

Procesy aktywizujące degradację wybrzeża klifowego Zalewu Puckiego

Leszek Zaleszkiewicz*, Dorota Koszka-Maróń*



L. Zaleszkiewicz

Activation processes of degradation of cliff coast of Puck Lagoon. *Prz. Geol.*, 53: 55–62.

S u m m a r y. The western cliff coast of Puck Lagoon has a length of 7900 m. Its development proceeds as a result of processes of desintegration, denudation and marine erosion. The mass movement getting on depends on kind of sediment, geometry of slope and plant cover. Earth fall and talus accumulation prevail. As an effect of this processes, the cliff retreats in the form of small wastes.

Key words: Puck Lagoon, cliff coast, geodynamical processes, photographic panorama



D. Koszka-Maróń

Dotychczasowe badania geologiczne prowadzone na obszarze wybrzeża Zalewu Puckiego ograniczały się do ogólnego opisu budowy geologicznej regionu i charakterystyki określonych osadów w wybranych miejscach (Subotowicz, 1982; Jankowska & Łęczyński, 1993; Skompski, 1997, 2001, 2002; Zawadzka-Kahlau, 1999; Masłowska i in., 2000, 2003). W zależności od budowy geologicznej i procesów geodynamicznych określano typ klifu i porównywano go na tle całego wybrzeża. Badaniom geologicznym brzegu towarzyszyły badania paleogeograficzne Zalewu Puckiego, w szczególności jego genezy od początku transgresji lityrynowej (Kramarska i in., 1995) oraz w okresie postglacjalnej transgresji Bałtyku (Uściniowicz & Miotk-Szpiganowicz, 2001, 2003).

Do tej pory nie badano całych powierzchni zboczowych pod względem procesów na nich zachodzących, ani nie analizowano tempa zjawisk zachodzących na tym wybrzeżu.

Pierwsze i jedyne do tej pory tego rodzaju prace prowadzone były tylko na obszarze klifowym wyspy Wolin (Kostrzewski & Zwoliński, 1994).

Cel, zakres i metoda badań

Celem opracowania była analiza aktualnych procesów geodynamicznych zachodzących na wybrzeżu Zalewu Puckiego oraz porównanie zmian na wybranych odcinkach wybrzeża w czasie. W tym celu przesłędzono i sfotografowano rodzaje form występujących na zboczach oraz sfotografowano w latach 2000 i 2001 wybrzeże z płynącej łodzi (Zaleszkiewicz). Zdjęcia przetworzono na postać cyfrową, a następnie poddano obróbce w programie Photoshop. Dzięki wykonanym przekształceniom uzyskano panoramy fotograficzne wykonane w skali oddające rzeczywisty obraz klifów.

Uzyskany materiał z powyższych lat porównano z posiadaną dokumentacją z 1995 r. (Zaleszkiewicz, 1998; Zaleszkiewicz & Koszka-Maróń, 1999, 2000a, 2000b, 2001). Dało to możliwość określenia rodzaju i stopnia zmian zachodzących na powierzchni zbocza klifu w okresie sześćoletnim i rocznym.

Ogólna charakterystyka obszaru badań i zarys budowy geologicznej

W wyniku erozyjnego i akumulacyjnego działania ostatniego lądolodu oraz jego wód roztopowych powstały odizolowane pradolinami Płutnicy i Redy fragmenty wysoczyzn morenowych Kępy Puckiej i Swarzewskiej. Powierzchnie kęp o charakterze równin, mające w części centralnej wysokości bezwzględnie 30,0–40,0 m n.p.m., łagodnie opadają w kierunku wschodnim. W stosunku do obecnej sytuacji kontynuowały się one na obszarze dzisiejszego Zalewu. Obecnie zachodnie wybrzeże wysoczyznowe Zalewu Puckiego ma długość około 7900 m i rozciąga się pomiędzy Osłoninem a Swarzewem (ryc.1). Z dotychczasowych badań (Skompski, 1997, 2001, 2002; Zachowicz & Dobracki, 1997; Masłowska i in., 2000, 2003) wynika, że wybrzeże jest zbudowane z dwóch poziomów glin zwałowych, piasków i żwirów rzecznych, ilów, mułków i piasków zastoiskowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych. Autorzy poszczególnych opracowań geologicznych są zgodni co do genezy osadów, nie są zgodni natomiast co do ich wieku i wzajemnego następstwa. Osady odsłonięć wydzielono na podstawie najnowszych badań idąc od podstawy klifu ku górze (Masłowska i in., 2000, 2003). Piaski i żwiry rzeczne są osadami warstwowanymi o różnorodnym zabarwieniu. Na klifie osłonińskim osady te zalegają bezpośrednio pod górną gliną zwałową, na północ od punktu 107,50 km. Piaski i żwiry rzeczne odsłaniają się od podstawy klifu do około 14,0 m n.p.m. Na klifach puckim i gnieźdzewskim odsłaniają się sporadycznie. Na ogół pokryte są osypiskami.

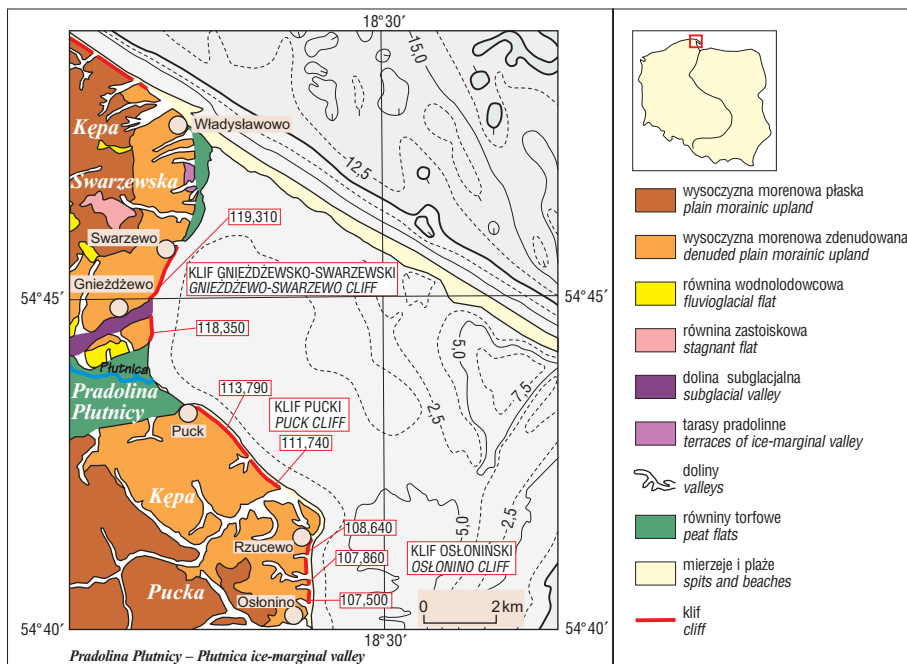
Glina dolna jest gliną ilastą o zabarwieniu szarym. Odsłania się sporadycznie od podstawy klifu do 1,0–2,0 m wysokości n.p.m. na odcinkach klifu puckiego. Na klifie gnieźdzewskim jej strop zlokalizowano do wysokości około 4,0 m n.p.m. Jest to glina zwięzła i odporna na niszczenie.

