzymałem z mniejszej ilości pomiarów (fig. 23, III).

Diagram 35 stanowi przykład uporządkowania otoczków wchodzących w skład zlepieńców tworzących wraz z łupkami płat kulmowy leżący na gnejsach sowiogórskich w okolicy Kamionek. Obserwacje zebrałem w kamieniołomie znajdującym się w części zachodniej obszaru. Zlepieńce spoczywają tu na serii łupkowej. Pomiary ułożenia otoczków przeprowa-

dzałem w odległości 0,80—1,0 m od kontaktu z łupkami. Mierzyłem składniki o osi *A* w granicach 5—10 cm. Wartość upakowania wynosi 0,18.

W ułożeniu osi *C* widzi się pewien rozsiew, aczkolwiek w ogólnych zarysach diagram przypomina niektóre rysunki zlepieńców kulmowych (fig. 24, I). Podobieństwo zaznacza się w centralnym położeniu maksimum i odsuniętych od środka submaksymach. Diagram zbliża się do symetrii jednoskośnej.

Osie *A* grupują się na przeciwległych krańcach diagramu wykazując ułożenie poziome. Ułożenie osi *A* orientuje się według symetrii rombowej (fig. 24, II) przy czym jedna z płaszczyzn symetrii w przybliżeniu zgadza się z płaszczyzną symetrii osi *C*. Diagram z selektywnych pomiarów widoczny jest na wykresie III (fig. 24).

W zlepieńcach odkrywki 35 (fig. 24) zachowany jest fragment będący pozostałością ześlizgiwania się nieskonsolidowanego jeszcze sedymentu po nachylonym podłożu. Przemieszczenie to ułatwione było prawdopodobnie przez cienką smugę materiału ilastego odłożonego wśród zlepieńca. Czołowa partia wkładki ilastej

uległa przy tym regularnemu podwinięciu tworząc leżący „fałd” z poziomą osią o azymucie 150—155°. Morfologia „fałdu” wskazuje na ześlizgiwanie się sedymentu w kierunku północnego wschodu. Zatem w wymienionym kierunku zaznaczało się pochylenie powierzchni osadzania. Ponieważ obserwacje nad żwirami przeprowadzałem w bezpośrednim sąsiedztwie ześlizgu, a orientacja otoczków nawiązuje doń w sposób wyraźny, przeto nasuwa się wniosek, że oba zjawiska miały wspólną przyczynę. Należy podkreślić, że oś „fałdu” prawie pokrywa się z ułożeniem osi *A* otoczków. Pod kątem prostym do tej linii pojawia się maksimum i submaksimum osi *C*.

Kolejnym obszarem, leżącym poza niecką śródsudecką w którym studiowano orientację otoczków w zlepieńcach była depresja Świebodzic. Spostrzeżenia zebrane w tym regionie odnoszą się do kulmu z Księżna (Teisseyre 1952), a dotyczą dwu odsłoneń*. Jedno znajduje się w przekopie toru kolejowego Świebodzice — Wałbrzych w miejscu ostrego zakrętu linii kolejowej, drugie natomiast położone jest na

* Obydwa odsłoneńca wskazał mi dr T. Gunia, za co wyrażam Mu podziękowanie.

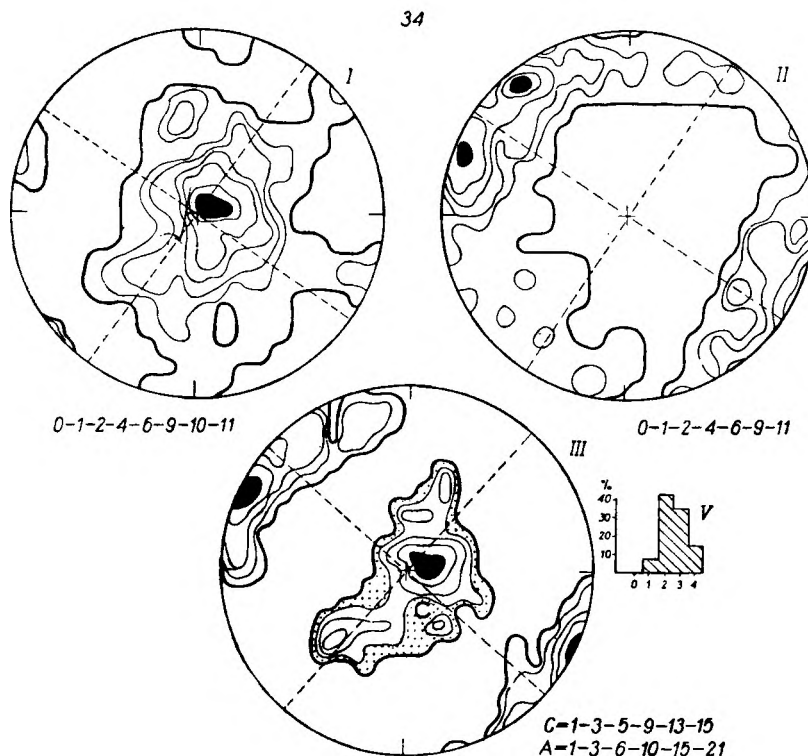


Fig. 23

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds
Explanations given in Figure 2

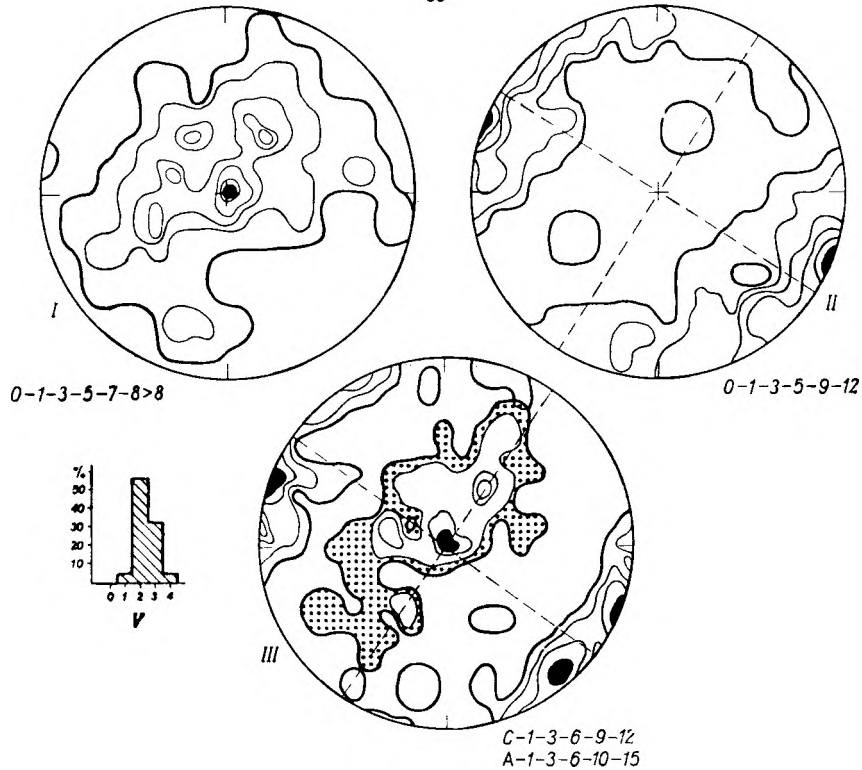


Fig. 24

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu

Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds

Explanations given in Figure 2

południowym zboczu wzgórza Paluch. Serie zlepieńcowe obydwu odkrywek nie stanowią wdzięcznego materiału do przeprowadzania obserwacji orientacji otoczków. Sedymen przedstawia się bowiem jako zwarta i przemieszana masa blokowo-żwirowa sprawiająca wrażenie brekcji osadowej. Brak w niej uławicenia i warstwowania a materiał okruczowy jest silnie zróżnicowany tak pod względem wielkości, stopnia zaokrąglenia jak i orientacji przestrzennej. Charakter taki bardzo wyraźnie zaznacza się w odsłonięciu drugim, chociaż na pierwszy rzut oka obydwie odkrywki można ocenić jako negatywne jeśli chodzi o prawidłowość uporządkowania składników. Bliższe obserwacje wykazują jednak, że składniki mają tendencję do określonej orientacji, przy czym uporządkowanie to w głównych zarysach nie odbiega od poznanego już z utworów dolnokarbońskich.

Orientację składników w odsłonięciu pierwszym (przy zakręcie toru kolejowego) ilustrują diagramy z odkrywki 36 (fig. 25). Mierzyłem otoczki średniej wielkości 8–15 cm. Wartość upakowania wynosi 0,34.

Diagram osi C wykazuje duży rozrzut

zwłaszcza przy niższej procentowości. Wyższe wartości grupują się w pobliżu równika po obydwu stronach środka projekcji (fig. 25, I). Diagram wykazuje tendencję symetrii rombowej.

W ułożeniu osi A widać również duży rozrzut jeśli chodzi o pojedyncze składniki. Wyższe koncentracje grupują się jednak na przeciwnych biegunach stwarzając rombową symetrię uporządkowania (fig. 25, II). Obie płaszczyzny symetrii pokrywają się z odpowiadającymi elementami diagramu osi C. Te ostatnie są bardzo słabo wyrażone.

