

IMBRYKACJA POLIMODALNA W OSADACH PŁAŻY WEWNĘTRZNEJ OKOLIC JURATY

UKD 551.351.1.053:550.854:551.466.4(438.162-0)

Na poligonie badawczym w rejonie Juraty badano orientację otoczków w osadach gruboklastycznych plaży wewnętrznej, w szurfach. Wyniki pomiarów ułożenia przestrzennego ziarn, ich wymiary, kształt i stopień obtoczenia pozwalają wnioskować o kierunkach i energii transportu oraz warunkach depozycji i redepozycji osadu.

Problematykę powyższą poruszają liczni autorzy polscy i zagraniczni, przeważają jednak prace dotyczące środowiska fluwialnego i glacialnego. Na temat orientacji ziarn w strefie litoralnej środowiska morskiego wypowiadają się m.in.: K. Picard (11), J.C. Curray (2), C.E. Johansson (6), D. Laming (8), K. Dziedzic (3), B.J. Bluck (1), L.B. Ruchin (12), R. Gradziński i in. (5).

W trakcie prac terenowych nad strukturami sedimentacyjnymi odcinka abrazyjnego strefy brzegowej wykonano pomiary orientacji otoczków, zalegających w warstwie piasków drobnoziarnistych, na głębokości ok. 0,9 m u podstawy klifu wydmowego. Stwierdzono polimodalną orientację otoczków, zależną od: warunków hydrodynamicznych środowiska, miejsca depozycji, charakteru podłoża oraz kształtu ziarn.

METODYKA BADAŃ

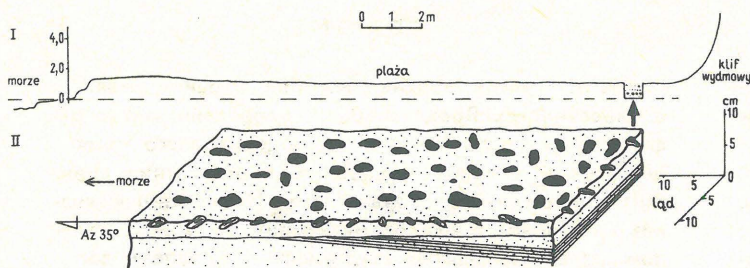
W szurfach badawczych, o wymiarach $1,2 \times 1,2 \times 1,2$ m w ścianie SE, na głębokości 0,9 m, wykonano półkę o wymiarach $1,2 \times 0,2$ m, zgodną z główną powierzchnią akumulacji (*Sp*). Po usunięciu luźnego materiału piaszczystego kompasem geologicznym mierzono azymut i kąt nachylenia płaszczyzny AB otoczków. Jednocześnie mierzono długość poszczególnych osi ziarn, określano stopień

obtaczania (wg 5-stopniowej skali Ruchina) oraz ogólną przynależność petrograficzną poszczególnych ziarn. Dokonywano pomiarów wszystkich otoczków, idąc kolejno od odmorskiej do odlądowej strony odsłonięcia. Wykonano po 100 pomiarów w dwóch szurfach położonych przy podstawie klifu wydmowego, odległych od siebie o 20 m. Symbole układu odniesienia dla orientacji ziarn przyjęto za Kaltenherbergiem (1956) cytowanym w pracy R. Gradzińskiego i in. (5).

Wyniki pomiarów przedstawiono w postaci diagramów i wykresów. Orientację azymutów płaszczyzny AB przedstawiono na wykresach w postaci różny kierunków i wektorowej różny kierunków, obliczając graficznie procentową wielkość wektora wypadkowego (współczynnik zwartości pomiarów). Statystyczną istotność uzyskanych wyników sprawdzono za pomocą testu Rayleigha. Przestrzenne uporządkowanie otoczków podano w postaci diagramu konturowego, posługując się siatką Schmidta w projekcji równikowej (górną półkula).