Iły, mułki i piaski zastoiskowe zaobserwowano przede wszystkim na klifie osłonińskim. Odsłaniają się do wysokości 10–12 m n.p.m. Stanowią kompleks zwarty i odporny na abrazję.

Piaski i żwiry wodnolodowcowe występują na południowym odcinku klifu puckiego oraz w nielicznych odsłonięciach klifu osłonińskiego i gnieźdzewskiego. Odsłaniają się do wysokości 12 m n.p.m. Wykazują zdolność wchłaniania wody i są mało odporne na abrazję.

Glina zwałowa żółto-brązowa o miąższości od 1,5 do 10,0 m występuje w stropie klifu osłonińskiego, puckiego i gnieźdzewskiego. Glina w górnej części jest zwietrzała, ulega rozmakaniu i jest mało odporna na ścinanie.

*Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; leszek.zaleszkiewicz@pgi.gov.pl; dorota.koszka@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Lokalizacja dokumentowanych obszarów
Fig. 1. Location of documented areas

Zalew Pucki, pod wpływem wód którego kształtuje się omawiane wybrzeże, stanowi fragment Zatoki Puckiej, częściowo odizolowany od wód Zatoki Gdańskiej Rybitwią Mierzeją (Nowacki, 1993a). Powierzchnia Zalewu wynosi 102,7 km², a średnia głębokość 3,1 m (Majewski, 1994). Średnia roczna temperatury wód powierzchniowych zalewu dla wód otwartych wynosi 9,5°C, średnia wysokość fal waha się od 0,2 do 0,6 m. Maksymalny stan wód w Pucku wyniósł 614 cm w 1983 r. Absolutne minimum wyniosło natomiast 419 cm w 1905 r. (Nowacki, 1993b).

Największe znaczenie dla rozwoju wybrzeża mają wezbrania sztormowe. Zostały wyróżnione przede wszystkim u południowych wybrzeży Zatoki Gdańskiej (Dziedziszko & Jednorąg, 1996). Przekraczają zazwyczaj poziom 650 cm, a ich częstotliwość wzrosła z 11 przypadków w latach 60. do 38 w latach 80.

Charakterystyka procesów i form wybrzeży klifowych

Rozwój zbroczy odbywa się w wyniku procesów wietrzenia i denudacji, a w przypadku zbroczy leżących nad brzegiem morza również abrazji (Leontjew i in., 1982). W wyniku abrazji, wśród form nadwodnych, najczęściej występują: podciosy, nisze i wnęki, które tworzą się w skałach o różnym składzie i różnorodnej teksturze.

Podciosy są formami powszechnie występującymi na wszystkich odcinkach klifowych we wszystkich rodzajach osadów. Obecne są w osadach koluwalnych jak i osadach na odsłoniętych zboczach. Powstają przy niskim stanie morza i niskiej dynamice fali, a ich wysokość na badanym obszarze dochodzi do około 30 cm. W przeciwieństwie do nich, nisze abrazyjne zaobserwowano tylko w glinach i innych osadach zwięzłych. Są to elipsoidalne zagłębienia występujące w podstawie zbroczy. Dochodzą do wysokości około 0,5 m, szerokości 1,0 m i głębokości około 1,5 m (ryc. 2). Powstanie niszy abrazyjnej zachodzi przy podwyższonym stanie morza. Efektem abrazji miejscami są

zagłębienia o charakterze wnęki dochodzące do 2–3 m wysokości i głębokości około 1–2 m. Formy takie zaobserwowano tylko w glinach na klifie gniezdzewskim (ryc. 3).

W wyniku procesów wietrzenia powierzchniowa warstwa skały ulega zmianom teksturalnym i strukturalnym. Jeżeli znajduje się ona na zboczu podcinanym przez fale, to pod wpływem siły ciężkości przemieszcza się w dół. Rodzaje ruchów masowych zachodzących na takim zboczu, zależą od rodzaju skały, geometrii zbroczy oraz roślinności. Na badanym obszarze stwierdzono obrywanie, osypywanie, osuwanie, splukiwanie i procesy niwalne.

Obrywy zachodzą w najwyższych partiach zbroczy. Obejmują one swobodny ruch materiału zbroczowego zawierający fazę lotu. W przypadku obszaru badanego, obrywy dotyczą warstw gliny o miąższości od kilku do kilkunastu metrów oraz zwięzłych mułków. W wyniku wietrzenia, w szczególności zamarzania i rozmarzania wody następuje spękanie krawędzi klifu o kształcie linearnym lub owalnym sięgające głęboko na całą miąższość danego osadu (ryc. 4). Powstają i powiększają się szczeliny oraz oddzielają bloki (ryc. 5, 6).

Bardzo często bloki oddzielają się strukturalnie a następnie w wyniku utraty oparcia z powodu wypłukiwania podłoża piaszczystego przez sufozję, osuwają się (ryc. 7). Pomiędzy niszami poobrywowymi znajdują się występy podlegające dalszym spękanom i splukiwaniu. Odbywa się to bez udziału abrazji. Wielkości obrywów dochodzą do około 100,0 m³. Miejsce poobrywowe od góry często jest zamaskowane ugiętym nawisem darniowym lub korzeniami drzew połączonych darnią z krawędzią zbroczy (ryc. 8*).

