

Ludomir MAĆZKA, Roman RACIŃOWSKI

## Formy występowania skupień minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

### WSTĘP

Piasek wzbogacony w minerały ciężkie na plażach polskiego wybrzeża od dawna wzbudzał zainteresowanie ze względów ekonomicznych. Badania nad możliwością wykorzystania go w gospodarce narodowej prowadzone są systematycznie przez szereg instytucji. Na szczególną uwagę zasługują opracowania Instytutu Geologicznego, Instytutu Morskiego, Stacji Morskiej PAN, Zakładu Geomorfologii i Geologii Morza PIHM oraz Katedry Mineralogii Uniwersytetu Warszawskiego. Zagadnienie procesu naturalnego wzbogacania w minerały ciężkie w strefie brzożowej zajmuje jednak w tych pracach stosunkowo niewiele miejsca. Skłoniło to autorów do bliższego zainteresowania się tym problemem. Badania prowadzone były jesienią 1967 r. w wybranych miejscowościach Pomorza Zachodniego. Aby uzyskać możliwość większej porównywalności, obserwacje terenowe prowadzone były w krótkim odstępie czasu, między skrajnymi miejscowościami, przy podobnych warunkach hydro-meteorologicznych; kierunek napływających fal — generalnie z NW. Przy opisie badań terenowych autorzy zastosowali zasadniczo terminologię proponowaną przez S. Rudowskiego (1962).

Opracowanie materiału wzbogaconego w minerały ciężkie objęło określenie jego uziarnienia oraz składu mineralnego. Analizę mineralną wykonano we frakcji 0,25—0,7 mm, używając aniliny jako cieczy imersyjnej. W zestawieniach (tab. 1 i 2) dla porównania zamieszczono również wyniki analiz nie wzbogaconego piasku plażowego i wydmowego.

### PLAŻOWE WZBOGACENIA W MINERAŁY CIĘŻKIE W ŚWIETLE WYBRANEJ LITERATURY

Problematyka wzbogacania piasków plażowych w minerały ciężkie szeroko poruszana jest w pracach niemieckich i radzieckich. H. Falke (1939) w swojej syntezie rozsypisk morskich wydzieliła wzbogacenia powstałe: 1 — pod działaniem wiatru — w strefie plaży i obszarze wydm brzożowych; 2 — pod zmiennym działaniem wody i wiatru w strefie pły-

wów (w szerokim zakresie); 3 — powstałe tylko w wyniku mechanicznego działania wody: a) uformowane w strefie przyboju sztormowego (cienkie, ale mające szerokie rozprzestrzenienie koncentraty), b) w strefie przyboju niesztormowego (o stosunkowo miększej warstwie wzbogaconej w minerały ciężkie).

E. Wasmund (1938, 1939) wyróżnia w obrębie plaży trzy strefy, w których zachodzi proces tworzenia się wzbogaceń w minerały ciężkie. Są to: strefa przyboju wód sztormowych oraz martwego kąta pod wydymami (gdzie zjawisko to zachodzi najsilniej). Stwierdza on także występowanie wzbogaceń w obrębie dawnego klifu litorynowego (w okolicy Świnoujścia).

E. N. Niewiesskij (1960) oraz A. A. Aksenow, E. N. Niewiesskij, J. A. Pawlidis, F. A. Szczerbakow (1965) uważają, że zjawisko wzbogacania w strefie brzegowej powiązane jest ściśle: 1 — z geologicznym i geomorfologicznym charakterem plaży, 2 — z procesem segregacji materiału klastycznego w strefie brzegowej oraz 3 — sprzyjającymi warunkami do zachowania tych wzbogaceń. Uważają oni, że sortowanie materiału pod względem wielkości ziarn i ciężaru właściwego zachodzi równolegle. Jednak wzbogacanie w minerały ciężkie zaczyna zachodzić na szerszą skalę, gdy wielkość ziarn w osadzie nie przewyższa średnicy 0,3—0,4 mm. Koncentracje minerałów ciężkich tworzą się w strefie ostatecznego załamania fal, w górnej części wału brzegowego, u podnóża rozmywanego falami nadbrzeża oraz na wysuniętych w stronę morza „wypukłościach” ładu. Najsilniejsze wzbogacenia w minerały ciężkie powstają przy średnim falowaniu, kiedy dość silne wody przyboju wynoszą z ładu w stronę morza minerały lekkie, pozostawiając składniki o większym ciężarze właściwym. Przy silnym falowaniu (w czasie sztormu) wody przyboju zalewają całą plażę i w znacznym stopniu wsiąkają w nią, a tylko częściowo spływają do morza. Wody te pozostawiają większość transportowanego, nie rozsortowanego pod względem ciężaru właściwego materiału. Dlatego też w warunkach tych powstają w piaskach plażowych tylko cienkie przewarstwienia materiału wzbogaconego w minerały ciężkie.

A. Geissler (1940) zwraca uwagę na zależność ilości i jakości wzbogaceń od pory roku. W przeciwieństwie do okresów jesienno-zimowych, letnie są rzadkie i niewielkie, maleje w nich udział granatu i minerałów rudnych. Związek między dynamiką morza i jakością mineralogiczną wzbogaceń omawiają B. Nowak (1962, 1963), J. Bączyk, B. Nowak (1963), J. Łoziński, H. Masicka (1962), E. Cordes (1966) i inni. Stwierdzają oni, że im wyższa jest wagowo zawartość minerałów ciężkich w osadzie, tym liczniej występują w nich minerały o wyższym ciężarze właściwym. Wybrzeża poddawane intensywnemu rozmywaniu charakteryzują się wysoką koncentracją minerałów ciężkich bogatych w magnetyt, ilmenit, granat, cyrkon, rutyl. Wybrzeża akumulacyjne mają niższą koncentrację minerałów ciężkich w osadzie i reprezentowane są przez minerały, których ciężar właściwy nie przekracza 3,5 (tj. amfibol, biotyt, piroksen itp.). Warto jednak w tym miejscu zwrócić uwagę, że obok ciężaru właściwego na jakościowy charakter wzbogaceń wpływa również kształt hydrauliczny ziarn mineralnych, ze względu na łatwiejsze lub trudniejsze porywanie i transportowanie ich przez wodę (L. I. Briggs, D. S. McCulloch, F. Moser, 1962). Nie bez znaczenia na tworzenie się

wzbogaceń w minerały ciężkie ma zagospodarowanie plaży, na co między innymi zwraca uwagę K. Bülow (1951) stwierdzający powstawanie wzbogaceń za sztucznymi przeszkodami.

## OBSERWACJE TERENOWE

### USTKA

Badania prowadzono na przeszło 2 km odcinku brzegu na wschód od plaży miejskiej. Stwierdzono pięć stref z piaskiem wzbogaconym w minerały ciężkie.

1. Aktualne wzbogacenie w minerały ciężkie występowało w bezpośrednim sąsiedztwie opasek zabezpieczających przed rozmywaniem wydmy nadbrzeżną. Szerokość plaży od dolnej granicy spływu wód potoku przyboju do opasek wynosiła 5÷10 m. W tych miejscach, gdzie nie dochodziły napływy potoku przyboju, a od lądu w stronę morza spod opasek wypływały drobne ciekły wodne, obserwowano wachlarzowato rozchodzące się smugi wzbogaceń w minerały ciężkie (tabl. I, fig. 2, 3). Frakcja ciężka zbierała się w „korytkach” meandrujących strużek (tab. II, fig. 4). Miąższość tego liniowego wzbogacenia była rzędu 1 mm (maksymalnie do 3 mm).

