

Zofia JUROWSKA, Ryszard KOTLIŃSKI

Charakterystyka litologiczna osadów powierzchniowych Ławicy Odrzańskiej

WSTĘP

W latach 1972—1975 Zakład Geologii Morza IG prowadził badania geologiczne w rejonie Ławicy Odrzańskiej. Jednostka ta leży w zachodniej części szelfu polskiego w obrębie Zatoki Pomorskiej. Jej powierzchnia szczytowa, ograniczona izobatą 10 m, rozszerza się w części północnej do około 30 km, natomiast w części południowej szerokość jej wynosi zaledwie około 2 km. Badaniami objęto powierzchnię szczytową Ławicy oraz obszar szelfu polskiego zawarty między granicą z NRD a 15° długości geograficznej wschodniej.

Pod względem morfologicznym Ławica Odrzana leży na płytkorówni¹ w obrębie obszaru bornholmsko-odrzańskiego (B. Rosa, 1967). Jest to rozległa forma morfologiczna ciągnąca się w kierunku południowo-wschodnim do około 15° długości geograficznej wschodniej. W kierunku południowym, do izobaty 18 m, płytkorównia obniża się gwałtownie, natomiast w części północnej leży prawie płasko i przechodzi stosunkowo łagodnie w głębsze rejony dna, w kierunku Ławicy Orlej.

Badania geologiczne w rejonie Ławicy Odrzańskiej prowadzono ze statków m/s *Bereitschaft* (1972 r.), m/s *Imor* (1973/74) i m/s *Czapla* (1975 r.). Ogółem pobrano 270 próbek osadów powierzchniowych oraz 65 rdzeni o długości od 40 do 268 cm (średnia długość ok. 170 cm). Próbkę powierzchniową pobierano zmodyfikowanym czerpakiem dennym typu Van Veena, a rdzenie sondą wibracyjną o średnicy 50 mm i długości 3 m. Lokalizację punktów pobrania próbek (stacji morskich) prowadzono za pomocą mikrofalowego dalmierza geodezyjnego Telemetr typu RG-10 oraz systemu radiolokacyjnego DECCA NAVIGATION. W 1975 r. w rejonie objętym badaniami wykonano również echosondaż dna (ok. 400 km profilów) echosondą pionową Mors i echosondą poziomą Sonar firmy Kelvin and Hughes.

¹ Obszar dna morskiego położony między brzegiem a izobatą ok. 40—50 m.

WYNIKI BADAŃ

Zgodnie z metodyką badań morskich osadów dennych, przyjętą w Zakładzie Geologii Morza IG, wykonano analizy laboratoryjne: uziarnienia, mineralno-petrograficzne i chemiczne osadów powierzchniowych (łącznie ok. 1200 analiz). Badania próbek rdzeni są w toku.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dominującym typem osadów są piaski drobnziarniste, a tylko lokalnie występują piaski średnioziarniste. Obecność piasków gruboziarnistych, żwiru i mułu stwierdzono w pojedynczych próbkach w południowo-wschodniej części badanego obszaru. Opierając się na wynikach analiz granulometrycznych wykonano obliczenia wybranych, statystycznych parametrów uziarnienia, tj.: średniej średnicy ziarn (Mz), odchylenia standardowego (δ_I), sumarycznej skośności graficznej (S_{KG}) i spłaszczenia (kurtozy graficznej — K_G) według wzorów R. L. Folka, W. C. Warda (1957). Wyniki obliczeń dowodzą, że badany osad charakteryzuje się niewielkim rozrzutem wartości Mz i δ_I . Wartości Mz dla prawie całego rejonu wahają się od 2 do 3 φ (0,25—0,125 mm).

Wysortowanie osadów, określone na podstawie odchylenia standardowego, generalnie jest dobre. Bardzo dobrze wysortowany osad występuje głównie w szczytowej części Ławicy i w części północno-zachodniej badanego rejonu. Najbardziej zróżnicowane wysortowanie osadu od bardzo dobrego do złego stwierdzono natomiast w części południowo-wschodniej.