WYNIKI BADAŃ

Warstwa otoczków zalega niezgodnie, na płaskiej powierzchni ścienia erozyjnego (ryc. 1), na głębokości od 85 do 87 cm pod powierzchnią terenu. W spągu występują jasnoszare średnio-drobnoziarniste piaski, w postaci zestawu przekątnych lamin o miąższości ok. 3 mm, zapadających pod kątem 12° w kierunku wydm. Piaski te mają następujące parametry rozkładu wielkości ziarn (według wzorów Falka i Warda - 4): $Mz = 2,02 \phi$, $\sigma = 0,39 \phi$ $S_{k_7} = 0,09$, $K_g = 1,55$. Są to osady dobrze wysortowane



Ryc. 1. I – Profil plaży w rejonie badań (21,1 km) w dniu 31 VIII 1982 r.

II – blokdiagram warstwy piasków z otoczkami zalegającej niezgodnie na warstwie piasków laminowanych przekątnie.

Fig. 1. I – Section of beach in the studied area (21,1 km) on 31 August 1982.

II – blockdiagram of a layer of sand with pebbles, resting discordantly on sand layer with inclined lamination.

a ich krzywa rozkładu wielkości ziarn wykazuje niewielką skośność ujemną i bardzo leptokurtyczny typ spłaszczenia.

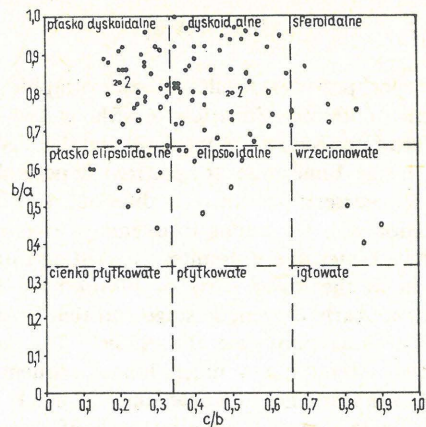
Otoczki występują w obrębie płasko zalegającej warstwy piasków drobno-średnioziarnistych, o przeciętnej średnicy $Mz = 1,74 \phi$, dobrym wysortowaniu, $\sigma_I = 0,44 \phi$, niewielkiej skośności dodatniej $Sk_I = 0,01$ i mezokurtycznym typie spłaszczenia krzywej rozkładu wielkości ziarn, $Kg = 1,08$. Miąższość warstwy wynosi 5 cm. W części stropowej zalega warstwa jasnoszarych, dobrze wysortowanych piasków średnioziarnistych o przeciętnej średnicy $Mz = 1,68 \phi$, a miąższości 10 cm. Warstwa otoczek charakteryzuje się specyficznymi cechami i ułożeniem przestrzennym, właściwym dla wielokrotnie przerobionego materiału strefy brzegowej akwenów bezpływowych.

Wielkość otoczek grupuje się w dość wąskim zakresie, przeciętna średnica ziarn wynosi $Mz = -4,43 \phi$, wysortowanie jest dobre ($\sigma_I = 0,43 \phi$). Krzywa rozkładu wielkości ziarn wykazuje niewielką skośność ujemną i platykurtyczny typ spłaszczenia ($Sk_1 = -0,03$, $Kg = 0,71$). W osadzie występują w przewadze dyskoidalne i płaskodiskoidalne otoczki stanowiące 78% ziarn, płasko-elipsoidalne stanowią 8, elipsoidalne – 7, sferoidalne – 4, wrzecionowate – 3% (ryc. 2). Ziarna wrzecionowate i sferoidalne układają się przestrzennie pod wpływem prądów, odmiennie niż ziarna płaskie, a ziarna elipsoidalne nie wykazują uporządkowanego ułożenia. W związku z tym z interpretacji wyników należy wykluczyć ok. 14% ziarn.

Obtroczenie otoczek jest dobre, mediana stopnia obtroczenia wynosi $Me = 3,0$ według skali pięciostopniowej.

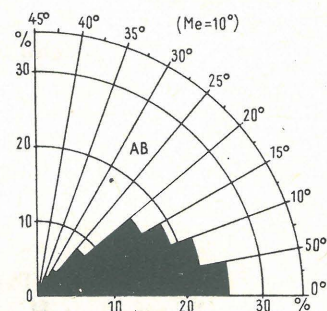
W składzie petrograficznym ziarn przeważają skały krystaliczne (89% ziarn), resztę stanowią piaskowce, mułowce i wapień.