2. Wzbogacenia w minerały ciężkie występowały również na granicy dawnych napływów wód potoku przyboju (w odległości około 5 m od aktualnej granicy napływów), leżąc na piaszczystej powierzchni plaży nachylonej pod kątem 7—10°. Wzbogacenia te tworzyły wiśniowe lub czarnawe o nieregularnym zarysie plamy szerokości około 10 cm, długości do 2 m (tabl. II, fig. 4). Miąższość warstewki wzbogaconej wynosiła 1—3 mm.

3. W przypadku nieszczelnych opasek lub porozrywanych umocnień betonowych, na 3—5 metrowej powierzchni między nimi a nadbrzeżem, utworzone były wzbogacenia o szerokości do 1 m (przeciętnie 0,3 m) i długości do 3 m. W niektórych miejscach poszczególne plamy łączyły się ze sobą, w innych natomiast były rozmyte lub poprzewiewane. Koncentracja jest tu powierzchniowa, miąższość warstewki wzbogaconej w minerały ciężkie dochodzi do 5 mm.

4. Największe wzbogacenie w minerały ciężkie występowało u podnóża piaszczystego nadbrzeża nie chronionego opaskami. Koncentraty występowały na powierzchniach piaszczystych nachylonych pod kątem około 10°. Uformowane one były w postaci wydłużonych pasm o szerokości do 3 m i długości 10 do 15 metrów. Wzbogacenie w minerały ciężkie ma tu charakter „przekładańca”<sup>1</sup> o miąższości do 20 cm. W „przekładańcu” tym warstewki wzbogacone mają miąższość 2—3 mm, na powierzchni maksymalnie do 5 mm (tabl. III, fig. 6).

5. Na uwagę zasługuje wzbogacenie w minerały ciężkie w stopniu abrazyjnym przy podstawie nadbrzeża, występujące w postaci „przekładańca” grubości około 0,5 m. Na warstwie tej występują otoczaki i materiał kamienisty, przykryty cienkim osypiskiem piasku wydmowego (tabl. III, fig. 7). Wzbogacenie tego typu stwierdzono tylko w jednym miejscu na długości około 6 metrów.

<sup>1</sup> Termin „przekładańca” używany dla określenia osadu, w którym występują naprzemianległe warstewki piasku kwarcowego i piasku wzbogaconego w minerały ciężkie.

## DARŁÓWKO

Obserwacje prowadzono na około 1,5 km odcinku brzegu na wschód od latarni morskiej. Wzbogacenia w minerały ciężkie występowały w górnej części brzegu, na piaszczystej powierzchni o nachyleniu około  $9^\circ$ . Miejscami wzbogacenie ciągnęło się na długości ok. 200 m przy 3 m szerokości (tabl. IV, fig. 8 i 9). Największa miąższość tej warstwy występowała przy samym nadbrzeżu dochodząc do 4 cm. W stronę morza przechodziła ona w „przekładaniec”, który w odległości ok. 3 m od nadbrzeża miał grubość 15÷20 cm. Oddalając się od nadbrzeża „przekładaniec” był coraz cieńszy i przykryty warstewką piasku nie wzbogaconego. W odległości 6 m od nadbrzeża nadkład miał 5 cm grubości, w odległości zaś 9 m około 15 cm, miąższość „przekładania” zmniejszała się odpowiednio do 2 cm i ok. 0,5 cm.

## MIELNO

Badania przeprowadzone były na około 700-metrowym odcinku mierzei odgraniczającej jezioro Jamno od morza. W profilu plaży wyraźnie zaznaczał się wał brzegowy (wysokości do 1,5 m) od dolnej granicy spływu wód przyboju. Nachylenie jego ku morzu wynosiło  $10\text{--}15^\circ$ , ku lądowi  $8^\circ$ . Za wałem zaznaczała się laguna plażowa, od której w stronę wydmy nadbrzeżnej rozwinięta była wyższa część brzegu o długości 13 m i nachyleniu  $7\text{--}10^\circ$ . W odległości ok. 6 m od dna laguny plażowej występowało tu wzbogacenie w minerały ciężkie, zaznaczone jako porozmywane smugi ciemnego piasku szerokości 0,5÷1 m i długości kilkunastu metrów. Grubość powierzchniowego wzbogacenia była rzędu kilku milimetrów. W rozłożeniu smug zaobserwowano związek z wchodzącymi w morze ostrogami ochronnymi. Stwierdzono mianowicie, że na zachód od każdej ostrogi w wyższej części brzegu osadzony był materiał grubopiaszczysty z drobnym żwirkiem, który mniej więcej w połowie odległości od następnej ostrogi przechodził w piasek średnioziarnisty, na którym występowało wzbogacenie w minerały ciężkie.

W strefie wału brzegowego, który zbudowany był z grubego piasku ze żwirkiem i pojedynczymi otoczakami, nie zauważono aktualnego wzbogacenia, stwierdzono tylko segregację materiału pod względem wielkości cząstek.

## USTRONIE MORSKIE

Obserwacje objęły kilkusetmetrowy odcinek plaży na wschód od ulicy Bolesława Chrobrego. W profilu brzegu powyżej strefy napływu i spływu wód potoku przyboju (szerokości około 7 m i nachyleniu ok.  $8^\circ$ ) zaznaczona była płaska część plaży szerokości 7÷10 m. Od niej ku wydmom nadbrzeżnym rozciągała się wyższa część brzegu o szerokości 6 m i nachyleniu około  $10^\circ$ . Wzbogacenie w minerały ciężkie występowało w oddaleniu około 3 metrów od podnóża wydmy nadbrzeżnej w postaci ciemnych, silnie porozmywanych smug na powierzchni piasku. Miąższość wzbogacenia była rzędu paru milimetrów.

Aktualne wzbogacenie zachodziło w górnej części strefy potoku przyboju i miało wyraźny związek z ostrogami ochronnymi. Po zachodniej stronie każdej ostrogi przebiegała segregacja materiału pod względem

wielkości, natomiast w odległości około 20 metrów na wschód od niej zaznaczały się parodo-kilkunastometrowej długości wzbogacenia w minerały ciężkie. Szerokość ich wynosiła do 15 cm, a miąższość do 1 mm.

#### DŹWIRZYNO

Obserwacje prowadzono na przestrzeni przeszło 3 km na wschód od ujścia Błotnicy. Na terenie brzegu chronionego ostrogami aktualne wzbogacenie w minerały ciężkie zachodziło w górnej części strefy potoku przyboju, na krótkich odcinkach po wschodnich stronach ostróg. Były to wąskie, ciemne smużki, wyznaczające zasięg aktualnie najsilniejszych napływów potoku przyboju.

Przy ostatnich ostrogach plaża miała bardziej żwirowy charakter. Przy opaskach ochronnych zabezpieczających wydmy nadbrzeżne obserwowano występowanie szerokich smug piasku wiśniowego (przeszło 3 m). Warstwa wzbogacona największą miąższością miała przy samym nadbrzeżu (3 cm), ku morzu przechodziła ona w „przekładaniec”, przykryty coraz to grubszym nadkładem piasku kwarcowego (tabl. V, fig. 10). „Przekładaniec” ten wyklinowywał się (zanikał) w odległości ok. 9 m od podstawy nadbrzeża.