Sumaryczna skośność graficzna waha się od $-0,68$ do $+0,80$ z przewagą wartości od $-0,10$ do $+0,10$. W części północno-zachodniej i południowo-wschodniej Ławicy S_{KG} mieści się w granicach od $-0,30$ do $-0,10$ (krzywa negatywnie skośna), co świadczy o przewadze prędkości większych od przeciętnych (średnich), w wyniku których osadzane były frakcje gruboziarniste. Wartości $S_{KG} > 0$ wskazują na prędkości mniejsze od przeciętnych (średnich) i akumulację drobniejszych frakcji osadu. Spłaszczenie (K_G) wynosi od 0,66 do 2,33, przy czym przeważającą część osadów charakteryzują wartości w przedziale od 0,90 do 1,11.

Analiza statystycznych parametrów uziarnienia sugeruje, że osady piaszczyste zostały uformowane w innych warunkach niż obecne. Wysortowanie wskazuje w sposób wyraźny, że powstały one przy stosunkowo dużej sile transportu. Badania zależności funkcji wybranych statystycznych parametrów uziarnienia i porównanie ich z wynikami badań osadów z innych środowisk, prowadzonymi m. in. przez R. J. Moiola i D. Weisera (1968), świadczą przypuszczalnie o wpływie procesów eolicznych na kształtowanie piaszczystych osadów Ławicy Odrzanej.

Badania morfologii ziarn kwarcu (charakter powierzchni ziarn i obtoczenie) wykonano na wybranych próbkach frakcji 1,0—0,5; 0,5—0,25 i 0,25—0,10 mm pod lupą binokularną. Obtoczenie ziarn badano za pomocą wzorca wizualnego Russela-Taylor-Pettijohna (*vide* G. Müller, 1964) oraz na graniformetrze spychaczowym GRS Krygowskiego (B. Krygowski, 1964). Wyniki badań ujęto w tab. 1 i 2.

Generalnie na podstawie tych badań należy sądzić, że osady Ławicy Odrzanej powstały w różnych środowiskach sedymentacyjnych. Pierwot-

Tabela 1

Obtroczenie ziarn kwarcu w osadach Ławicy Odrzanej (wg M. Michałowskiej)

Stopień obtroczenia	Procentowy udział ziarn we frakcjach		
	1,0—0,5 mm	0,5—0,25 mm	0,25—0,10 mm
Kanciaste	0,00—20,00 (4,14)	0,00—7,66 (1,21)	0,00—8,00 (1,89)
Częściowo kanciaste	22,33—42,00 (34,25)	8,00—29,66 (16,88)	4,33—43,33 (20,72)
Częściowo obtoczone	26,28—59,00 (42,23)	28,33—63,00 (47,07)	38,66—81,33 (59,13)
Obtoczone	8,66—23,00 (14,29)	15,00—38,66 (26,96)	0,66—44,66 (18,47)
Dobrze obtoczone	0,33—12,00 (4,41)	0,00—7,00 (2,73)	0,00—8,00 (1,44)

Uwaga: w nawiasach podano wartości średnie (dotyczy tabel 1, 3 i 4).

Tabela 2

Obróbka ziarn kwarcu frakcji 1,0—0,5 mm w osadach Ławicy Odrzanej (wg M. Michałowskiej)