Wartość upakowania otoczek wynosi maksymalnie 0,50, a średnio 0,40. Przestrzenne ułożenie otoczek przedstawiono jako upad i azymut upadu płaszczyzny największego przekroju (AB), bezpośrednio za pomocą róży kierunków i pośrednio biegunów osi C przedstawionych na diagramie konturowym. Kąty upadu płaszczyzny AB przedstawiono na ryc. 3, wykazują one dość znaczny rozrzut w przedziale od 0° do 45°. Mediana kątów upadu wynosi 10°. Kąt zapadania płaszczyzny AB zależy od wielu czynników, głównie od: charakteru podłoża, w tym uziarnienia i nachylenia płaszczyzn Sp i Sf ; warunków hydrodynamicznych oraz charakteru form morfologicz-



Ryc. 2. Forma otoczek określona na podstawie proporcji parametrów b/a i c/b (wg definicji Zingga).

Fig. 2. Form of pebbles, defined on the basis of proportions of the parameters b/a and c/b (after the Zingga definition).



Ryc. 3. Wykres kątów upadu płaszczyzn AB otoczek.

Me – mediana kątów upadu.

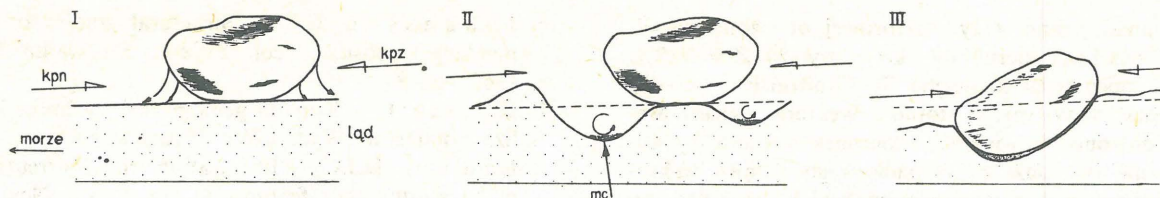
Fig. 3. Graph of angles of dip of planes AB of pebbles.

Me – median dip angles.

nych i struktur sedimentacyjnych występujących w środowisku depozycji. W badanym terenie kąt upadu płaszczyzny AB jest, w większości wypadków, wynikiem reorientacji otoczek przez powrotne fale zmywu. Zwykle otoczki występujące na piaskach drobnoziarnistych zalegają bardziej płasko. W rozpatrywanym przypadku część otoczek zalega dość stromo (do 45°), co jest wynikiem ich wtórnej depozycji w wyżłobieniach erozyjnych, wy-preparowanych wokół otoczek przez prądy zmywu i napływu fal (ryc. 4 częściowo za Menardem i Boucotem – 9). Wskaźnikiem takiej reorientacji ziarn jest, w wypadku osadów badanej plaży, obecność dużego – w stosunku do otoczenia – nagromadzenia minerałów ciężkich w centrum zagłębienia pod otoczką. Minerale ciężkie zostały selektywnie wy-preparowane z otaczającego osadu, za pomocą prądów wirowych, powstających z prądów napływu i zmywu w zagłębieniach erozyjnych.

Azymuty kierunków upadu płaszczyzny AB przedstawiono na wykresie kołowym tzw. róży kierunków (ryc. 5), po uporządkowaniu kierunków co 40° (wg Pettijohna – 10). Wskazuje on na główny kierunek ok. 20° dla 34% ziarn i szereg kierunków towarzyszących od 20° do 160° dla ok. 60% ziarn. Jest to ułożenie mniej więcej zgodne z kierunkiem napływu fal.