Na odcinku nie chronionym ostrogami plaża zmieniała swój charakter. Strefa potoku przyboju była piaszczysto-żwirowa (o szerokości 5 m i nachyleniu ok. 5°). Przechodziła ona w płaską piaszczysto-żwirową powierzchnię o szerokości 3÷5 m, dochodzącą do wału zbudowanego ze żwirów i otoczków, wznoszącego się ponad nią na wysokość ok. 1 m i nachylonego ku morzu pod kątem 12°, a w stronę lądu 8°. Poza wałem do nadbrzeża przytykała powierzchnia szerokości 2÷3 m, zbudowana z materiału piaszczystego z pojedynczymi otoczkami i żwirami. Pas silnego wzbogacenia w minerały ciężkie (szerokości 0,3÷1,5 m i miąższości do 3 cm) występował przed i poza żwirowo-otoczkowym wałem.

#### NIECHORZE

Badania prowadzone były na wschód od przystani rybackiej. W profilu plaży wyraźnie zaznaczony był wał brzegowy, nachylony w stronę morza pod kątem 7—10° i nadbrzeża ok. 5°. Na niektórych odcinkach poza nim występowała laguna plażowa, przechodząca w płaski poziom szerokości 10÷12 m zbudowany z grubego piasku ze żwirem i otoczkami. Powyżej — w stronę nadbrzeża — na powierzchni zbudowanej ze średnioziarnistego piasku z pojedynczymi żwirami, której szerokość wynosiła ponad 10 m, przy nachyleniu 6°, leżały słupki betonowe, dochodzące do podstawy wydmy.

Aktualne wzbogacenie w minerały ciężkie zachodziło na krótkich odcinkach w górnej części strefy potoku przyboju, w odległości około 15 m na wschód od betonowych ostróg. Wzbogacenia te zaznaczone były jako wąskie (ok. 10 cm szerokości) smugi na granicy silniejszych napływów potoku przyboju. Po zachodnich stronach ostróg materiał budujący wał brzegowy był grubszy, zachodziła tam segregacja pod względem wielkości cząstek.

Największe wzbogacenia w minerały ciężkie występowały w górnej części plaży w pasie szerokości około 5 m od podstawy wydmy. Największe skupienia występowały w pobliżu betonowych słupków (tabl. V,

fig. 11). Wzbogacenia te stanowiły równoległy do podstawy wydmy, po-przerywany ciąg. Warstewka wzbogacona powierzchniowo dochodziła do 2÷3 cm miąższości. Ku morzu przechodziła ona w przekładaniec grubości 20 cm (warstewki wzbogacone miały grubość 1÷3 mm), cieniejący w miarę oddalania się od nadbrzeża i przykryty coraz to grubszą warstwą piasku nie wzbogaconego. Przy dolnej granicy słupków betonowych przekładaniec ten wyklinowywał się.

Dalej na wschód od przystani rybackiej plaża zbudowana była ze średniego i grubego piasku ze żwirem i otoczakami na powierzchni, a wyższa część brzegu nie była umocniona słupkami betonowymi. Szerokość tej górnej części wynosiła 10 m, przy nachyleniu ok. 7°. Wzbogacenie w minerały ciężkie zaznaczało się w odległości 2÷3 m od podstawy wydmy, jako pas szerokości około 1 m (maksymalnie 1,5 m) i miąższości przeszło 1 cm.

#### TRZĘSACZ

Obserwacje prowadzone były w rejonie ruin kościoła na klifie. Po zachodniej stronie ruin w profilu plaży zaznaczał się wyraźny wał brzegowy, poza którym wyodrębniona była laguna plażowa, która przechodziła w wyższą część brzegu, dochodzącego do klifu zbudowanego z gliny zwałowej. Powierzchnia plaży składała się z materiału grubopiaszczystego z drobnym żwirkiem.

Wzbogacenia w minerały ciężkie występowały w pasie szerokości ok. 1 m, w odległości 5 m od klifu (tabl. VI, fig. 12). Miąższość wzbogaceń wynosiła 3÷5 mm (maksymalnie 1 cm). W stronę morza powierzchniowe wzbogacenie przechodziło w „przekładaniec” przykryty warstwą piasku nie wzbogaconego, wyklinowując się przy lagunie plażowej.

Po wschodniej stronie kościoła wzbogacenia występowały w analogicznej sytuacji, z tym że zalegały piaszczysto-gliniaste podłoże powstałe z przemytego materiału klifowego.

W czasie obserwacji powierzchnia plaży poddawana była silnym procesom przewiewania, powodującym zacieranie się ostrych granic materiału wzbogaconego w minerały ciężkie (tabl. VI, fig. 13).

#### PRÓBA SYSTEMATYZACJI WZBOGACEŃ W MINERAŁY CIĘŻKIE NA PLAŻACH POMORZA ZACHODNIEGO

Uogólniając spostrzeżenia terenowe wyodrębnić można następujące miejsca, w których zachodzi wzbogacenie w minerały ciężkie (fig. 1): górna część strefy potoku przyboju (1), górna część strefy brzegowej w sąsiedztwie nadbrzeża (2), za przeszkodami na plaży, które zalewane są wodami przyboju sztormowego (3), przy nadbrzeżu, przykryte cienkim osypiskiem materiału z nadbrzeża (4), przed przeszkodami, w wypadku płynących wód od nadbrzeża ku morzu (5).

1. Wzbogacenia w strefie potoku przyboju obserwowane były na wale brzegowym, gdy nachylenie jego ku morzu wynosiło 8—12°, a materiałem budującym wał był piasek drobno- i średnioziarnisty. Wyraźne wzbogacenie zachodziło przy dostatecznie silnych wodach potoku przyboju (dochodzących do górnej części wału), skierowanych pod kątem do linii brzegowej. Przy wybrzeżu chronionym ostrogami wzbogacenia w mi-