Typ	Udział w %	Podtyp	Udział w %
Młodyciany — α (bez obróbki)	60,5—81,5	α_1 (skrajnie graniasty)	7,0—52,5
		α_2 (graniasty)	18,5—71,5
Dojrzały — β (pośredni)	16,5—36,5	β_1 (słabe ślady obróbki)	9,0—24,5
		β_2 (wyraźna obróbka)	2,0—16,0
Starczy — γ (dobra obróbka)	0,0—6,0	γ_1 (dobra obróbka)	0,0—6,0
		γ_2 (bardzo dobra obróbka)	0,0—0,1

nym ich źródłem były utwory lodowcowe. Stosunkowo duża ilość ziarn obtoczonych, głównie w osadach części szczytowej Ławicy, sugeruje także wpływ procesów eolicznych. Niewielki udział procentowy ziarn kanciastych w centralnej części badanego obszaru wskazuje na przemieszczanie materiału z północnego zachodu na południowy wschód, gdzie udział ziarn kanciastych wzrasta. Jest to strefa obniżonej aktywności hydrodynamicznej.

Charakter powierzchni ziarn kwarcu określono w pięciostopniowej skali L. B. Ruchina (1969) zmodyfikowanej przez R. Kotlińskiego (1973).

Tabela 3

Urzeźbienie powierzchni ziarn kwarcu w osadach Ławicy Odrzanej (wg R. Kramarskiej)

Typy urzeźbienia	Procentowy udział ziarn we frakcjach			Średni procentowy udział w całej próbce
	1,0—0,5 mm	0,5—0,25 mm	0,25—0,10 mm	
Wypolerowane — gładkie, błyszczące	0,0—3,0 (1,7)	0,66—9,01 (2,7)	0,0—2,33 (0,3)	1,5
Niewypolerowane — szorstkie, drobno- chropowate	43,66—69,43 (51,01)	35,96—73,06 (59,5)	47,0—87,93 (64,5)	59,7
Jamiste	1,0—6,43 (3,6)	1,33—7,33 (3,6)	0,0—10,66 (2,2)	3,1
Skorodowane	3,66—16,33 (7,4)	0,0—9,66 (5,4)	0,0—8,66 (2,4)	5,0
Graniaste — silnie urzeźbione	18,33—39,33 (31,9)	20,0—50,47 (29,0)	8,0—49,33 (30,9)	30,6

Jak wynika z tab. 3 w poszczególnych frakcjach nie stwierdzono zasadniczych różnic w typie urzeźbienia. W zależności od wielkości ziarn zmienia się jednak udział poszczególnych typów urzeźbienia ich powierzchni, co może być wskaźnikiem stopnia obróbki określonej wielkości ziarn w danym środowisku. We wszystkich analizowanych frak-

Tabela 4

Typy fizjograficzne ziarn kwarcu w osadach Ławicy Odrzanej (wg R. Kramarskiej)

Typ ziarn	Procentowy udział ziarn we frakcjach			Średnia procentowa zawartość ziarn w całej próbce
	1,0—0,5 mm	0,5—0,25 mm	0,25—0,10 mm	
Nieprzeźroczyste	0,33—12,66 (4,2)	0,0—10,33 (2,3)	0,0—11,66 (1,6)	2,7
Półprzeźroczyste	21,0—55,66 (35,5)	11,0—44,66 (24,0)	10,0—55,66 (26,0)	28,5
Spękane	16,33—39,33 (27,6)	14,33—42,66 (24,3)	4,66—33,33 (15,2)	23,3
Przeźroczyste bez wrostków	0,0—2,66 (0,8)	0,33—11,33 (4,0)	2,33—33,0 (14,9)	6,5
Przeźroczyste z wrost- kami	17,0—43,33 (28,6)	10,33—65,33 (42,5)	4,33—68,0 (40,5)	37,2
Zabarwione	0,0—8,0 (2,7)	0,0—4,33 (2,3)	0,33—5,66 (1,5)	2,1
Opalizujące	0,0—2,0 (0,7)	0,0—1,33 (0,4)	0,0—0,97 (0,1)	0,4