Diagramy z selektywnych pomiarów (fig. 25, I', II') wskazują na odchylenie płaszczyzn symetrii obu diagramów.

W odsłonięciu drugim (fig. 26), obserwacje ułożenia składników rozszerzyłem na większe pole, co było podyktowane zróżnicowaną frakcją otoczków. Do pomiarów wybierałem elementy w granicach 15–25 cm aczkolwiek pojedyncze ostrokrawędziste bloki znacznie przewyższają podaną wielkość. Wartość upakowania wynosi 0,43.

Diagramy wykazują większe zróżnicowanie

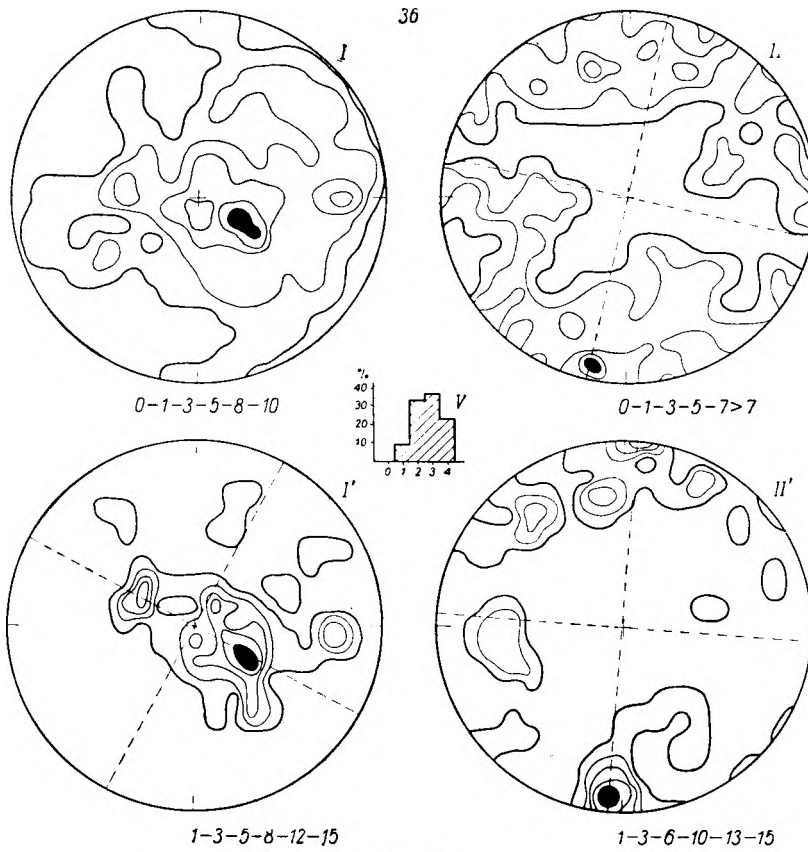


Fig. 25

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu
 Objasnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds
 Explanations given in Figure 2

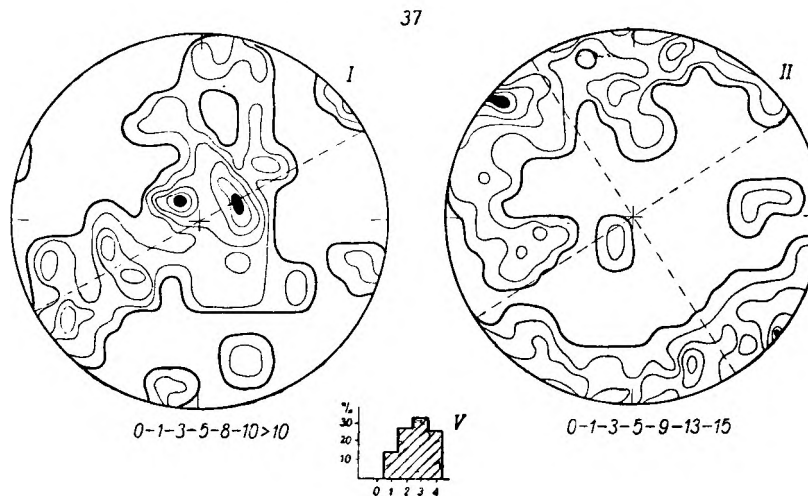


Fig. 26

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu
 Objasnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds
 Explanations given in Figure 2

od omówionych poprzednio aczkolwiek i tutaj stwierdzam zbliżony typ uporządkowania składników. Charakteryzuje się on tym, że wyższe koncentracje, osi C dyskowatych składników grupują się wzdłuż jednej linii nachylając się w przeciwnych kierunkach (fig. 26, I). Oś zonalną utworzonego w ten sposób pierścienia, wyznaczają osie A składników.

Rombowa symetria omawianych diagramów (fig. 26, I, II) jest nieco zaburzona, zwłaszcza jeśli chodzi o diagram osi C, gdzie stwierdza się maksimum w czwartym kwadrancie. Również zagęszczenia osi A ulegają rozsunięciu. Zauważyć też można, że w diagramach tych dochodzą do głosu pewne elementy z odkrywki poprzedniej (por. fig. 25, II i fig. 26, II). Zjawiska tego nie potrafię jednoznacznie interpretować, gdyż jest ono wynikiem albo przełamania osadu w innym kierunku, albo szerokiego pola na którym dokonywałem obserwacje.

Omówiony typ strukturalny uporządkowania składników nie jest jedyny dla utworów kul-

mowych. Przekonałem się o tym analizując zlepienie odsłonięte w torze kolejowym miejscowości Konradów. Obserwacje ułożenia otoczków przeprowadzałem w trzeciej ławicy zlepienia licząc od wschodniego krańca odkrywki. Zlepienie jest gruboławicowy i poprzegradzany szarogłazami. Wartość upakowania wynosi 0,20. Wyniki pomiarów przedstawia diagram 38 (fig. 27).

W ułożeniu osi C dostrzega się pewne analogie do żwirów współczesnych. Diagram wykazuje jedno maksimum nachylone pod kątem 80° , tak że izolinie niższych procentowości przesuwają się na drugą stronę (fig. 27, I).

Bieguny osi A grupują się w silnie zawężonym polu, przez które zarysowany pierścień staje się kołem zonalnym dla maksimum osi C (fig. 27, II). Oba diagramy mają budowę jednooskońną ze wspólną płaszczyzną symetrii. Zasadniczo nie wiele się różnią diagramy sporządzone z pomiarów selektywnych Płaszczyzny

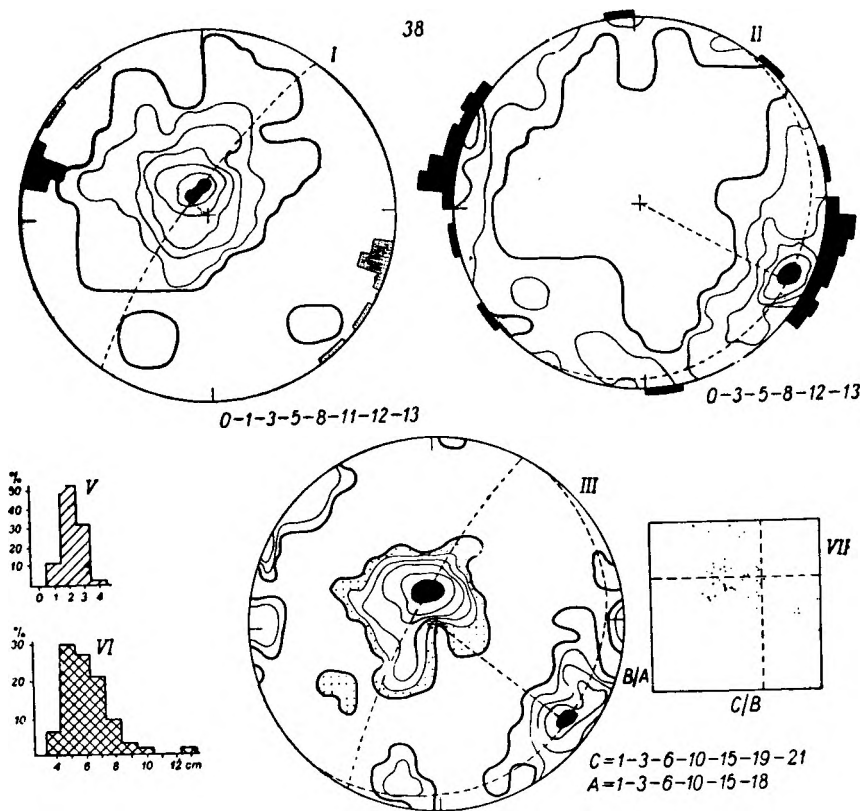


Fig. 27

Orientacja otoczków

Po wewnętrznej stronie diagramu I naniesiono kierunki hteroglfów prądowych, po wewnętrznej stronie diagramu II naniesiono ułożenie resztek roślinnych. Inne objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of Recent pebbles

On the inside of diagram I there are plotted directions of flow marks, on the inside of diagram II the arrangement of plant remains. Other explanations given in Figure 2