Osypywaniu podlegają niewielkie masy materiału zwietrzelinowego, a nawet pojedyncze okruchy skalne (Marks, 1992). W wyniku tego procesu, na badanym obszarze, powstają stożki osypiskowe, miejscami łączące się ze sobą. Tworzą one listwę przykrawędziową o największej miąższości u podnóża klifu, malejącej ku górze. Górna część stożka osypiskowego stanowi jednocześnie strefę transportu deponowanego materiału.

Osuwanie, na badanym obszarze, stanowi przemieszczanie się zwartych mas zwietrzelinowych i skalnych ze stoków wzdłuż wyraźnych powierzchni ścięcia położonych na małych głębokościach. Zachodzi najczęściej w osadach uwodnionych np. piaskach mulistych (ryc. 9). Do procesu osuwania należy również zaliczyć zsuwy darniowe na zboczach klifowych. Pokrywająca stok darni lekko ugina się, co świadczy o zachodzącym procesie sufozji.

Splukiwanie obejmuje erozję luźnych osadów i ich transport w dół stoku spowodowane działaniem wód deszczowych lub roztopowych (Marks, 1992). Posiada charak-

ter licznych strug płynących w żłobkach deszczowych na stokach o średnim nachyleniu lub warstwy płynącej wody na stromych stokach. Proces spłukiwania zacierą ostrość rzeźby. Ślady spłukiwań deszczowych występują powszechnie na zboczach klifowych (ryc.10).

Niwacja jest niszczeniem skały pod wpływem topniejącego śniegu i wynoszeniem materiału przez wody roz-



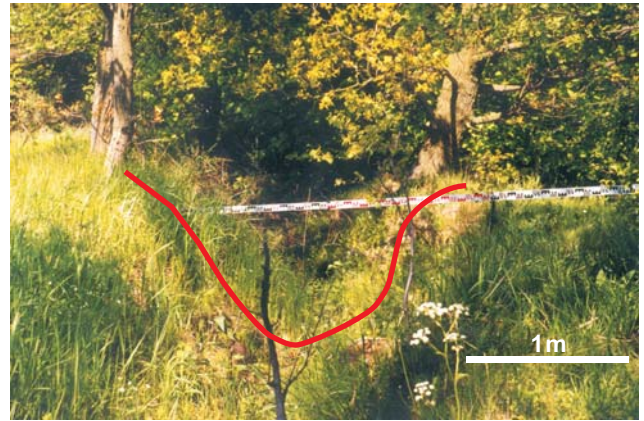
Ryc. 2. Nisze abrazyjne, klif osłoniński, 107,45 km
Fig. 2. Abrasion niches, Ostonino cliff, 107,45 km



Ryc. 3. Wnęką abrazyjna, klif gnieźdzewsko-swarzewski, 118,29 km
Fig. 3. Abrasion recess, Gnieźdzewo-Swarzewo cliff, 118,29 km

topowe (Marks, 1992). Procesy niwalne zaobserwowano na stokach i plaży podczas okresów zimowo-wiosennych. Odpadające i zsuwające się po zboczu bryły śniegu zabierają część materiału mineralnego, do którego były przyklejone i deponują u podstawy zbocza. Na plaży, po wytopieniu się śniegu i lodu, pozostają nagromadzenia żwirowo-piaszczyste (ryc. 11).

Omówione procesy geodynamiczne są ze sobą wzajemnie powiązane. W efekcie ich działania i w zależności od typu osadów profil stoków jest nachylony pod różnym kątem. Występują stoki wklęsłe i wklęsło-wypukłe. W zale-



Ryc. 4. Szczelina w koronie zbocza, klif osłoniński, 107,76 km
Fig. 4. Fissure in the edge of slope, Ostonino cliff, 107,76 km



Ryc. 5. Oddzielający się blok obrywowy, klif osłoniński, 107,41 km



Ryc. 6. Oddzielający się blok obrywowy, klif gnieźdzewsko-swarzewski, 118,25 km

Fig. 6. Separating earth block, Gnieźdzewo-Swarzewo cliff, 118,25 km

żności od dominującego procesu wyróżniono typy klifów: obrywowy, obrywowo-osypiskowy, osypiskowy, i zsuwo-spywowy. Często zmiany zachodzą w górnej części profilu stoku a w dolnej nie lub odwrotnie.

Materiał koluwalny jest wynoszony systematycznie przez fale. Początkowo tworzą się wtórne szczeliny, osypiska i osuwiska, chociaż zwietrzelina i koluwium w niektórych partiach zboczy zalega bardzo długi czas (ryc. 12). Na plaży pozostają głązy oraz wykroty drzew (ryc. 13).

Charakterystyka geodynamiczna wybrzeży klifowych Zalewu Puckiego na przykładzie wybranych odcinków

Procesy abrazyjne nie oddziałują jednakowo na wszystkie fragmenty zboczy wysoczyzny, z powodu różnicy w ich budowie geologicznej i usytuowaniu kierunkowym. Bardzo często zbocza wysoczyzny są martwe. Dla pełniejszego przedstawienia sytuacji na klifach wytypowano siedem obszarów reprezentatywnych, dla których wykonano fragmenty panoram fotograficznych w skali 1 : 1000. Dla jednego z nich, celem lepszego ukazania metody porównawczej, zestawiono fragmenty panoram z lat 1995, 2000 i 2001 (ryc. 14). Pozostałe panoramy ukazują sytuacje z 2001 roku (ryc. 15–20). W opisie obszarów posłużono się terminem strefa np., akumulacji, degradacji, obrywów itd., rozumianej jako prze-



Ryc. 7. Nisza po strukturalnym oddzieleniu się gliny w procesie wietrzenia, klif osłoniński, 107,40 km

Fig. 7. Niche after structural till separating in disintegration process, Osłonino cliff, 107,40 km