Tabela 5

Skład chemiczny osadów Ławicy Odrzanej

Składniki główne	Zawartość w %	Wartości średnie w %
SiO ₂	79,62—97,21	93,12
Al ₂ O ₃	1,26—3,93	2,25
TiO ₂	0,06—5,48	0,7
Fe ₂ O ₃	0,08—6,1	0,91
CaO	0,11—1,12	0,44
MgO	0,02—0,52	0,13
MnO	0,002—0,322	0,044
K ₂ O	0,54—1,31	0,81
Na ₂ O	0,31—0,54	0,42
Straty prażenia	0,0—0,88	0,34

cyjach przeważają ziarna o powierzchniach niewypolerowanych — szorstkich, drobnochropowatych. Największy ich udział stwierdzono we frakcji 0,25—0,10 mm.

Badania składu mineralno-petrograficznego wykazały, że przeważającym składnikiem jest kwarc w ilości średniej 93⁰%. Ponadto występującym skaleniem, stanowiącym średnio 3,1⁰% osadu, okruchy skał krystalicznych — ok. 1,5⁰% i minerały skał krystalicznych — ok. 1⁰%. W zależności od wielkości frakcji udział poszczególnych składników ulega niewielkim zmianom.

Analiza poszczególnych typów fizjograficznych ziarn kwarcu (tab. 4) wykazuje, że przeważają ziarna przezroczyste z wrostkami, następnie półprzezroczyste i spękane.

Analizując podfrakcję minerałów ciężkich R. Kotliński i M. Masłowska stwierdzili, że dominują minerały z grupy granatu, amfibole, piroksen i epidot. Pozostałe minerały jak: biotyt, chloryt, cyrkon, rutil, monacyt, dysten, apatyt, turmalin, andaluzyt, sylimanit i staurolit występują w ilościach podrzędnych. Stwierdzone lokalne nagromadzenia minerałów ciężkich (> 3⁰% wag.) na północno-wschodnim skłonie Ławicy Odrzanej oraz w części północno-wschodniej badanego obszaru powstały w wyniku dyferencjacji mechanicznej materiału osadowego i separacji składników mineralnych pod wpływem prądów przydennych.

Wyniki badań mineralno-petrograficznych osadów powierzchniowych wskazują, że materiałem wyjściowym były utwory lodowcowe, przerobione w środowisku morskim przy współdziałaniu procesów eolicznych.

Na podstawie badań chemicznych stwierdzono, że zdecydowanie przeważa SiO₂, następnie w znacznie mniejszych ilościach występuje Al₂O₃, Fe₂O₃ i TiO₂, a udział pozostałych składników jest zmienny i z reguły nie przekracza 1⁰% (tab. 5).

Stwierdzona w badanych osadach średnia zawartość pierwiastków śladowych wynosi: Pb — 0,00093⁰%, Zn — 0,0052⁰%, Cu — 0,0005⁰% Ni — 0,00052⁰%, Ca — 0,00063⁰%, Cr — 0,0052⁰%, V — 0,0013⁰%, Zr — 0,038⁰%, Ba — 0,0138⁰%, Sr — 0,010⁰%, B — 0,0048⁰%, Mn — 0,074⁰% i Co — 0,00075⁰%.

WNIOSKI

Kompleksowa analiza map, m. in.: batymetrycznej, osadów dennych i zawartości minerałów ciężkich wskazuje, że przemieszczanie osadów następuje wzdłuż północno-wschodniego skłonu Ławicy Odrzanej, gdzie zaznaczają się lokalnie obszary zwiększonej erozji dna. Część południowa Ławicy charakteryzuje się przewagą procesów akumulacji materiału.

Zróznicowanie składu mineralnego powierzchniowych osadów piaszczystych w badanym rejonie jest związane z działaniem prądów przydennych, generalnie o kierunku z północnego zachodu na południowy wschód. Strefowe zróznicowanie składu mineralnego osadu jest wynikiem przemieszczania i separacji ziarn mineralnych w zależności od ich wielkości, kształtu i ciężaru właściwego. W przeważającej części materiału jest akumulowany w centralnej, szczytowej części Ławicy i na południowo-wschodnim jej skłonie.