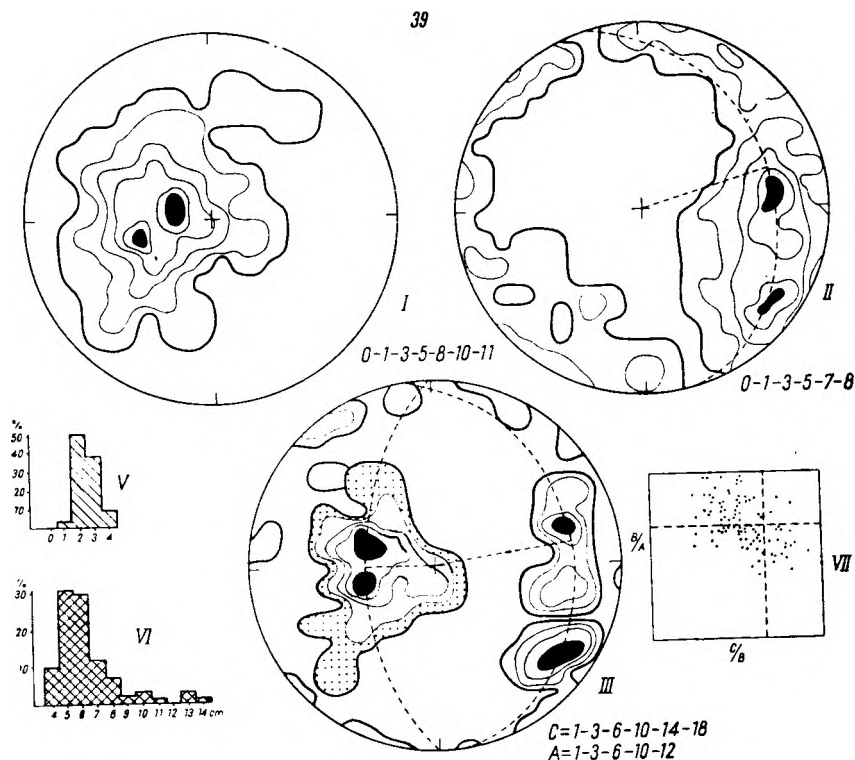


Fig. 28

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu

Objaśnienia zamieszczone przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds

Explanations given in Figure 2

symetrii ulegają w nich większemu rozsunięciu (fig. 27, III).

W omawianym odsłonięciu pomierzono też wydłużone resztki roślinne zachowane w osadzie oraz kierunek hieroglifów prądowych. Poprzednio wymienione spostrzeżenia przedstawiono na obwodzie wykresu II natomiast hieroglify przedstawiono na wykresie I (fig. 27) po wewnętrznej stronie peryferii projekcji. Z rysunków wynika daleko idąca zgodność jeśli chodzi o ukierunkowanie elementów liniowych tzn. osi A otoczków, szczątków organicznych i hieroglifów prądowych.

Jeśli chodzi o orientację otoczków, to zbliżone wyniki do omówionych uprzednio otrzymałem w następnym odsłonięciu, położonym 500 m na północny wschód od poprzedniego. Zlepieniec ten wykazuje podobny charakter. Uporządkowanie składników przedstawiają diagramy 39 (fig. 28). Diagramy osi C i A mają po dwa maksima wskazujące na bardziej strome nachylenie otoczków. Zaburzają one jednokształtną symetrię budowy. Ułożenie osi C zupełnie przypomina uporządkowanie tego parametru w rzecznych osadach współczesnych. Bieg osi A podobnie jak i w diagramie po-

przednim (fig. 27) układają się w przewadze równoległe do kierunku przemieszczania nachylając się pod prąd (fig. 28). Wartość upakowania wynosi 0,44.

W obydwu diagramach uderza prawie całkowicie brak poprzecznego lub skośnego ustawienia osi A co zwłaszcza podkreślają diagramy z pomiarów selektywnych (fig. 27, III i fig. 28, III).

Uogólnienia i wnioski. Z materiału przedstawionego w rozdziale poprzednim wynika, że rozpatrzone utwory zlepieńcowe dolnego karbonu (z wyjątkiem dwu odkrywek 38 i 39) formowały się pod wpływem odrębnych warunków hydrodynamicznych w porównaniu z sedimentami formacji młodszych, które zostały omówione na początku pracy. Wyrazem odmiennej mechaniki przemieszczenia jest wyższa symetria uporządkowania składników. Symetria ta jest zwłaszcza dobrze zaakcentowana ułożeniem dłuższych osi składników i powtarza się konsekwentnie we wszystkich badanych odkrywkach. Pewne modyfikacje stwierdza się w uporządkowaniu osi C składników zbliżonych do dyskoidalnych. Składniki te — stanowiące ważniejsze kryterium przy rekonstruk-

cji kierunków sedymentacji w normalnym transporcie rzeczonym — orientują się w sposób niejednoznaczny, bądź według symetrii jednoskośnej, bądź też dążą do rombowej symetrii uporządkowania. W przypadku pierwszym płaszczyzna symetrii pokrywa się z jedną z płaszczyzn symetrii diagramu osi *A*, przy modyfikacji drugiej obydwie płaszczyzny symetrii stają się równoległe do tych samych elementów wyznaczonych w diagramie osi *A*.

Niezależnie od symetrii uporządkowania osi *C* zjawiskiem często się powtarzającym jest pojawianie się submaksimów wyraźnie odsuniętych od pola zajętego przez maksimum. Niejednokrotnie submaksima takie zajmują względem niego pozycję przeciwną. Uwzględniając obydwie diagramy (osi *C* i *A*) dochodzi się do wniosku, że nie można do nich żadną miarą dopasować interpretacji stosowanej przy diagramach wcześniej omówionych. Można stąd wnosić, że okoliczności w jakich gromadziły się analizowane żwiru dolnokarbońskie musiały różnić się od warunków sedymentacji lądowej. Nasuwa się zatem podejrzenie, że uporządkowanie składników zlepieńca wywołane zostało falowaniem. Jeśli dodatkowo uwzględnić fakt, że w skałach sąsiadujących zazwyczaj łupkowych, występuje fauna morska, dochodzi się do wniosku, że akumulacja grubookruchowego materiału zachodziła w warunkach morskich. Przy takim założeniu (które wydaje się być słuszne) zrozumiała staje się orientacja żwirów, a zwłaszcza wielka prawidłowość w ułożeniu dłuższych osi otoczków. Składniki te podlegając wahadłowemu przemieszczaniu orientują się dłuższą osią równoległe do czoła fali i w przybliżeniu wyznaczają linię brzegową. Jest to zgodne z wynikami badań współczesnych żwirów litoralnych (Fraser, 1935).

Składniki zbliżone do dyskoidalnych układać się będą z pewną tolerancją uwarunkowaną falowaniem i nachyleniem podłoża, tak więc pozycja osi *C* staje się dla interpretacji wieloznaczna. W pewnych okolicznościach osie *C* ułożyć się mogą w sposób przypominający orientację powstającą podczas kierunkowego prądowania (fig. 22, *I* i fig. 24, *I*), co może prowadzić do niewłaściwych wniosków jeśli się uwzględni orientację jednego tylko parametru. Rozstrzygającym elementem w takich przypadkach zdają się być osie *A*, które cechuje wysoka anizotropia uporządkowania wyrażona rombowa symetria budowy.

Z przedstawionego materiału wynika, że orientacja otoczków stwarza możliwości pozwalające oddzielić dwie genetycznie różne depozycje, lądową i morską. Jeśli w przypadku pierwszym stosunkowo łatwo określić można kierunek transportu, to w przypadku drugim

zagadnienie to staje się trudne a nawet niemożliwe do rozwiązania jeśli oprzeć się tylko na orientacji otoczków. W podobnych przypadkach można najwyżej pośrednio wnosić o kierunku sedymentacji, lecz nawet w najprostszych sytuacjach wiązać się to będzie z pytaniem po której stronie linii wyznaczonej przez osie *A* otoczków znajdował się ład. Informacji wtedy należałoby oczekiwać od ułożenia dyskowatych składników, które jak to już podkreśliłem nie wykazują zdecydowanej orientacji. Na fakt ten zwraca się również uwagę w literaturze. G. F. Becker (1893) podkreśla, że stała zmiana falowania u wybrzeży morskich powoduje, że część dyskowatych składników przyjmuje względem siebie pozycję przeciwną, a część układa się płasko. Zdaniem tego autora ułożenie takie jest jednym ze wskaźników odróżniających żwiru morskie od rzecznych.

Inni autorzy (Twenhofel 1939, Chabakow 1948, Ruchin 1953) reprezentują pogląd, że w żwirach litoralnych płaszczyzny *AB* otoczków nachylają się w kierunku morza.

W zestawieniu tym na specjalną uwagę zasługują utwory deltowe do których włącza się omawiane w pracy serie dolnokarbońskie.

Dla żwirów deltowych H. Wadell (1936) stwierdził przeciwne nachylenie osi *A* otoczków w stosunku do nachylenia ławicy w której występują. B. L. Ruchin (1953) przyjmuje, że dyskowate otoczki w sedymentach deltowych charakteryzują się przeciwną orientacją spowodowaną z jednej strony reżimem rzeczonym, a z drugiej wpływem falowania. Z rysunku zamieszczonego przez tego autora w pracy *Osnovy litologii* (str. 360 rys. 161) wynika, że w kierunku ład otoczki są stromiej nachylone niż w stronę przeciwną.