Bardziej szczegółowo można przeprowadzić analizę przestrzennego ułożenia otoczek w stosunku do linii

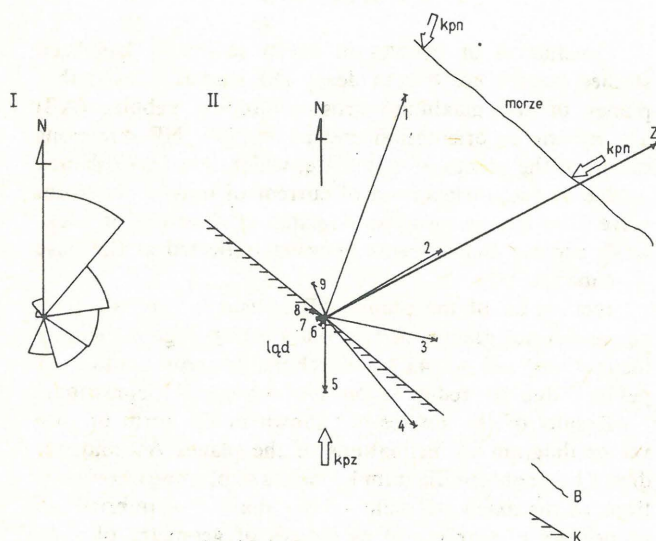


Ryc. 4. Stadia reorientacji otoczków po depozycji w piaszczystych osadach plaży wewnętrznej (częściowo za Menardem i Boucotem – 9).

I – położenie otoczaka po depozycji na plaży piaszczystej, nachylenie płaszczyzny AB niewielkie, zgodne z nachyleniem Sf (lokalnej płaszczyzny akumulacji). Kpn – kierunek prądu napływu, Kpz – kierunek prądu zmywu. II – wyżłobienia erozyjne w sąsiedztwie otoczaka, w centrum zagłębień koncentracja minerałów ciężkich (mc). III – pozycja otoczaka redeponowanego w zagłębieniu erozyjnym przez prąd zmywu powrotnego. Zwiększenie kąta upadu płaszczyzny AB.

Fig. 4. Stages of reorientation of pebbles after deposition in inner beach sands (partly after Menard and Boucot, 9).

I – position of a pebble after deposition on sandy beach, inclination of plane AB small, consistent with that of Sf (local accumulation plane). Kpn – direction of onwash current, Kpz – direction of backwash current. II – erosional furrows in the neighbourhood of pebble, with concentration of heavy minerals (mc) in the middle. III – position of pebble after redeposition in erosional depression by backwash current. Angle of dip of plane AB markedly increased.



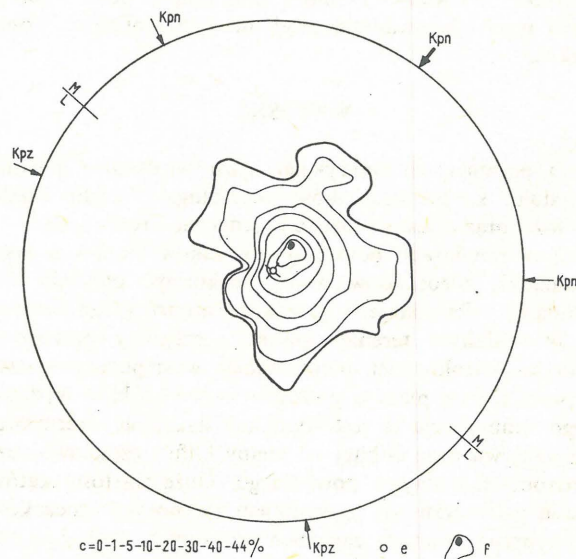
Ryc. 5. I – róża kierunków upadu płaszczyzn AB otoczków. II – wektorowa róża kierunków upadu płaszczyzn AB na tle schematycznego szkicu terenowego.

B – linia brzegowa, K – krawędź podstawy klifu, 1–9 – wektory składowe o równomiernym rozkładzie kołowym w granicach 0–360°, Z – wektor wypadkowy (współczynnik zawartości kierunków), Kpn i Kpz objaśnione przy ryc. 4.

Fig. 5. I – rose diagram of directions of dips of planes AB of pebbles. II – vector rose diagram of directions of dip of planes AB at the background of schematic sketch map of the area.