Na podstawie danych z literatury (W. Deecke, 1905; O. Pratje, 1939, 1948; H. Kliewe, 1960, 1964; O. Kolp, 1967; B. Rosa, 1967) oraz szczegółowych badań litologicznych — wykonanych głównie w Zakładzie Geologii Morza IG — wynika, że powstanie pokrywy piaszczystej Ławicy Odrzanej i jej współczesny charakter morfologiczny należy wiązać z działalnością prądów przydennych, które przemieszczały materiał akumulując go w miejscach osłabienia siły transportującej. Zmienne stany poziomu morza, związane z ewolucją południowego Bałtyku i położeniem dawnych linii brzegowych, powodowały okresowe odsłonięcie zdeponowanych osadów, które w tych okresach podlegały procesom eolicznym, a tym samym dalszej obróbce.

Powstanie pokrywy piaszczystej Ławicy Odrzanej i jej współczesny charakter morfologiczny są wypadkowym efektem procesów dynamicznych, zachodzących w dwóch odmiennych środowiskach: morskim i eolicznym.

Zakład Geologii Morza
Instytutu Geologicznego
Sopot, ul. Polna 58

Nadesłano dnia 30 stycznia 1976 r.

PIŚMIENNICTWO

- DEECKE W. (1905) — Ein Versuch, die Bänke der Ostsee vor der pommerschen Küste geologisch zur erklären. Neues Jb. Miner., **20**, p. 445—465. Stuttgart.
- FOLK R. L., WARD W. C. (1957) — Brazos River bar, a study in the significance of grain size parametres. J. Sediment. Petrol., **27**, p. 3—26, nr 1. Tulsa.
- KLIEWE H. (1960) — Die Insel Usedom in ihrer spät- und nacheiszeitlichen Formenentwicklung. Berlin.
- KLIEWE H. (1964) — Über küstennahe Endmoränen des spätglazialen Oder-Glet-

- scherstromes. Raport of the Vith International Congress on Quaternary Warsaw 1961, 3, p. 451—462, PWN. Łódź.
- KOLP O. (1967) — Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Bornholm — Mulde seit dem Spätglazial. Petermanns Geographische Mitteilungen, 3, p. 207—213. Gotha—Leipzig.
- KOTLIŃSKI R. (1973) — Typy urzeźbienia powierzchni ziarn kwarcu morskich osadów piaszczystych. Arch. Zakł. Geol. Morza Inst. Geol. Sopot.
- KRYGOWSKI B. (1964) — Graniformametri mechaniczna, teoria, zastosowanie. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Pr. Komis. geog.-geol., 2, z. 4, p. 6—103. PWN. Poznań.
- MOIOLA R. J., WEISER D. (1968) — Textural parametres: An'evolution. J. Sediment. Petrol., 38, p. 45—53, nr 1. Tulsa.
- MÜLLER G. (1964) — Methoden der Sedimentuntersuchung — Sediment — Petrologie. Teil I, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, p. 102—110. Stuttgart.
- PRATJE O. (1939) — Die Sedimentation in der südlichen Ostsee. Ann. Hydrogr. Marit. Meteorol., 67, p. 209—221. Hamburg.
- PRATJE O. (1948) — Die Bodenbedeckung der südlichen und mittleren Ostsee und ihre Bedeutung für die Ausdeutung fossiler Sedimente. Dtsch. Hydrogr. Z., 1, z. 2—3, p. 45—61. Hamburg.
- ROSA B. (1967) — Analiza morfologiczna dna południowego Bałtyku. Uniwersytet Mikołaja Kopernika, p. 98—114. Toruń.