Uwzględniając wypowiedzi dwu ostatnio wymienionych autorów oraz wyniki badań własnych można wnioskować o środowisku akumulacji badanych zlepieńców. Wybitna anizotropia strukturalna składników zwłaszcza wydłużonych pozwala przyjąć falowanie jako czynnik decydujący w ich ułożeniu. Jest zatem mało prawdopodobne, aby w takich okolicznościach zachowały się w sedymentach wpływy rzeczne. Bardziej miarodajne wydaje się stwierdzenie, że ułożeniem osi *C* dyskoidalnych składników zaakcentowana została niejednakowa konfiguracja podłoża, która w skrajnych przypadkach upodobiła się z jednej strony do dojrzałych plaż nadmorskich (fig. 21, 31, 32; fig. 22, 33; fig. 23, 34) z drugiej natomiast do pobrzeża klifowego o silnie zróżnicowanej powierzchni akumulacyjnej (fig. 26). Istnienie stromego wybrzeża skalnego położonego niedaleko obszaru sedymentacji kulmu z Księżna przyjmował również H. Teisseyre (1947).

Wracając do kwestii dotyczącej określenia obszaru morze—ład wydaje mi się, że pewnej wskazówki w tym względzie dostarcza odkrywka z Kamionek (fig. 24), wskazująca niewąznicznie na to, że brzeg morski znajdował się po południowo-zachodniej stronie linii wyznaczonej przez osie *A* otoczków i równoległą doń oś fałdu splayowego. Przez analogię można by interpretację taką rozciągnąć na te diagramy, które wykazują podobny deseń, przyjmując, że submaksima odsunięte od centrum projekcji wskazują na morską część obszaru brzegowego. Maksimum odsunięte nieznacznie od centrum zdaje się wskazywać również na morską stronę pobraża. Przypadek taki przedsta-

wia diagram 34 (fig. 23, I), z którego można wnioskować, że ład znajdował się po południowo-zachodniej stronie. Diagramy o wyraźnie centralnej lub zbliżonej do centralnej pozycji maksimum prawdopodobnie wskazują na płasko wyrównaną plażę omiataną półkolisto przez fale, co mogło spowodować śrubowy charakter diagramu.

Na podstawie pracy H. Wadella (1936) otoczeki z dwu odsłoneń okolic Konradowa (fig. 27, 38 i fig. 28, 39) wskazywałyby na akumulację deltową. Zagadnienie to wymaga jednak dalszych studiów i zebrania odpowiedniej ilości materiału obserwacyjnego.

GEOLOGICZNE ZNACZENIE ORIENTACJI OTOCZAKÓW

W oparciu o zebrany materiał i fachową literaturę dotyczącą tematu, można wydzielić kilka typów strukturalnych uporządkowania składników w sedimentach makroklastycznych

transportowanych i deponowanych w środowisku wodnym.

Utwory deponycji rzecznej lub zbliżonej doń mechaniką przemieszczania stanowić będą je-

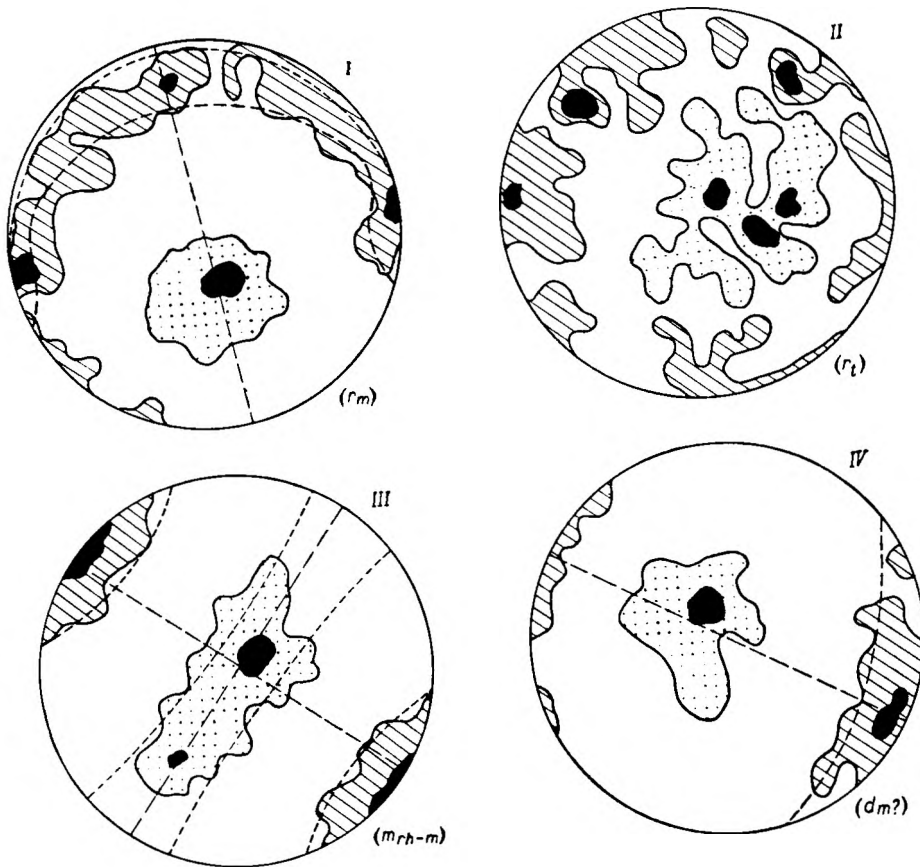


Fig. 29

Typy strukturalne uporządkowania składników

I — rzeczny jednoskośny, II — rzeczny trójskośny, III — morski rombowy, IV — deltowy (?) jednoskośny

Structural types of arrangement of pebbles

I — river monoclinic, II — river triclonic, III — marine rhombic, IV — delta (?) monoclinic

den typ strukturalny, który oznaczam symbolem $[r]$ (*river*). Typ ten cechuje się stosunkowo dużym bogactwem form, co wiąże się z wpływem rozmaitych czynników.

Na podstawie przedstawionego materiału można tu wyodrębnić dwa podtypy. Do pierwszego $[r_m]$ (*river monoclinic*) zaliczyć można utwory kształtujące się przy stałym przepływie wody, dla których wzorcową budowę przedstawia diagram na figurze 29 (I). W budowie tej przeważa jednoskośna symetria uporządkowania (Sander 1948).

Uwzględniając uporządkowanie osi C dyskoidalnych składników w omawianym podtypie wyróżnić można dwie modyfikacje. Jedną z konsekwentnym $[r_{mc}]$, drugą zaś z obsekwentnym $[r_{mo}]$ nachyleniem większości osi C. Dwie te modyfikacje pozostają w związku z nachyleniem powierzchni akumulacyjnej.

Z przeanalizowanego w pracy materiału wynika, że w ramach podtypu $[r_m]$ mieszczą się gruboziarniste sedymenty współczesne i górnokarbońskie starsze od stefzańskich. Omawiany podtyp strukturalny uporządkowania składników jest dla tych utworów zjawiskiem powszechnym. W innych utworach rejestrowano go raczej w pojedynczych przypadkach.

Drugi podtyp strukturalny uporządkowania $[r_t]$ (*river trilinear*) zaznacza się w sedimentach powstałych na drodze periodycznych, gwałtownych przemieszczeń. Orientacja składników jest niedoskonała i wyraża się niższą, trójskośną symetrią budowy. Przykładem tej struktury może być wykres II na figurze 29. Wymieniony podtyp strukturalny najliczniej jest reprezentowany w utworach czerwonego spągowca i stefanu.

Odrębny, drugi typ strukturalny $[m_{rh-m}]$ (*marine rhombic monoclinic*) znajduje się w utworach formujących się w przybrzeżnym środowisku morskim. Powtarza się tutaj rombowa symetria uporządkowania osi A zaznaczająca się niekiedy i w osiach C (fig. 29, III). Te ostatnie zdradzają tendencję symetrii jednoskośnej. Z wymienionym typem strukturalnym zetknąłem się wyłącznie w utworach dolnokarbońskich. W utworach tych zarejestrowałem ponadto dwa przypadki, które być może reprezentują kolejny, trzeci typ strukturalny $[d_m]$ (*delta, monoclinic*) (fig. 29, IV). Szczupły materiał obserwacyjny nie pozwala na razie na bliższe scharakteryzowanie omawianego typu, można tylko nadmienić, że stoi on na pograniczu typu $[r_m]$ i $[m_{rh-m}]$, bardziej się upodabniając do typu strukturalnego $[r_m]$. Z dokonanego przeglądu wynika, że troskliwa analiza orientacji otoczków prócz innych dodatnich aspektów, przytoczyć się może do wyjaśnienia warunków śro-

dowiskowych danej akumulacji. Zbliżone wnioski wypowiada też J. Kaltenherberg (1956).

Uporządkowanie grubszych składników w osadzie stwarza inne jeszcze możliwości, które mogą być wykorzystane dla geologicznych celów.