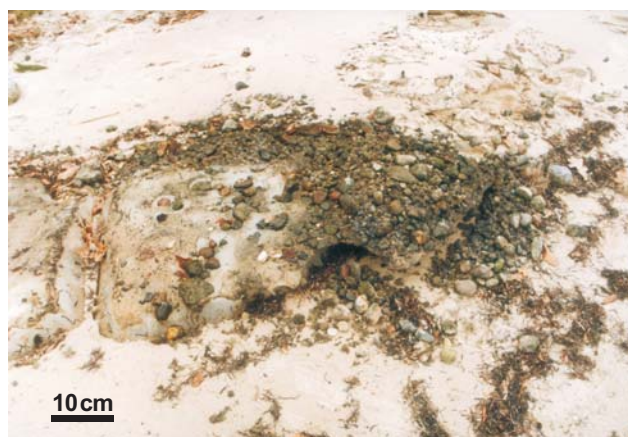


Ryc. 10. Ślady splukiwań deszczowych, klif gnieźdzewsko-swarzewski, 118,27 km

Fig. 10. Trails rainy swill, Gnieźdzewo-Swarzewo cliff, 118,27 km

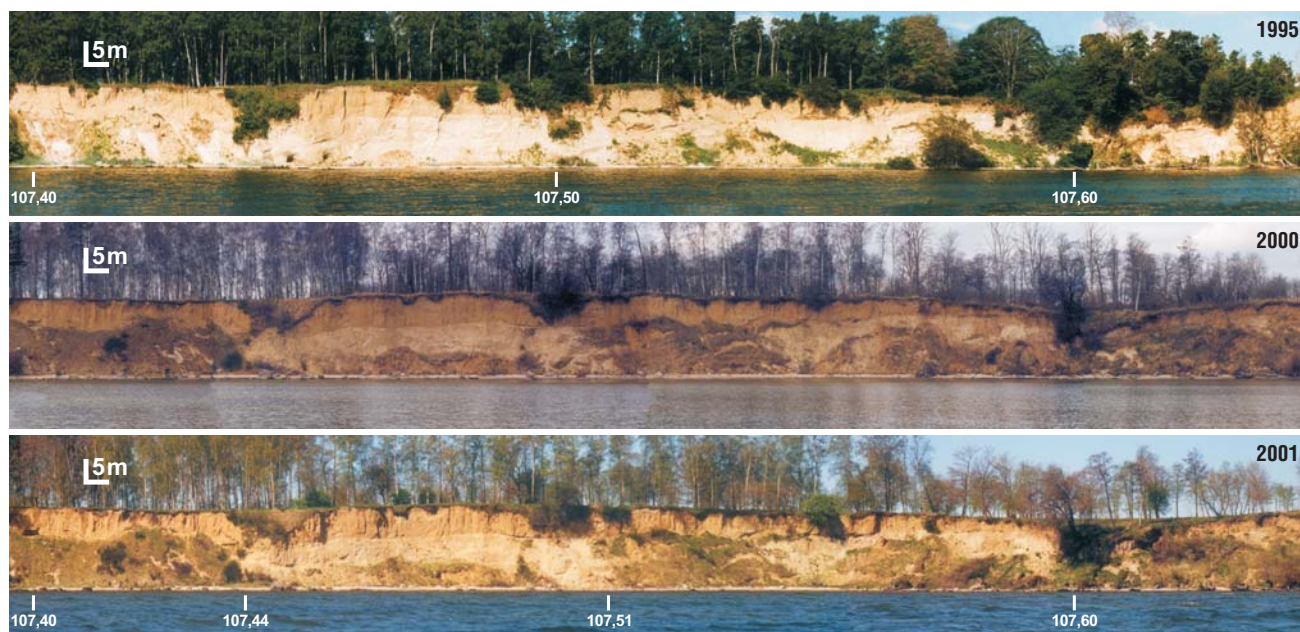
strzeń na zboczu w której realizują się dane procesy lub występują określone formy.

Zbocze wysoczyzny Kępy Puckiej zwrócone w stronę Zatoki Puckiej ma długość około 7,45 km. Przedzielone zostało formą akumulacyjną Cypla Rzucewskiego na dwa



Ryc. 11. Nagromadzenia piaszczysto-żwirowe na plaży, klif pucki, 112,15 km

Fig. 11. Sandy-gravel gatherings on the beach, Puck cliff, 112,75 km



Ryc. 14. Klif osłoniński — obszar I
Fig. 14. Oslonino cliff — area I

odcinki: południowy zwany klifem osłonińskim i północno-zachodni zwany klifem puckim. Osiągają one maksymalne wysokości 15,0–16,0 m n.p.m i porożcinane są przez liczne doliny, których wyloty zawieszane są od 0,5 m do 2,0 m n.p.m.

Na obszarze klifu osłonińskiego zawierającego się w kilometrażu 107,3–109,0 wytypowano trzy obszary reprezentatywne.

Obszar I, obejmuje fragment brzegu zawarty pomiędzy kilometrem 107,40–107,65 (ryc. 14). Zbudowany jest z górnej gliny zwałowej wyraźnie wyodrębniającej się na panoramie fotograficznej, ilów, mułków i piasków zastoiskowych zalegających pod gliną, odsłaniających się na odcinku 107,44–107,51 km oraz piasków i żwirów rzecznych występujących na północ od tych osadów. W strefie degradacji zbocza występują przede wszystkim procesy obrywania. Strefa akumulacji sięga często od podstawy zbocza po linię spągu brązowej gliny zwałowej, wyraźnie zarysowującej się na panoramie fotograficznej (ryc. 14). Formy abrazyjne to przede wszystkim niewielkie podcięcia. Tylko w 1995 roku na obszarze I zaobserwowano nisze abrazyjne. Na plaży szerokości do 8,0 m, występują głazy do 1,5 m średnicy.

Zmiany w okresie sześcioletnim 1995–2001 obejmują spękania, ich powiększanie się oraz wyglądy w wyniku spłukiwania. Wyraźne zmiany obejmują odcinek 107,44–107,51 km. Zmiany te dotyczą ubytków na ścianie klifu i pojawienia się osypisk. U podstawy osypisk występują podcięcia abrazyjne świadczące o jednoczesnym zabieraniu przez morze nagromadzonego materiału. Zmiany w obszarach 107,40–107,44 km oraz 107,51–107,65 km zachodziły przede wszystkim w koronie klifu. Zmiany w nagromadzonym materiale obrywowo-osypiskowym na tych odcinkach, obejmują pojawienie się szczelin, co świadczy o jego poruszaniu się w dół pod wpływem podcięć.