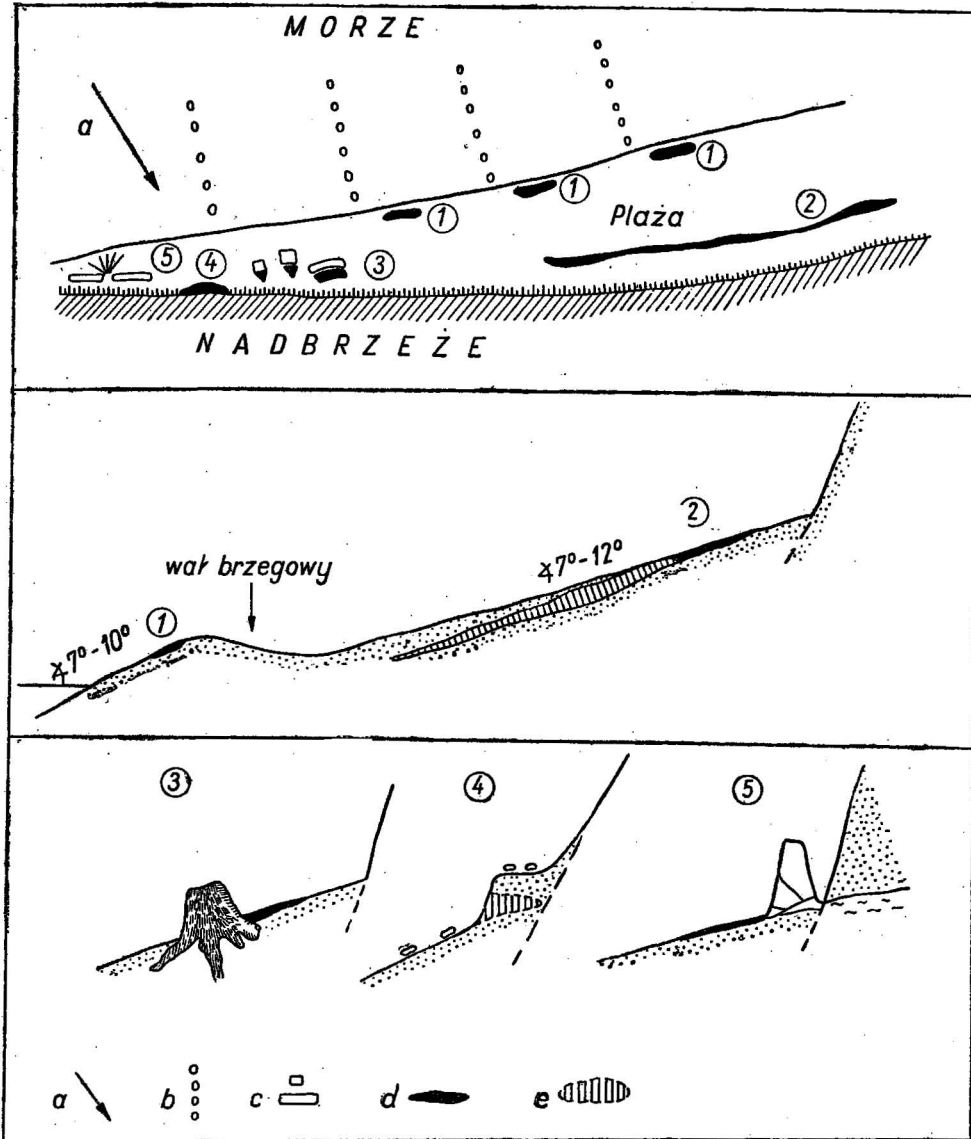


Fig. 1. Schemat rozmieszczenia wzbogaceń w minerały ciężkie w obrębie plaży  
Scheme of distribution of enrichments in heavy minerals within the beach zone

wzbogacenia: 1 — w górnej części strefy potoku przyboju, 2 — w górnej części brzegu, 3 — za przeszkodami, 4 — przy podstawie nadbrzeża, 5 — linijne, a — kierunek wiatru, b — ostrogi, c — umocnienia na plaży, d — wzbogacenia powierzchniowe, e — „przekładaniec” — materiał wzbogacony w minerały ciężkie na przemian z piaskiem kwarcowym

Enrichments: 1 — the foreshore, 2 — in the backshore, 3 — behind hindrances, 4 — at the base of the coast, 5 — linear enrichments; a — wind direction, b — groyne, c — beach protections, d — surface enrichments, e — „sandwich” — material enriched in heavy minerals, and interfingered with quartz sand

Tabela 1

Średnie uziarnienie wzbogaconych piasków plażowych  
(wartości liczbowe podane w procentach wagowych)

Charakter i miejsce wzbogacenia	Frakcja w mm					
	> 2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	< 0,1
1. Powierzchniowe na wale brzegowym	—	—	+	14,5	84,8	0,7
2. „Przekładaniec” w górnej części brzegu	+	0,2	12,5	62,7	24,5	0,1
3. Powierzchniowe w górnej części brzegu	—	+	1,8	38,6	59,0	0,6
4. Powierzchniowe za przeszkodami	—	+	1,0	58,1	40,6	0,3
5. „Przekładaniec” przy nadbrzeżu	—	—	2,1	65,0	32,7	0,2
Piasek plażowy	0,5	2,4	23,8	55,3	18,0	+
Piasek wydumy	—	—	3,9	57,4	38,5	0,2

Tabela 2

Średni skład mineralny frakcji 0,25—0,1 mm wzbogaconych piasków plażowych  
(wartości liczbowe podane w procentach)

Minerały	Charakter i miejsce wzbogacenia wg tab. 1						
	1	2	3	4	5	piasek plażowy	piasek wydumy
Kwarc	43,0	63,9	30,5	22,9	57,9	76,6	74,4
Skalenie	5,6	10,1	5,1	4,2	8,8	14,6	9,5
Muskowit	2,3	3,8	1,7	1,4	3,3	3,2	3,3
Glaukonit	—	0,1	0,2	—	—	0,2	+
Amfibol, biotyt, piroksen	1,2	1,7	1,7	1,9	2,2	0,2	1,0
Epidot, turmalin	0,8	0,6	1,5	1,1	1,1	0,3	0,3
Granat	22,4	8,8	22,0	25,7	12,0	1,0	3,9
Dysten, staurolit	0,9	0,4	1,1	0,9	0,5	0,2	0,1
Cyrkon	5,2	1,0	4,3	5,4	1,1	0,2	0,8
Rutyl	1,5	0,3	2,1	1,2	0,5	+	0,2
Minerały rudne	17,1	9,3	29,8	35,3	12,6	3,5	6,5

nerały ciężkie powstawały po stronie zawietrznej ostróg. Autorzy próbowali wywołać sztuczne wzbogacenie w minerały ciężkie przy małym nachyleniu powierzchni strefy potoku przyboju. W tym celu w górnej jej części umieszczono przeszkodę. Pozytywne wyniki otrzymywano wtedy, gdy strefa potoku przyboju zbudowana była z drobnego lub średniego piasku, bez materiału grubszego.

Naturalne wzbogacenia w górnej części wału brzegowego są bardzo cienkie i rzadko osiągają grubość paru milimetrów. Pod wpływem kolejnych napływów wód potoku przyboju zarys wzbogaceń ulega ciągłym



zmianom, a kontur ich wyznaczany jest przez spływające wody przyboju. W przypadku osłabienia falowania smugi minerałów ciężkich na wale brzegowym są przez pewien czas widoczne, po czym zanikają. Prawdopodobnie pod wpływem siły ciężkości są one zatapiane w silnie nawilgotnione piaszczyste podłoże. Materiał wzbogacony na wale brzegowym jest bardzo dobrze wysortowany i ma charakter drobnoziarnistego piasku. Ze względu na trudności pobrania czystego koncentratu (mała jego miąższość) zawartość minerałów lekkich w zestawieniach jest nieco za wysoka. Wśród minerałów ciężkich główną rolę odgrywiają granat i minerały nieprzezroczyste (głównie tlenki żelaza).