F. J. Pettijohn (1930), wskazuje na znaczenie dachówkowych struktur ułożenia otoczków przy sporządzaniu map strukturalnych. W. T. Mordowski (1951) rozpatrzył możliwość określenia serii odwróconych na podstawie ułożenia i morfologii poszczególnych składników.

Statystyczne pomiary orientacji żwirów stanowić też mogą informacje dla przybliżonej oceny położenia warstw zwłaszcza w tych przypadkach gdy w inny sposób nie może być ono stwierdzone. Do tego celu nadają się lepiej pomiary osi C składników spłaszczonych, które układają się pod niewielkim kątem w stosunku do powierzchni sedymentacyjnej. Jeśli warstwy są słabo wychylone lub leżą poziomo, wówczas diagram sporządzony z zapisów zebranych wprost w terenie, wykazywał będzie koncentrację punktów w pobliżu środka projekcji, podobnie jak przy żwirach współczesnych. W utworach stromo wychylonych punkty grupować się będą w pobliżu obwodu projekcji jak to wynika z przykładów załączonych na figurze 30 (34a, 41; rysunek 41 dotyczy zlepieńców warstw z Białego Kamienia odsłoniętych w serii odwróconej w okolicy na północ od Czarnego Boru).

W pewnych przypadkach z orientacji żwirów można wnioskować o wychyleniu osi fałdu (jak również bloku skalnego na dyslokacji). Dotyczy to zwłaszcza utworów morskich, w których wydłużone składniki orientują się równoległe do brzegu basenu i w większości naśladują późniejszy bieg warstw, co widoczne jest w utworach dolnokarbońskich. Przy pochylonej osi fałdu zaznaczać się będzie asymetria diagramu objawiająca się jednostronnym zgrupowaniem biegunów osi A po stronie przeciwnej niż nachylenie osi fałdu (przy stosowaniu rzutu górnej półkuli; przy półkuli dolnej będzie odwrotnie). Przykładem tego może być diagram 40, II (fig. 30). Diagram ten sporządziłem na podstawie orientacji otoczków w zlepieńcach z Wilczy (Oberc 1952) okolic Wojborza. Zlepieńce są średnioziarniste, równoległe warstwowane. Wartość upakowania wynosi 0,46. Dla odkrywki tej celowo nie uwzględniłem nachylenia osi fałdu. Na podstawie diagramu można sądzić, że oś fałdu pochylona jest ku północnemu zachodowi pod kątem bliskim 10° . O nieznacznym pochyleniu osi fałdu ku południowemu wschodowi sądzić też można na podstawie diagramu 34 (fig. 23, II). Należy jednak zaznaczyć, że tego rodzaju ułożenie osi A otoczków pochodzić może również z okresu osadzania na

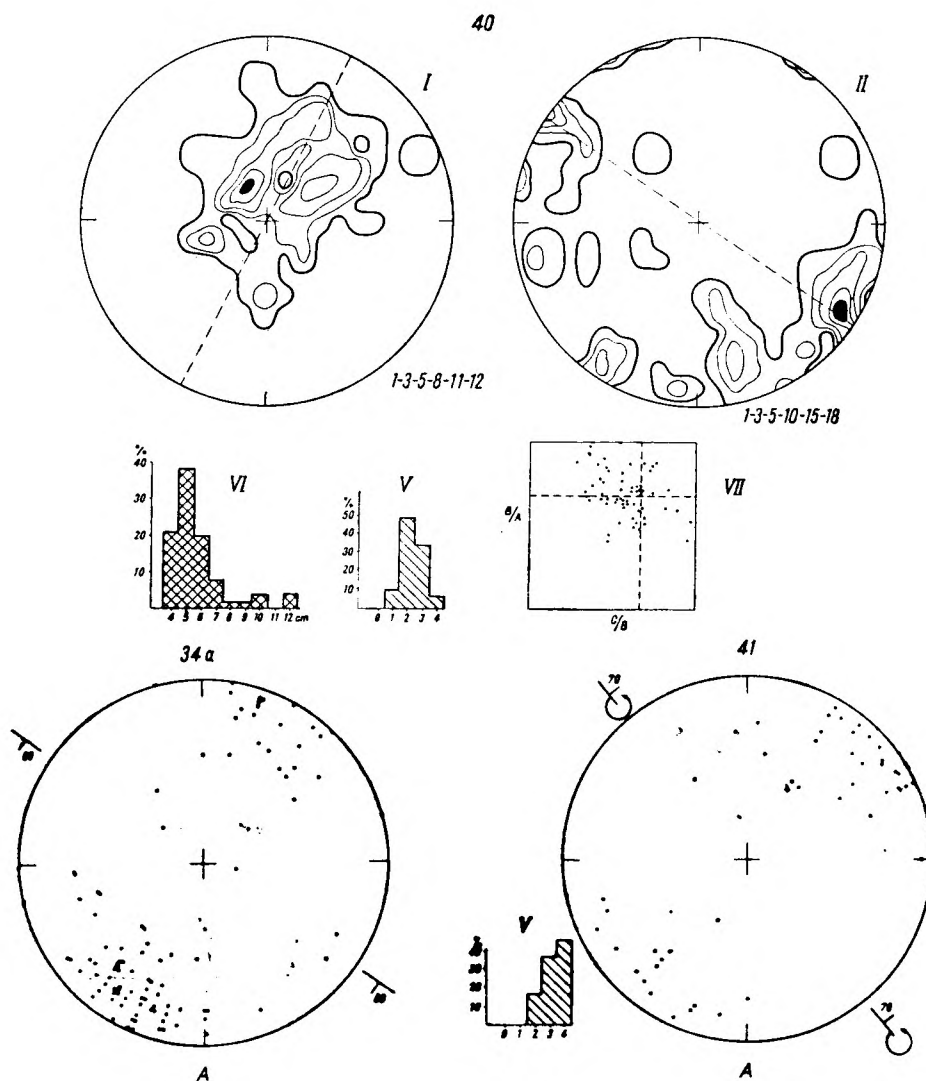


Fig. 30

Orientacja otoczków z utworów dolnego karbonu
Objaśnienia zamieszczono przy figurze 2

Orientation of pebbles in Lower Carboniferous beds
Explanations given in Figure 2

nierównym gruncie i dlatego przy rotowaniu warstwy do poziomu, nachylenie osi fałdu powinno się każdorazowo sprawdzać w inny sposób.

Jeśli chodzi o ilość pomiarów, która gwarantowałaby uzyskanie możliwie wiernego obrazu paleogeograficznego, to nie należy stosować jakiegś ogólnej recepty. Wybór ilości pomiarów zależy będzie od frakcji żwirów, charakteru osadu, a w pewnej mierze również od subiektywnej oceny obserwatora.

Z przykładów przytoczonych w pracy wynika, że dla większości przypadków selektywne pomiary w ilości 34, stwarzają niemniejsze możliwości interpretacyjne niż obserwacje masowe. Dla osadów, w których wizualnie nie dostrzega się uporządkowania składników, należy zwiększyć ilość obserwacji. Nadmienić można, że J. Schlee (1957) wyraźne diagramy osi C utrzymał nawet z pomiarów 20 dyskowatych składników. Zdaniem tego autora, ilość ta dawała mniej jasne diagramy dla osi A.