Zmiany roczne obejmują niewielkie ubytki oraz nieznaczne zatarcie rzeźby w wyniku spłukiwania. Nie zauważono zmian rocznych w linii górnej krawędzi kolumium jak i zmian w kształcie podcięć jego podstawy.

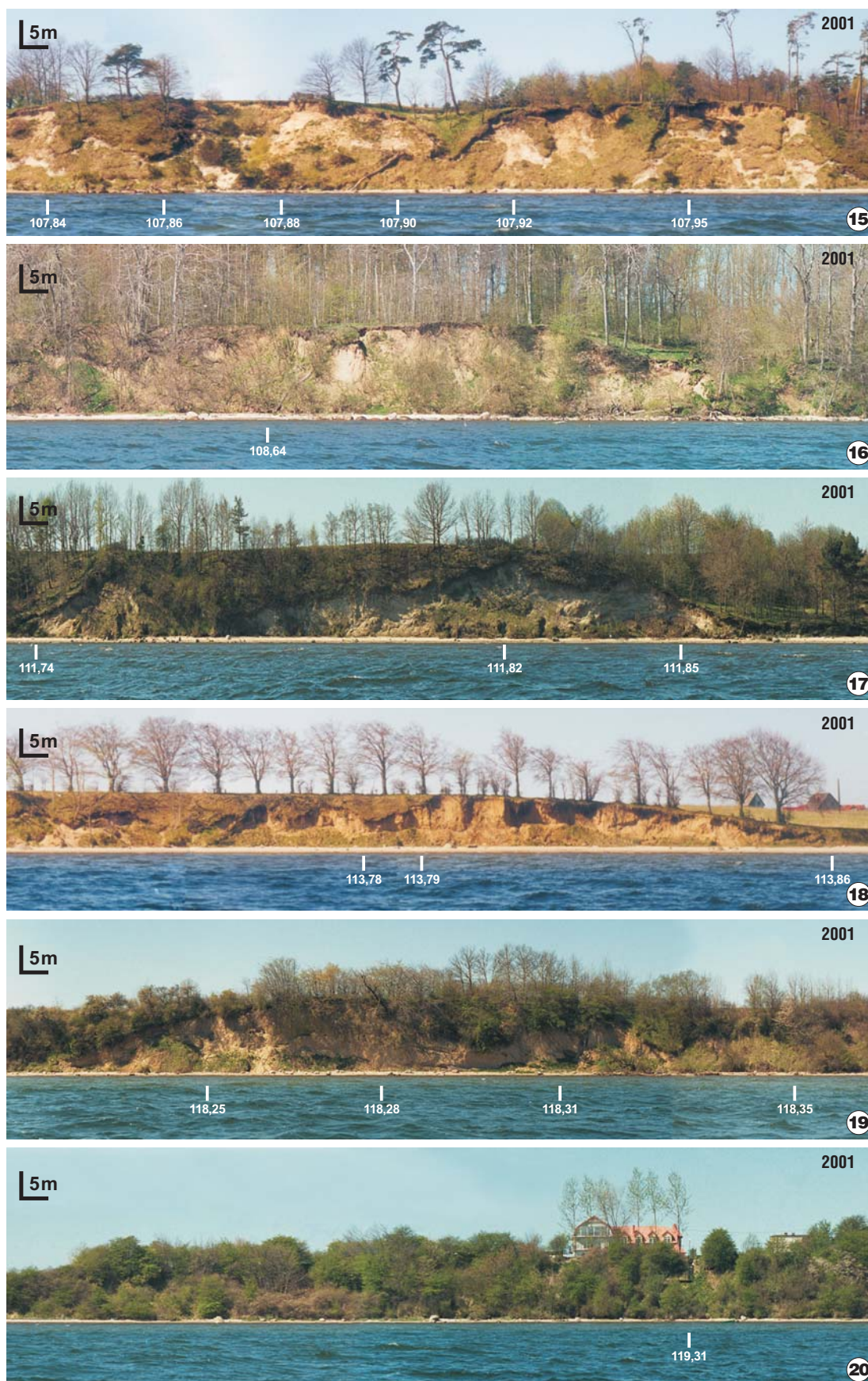
Obszar II obejmuje fragment klifu zawarty w kilometrażu 107,84–107,98 (ryc. 15). Reprezentuje typ klifu obrywowo-osypiskowy. Klif zbudowany jest z górnej gliny zwałowej oraz piasków i żwirów rzecznych, miejscami mulistych. Na kilometrze 107,91 występuje rozcięcie erozyjne wysoczyzny z wylotem zawieszonym na wysokości około 7,0 m n.p.m. Na fragmencie panoramy z 1995 na odcinkach 107,84–107,86 km, 107,88–107,90 km oraz 107,92–107,95 km od około połowy wysokości zbocza do jego górnej krawędzi występowały pozostałości zboczy wysoczyzny umocnione darnią i krzewami, podlegające wyraźnym procesom osuwania się (Zaleszkiewicz & Koszka-Maróń, 2000a). Pozostałą część zbocza obejmowała strefa akumulacji składająca się ze stożków osypiskowych przechodzących w osypiska.

Strefa abrazyji obejmuje nieznaczne podcięcia stożków osypiskowych. Na plaży szerokości do 7,0 m występują głazy do 0,5 m średnicy.

Zmiany sześciolatnie uwiadcniają się przede wszystkim w osunięciu się resztek dawnych zboczy wysoczyznych z wyjątkiem odcinka 107,84–107,86 km, gdzie są minimalne. Spowodowane jest to nagromadzeniem głazów i korzeni drzew skutecznie hamujących procesy abrazyjne. Materiał z obszaru nieumocnionego nie zalega u podstawy klifu, co świadczy o szybkim tempie jego usuwania.