2. Najbardziej zwarte wzbogacenia w minerały ciężkie występują w górnej części brzegu, gdy stanowi on szeroką, rzędę 10÷15 m powierzchnię, nachyloną pod kątem ok. 10°. Wzbogacenia te ciągną się powierzchniowo, nieregularnymi smugami długości kilku do kilkudziesięciu metrów i szerokości około 2 m, zazwyczaj w odległości 2÷3 m od nadbrzeża (czasami przytykała bezpośrednio do niego). Mimo że koncentrat złożony jest z ziarn frakcji 0,25—0,1 mm i 0,5—0,25 mm, to może on występować tak na podłożu piaszczystym, jak i piaszczysto-żwirowo-kamienistym. W stronę morza powierzchniowo wzbogacona warstewka (miąższości około 2 cm) przechodzi w „przekładaniec” przykryty materiałem plażowym. W miarę oddalania się od nadbrzeża, w „przekładancu” zmniejsza się ilość warstewek wzbogaconych, wyklinowują się one przy niższej części brzegu. W przypadku plaży w Mielnie, gdzie w aktualnych warunkach górna część brzegu zbliżona była do strefy przyboju, w rozmieszczeniu wzbogaceń zaznaczał się wyraźny wpływ ostróg (koncentracja minerałów ciężkich występowała po zawietrznej stronie ostróg). Na pozostałych plażach nie obserwowano podobnej zależności. Bardziej złożone są koncentracje minerałów ciężkich w przypadku występowania na plaży naturalnego wału kamienisto-żwirowego (Dźwirzyno). Wzbogacenia minerałów ciężkich występują na jego przedpolu oraz poza nim, analogicznie jak w rozsypiskach minerałów ciężkich za przeszkodami.

Powstawanie wzbogaceń w górnej części brzegu wiąże się z wodami przyboju sztormowego, właściwie wodami jego spływów. Działanie tych wód powoduje selekcję materiału pod względem jego średnicy i ciężaru właściwego. W koncentracjach występujących powierzchniowo wysortowanie materiału jest bardzo dobre, a minerały ciężkie przeważają nad składnikami lekkimi. W tych pierwszych główną rolę odgrywiają minerały rudne i granat. W „przekładancu” (traktowanym jako całość) materiał jest gorzej sortowany i bardziej gruboziarnisty (dominuje frakcja 0,5—0,25 mm), co upodabnia go do nie wzbogaconych piasków plażowych. W stosunku do wzbogacenia powierzchniowego wzrasta w „przekładancu” względna (w stosunku do wszystkich minerałów ciężkich) ilość amfiboli i biotyty. W okresie posztormowym, z chwilą wyschnięcia plaży wzbogacenia te podlegają procesom przewiewania. Kontury ich stają się mniej wyraźne, a koncentrat ulega stopniowemu przemieszaniu z piaskiem nie wzbogaconym.

3. Wzbogacenie poza przeszkodami naturalnymi i sztucznymi w obrębie wyższej części brzegu powstaje również pod działaniem wód przybojów sztormowych. Minerały ciężkie gromadzone są w cieniu przeszkód niezależnie od charakteru morfologicznego i litologicznego plaży. W materiale wzbogaconym dominuje frakcja 0,5—0,25 mm, w nieco mniej-

szym udziale występuje 0,25—0,1 mm. We wzbogaceniach stwierdza się stosunkowo znaczne skoncentrowanie minerałów ciężkich, których spektrum zbliżone jest do tego, jakie mają rozsypanka leżące w górnej części brzegu.

4. Wzbogacenia występujące jako „przekładaniec” u podstawy nadbrzeża stwierdzono tylko w jednym miejscu (Ustka). Wydaje się, że powstają one w przypadku wąskich plaż, podczas silnych sztormów, w wyniku rozmywania wodami sztormowymi piaszczystego nadbrzeża. Koncentracja ma tu prawdopodobnie najlepsze warunki do zachowania przez dłuższy okres czasu, w przypadku gdy zostanie przykryta piaszczystym osypiskiem z nadbrzeża. Uziarnienie wzbogacenia zbliżone jest do piasków wydmyowych, a skład mineralny analogiczny do „przekładanców” występujących w górnej części brzegu (stosunkowo znaczna ilość amfiboli i biotyту).

5. W przypadku istnienia cieków wypływających z nadbrzeża w stronę morza powstają linijne wzbogacenia w minerały ciężkie, wyznaczone zmieniającymi się kierunkami płynących strużek. Wzbogacenia te są najcieńsze i mają bardzo małe rozprzestrzenienie. Koncentrację tego typu zaobserwowano tylko w jednym miejscu (Ustka).

#### PODSUMOWANIE

Zarówno na podstawie własnych obserwacji, jak i istniejącej literatury należy stwierdzić, że wzbogacenia w minerały ciężkie na plażach południowego Bałtyku, których tworzenie się pozostaje w wyraźnym związku z morfologią strefy brzegowej, dynamiką morza i plejstocenijskim materiałem wyjściowym, są wzbogaceniami małymi. Osiągają maksymalnie długość od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, szerokość 3÷5 m i miąższość całej wzbogaconej serii do 30 cm. Wydaje się, że są to skrajne wielkości dla zamkniętych, bezpływowych mórz. Wielkość plażowych koncentracji w minerały ciężkie Morza Czarnego jest zasadniczo tego samego rzędu. Pewne odchylenia mogą występować tylko na tych odcinkach, gdzie materiałem wyjściowym są skały krystaliczne, a nie luźne lub scementowane osady, z reguły ubogie w minerały ciężkie. Najbardziej miąższe wzbogacenia piasków w minerały ciężkie stwierdzane są jedynie na wybrzeżach z pływami, gdzie występują postępowe zmiany linii brzegowej (jak ma to miejsce np. we wschodniej Australii).

Zakład Geologii Wybrzeża  
Instytutu Geologicznego  
Szczecin, ul. Storrady 1  
Nadesłano dnia 16 lutego 1968 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BĄCZYK J., NOWAK B. (1963) — Wpływ rzeźby na zróżnicowanie składu mineralnego osadów powierzchniowych na półwyspie Hel. *Czas. geogr.*, 34, p. 209—240, nr 3. Wrocław.

- BRIGGS L. I., McCULLOCH D. S., MOSER F. (1962) — The hydraulic shape of sand particles. *Journ. Sedim. Petrol.*, **32**, p. 645—656, nr 4. Urbana, Illinois.
- BÜLOW K. (1951) — Schwermineralseifen an der Mecklenburgischen Ostseeküsten. Ein Beitrag zur Frage der Entstehung und Umbildung von Litoralseifen. *Archiv. für Lagerstättenforschung*, **81**, 1951. Berlin.
- CORDES E. (1966) — Aufbau und Bildungsbedingungen der Schwermineralseifen bei Skagen. (Dänemark). *Meyniana*, **16**, p. 1—35. Köln.
- GEISSLER A. (1940) — Schwermineraluntersuchungen an der Lubminer Küste. *Mitt. Geol. Paläont. Inst.*, **13**, p. 1—47. Greifswald.
- FALKE H. (1939) — Gesetzmässigkeiten bei der Bildung von Küstenseifen. *Zeitschr. f. Geol.*, **47**, p. 161—165, nr 9. Halle (Saala).
- ŁOZIŃSKI J., MASICKA H. (1962) — Badania minerałów ciężkich w piaskach plażowych Zatoki Gdańskiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **32**, p. 578—596, nr 4. Kraków.
- NOWAK B. (1962) — O współzależności między składem minerałów ciężkich a stopniem ich koncentracji. *Wszechświat*, nr 10, p. 256—261. Kraków.
- NOWAK B. (1963) — Hydrodynamiczne zróżnicowanie składu minerałów ciężkich w osadach dennych strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku na odcinku J. Bukowo—J. Łebsko. *Materiały do monografii polskiego brzegu morskiego*, **5**, p. 89—119. Gdańsk.
- RUDOWSKI S. (1962) — Mikroformy strefy brzegowej Bałtyku w Polsce. *Acta geol. pol.*, **12**, p. 540—572, nr 4. Warszawa.
- WASMUND E. (1938) — Die Schwerminerallagerstätten der deutschen Küsten. *Geol. Rundschau*, **28**, p. 287—300, nr 3/5. Stuttgart.
- WASMUND E. (1939) — Verwendung von Granatsand der deutschen Küsten für Sensenschärfer. *Geologie. der Meere und Binnengewässer*, **3**, p. 201—221. Berlin.
- АКСЕНОВ А. А., НЕВЕССКИЙ Е. Н., ПАВЛИДИС Ю. А., ЩЕРБАКОВ Ф. А. (1965) — Вопросы образования прибрежноморских россыпей. *Труды Института Океанологии*, **76**, стр. 5—53. Москва.
- НЕВЕССКИЙ Е. Н. (1960) — Некоторые вопросы изучения условий концентрации и накопления тяжелых минералов в прибрежных морских песках. *Институт Геологии и полезных ископаемых. Труды Инст.*, **VI**, стр. 27—57. Рига.