L I T E R A T U R A

- BECKER G. F., 1893 — Finite homogeneous strain, flow, and rupture of rocks. *Geol. Soc. Amer.* 4.
- BERG G., 1921 — Geologische Karte von Preussen, Blatt Waldenburg. Preuss. Geol. Landesanst. Berlin.
- BRINKMANN R., 1955 — Gerichtete Gefüge in klastischen Sedimenten. *Geol. Rdsch.* 43. Leipzig.
- CAILLEUX A., 1945 — Distinction des galets marins et fluviatiles. *Bull. Soc. Géol. France.* 15. Paris.
- ДАРГЕВИЧ В. А., 1956 — Ориентировка галек в современном аллювии реки Лабы (северный Кавказ). Материалы по литологии вып. 1. Литология. Москва.
- DATHE E., 1904 — Geologische Karte von Preussen, Blatt Rudolfswaldau. Preuss. Geol. Landesanst. Berlin.
- FRASER H. J., 1935 — Experimental study of the porosity and permeability of clastic sediments. *Jour. Geol.* 43.
- ХАБАКОВ А. В., 1948 — Динамическая палеогеография. Литологический сборник. ВНИГРИ 1.
- НОЕРПЕНЕР R., 1953 — Faltung und Klüftung im Nordteil des Rheinischen Schiefergebirges. *Geol. Rdsch.* 41. Stuttgart.
- JOHNSTON W. A., 1922 — Imbricated structure in river gravels. *Am. Journ. Sc.* 5.
- KALTENHERBERG J., 1956 — Über Anlagerungsgefüge in grobklastischen Sedimenten. *Neues. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 104. Stuttgart.
- КИНД Н. В., КУХАРЕНКО А. А., 1948 — К вопросу об ориентировке галек в речном потоке. *Зап. Всесоюзн. Минерал. Общ.* 77.
- KRUMBEIN W. C., 1940 — Flood gravels of the San Gabriel Canyon, California. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 51.
- KRUMBEIN W. C., 1942 — Flood deposits of Arroyo Seco, Las Angeles County, California. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 53.
- KÜRSTEN M., 1960 — Zur Frage der Geröllorientierung in Flussläufen. *Geol. Rdsch.* 49. Stuttgart.
- МОРДОВСКИЙ В. Т., 1951 — Определение опрокинутости слоев в конгломератовых толщах. *Бюл. моск. общ. вып.* 3. Москва.
- ОБЕРС J., 1952 — Przewodnik do wycieczek XXIV Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Sudetach w r. 1951. Problematyka geologiczna Gór Bardzkich. Guide des excursions de la XXIV Réunion de la Société Géologiques de Pologne dans les Sudetes en 1951. *Roczn. Pol. Tow. Geol.* 21. Kraków.
- PETTIJOHN F. J., 1930 — Imbricated arrangement of pebbles in a pre-Cambrian conglomerate. *Journ. Geol.*, 38. Chicago, Illinois.
- РУХИН Л. Б., 1953 — Основы литологии. Ленинград, Москва.
- SANDER B., 1948 — Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, I. Springer — Verlag. Wien.
- SCHLEE J., 1957 — Fluvial gravel fabric. *Journ. Sed. Petrol.* 27.
- TEISSEYRE H., 1948 — Sprawozdanie z prac geologicznych w Sudetach w roku 1947. On geological investigations in the Sudeten carried out during the summer season. *Bad. fizjogr. Pozn. TPN* 1. Poznań.
- TEISSEYRE H., 1952 — Budowa geologiczna północnej okolicy Wałbrzycha. Geological structure of the northern region of Wałbrzych (Lower Silesia). *Biul. PIG* 62. Warszawa.
- TWENHOFEL W. H., 1939 — Principles of sedimentation McGraw — Hill Book co. New York, London.
- UNRUG R., 1957 — Współczesny transport i sedimentacja żwirów w dolinie Dunajca. Recent transport and sedimentation of gravels in the Dunajec Valley (Western Carpathians). *Acta geol. pol.* 7. Warszawa.
- WADELL H., 1936 — Volume, shape, and shape-position of rock fragments in open-work gravel. *Geogr. Annaler.*
- ZINGG T., 1935 — Beitrag zur Schotteranalyse. *Schweiz Miner. Petr. Mitt.* 15. Zürich.

Kazimierz DZIEDZIC

THE GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF THE ORIENTATION OF PEBBLES

Summary

Abstract: The orientation of pebbles in macroclastic deposits is discussed. Recent alluvial gravels and deposits of the Upper and Lower Carboniferous and of the Rotliegendes have been investigated from this aspect. The resulting data indicate that the orientation of pebbles reflects the hydrodynamic régime of transport and deposition. These conditions are manifested in the variable arrangement symmetry. There are similarities in the type of structure between recent gravels and Upper Carboniferous sediments older than the Stephanian. The dominant symmetry of arrangement here is monoclinic. Within Rotliegendes and Stephanian conglomerates the symme-

try is triclinic, while in the Lower Carboniferous conglomerates the rhombic symmetry makes its appearance. The latter sediments are considered as the product of a marine depositional environment. On the basis of the studied material several structural types of the arrangement of pebbles in coarse-grained sediments have been distinguished. The reconstruction of the trends of sedimentation is discussed on the orientation of pebbles and an estimate is made of the number of measurements required to obtain a fairly true palaeogeographic picture. The significance of the orientation of pebbles in problems of structural geology is also stressed.

INTRODUCTION AND WORK METHODS

The sedimentological studies carried out by the writer in the young Palaeozoic deposits of the Middle Sudetic depression also cover problems concerning the reconstruction of the palaeogeography of its alimentary areas. The dominance in these sediments of macroclastic rocks called for the use of appropriate investigation methods and, at the same time, provided conditions facilitating an analysis of the orientation of the coarser elements of the sediment. The Rotliegendes and Upper and Lower Carboniferous conglomerates were approached from this point of view. For the sake of comparison the writer's observations were also extended to recent river gravels.

The following size symbols were used in measuring the pebbles:

A — longest axis of pebble

B — intermediate axis of the pebble $\perp A$

C — shortest axis of the pebble $\perp AB$.

If $A \geq B \neq C$, then the AB plane is the greatest

section of the pebble. The conditions of transport and deposition are indicated by the structural a, b, c , coordinates (Sander 1948) where

a — direction of transport

b — $\perp a$ in the plane of deposition,

c — $\perp ab$

ab — plane of transport and deposition.

The pebble orientation measurements were taken on restricted areas, seldom exceeding 1 square metre. Two kinds of measurements were used. Either the azimuth and the inclination angle of the AB plane and the azimuth of the A axis were measured, or, the azimuth and the inclination angle of the AB plane and of the A axis. In the latter case the simpler method of measurement was used in field work consisting in the determination of the azimuth and the inclination angle of the AB plane and, the inclination angle only of the A axis. The A axis inclination trend is indicated by the symbols $p, l, o, =$ as is shown in fig. 1. Subse-

quently the *A* axis inclination azimuth was diagrammatically indicated. Pebbles above the average size, distinctly flattened and elongated, were those selected for measurements. Care was taken to obtain an average of 100 observations in each pit. Such a procedure, even if carried out by a skilled worker, is extremely time-consuming. In this connection an attempt was made to determine the minimum number of measurements required to obtain a true palaeogeographic picture. Analogous problems were discussed by J. Schlee (1957) who used selective measurements to replace the mass observation method.

During each observation note was taken of the number of pebbles in contact with the pebble being measured, but of those pebbles only that might have a bearing on the mutual orientation of pebbles, hence pebbles in the directly underlying rockbed, or in lateral contact, provided they were about equal in size. A simple calculation will give the packing *U* value which may be computed from the following formula:

$$U = \sum_1^n \frac{s}{n}$$

where:

- s* — the total of pebbles in contact with the pebble being measured,
- n* — number of observations.

After taking note of the orientation of the pebble its axes were measured, while the degree of roundness and the kind of rock were determined by the naked eye. The data thus obtained were shown diagrammatically. Before plotting the pebble orientation diagrams the data collected from disturbed layers were transferred into a horizontal position by rotation round the line of the strike of the bed and, if necessary, also round the line vertical to the axis of the fold. The material thus prepared was shown in contour diagrams by using Schmidt's equatorial projection net (upper hemisphere). The linear elements (plant remains, current erosion casts, in some cases the *A* axes of pebbles) that were registered regardless of their inclination angle are shown on the margins of the diagram after Hoepfner's (1953) method.

ORIENTATION OF PEBBLES IN RECENT GRAVELS

The arrangement pattern of pebbles in a streambed depends on a number of factors which may be classed into 2 groups. The one, apparently more important group, comprises outside factors, such as substratal and hydrodynamic agents. The other group consists of features characterising the transported and deposited gravels. Apart from this the final and stabilised arrangement pattern may be modified as compared with the original pattern in result of partial re-orientation of the just deposited gravels. With the above factors in mind the arrangement pattern of the recent gravels has been analysed in order to elucidate two problems: 1) the degree of accuracy of the transport direction as determined on the orientation of pebbles; 2) the relation of the orientation diagrams from recent gravels to those from older formations. Investigations of this type have lately been made by J. Kaltenherberg (1956) but his data are not always comparable with those obtained by the present writer. The nearest method of observation of recent gravels was used by J. Schlee (1957), and his data closely resemble our results.

The samples of recent gravels here considered were collected from several streams draining the Central Sudetes area. Special care was taken in analysing the meandering parts of the stream, in that every segment was individually observed. The stream forks and the tributaries, also the position of the pit in relation to the main stream and to the banks were also covered by the writer's investigations. Moreover note was taken of the irregularities and inclination of the accumulation surface on which the measurements were taken.

The results of the writer's observations in pits 1—13 *a* are shown in fig. 2—9. The available data indicate that most of the diagrams display a monoclinic symmetry of arrangement. This holds true in the orientation of both the *C* and *A* axis, though the first parameter has a more distinct structure. The maxima of the *C* axis poles of pebbles indicate that this axis has a 55—77° inclination angle in relation to the direction of the current, the average angle of inclination being 68.4°.

THE DETERMINATION OF THE MEAN AND OF THE TRANSPORT DIRECTION BY MEANS OF DIAGRAMS

The above mentioned observations and the relevant literature reliably indicate that in water flowing in one direction discoidal pebbles have their greatest (*AB*) sections inclined

upstream. This results in imbricated structure, previously discussed by G. F. Becker (1893).

If the transport and deposition are not disturbed the tendency of the particular elements is to follow a normal curve of arrangement whose *ac* plane will represent its symmetry plane. In this case the average statistical points will either coincide or very nearly so. Under other circumstances both the curve and the statistical indicator will differ. The grade of gravels, even under normal fluvial deposition, is one of the causes responsible for this differentiation. R. Brinkmann (1955) states that the dispersion in the *A*-axis arrangement increases as the fraction becomes equigranular.

The effect of the fraction of gravels on orientation is also discussed by A. Cailleux (1945). According to that author the position of the smaller pebbles is influenced by the adjacent gravels more than by the water current itself, while in the case of bigger pebbles it is the other way about. Cailleux also stresses the role of the irregularities of the substratum in the arrangement pattern of pebbles.