Zmiany roczne obejmują nieznaczny proces przemieszczania się powierzchni osypisk dostrzeganych w przesuwaniu się wykotłów drzew.

Obszar III obejmuje fragment wybrzeża zawarty w kilometrażu 108,60–108,74 (ryc. 16). Reprezentuje typ klifu obrywowy i obrywowo-osypiskowy. Zbudowany jest w części centralnej z górnej gliny zwałowej oraz odsłaniających się w nielicznych miejscach, na krańcach omawianego obszaru, piasków i żwirów rzecznych, miejscami mulistych oraz ilów, mułków i piasków zastoiskowych. Okolice punktu 108,64 km stanowią strefę przejściową pomiędzy odkrytym w wyniku ruchów masowych i pierwotnie porośniętym zboczem wysoczyzny. Jest to spowodowane ukształtowaniem kierunkowym zbocza wysoczyzny powodującym, że jedna z części zbocza jest



Ryc. 15. Klif osłoniński — obszar II
 Fig. 15. Osłonino cliff — area II
 Ryc. 16. Klif osłoniński ryc.— obszar III
 Fig. 16. Osłonino cliff — area III
 Ryc. 17. Klif pucki — obszar I
 Fig. 17. Puck cliff — area I

Ryc. 18. Klif pucki — obszar II
 Fig. 18. Puck cliff — area II
 Ryc. 19. Klif gnieźdzewsko-swarzewski — obszar I
 Fig. 19. Gnieźdzewo–Swarzewo cliff — area I
 Ryc. 20. Klif gnieźdzewsko-swarzewski — obszar II
 Fig. 20. Gnieźdzewo–Swarzewo cliff — area II

bardziej oddalona od linii zasięgu falowania. Strefa degradacji obejmuje jednak obie powierzchnie zboczowe. Na zboczu porośniętym zachodzi powolne zsuwanie się darni, drzew i krzewów, na odsłoniętym zachodzą procesy obrywania i osypywania. Trudno wyróżnić na zboczu porośniętym strefę akumulacji. Razem ze strefą transportu obejmuje cały klif. Na zboczu odsłoniętym u podnóża wyróżniają się ospiska i obrywy. Strefa abrazyj obejmuje podcięcia do 40 cm wysokości ospisk. Na plaży szerokości do 5,0 m występują głazy do 0,8 m średnicy.

Zmiany sześciolatnie zaznaczają się przede wszystkim w powstawaniu obrywów i ich akumulacji u podnóża w odsłoniętej części klifu. W strefie porośniętej zaznaczają się nieznacznym powiększeniem się szczelin w koronie klifu i pochyleniem drzew. W obszarze akumulacji nastąpił przyrost materiału obrywowo-osypiskowego, przy niewielkim jego odbiorze ze strony morza.

Zmiany roczne są niezauważalne. Dotyczą przeważnie działalności człowieka w zagospodarowaniu wykrotów drzew.

Na obszarze klifu puckiego zawierającego się w kilometrażu 111,50–114,75 wytypowano dwa obszary reprezentatywne.

Obszar I obejmuje zbocze zawarte w kilometrażu 111,74–111,88 (ryc. 17). Prezentuje typ klifu obrywowo-osypiskowy. Jest zbudowany w całości z piasków i żwirów rzecznych, miejscami mulistych. Część lub miejscami całość zbocza wysoczyzny stanowi klif w pełni aktywny. Strefa degradacji obejmuje około 5,0 m górnej jego krawędzi. Pozostały fragment obejmuje strefa akumulacji w postaci stożków usypiskowych i drobnych zsuwów. W strefie abrazyj u podstawy są widoczne drobne podcięcia ospisk. W strefie górnej krawędzi zbocza występują nawisy darniowe. Na plaży szerokości do 4,0 m występują głazy i wykroty.

W okresie 1995–2001 zwiększyła się wysokość klifu w okolicach punktu 111,75 km oraz na odcinku 111,82–111,85 km. Dokonało się to poprzez przesunięcie się linii krawędzi klifu w wyższe partie zbocza wysoczyzny w wyniku obrywania i osuwania. Maksymalna różnica w wysokości klifu wynosi 2,5–3,0 m. Zmiany dotyczące długości klifu występują w południowej części omawianego odcinka i sięgają 10,0 m. Zmiany w górnej krawędzi kolumium świadczą o przyroście materiału obrywowo-osypiskowego przy nieznacznym jego odbiorze przez morze. Zmiany roczne 2000–2001 praktycznie nie zaznaczyły się.

Obszar II zawiera się w kilometrażu brzegu 113,72–113,86 (ryc. 18). W przedziale 113,79–113,86 km klif obejmuje całe zbocze wysoczyzny. W pozostałej części: 113,72–113,79 km, stanowi około 50% jego wysokości. Reprezentuje typ klifu obrywowy i obrywowo-osypiskowy. Jest zbudowany w przeważającej części z górnej gliny zwałowej, odsłaniających się na krańcach omawianego obszaru, piasków i żwirów wodnolodowcowych oraz sporadycznie u podstawy dolnej gliny zwałowej. Strefa degradacji pokrywająca się prawie całkowicie ze strefą obrywów zajmuje od 3,0 do 10,0 m wysokości zbocza. Poniżej niej rozpościera się strefa akumulacji złożona z obrywów, ospisk i gładów. Plaża maksymalnie dochodzi do 17,0 m szerokości. Występują na niej głazy do 1,5 m średnicy.

Zmiany sześciolatnie obejmują przesunięcie linii krawędzi klifu do kilkunastu centymetrów w stronę wyższej partii zbocza, w przedziale 113,72–113,78 km oraz zwiększenie się strefy akumulacji i jej pionowego zasięgu spo-

wodowane procesami obrywania i osypywania. Zmiany roczne w obu strefach są nieznaczące.

Zbocze wysoczyzny Kępy Swarzewskiej pozostające w zasięgu fal zalewu zawiera się w kilometrażu 117,83–120,80 i nazwane zostało klifem gnieźdzewsko-swarzewskim. Porozcinane jest szeregiem dolin na kilka mniejszych fragmentów. Maksymalna wysokość klifu osiąga wartość około 14,0 m n.p.m. Do prezentacji wytypowano dwa obszary.