B – shore line, K – margin of cliff base, 1–9 – component vectors with uniform circular distribution within the range 0–360°, Z – net vector (coefficient of share of directions), Kpn and Kpz – as explained in Fig. 4.

brzegowej i kierunku napływu fal, na podstawie wektorowej róży kierunków (ryc. 5). Na wykresie tym przedstawiono wszystkie, pogrupowane co 40° azymuty kierunków upadu płaszczyzny AB. Linia brzegowa jest równoległa do linii podstawy czynnego klifu wydmowego i ma azymut ok. 310°. Główne wektory azymutów kierunków upadu płaszczyzn AB układają się zgodnie z kierunkiem napływu fal (wektory 1 i 2). Wektory 3 i 4 należy wiązać



Ryc. 6. Diagram konturowy orientacji otoczków w piaszczystych osadach plaży wewnętrznej (górna półkula 100 pomiarów).

e – normalna głównej powierzchni akumulacji (Sp) zgodnej z lokalną powierzchnią osadzenia (Sf), f – diagram biegunów osi C, M – strona morską, L – lądową.

Fig. 6. Contour diagram of orientation of pebbles in sandy sediments of inner beach (upper hemisphere – 100 measurements).

e – normal of major accumulation surface (Sp), consistent with local sedimentation surface (Sf), f – diagram of poles of axis C, M – seaward side, L – landward side.

z kierunkiem fali sztormowej, biegnącej wzdłuż linii podstawy klifu, a wektory 5, 6, 7 i 8 – z kierunkiem prądu zmywu powrotnego. Wektor 10 jest sumą wektorową azymutów kierunków upadu płaszczyzn AB, jego azymut (ok. 60°) może – przy założeniu, że wszystkie płaskie otoczaki zapadają ku morzu i że sztormowe prądy napływu miały większe natężenie od prądów powrotnych – wskazywać, że na depozycję warstwy otoczków decydujący wpływ miały prądy związane ze sztormowym falowaniem z kierunków północno-wschodnich.

Dla analizowanej róży wektorowej obliczono współczynnik zwartości kierunków, który wynosi $Z = 50,2\%$.

Za pomocą testu Rayleigha (R. Gradziński i in. — 5) sprawdzono statystyczną istotność wektora wypadkowego. Stwierdzono, że wielkość i kierunek wektora wypadkowego nie pochodzi z przypadkowego doboru wektorów składowych o równomiernym rozkładzie kołowym. W badanym osadzie, prawdopodobieństwo przypadkowego wyniku jest mniejsze od $p = 0,01$.

Położenie przestrzenne otoczków na diagramie konturowym potwierdza analizę wektorową azymutów kierunków upadu płaszczyzn AB. Na diagramie oznaczono stronę morską i lądową terenu badań oraz główne kierunki prądów decydujących o przestrzennym ułożeniu ziarn. W badanym terenie płaszczyzna $Sp = Sf$ i zalega poziomo, w związku z tym nie została uwzględniona na diagramie. Na diagramie konturowym występuje jedno centrum wskazujące na główny kierunek prądu, zawarty między 20° a 40° . Izolinie niższych wartości procentowych wskazują na wielomodalność imbrakacji, powodowanej mniej uprzywilejowanymi prądami oraz reorientacją otoczków.

WNIOSKI

O parametrach imbrakacji ziarn w osadzie głównie decyduje: kształt otoczków, morfologia i cechy osadu podłoża oraz warunki hydrodynamiczne środowiska.

Przy pomiarach położenia otoczków służących jako wskaźniki paleoprądów należy wykluczyć otoczki eliptyczne i sferoidalne, a wrzecionowate rozważać osobno.