Though by selecting big pebbles an approximate grade will be obtained, yet it is the water current that is the main factor controlling the arrangement of pebbles. Hence packing will be a less important agent than in the case of finer-grained material. The observation of elements above the average size should result in diagrams with one maximum, more or less coinciding with the direction of the current. This suggestion is confirmed in that most of the *C* axis diagrams from recent gravels display this character. The dispersion curves of the azimuth of flattened pebbles (fig. 2—9) is a good example of this process.

The majority of curves is excentric in relation to the *ac* axis. Their skewness is due either to substratal morphology or to local currents in the river channel. The effect of the latter factor was analysed by J. Schlee (1957).

The azimuth curves show that the culmination of curves and the maxima on contour diagrams do not always indicate the transport direction. The maxima correspond to the me-

diana, i. e. to that class of azimuths in which most observations are noted.

The examples analysed by the writer show that in by far the greatest number of cases the arithmetic mean and the mediana represent points nearest to the actual transport direction (fig. 2—6).

The arithmetic mean of the statistical row approaches the plane of symmetry. Hence, in a monoclinic diagram, this value may be geometrically determined instead of being calculated. The plane of symmetry, considered together with the preferred *C* axis orientation of discoidal pebbles, will be the transport vector for most of the stream-borne material. In such cases the *C* axis inclination azimuth provides information on the direction of transport. This arrangement pattern of the *C* axis of discoidal pebbles is defined as consequent. Under certain conditions, when the deposition occurs on an inclined substratum (fig. 9) the situation is altered. These cases will be dealt with later when discussing the Stephanian sediments.

No marked regularity is displayed in the arrangement of the *A* axis of pebbles. In the literature this is a controversial point. Some authors claim that most pebbles lie with their longer axis perpendicular to the water current, others suppose that the parallel arrangement predominates.

From diagrams and azimuth curves it may reasonably be inferred that the *A* axes of pebbles occur in both these positions, though it seems that the position perpendicular to the water current is more common. Moreover, a part of the pebbles are placed at an angle of ca. 45° in relation to the transport direction. The writer's results come closest to the experimental data (Kind, Kucharenko 1948). The *A* axes, parallel or oblique to the water current, are usually inclined upstream, while those parallel to the water current rest in a practically horizontal position. The diagram pattern is determined by a ring whose symmetrical line plane of symmetry very nearly corresponds to the direction of transport (Schlee, op. cit.). The planes of symmetry coincide with *C* and *A* diagrams or meet at a small angle.

ORIENTATION OF FOSSIL PEBBLES

Observations on the arrangement of pebbles were made in young Palaeozoic sediments of the Middle Sudetic basin. They covered conglomerates of the Rotliegendes, also of the Upper and Lower Carboniferous. The most important data obtained during the investigations are described below.

LOWER PERMIAN AND STEPHANIAN DEPOSITS

Observations permit to compare the orientation of pebbles in the two sediments. Figures 10—15 (outcrop 14—24) shows the results of measurements made in 11 pits (14—24). Pits 14—17 contain Rotliegendes conglomerates; pits

18—21 Stephanian conglomerates developed in the Polish part of the Middle Sudetes Basin, while pits 22—24 contain Żaltman arkose which is a component of the Stephanian stage in Czech territory.

The attached diagrams indicate strong similarities in the arrangement pattern of pebbles, particularly as regards the *C* axis orientation. There is no regularity in this arrangement pattern and, in most diagrams, it differs distinctly from that in recent gravels. A characteristic feature is the presence of large bays and of several sub-maxima which are dispersed over the diagram near to low concentration areas. The dispersion of both the azimuths and the *C* axis inclination angles is very marked.

It is not always possible to reconstruct the transport direction on the base of a diagram. In most diagrams the symmetry is triclinic. The tendency to a monoclinic structure is obtained if the sediment had been subjected to the action of flowing water either during transport or directly after deposition. This is manifested in the stratification, better sorting and more distinct bedding of the sediments.

The orientation of the *A* axis is less differentiated than that in recent gravels; somewhat more important deviations are noted in the inclination angle, while in the dispersion of the azimuths there is no marked dominance of the transversal and longitudinal or inclined orientation to the calculated *a* vector. A better arrangement of the *A* axis is expressed by a tendency to the monoclinic symmetry.

On comparing the arrangement pattern in diagrams from conglomerates here considered with those observable in recent gravels, it may reasonably be inferred that the transport and deposition of the sediment did not occur under analogous conditions. If other features of the sediment (mud cracks, reptilian tracks, raindrop casts, and extreme scarcity of organic remains) be considered it is seen that accumulation occurred in an arid (desert-like) environment. The process of transport was discontinuous, it took place during violent downpours and under strong transport competency of the transporting medium. Observations of the sediment suggest here a mixture of blocks containing mud and gravel, whose deposition was somewhat delayed in relation to the front of the flood waters. The above process may perhaps explain the occasional presence of a conglomerate „bank” in sharp contact with the overlying bed. The mechanism of the above described process of transport deviates from that common when the flow of water is continuous and this has a bearing on the arrangement of pebbles. As has been mentioned previously the arrangement pattern here

considered differs from that in recent river gravels. Moreover, it does not fully agree with the observations of M. Kürsten (1960) made in the dry valleys of southern Iran. That author's observations of the arrangement pattern of pebbles in sediments that were subject to rapid discontinuous transport have shown a distinct imbrication of the discoidal pebbles which were inclined upstream at an angle of 50°. According to him the *A* axes of pebbles are placed perpendicularly to the transport direction. No imbrication is observable in the pits here investigated, neither is it plainly indicated on the diagram. This inclination angle of the discoidal pebbles is rather strong, though occasionally it may be quite small.

The longer axes of pebbles may be oriented either transversally or longitudinally in relation to the calculated transport direction, though apparently they are more commonly parallel to the water current. Analogous data were obtained by W. C. Krumbein (1940, 1942) from his investigations of the flood gravels.

Within the Żaltman arkose the pebbles were measured to determine the arrangement of discoidal elements in crossbedded sediments. Observations show that the discoidal pebbles there are arranged with their *AB* plane subparallel to the downstream-inclined surface of deposition. The *C* axes of these elements are arranged upstream. This kind of inclination of the *C* axes has been called obsequent.

Examples of the inclination of flat pebbles in accordance with the surface of cross bedding have been previously described in the literature (Brinkmann 1955, Kaltenherberg 1956).

WESTPHALIAN AND NAMURIAN SEDIMENTS

Figures 15—19 (pits 25—30) contain measurement data of the orientation of pebbles in Westphalian and Namurian sediments. To the Westphalian are here referred the Żacler beds (pits 25—27) and the Biały Kamień beds (pit 28) while the Namurian stage is represented by the Wałbrzych beds (pits 29, 30).

The orientation of the conglomerate pebbles in the above mentioned beds displays close similarities with that of the recent gravels. Aside of slight deviations due to manifold agents that cannot be always readily determined and justly evaluated it is fairly probable that the transport and deposition of the sediments here considered occurred under similar conditions inasmuch that the normal river water transport was the factor mainly responsible for the transport of the material. Similarities in the intensity of transport of the

sediment are reflected in the marked regularity of the arrangement pattern which is expressed by the monoclinic symmetry of structure.

LOWER CARBONIFEROUS DEPOSITS

Figures 21—28 and 30 (pits 31—40) contain data concerning pebble orientation in the Lower Carboniferous conglomerates that were collected from three separate units of the Middle Sudeten Mts. (fig. 2): the Middle Sudetic depression (pits 31—34 and 38—39), the Świebodzice depression (pits 36—37), and the Lower Carboniferous lobe that occurs in the gneiss massif of the Sowie Mts. (pit 35) as well as in the Bardo Mts. (pit 40).

The material shown in contour diagrams indicates that the Lower Carboniferous sediments here considered — pits 38—39 excepted — were formed under different hydrodynamic conditions than the deposits in younger formations described at the beginning of the present paper. These differences in the mechanism of water currents are manifested in better symmetry of the arrangement pattern of pebbles. The symmetry here (rhombic) is very clearly indicated by the position of the longer axes of the pebbles and is repeated consequentially in all the investigated pits. Certain modifications are observable in the arrangement pattern of the *C* axes of discoidal pebbles. Pebbles of this kind, which provide an important criterion in the reconstruction of the sedimentation trends in normal river transport, are not all analogously oriented. In some the skewness is monoclinic, in others there is a tendency to a rhombic symmetry of arrangement. In the former the plane of symmetry coincides with one of the symmetry planes of the *A* axis diagram, in the latter both symmetry planes are parallel to the same elements determined in the *A* axis diagram.