Людомир МОНЧКА, Роман РАЦИНОВСКИ

### ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ СКОПЛЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ НА ПЛЯЖАХ ЗАПАДНОГО ПОМОРЬЯ

#### Резюме

В статье обсуждаются результаты наблюдений, произведенных осенью 1967 года на выбранных участках пляжей польского побережья Балтийского моря. Здесь описаны формы залегания повышенных содержаний минералов на участках пляжей около Устки, Дарлувка, Мельна, Устроня Морского, Дзвижына, Нехожа и Тпенсача. Представлены наблюдения над механизмом образования россыпей, а также дан гранулометрический и минералогический анализ отобранных образцов обогащенных и небогатенных песков. Анализировались фракции 0,25—0,1 мм.

По мнению многих авторов образование россыпей является следствием динамического воздействия на берег главным образом волн и в значительно меньшей степени ветра. Также обращается внимание на возможность образования участков повышенного содержания тяжёлых минералов в зоне литоринового клиффа. Степень обогащения является функцией интенсивности процессов обогащения, тесно связанных с динамикой береговых процессов.

Авторы склонны считать, что территории более интенсивного обогащения имеются на абразионных участках, а аккумулятивные участки более бедны. Минеральный состав скоплений, обогащённых тяжёлыми минералами, зависит также от развития процессов сортирования. Авторам кажется, что однако на польском побережье не удаётся выделить региональные минералогические различия среди описываемых скоплений. Типы наблюдаемых скоплений представлены в табл. I—VI. Зернистость и минеральный состав представлены в табл. 1 и 2.

Зоны повышенного содержания тяжёлых минералов на пляжах польского побережья Балтики представляют собой небольшие линзы обогащённого песка — порядка от нескольких десятков до нескольких сотен метров длины, около 30 см мощности и 3—5 м ширины. Эти величины являются типичным для небольших закрытых бессточных бассейнов.

Ludomir MACZKA, Roman RACINOWSKI

#### OCCURRENCE FORMS OF HEAVY MINERAL ASSEMBLAGES IN BEACHES OF WEST POMERANIA

##### Summary

The article deals with the results of the observations carried on in 1967 within certain selected parts of beaches at the Polish Baltic sea shores. Described are the occurrence forms of the enrichments found in beach deposits at Ustka, Darłówek, Mielno, Ustronie Morskie, Dzwirzyn, Niechorze and Trzęsacz. The process of formation of placers is presented, and the results of granulometric and mineralogic analyses made of concentrated and non-concentrated sands are given. Analysed was the fraction from 0.25 to 0.1 mm.

According to numerous authors, the formation of placers is mainly a result of dynamic influence of waves, and, to a small degree, also of wind activity on sea shore. It is possible, too, that enrichments can occur within the Littorina cliff zone, as well. The size of an enrichment is a function of the enrichment processes closely related to the dynamics of the sea shore processes.

The authors line to an opinion that the areas characterized by more intense enrichment are found within the abrasion areas, whereas the accumulation areas are poorer. The mineral composition of the series enriched in heavy minerals also depends upon the course of sorting process. However, the authors are of the opinion that along the Polish sea shore no regional mineralogic differences may be observed in the series considered. The types of the enrichment observed are shown in Tables I—VI. Both grain size and mineral composition are illustrated in Tables 1 and 2.

The enrichments in heavy minerals found to occur in the beaches of Polish Baltic sea shores appears as small lenses of sands, only several ten to several hundred metres in length, about 30 cm in thickness, and 3—5 m in breadth. It seems that these dimensions are typical of small, closed basins without outlet.



Fig. 2

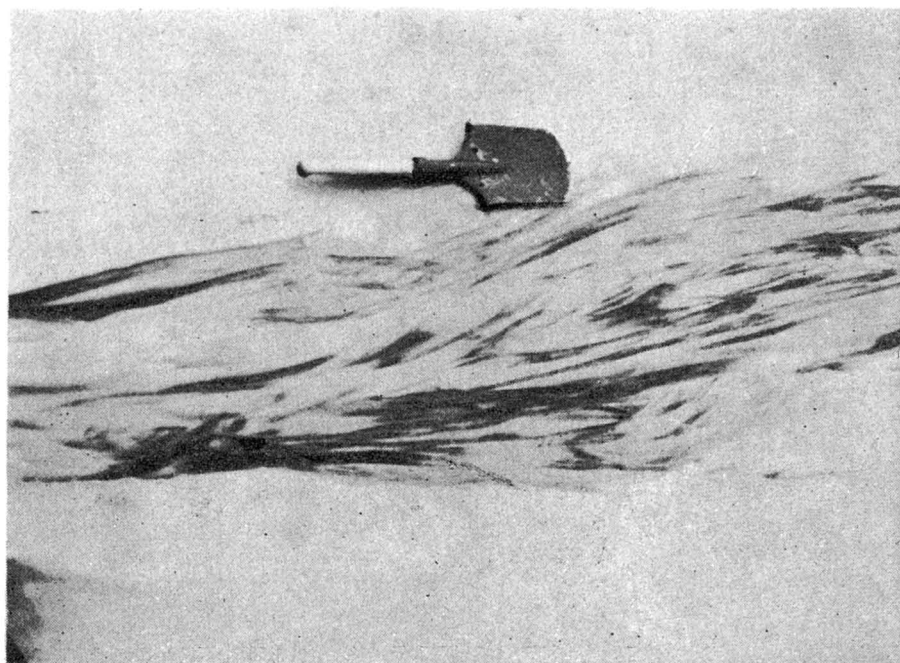


Fig. 3

Ludomir MĄCZKA, Roman RACINOWSKI — Skupienia minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