Obszar I zawiera się w kilometrażu brzegu 118,22–118,35 (ryc. 19). W przedziale 118,22–118,28 km wysokość klifu pokrywa się z wysokością zbocza. Reprezentuje on obrywowy typ klifu. Od 118,28 km klif obejmuje około 50% wysokości zbocza. Zbudowany jest prawie w całości z gliny brązowej. W jej obrębie występują przewarstwienia żwirowe oraz porwak osadów paleogenu. Zaobserwowana strefa degradacji pokrywa się ze strefą obrywów i sięga od górnej krawędzi klifu aż do jego podstawy. Strefa akumulacji miejscami sięga 5,0 m wysokości i składa się z bloków obrywów i ospisk. Z form abrazyjnych występują tu podciosy i nisze. Ślady maksymalnego zasięgu fal zaobserwowano na 3,0 m wysokości zbocza we wnęce po wypadłym głazie. Występował w niej materiał w postaci słomy, patyczków a nawet plastikowej butelki, podobny do tego jaki występuje w strefie przyboju.

W okresie sześciolatnim stwierdzono niewielkie ubytki w koronie klifu oraz zwiększenie się zasięgu ospisk w rejonie 118,25 i 118,31 km przy nieznacznym odbiorze materiału ze strony morza. Zmiany roczne są niezauważalne.

Obszar II obejmuje odcinek brzegu 119,20–119,34 km (ryc. 20). Prawie całość zbocza jest porośnięta gęstymi krzewami. Reprezentuje zsuwiskowo-spływowy typ klifu. Występują tu wszystkie rodzaje omówionych osadów oraz liczne wysięki. Brak dokumentacji fotograficznej z 1995 uniemożliwia porównanie obszaru w okresie sześciolatnim. Jednak zachodzące procesy, biorąc pod uwagę ich tempo na innych odcinkach, nie mogą odbiegać od obecnych. Na zdjęciu z 2001 roku na 119,31 km zaobserwowano świeże osuwisko stabilizowane darnią i ponownie zakorzeniającymi się krzewami. Z form abrazyjnych występują niewielkie podcięcia przykrywane zsuwającą się masą błotno-darniową. Materiał zsuwiskowo-spływowy nasuwa się na osady plaży a jego rozmywanie i usuwanie zachodzi bardzo powoli.

Podsumowanie

Przedmiotem badań były procesy jak i ich skutki, związane są z falowaniem, podnoszeniem się poziomu morza, wezbraniem sztormowymi oraz zjawiskami pogodowymi. Niszczenie zboczy wysoczyznowych dokonuje się poprzez podcinanie przez fale, które uruchamia proces osuwania i osypywania. Powierzchnie darniowe umacniające zbocze powoli poruszają się w dół. Od górnej krawędzi zbocza powstaje szczelina odsłaniająca osady co stanowi dogodniejsze warunki dla procesu sufozji. Woda wsiąkająca przez szczeliny ma coraz większą możliwość wypłukiwania osadu piaszczystego spod pokrywy darniowej. Dochodzi do procesu osuwania i osiadania pokrywy darniowej, drzew i krzewów. Następuje odsłonięcie zbocza.

Procesy zachodzą w sposób ciągły, a ich efekty nie są uzależnione tylko od jednego czynnika. Przykładowo, na kilka sztormowych wezbrań morza notowanych w Zatoce Gdańskiej w ciągu roku, nie zanotowano większych zmian na wybrzeżu Zalewu. Może się jednak zdarzyć, że poje-

dynczy czynnik np. zamrznięta woda lub człowiek wpłyną zdecydowanie na końcowy efekt procesu obrywania. Pozostałe procesy pełnią role wspomagające, choć w okresie kiedy na stoku zachodzą ruchy masowe jego rozwój może przebiegać od góry w wyniku wietrzenia i sufozji do momentu ponownego uzyskania stanu równowagi. W czasie degradacji stoku i procesie usuwania nagromadzonego materiału na plaży pozostają głazy i zerwane drzewa, często wtórnie zakorzenione. Przeszkody te rozpraszają energię fal, stabilizują nagromadzony materiał a tym samym klif, częściowo hamując jego rozwój. Kształtowanie się profilu stoków klifowych, w wyniku zachodzących na nich procesów geodynamicznych, uzależnione jest przede wszystkim od zróżnicowania budowy geologicznej strefy brzegowej. Generalnie, procesy obrywania i osypywania przeważają i obejmują coraz większą wysokość zboczy wysoczyzny. Aktywizacja zboczy klifowych w okresie 1995–2001 przejawiała się w przemieszczeniu, w nielicznych miejscach o 2,5–3,0 m, linii krawędzi klifu do wyższej partii zbocza wysoczyzny, w wyniku sufozji, obrywania i zsuwów. Aktywizacja pozioma na granicy zbocze klifowe — zbocze wysoczyzny nieuaktywnione praktycznie nie zaistniała. Wybrzeża klifowe nie cofają się na całej długości z jednakową prędkością, lecz w sposób zróżnicowany, poprzez występowanie pojedynczych ubytków w koronie czy na zboczu. Tempo cofania się korony i podstawy klifów jest minimalne, miejscami kilka centymetrów na rok. Wyjątkiem jest cypel klifu osłonińskiego na 107,45 km (ryc. 14, 2). Na podstawie pomiarów i porównywania zdjęć stwierdzono, że w latach 1995–2001 podstawa i korona cypla klifu cofnęła się ponad 2,0 m.

Zaobserwowane tendencje rozwojowe badanego wybrzeża w okresie obserwacyjnym 1995–2001 utrzymują się do chwili obecnej.

Należy podkreślić wzrastającą rolę czynnika antropogenicznego w rozwoju omawianego wybrzeża klifowego. Obecność ośrodków wypoczynkowych w Osłoninie, Rzucewie, Pucku, Gnieźdźewie i Władysławowie powoduje wzmogłą turystykę na tym obszarze. Wydeptywane ścieżki często inicjują spękania górnej krawędzi klifu oraz wzmogłą degradację zbocza. Udostępnianie zaplecza klifów pod indywidualną zabudowę letniskową prowadzi do zagrożenia odprowadzania kanalizacji ściekowej lub burzowej poprzez klif do Zatoki Puckiej, co może naruszać równowagę stoku. Przede wszystkim powinny być przestrzegane wszystkie zasady postępowania i działalności w obrębie technicznego pasa ochrony brzegu.