Зояфия ЮРОВСКА, Рышард КОТЛИŃСКИ

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ОТМЕЛИ ОДЕРА

Резюме

По результатам гранулометрических и минералого-петрографических исследований, выполненных в Отделе геологии моря Геологического института, дается характеристика поверхностных отложений Отмели Одера. Преобладающими здесь являются мелкозернистые пески и локально залегающие среднезернистые пески. На основе анализа величин статистических параметров зернистости установлено, что средний диаметр зерен (Mz) колеблется от 2 до 3φ (0,25—0,125 мм), а общая отсортированность пород хорошая (стандартное отклонение σ_I в границах 0,35—0,50). Очень хорошо отсортированные отложения ($\sigma_I > 0,35$) залегают в самой верхней части Отмели Одера. Суммарное графическое усечение (SKG) колеблется от $-0,68$ до $+0,80$ с преобладанием величин от $-0,10$ до $+0,10$. Удлиненность (K_G) в большей части отложений в границах от 0,90 до 1,11.

Изучение морфологии зерен кварца выявило преобладание частично окатанных зерен с большим процентным содержанием окатанных зерен. Преобладают зерна с неотполированной поверхностью, шероховатые, мелкошершавые. С точки зрения минерального состава преобладает кварц (в среднем 91,3%), затем полевые шпаты (3,1%) и обломки кристалли-

ческих пород (около 1,5%). Преобладающим физиографическим типом являются прозрачные зерна с включениями, полупрозрачные и трещиноватые. В тяжелых минералах преобладают минералы группы гранатов, амфиболов, эпидотов и пироксенов.

Дифференциация минерального состава поверхностных песчаных отложений объясняется действием придонных течений. Зональная дифференциация минерального состава отложений является результатом отделения зерен в процессе перемещения в общем с северо-запада на юго-восток. Материал скапливается в центральной, вершинной части Отмели и на юго-восточном ее склоне. Образование песчаного покрова Отмели Одера и его современный морфологический характер являются равнодействующим эффектом процессов, происходящих в двух различных средах: морской и эоловой.

Zofia JUROWSKA, Ryszard KOTLIŃSKI

LITHOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE SURFACE DEPOSITS OF ŁAWICA ODRZANA

Summary

The present characteristic of the surface deposits of Ławica Odrzana is based on the results of granulometric, mineralogical and petrographic studies made in the Department of the Geology of the Sea at the Geological Institute. Fine-grained sands and local medium-grained sands represent the predominant type of deposits. An analysis of the statistical parameters of grain size distribution shows that the mean grain diameters (Mz) range from 2 to 3 φ (0.25—0.125 mm) and that the deposits are well sorted on the whole (standard deviation σ_I varies from 0.35 to 0.50). Those deposits which occur in the top part of Ławica Odrzana are very well sorted ($\sigma_I > 0.35$). S_{KG} varies from -0.68 to $+0.80$, most of the values varying from -0.10 to $+0.10$. Oblateness (K_G) ranges from 0.90 to 1.11 in most of the deposits. An analysis of the morphology of quartz grains shows the predominance of partly rounded grains, the percentage of rounded grains being quite large. Most of the grains are characterized by unpolished, rough and fine-porous surfaces. The mineral composition shows that quartz is the predominant component (91.3 per cent on the average), followed by feldspars (3.1 per cent) and fragments of crystalline rocks (about 1.5 per cent). Transparent grains with intergrowths, semitransparent grains and fractured grains are the prevailing physiographic types. Among heavy minerals predominate those from the group of garnets, amphiboles, epidotes and pyroxenes.

The differentiation in the mineral composition of surface sandy deposits is connected with the activity of bottom currents. The zonal differentiation in the mineral composition of these deposits results from the separation of grains in the course of displacements, generally speaking from the north-west to the south-east. Material is accumulated in the central, top part of Ławica Odrzana and on its south-eastern slope. The formation of the sandy cover of Ławica Odrzana and its contemporary morphological character represent the combined effect of processes taking place in two different environments — marine and aeolian.