Independently of the constructional symmetry of the *C* axis it is common to observe the presence of submaxima that are distinctly shifted from the maximum area. The position occupied by the submaxima is often opposite to that of the maximum. On taking into the account both diagrams (orientation of the *A* and *C* axes) it will be inferred that the interpretation of previously described diagrams cannot by any means be applied here. On the above ground it may reasonably be supposed that the conditions of accumulation of the Lower Carboniferous gravels differed from those of fluvial accumulation. Hence this suggests that the arrangement of pebbles in the conglomerate was due to the action of waves. Moreover, if account is taken of the presence

of marine fauna within the adjacent, commonly shaly rocks, it seems very likely that the accumulation of the conglomerates here occurred in a marine environment. This interpretation explains the orientation of the pebbles, particularly it accounts for the beautiful regularity of the arrangement pattern of the elongated pebbles. These, yielding to oscillatory transport, are placed with the longer axes parallel to the front of the waves, and thus they approximately mark the shore line. This conforms with the results of the investigation of recent littoral gravels (Eraser 1935). Subdiscoidal pebbles display certain deviations of orientation controlled by the direction of the current and the inclination of the bedrock, so that in effect the position of the *C* axis leads to ambiguous conclusions. Under certain conditions the orientation of the *C* axes may resemble that resulting from a constant direction of the current and, if the orientation of one parameter only be considered, this might be greatly misleading. In such cases it is the *A* axes that will suggest the correct interpretation since they are characterised by strong anisotropy of arrangement, expressed by rhombic symmetry of structure.

The material here described indicates that on the orientation of pebbles it is possible to distinguish two, genetically different, media of deposition: continental and marine. The determination of the direction of transport may be relatively easy in the case of continental environment. In the case of marine conditions this may prove difficult or even altogether impossible if the orientation of pebbles is the only indicator taken into consideration. In such cases only indirect conclusions may be drawn concerning the direction of sedimentation. Even in the simplest cases, however, the question will arise on which side of the line indicated by the *A* axes the land was situated. A clue to the solution of this problem should be searched for in the discoidal pebbles. These, however, as has been previously mentioned, do not display a preferred orientation, and an indication of this fact may be found in the literature.

G. F. Becker (1893) stresses that the continuous changes in the direction of the offshore wave-action are responsible for the mutually opposite position of a part of the discoidal pebbles while others lie flat. According to that author this arrangement pattern is one of the diagnostic features for distinguishing sea gravels from stream gravels. Other authors (Twenhofel 1939, Chabakov 1948, Ruchin 1943) are of the opinion that in littoral gravels the *AB* planes of pebbles are inclined seawards.

In this connection special attention should be given to deltaic sediments to which the

Lower Carboniferous series here discussed are currently assigned by geologists.

H. Wadell (1936) has observed that in deltaic gravels the inclination of the *A* axes of pebbles is opposite to that of the bed in which they occur.

I. B. Ruchin (1953) claims that in deltaic accumulation the discoidal pebbles are characterised by mutually opposite orientation which is due on the one hand to the river régime, on the other to the action of waves. The drawings published by that author (p. 360, fig. 161) indicate that the pebbles are more steeply inclined towards the land than towards the sea.

In the light shed on this question by the two authors just mentioned the deltaic character of the investigated conglomerates seems rather doubtful. The strong structural anisotropy of pebbles, particularly of the elongated ones points to the action of waves as the deciding factor in their arrangement. It is very unlikely that fluvial influence would persist in the sediment under such circumstances. A more acceptable supposition is one postulating that the orientation of the *C* axis emphasizes the irregularities of the substratum. It is reasonable to suppose the existence of a sea shore which locally bore the character of mature sea beaches (pits 31, 32, 34 and perhaps 35) or of

a cliff shore with a strongly differentiated accumulation surface (pit 37).

Turning back to the question how to determine the location of the land and the sea areas it seems that some suggestions are provided from pit 35 in which traces of the slumping of fresh sediment have been preserved. Within a thin shale intercalation, the formation is noted of a minor recumbent flow fold whose axis sub-parallel the line indicated by the *A* axes of pebbles. The morphology of the fold indicates the NE inclination of the accumulation surface, i. e. towards the quadrant with the submaximum away from the centre of the projection. By analogy this interpretation might also be applied to diagrams with a similar distribution pattern, by accepting that the submaxima away from the centre of projection mark the marine part of the coastal area.

Diagrams in which the maximum occurs in a central or subcentral position probably suggest a flat beach, washed by the waves along a crescent line, and this may have caused the spiral pattern of the diagram.

In the light of H. Wadell's work (op. cit.) the orientation of pebbles in pits 38 and 39 may be interpreted as being due to deltaic accumulation. This problem, however, calls for further studies which will provide adequate data obtained from observation.

GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF THE ORIENTATION OF PEBBLES

The writer's material and the data available on this subject in the geological literature allow the distinction of several structural types in the arrangement pattern of pebbles in macroclastic sediments that are transported and deposited in an subaquial environment.

Sediments of fluvial deposition or those formed owing to a similar mechanism of transport are assigned to one structural type. In this paper it is referred to by the letter [*r*] (river). It is characterised by a relatively great variety of forms resulting from different factors. On the available material it may be separated into two sub-types. To the first sub-type, indicated by the symbol [*r_m*] (river monoclinic) may be assigned sediments formed in a continuous water flow and whose standard arrangement pattern is perhaps that shown in fig. 29, I. The monoclinic symmetry of orientation is dominant in this structure (Sander 1948).

Two variants may be differentiated in the above sub-type in what concerns the arrangement of the *C* axes of discoidal pebbles. In one variant most of the *C* axes have a conse-

quent inclination [*r_{mc}*] while in the other the *C* axes are obsequently [*r_{mo}*] inclined. These two variants are connected with the inclination of the accumulation surface.

An analysis of the material here considered indicates that sub-type *rm* comprises coarse-grained sediments both recent and Upper Carboniferous (older than the Stephanian). The above mentioned structural sub-type of the orientation of pebbles is very common in these sediments, while in other series it occurs only occasionally.

The other structural sub-type of the orientation of pebbles [*r_t*] — river triclinic — is observable in sediments whose formation is due to intermittent but rapid transport. The orientation of pebbles here is imperfect and it is expressed in a lower triclinic symmetry of structure. This sub-type is most frequent in Rotliegendes and Stephanian rocks.

The second of the two main structural types [*m_{rh-m}*] — marine rhombic monoclinic — occurs in deposits formed in a littoral marine environment. The common rule here is the rhombic

symmetry of the *A* axis orientation that may be occasionally observed also in the *C* axes (fig. 29, III). The latter have a tendency to the monoclinic symmetry. The above structural type is described in the present paper solely from Lower Carboniferous sediments. These rocks, moreover, provide two examples which may possibly represent a third type of structure [d_m] — deltaic monoclinic — shown in fig. 29, IV. A fuller description of this type is for the present impeded by the paucity of the available material, but it may be said to be intermediate between the [rm] type and the [m_h-m] type but tends to conform rather to the former one.

From the writer's investigations it may be assumed that the gravel orientation analysis may also contribute to the elucidation of the environmental conditions of the sediment.

The arrangement pattern of the coarser elements of the sediment also offers other possibilities useful in geological investigations. F. J. Pettijohn (1930) stresses the significance of the imbrication of pebbles for the plotting of structural maps. W. T. Mordovski (1951) has discussed the possibilities of determining the reversed position of beds on the orientation and morphology of the particular elements.

The statistic measurements of the orientation of pebbles may also be a source of information concerning an approximate determination of the position of beds, particularly when other means of determination are lacking. The most useful for this purpose are the measurements of the *C* axis of flat pebbles which lie at a small angle to the surface of sedimentation. When the beds are but slightly inclined or rest horizontally the diagram plotted from field notes will show a concentration of points near the centre of the projection, similarly as in the case of recent gravels. In steeply inclined deposits the points will be grouped around the peripheries of the projection as is shown in fig. 30 (pits 34 a and 41). Pit 41 contains conglomerates from the Biały Kamień beds that occur in a reversed position.

In certain cases the orientation of pebbles

may provide suggestions concerning the inclination of the fold axis (as well as that of the dislocated block). This is particularly true in the case of marine deposits where the elongated elements lie parallel to the shore of the basin and, in most cases, have an orientation analogous with the course of the layers. This is observable in Lower Carboniferous deposits. The inclination of the fold axis stresses the asymmetry of the diagram manifested by the one-sided concentration of poles of the *A* axis on the side opposite to the inclination of the fold axis. This is so in the upper hemisphere projection while in the lower hemisphere projection it will be the other way about. This is illustrated in diagram from pit 40 shown in fig. 30, which is plotted on the orientation of pebbles from Lower Carboniferous conglomerates in the Bardo Mts. These conglomerates are medium-grained, with parallel bedding. The packing coefficient is 0.46. The inclination of the fold axis is here intentionally disregarded. From the diagram it may be supposed that the fold axis is inclined to the NW at an angle of ca. 10°. The slight SE inclination of the fold axis is suggested by the diagram shown in fig. 23, II. Nevertheless it should be noted that this type of orientation of the *A* axis of pebbles may likewise be connected with the period of deposition on uneven terrain. Hence, when rotating the bed into the horizontal position it is necessary always to check by some other means the inclination of the fold axis.

No standard rule may be applied when determining the number of measurements needed to obtain a fairly true palaeogeographic picture. The number that is required depends on the grade of gravels, the nature of the sediment and, to a certain extent, on the personal estimate of the investigator.

The examples here mentioned reasonably suggest that in most cases 34 selective measurements will provide information none the less useful than any mass observations. When the arrangement pattern of the pebbles is not discernible to the naked eye the number of measurements should be increased.