**TABLICA I**

**Fig. 2. Wzbogacenia linijne powstałe pod wpływem cieków wypływających z nadbrzeża. Ustka**

**Linear enrichments formed due to a watercourses flowing out of sea shore. Ustka**

**Fig. 3. Wzbogacenie linijne. Ustka**

**Linear enrichment. Ustka**

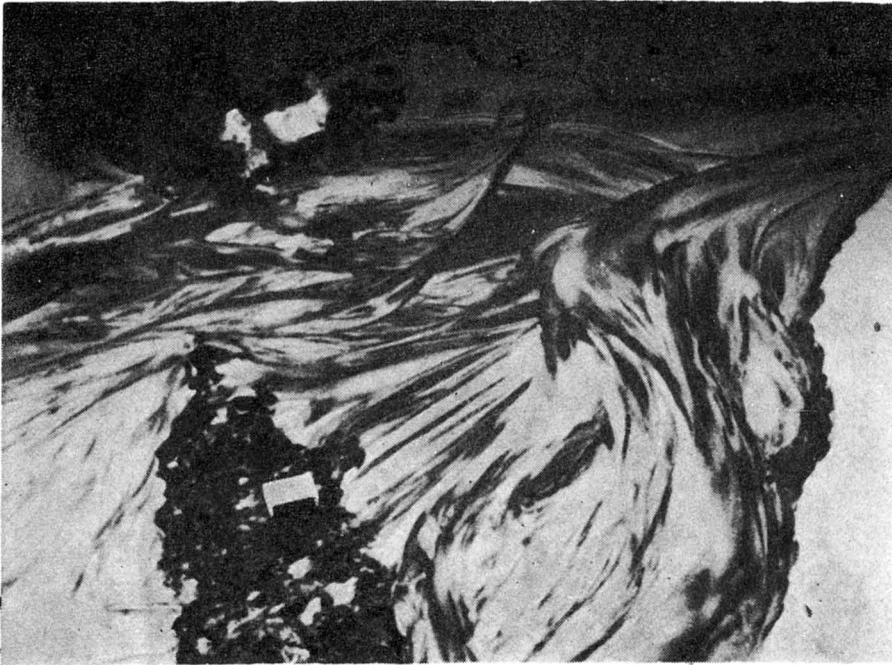


Fig. 4

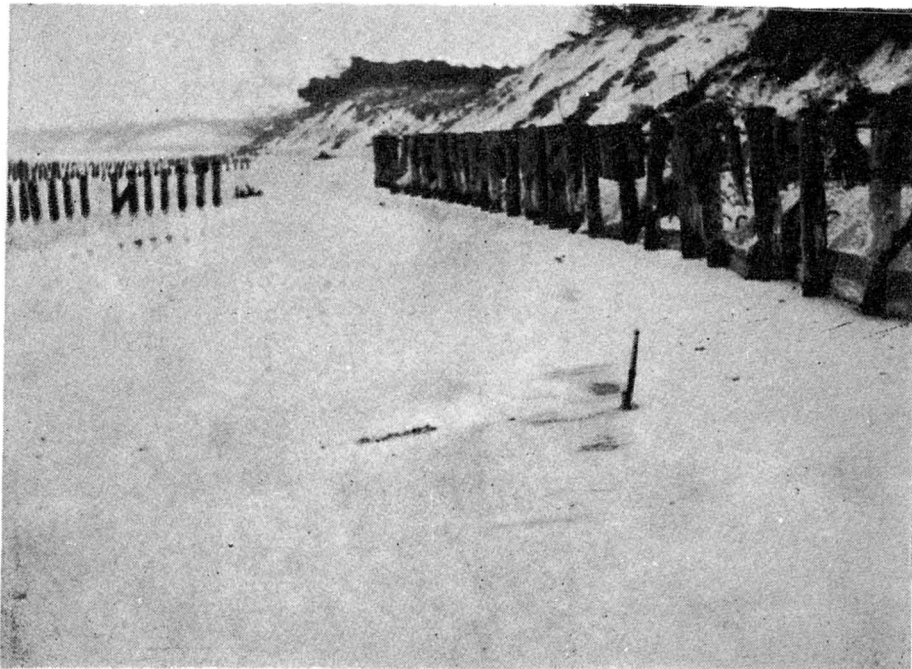


Fig. 5

Ludomir MACZKA, Roman RACINOWSKI — Skupienia minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

**TABLICA II**

**Fig. 4. Wzbogacenie linijne. Ustka**  
**Linear enrichment. Ustka**

**Fig. 5. Wzbogacenie w górnej części strefy wód potoku przyboju. Ustka**  
**Enrichment in the upper part of the zone of tidal water. Ustka**



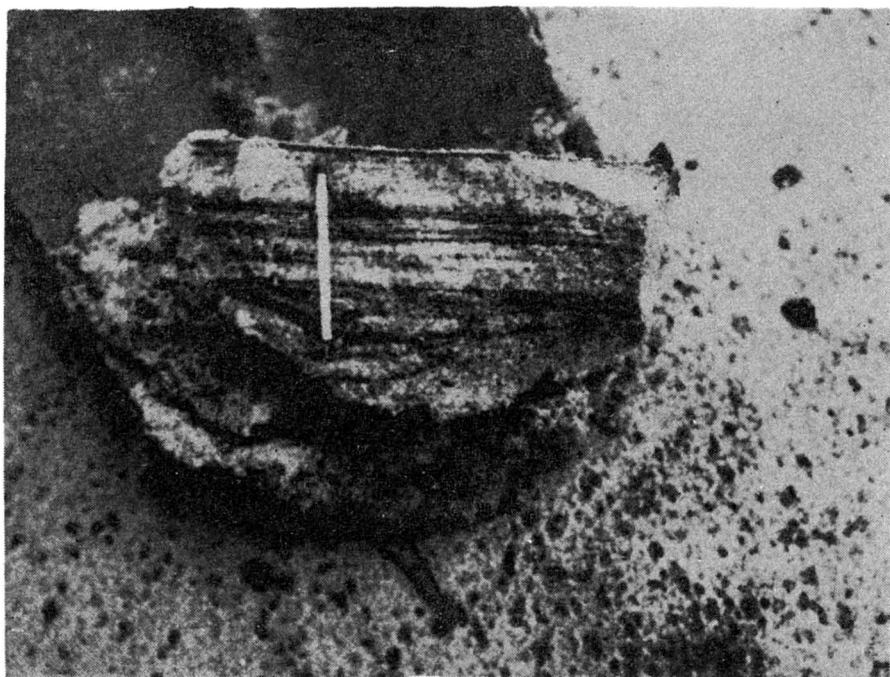


Fig. 6



Fig. 7

Ludomir MĄCZKA, Roman RACINOWSKI — Skupienia minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

### TABLICA III

Fig. 6. „Przekładaniec” — materiał wzbogacony w minerały ciężkie na przemian z piaskiem kwarcowym. Ustka

„Sandwich” — material enriched in heavy minerals and interfingered with quartz sand. Ustka

Fig. 7. Wzbogacenie w formie przekładania przy podstawie nadbrzeża. W stropie przekładania otoczaki zasypywane grawitacyjnie piaskiem z nadbrzeża. Ustka

Enrichment in the form of a „sandwich” at the base of the coast. At the top of the „sandwich” are seen pebbles gravitationally covered with sand from the coast. Ustka