W badanym terenie opisano szczególny przypadek imbrakacji izolowanej, polimodalnej, występującej w strefie wewnętrznej plaży u podstawy czynnego klifu wydmowego. Imbrakacja ta jest wynikiem działania sztormowej fali napływu oraz odbitej od ściany klifu i częściowo rozproszonej fali zmywu powrotnego. Duże wartości kątów upadu płaszczyzn AB są wynikiem redepozycji otoczków do wypreparowanych zagłębień erozyjnych. Wskaźnikiem tej reorientacji jest koncentracja minerałów ciężkich pod otoczkami o większym kącie upadu płaszczyzny największego przekroju.

Na wielomodalność imbrakacji w badanym terenie składa się: położenie blisko podstawy klifu, uziarnienie podłoża, współwystępowanie wielokierunkowych prądów i kształt otoczków.

Na podstawie analiz większej ilości danych, dotyczących przestrzennej orientacji ziarn, można określić położenie próbki w obrębie basenu sedymentacyjnego oraz kierunki transportu materiału.

LITERATURA

1. Bluck B.J. — Sedimentation of beach gravel: example from South Wales. *J. Sed. Petrol.* 1967 vol. 37.
2. Curray J.C. — The analysis of two-dimensional orientation data. *J. Geol.* 1956 vol. 64.
3. Dziedzic K. — Orientacja otoczków na plaży nadmorskiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1967 t. 37.
4. Falk R.L., Ward W.C. — Brazos River bar a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Petrol.* 1957 vol. 27.
5. Gradziński R. i in. — *Sedymentologia*. Wyd. Geol. 1976.

6. Johansson C.E. — Structural studies of sedimentary deposits. *Geol. Fören., Stockholm Förh.* 1965 vol. 87.
7. Kozia J. — Kompas geologiczny. Technika i analiza pomiarów. Wyd. UWr. Wrocław 1980.
8. Laming D.J.C. — Imbrication, paleocurrents and other sedimentary features in the Lower New Red Sandstone, Devonshire, England. *J. Sed. Petrol.* 1966 vol. 36.
9. Menard H.W., Boucot A.J. — Experiments on the movement of shells. *Am. J. Sci.* 1951 vol. 249.
10. Pettijohn F.J. — Sedimentary rocks. Ed. Harper, New York 1957.
11. Picard K. — Sedimentationsverhältnisse des Hauptbuntsandsteins in der Bucht von Mechaemich-Nideggen. *Geol. Jb.* 1948 vol. 64.
12. Ruchin L.B. — *Osnovy litologii*. Niedra, Leningrad 1969.

SUMMARY

Orientation of pebbles in beach sediments has been studied in trenches 0.90 m deep. The studies showed that planes of the maximum cross-section of pebbles (AB) are varying in orientation and inclination. NE directions of dip of the planes predominate, which may be explained as due to such orientation of current of onwash of storm wave. The remaining appear related to direction of backwash current and currents of waves reflected at the base of dune cliff.

Inclination of the planes AB is usually (i.e. when Sp equals Sf) not greater than about a dozen degrees. Higher inclinations (up to 45°) are related to reorientation of pebbles due to redeposition into erosional depressions.

Results of the studies are shown in the form of rose vector diagram of inclinations of the planes AB and, indirectly, in contour diagram by means of plotting of orientations of the axis C. Results of the analysis of imbrication of pebbles appear useful as indices of geometry of sedimentary basin and sedimentary conditions.

РЕЗЮМЕ

В пляжевых осадках, в шурфах на глубине 0,90 м были проведены исследования ориентации гальки. Размещение плоскостей самого большого разреза гальки (AB) отличается многосторонностью и разными углами наклона. Привилегированными являются северо-восточные направления падения плоскостей AB, что связано с направлениями течения штормовой волны. Остальные связаны с направлениями течения смыва и с течениями волн отряженных от основания дюнного клифа. Наклон плоскостей AB не превышает обычно (при $Sp = Sf$) двадцати градусов. Большие наклоны (до 45°) связаны с реориентацией гальки вызванной её редепозицией в эрозионные впадины.

Результаты исследований представлены в форме векторной розы направлений падения плоскостей AB, а также на контурной диаграмме, косвенно, при помощи отображения положения оси C. Анализ имбрикации гальки даёт хорошие показатели геометрии седиментационного бассейна, а также условий осаждения.