Fig. 8

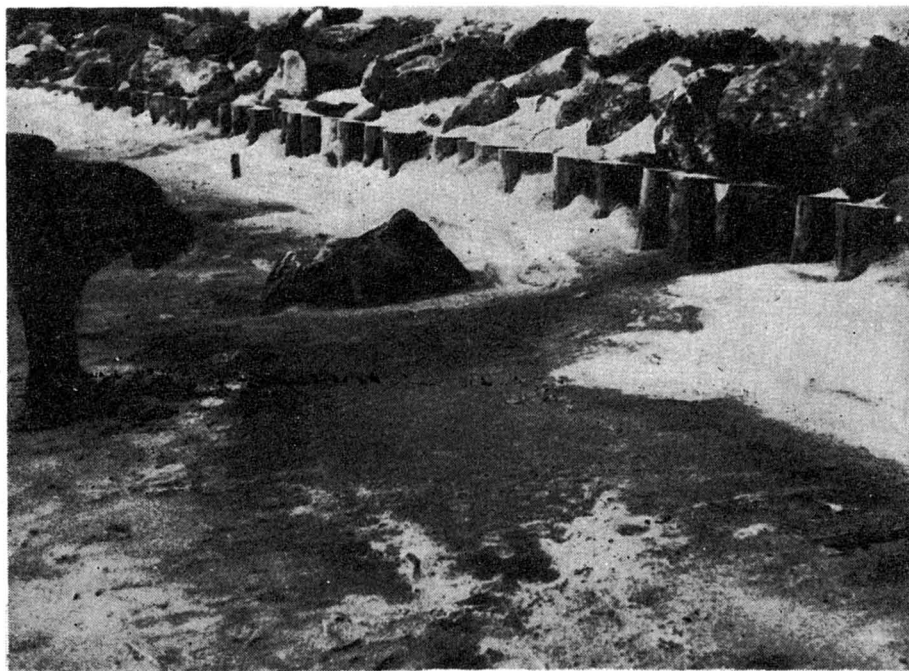


Fig. 9

Łudomir MĄCZKA, Roman RACINOWSKI — Skupienia minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

**TABLICA IV**

- Fig. 8. Ciemne plamy wzbogacenia powierzchniowego w górnej części brzegu. Darłówko**  
**Dark spots of surface enrichment in the backshore. Darłówko**
- Fig. 9. Wzbogacenie w górnej części brzegu. Darłówko**  
**Enrichment in the backshore. Darłówko**



Fig. 10

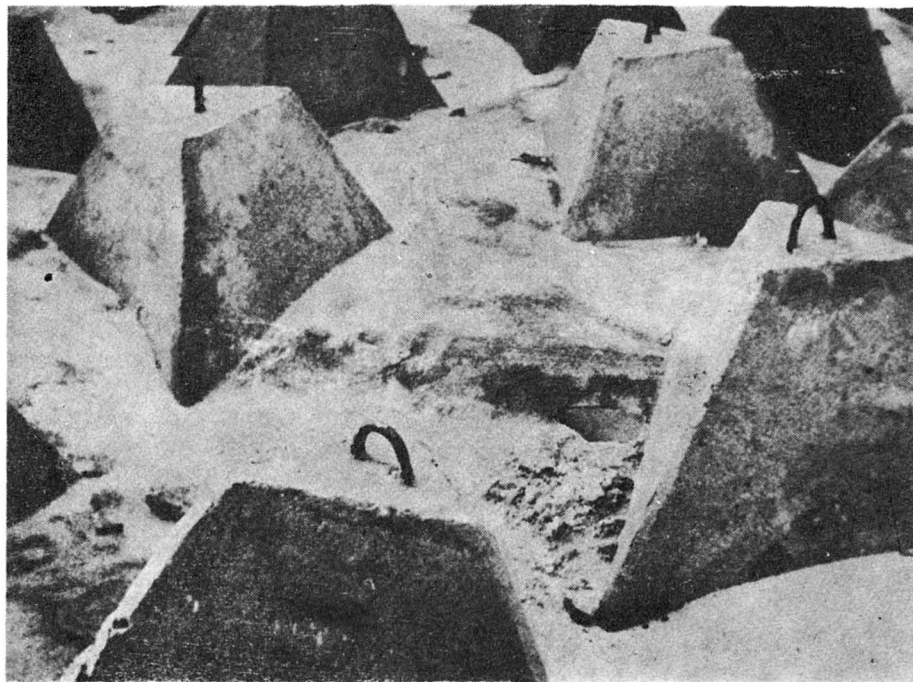


Fig. 11

Łudomir MĄCZKA, Roman RACINOWSKI — Skupienia minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

**TABLICA V**

**Fig. 10. Ciemne plamy wzbogacenia powierzchniowego w górnej części brzegu na podłożu piaszczysto-otoczkowym. Dźwirzyno**

**Dark spots of surface enrichment in the backshore, on the sandy-pebble substratum. Dźwirzyno**

**Fig. 11. Wzbogacenia za przeszkodami. Niechorze**

**Enrichments behind the hindrances. Niechorze**



Fig. 12

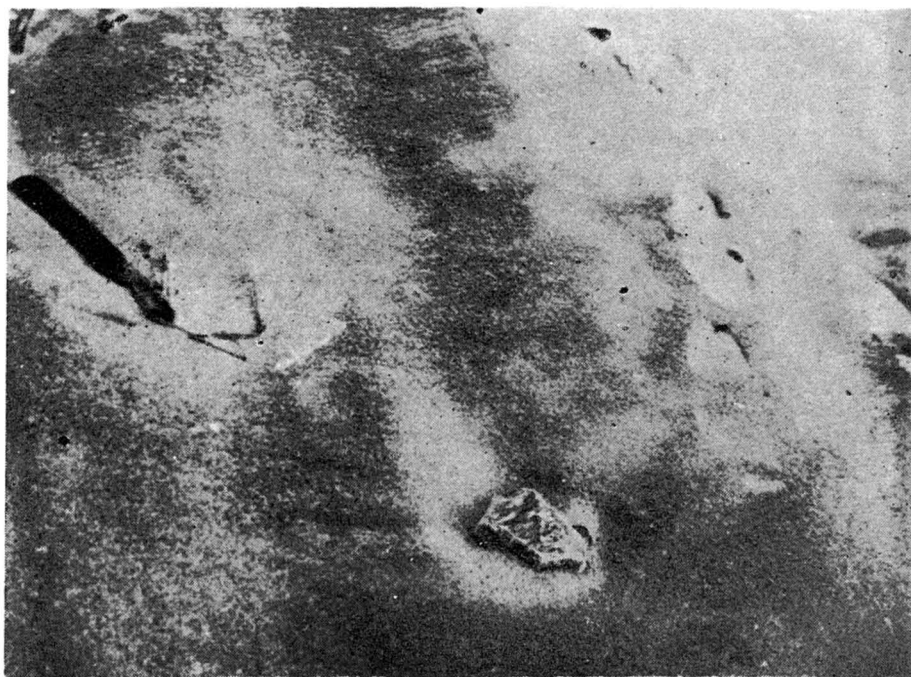


Fig. 13

Ludomir MACZKA, Roman RACINOWSKI — Skupienia minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego

TABLICA VI

Fig. 12 i 13. Ciemne plamy rozwiewanego skupienia minerałów ciężkich w górnej części brzegu. Trzęsacz

Dark spots of heavy mineral concentrations blown of in the backshore.  
Trzęsacz