Przedmiotem szczególnej ochrony powinny być zabezpieczenia naturogenne w postaci zakorzenionych wtórnie drzew i występujących na plaży głazów. Odcinki klifów najbardziej zagrożone ruchami masowymi, jak południowy odcinek klifu osłonińskiego, mogą być zabezpieczane nawieżieniem głazów na plażę.

Literatura

DZIADZIUSZKO Z. & JEDNORAŁ T. 1996 — Zagrożenia powodzienne spowodowane spiętrzeniami sztormowymi u brzegów Bałtyku i Zalewu Wiślanego. Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 19: 123–133.
JANKOWSKA H. & ŁĘCZYŃSKI L. 1993 — Charakterystyka brzegów zatoki na tle budowy geologicznej. [W:] Zatoka Pucka, K. Korzeniowski (red.). Uniw. Gdański, Inst. Oceanogr., Gdańsk: 303–308.

KOSTRZEWSKI A. & ZWOLIŃSKI Z. 1994 — Aktualny stan badań geomorfologicznych na terenie Wolińskiego Parku Narodowego. [W:] Klify, tom 1, A. Kostrzewski (red.). Wyd. Sorus. Poznań: 15–23.
KRAMARSKA R., UŚCINOWICZ S. & ZACHOWICZ J. 1995 — Origin and evolution of the Puck Lagoon. [W:] Journal of Coastal Research, Special Issue 22, Poznań: 187–192.
LEONTJEW O.K., NIKIFOROW L.G. & SAFJANOW G.A. 1982 — Geomorfologia brzegów morskich. Wyd. Geol.
MAJEWSKI A. 1994 — Naturalne warunki środowiskowe Zatoki Gdańskiej i jej obrzeża. [W:] Zanieczyszczenie i odnowa Zatoki Gdańskiej (red. J. Błażejowski, D. Schuller). Uniwersytet Gdański: 35–42.
Mapa geodynamiczna polskiej strefy brzegowej 1 : 10 000, arkusze Władysławowo, Puck, Rzucewo. 1997. Red. J. Zachowicz, R. Dobraczki. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Oddz. Geologii Morza, Gdańsk.
MARKS L. 1992 — Ruchy masowe i ewolucja stoku. [W:] L. Lindner (red.) — Czwartorzęd. Osady, metody badań, stratygrafia. Wydawnictwo PAE. Warszawa: 65–74.
MASŁOWSKA M., ZALESZKIEWICZ L., OLSZAK J. I., KOSZKA-MAROŃ D. & MICHAŁOWSKA M. 2000 — Charakterystyka geologiczna osadów glacialnych wybranych odcinków wybrzeża gdańskiego. Materiały VII Konferencji „Stratygrafia plejstocenu Polski” p.t. „Stratygrafia czwartorzędu i zanik lądolodu na Pojezierzu Kaszubskim” (red. Sz. Uścińowicz & J. Zachowicz) Łącznie 4–8 września 2000 r. Gdańsk: 80–81.
MASŁOWSKA M., OLSZAK J.I., L. JURYS & MICHAŁOWSKA M. 2003 — Budowa geologiczna, stratygrafia i paleogeografia osadów południowej części klifu osłonińskiego. Mat. V Konferencji „Geologia i Geomorfologia Pobrzeża i Południowego Bałtyku” W. Florek (red.). Słupsk 6–8 Czerwiec 2002: 111–120.
NOWACKI J. 1993 a — Morfometria Zatoki. [W:] Zatoka Pucka, K. Korzeniowski (red.). Uniwersytet Gdański. Instytut Oceanografii. Gdańsk: 71–78.
NOWACKI J. 1993 b — Stany wód. [W:] Zatoka Pucka, K. Korzeniowski (red.). Uniwersytet Gdański. Instytut Oceanografii. Gdańsk: 135–146.
NOWACKI J. 1993 — Stany wód. [W:] K. Korzeniowski (red.). Zatoka Pucka. Uniwersytet Gdański. Instytut Oceanografii. Gdańsk: 135–146.
SKOMPSKI S. 1997 — Eemska formacja błędziewska pod Puckiem. Prz. Geol., 45: 1279–1281.
SKOMPSKI S. 2001 — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Puck. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
SKOMPSKI S. 2002 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Puck. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
SUBOTOWICZ W. 1982 — Litodynamika brzegów klifowych wybrzeża Polski. Ossolineum. Wrocław.
UŚCINOWICZ SZ. & MIOTK-SZPIGANOWICZ G. 2001 — The final stage of the Holocene transgression in the Puck Lagoon area (Southern Baltic Sea) as observed from the Rzucewo Headland case study (poster). [W:] Continental shelves during the last glacial cycle (red. W.W. S. Yim, A.R. Chivas). International Geological Correlation Programme. Hong Kong, China 25–28 October 2001: 58–59.
UŚCINOWICZ S. & MIOTK-SZPIGANOWICZ G. 2003 — Holocene shoreline migration in the Puck Lagoon (Southern Baltic Sea) based on the Rzucewo Headland case study. Landform Analysis, 4: 83–97.
ZALESZKIEWICZ L. 1998 — Contemporary processes of activation of slopes of morainic uplands on the example of the west coast of the Puck Lagoon. W: Evolution of the Southern Baltic Shoreline, Sz. Uścińowicz (red.). Guide-Book of the Field Meeting INQUA Subcommission on Shorelines of Northern and Western Europe. Poland. Gdańsk 18–23 May 1988: 45–46.
ZALESZKIEWICZ L. & KOSZKA-MAROŃ D. 1999 — Komputerowa dokumentacja brzegów klifowych; jej zakres i zastosowanie. R.K. Borówka, Z. Młynarczyk & A. Wojciechowski (red.) — Materiały konferencji pt. „Ewolucja geosystemów nadmorskich Południowego Bałtyku”. Streszczenia referatów i opisy posterów. Szczecin 17–21 maja: 1–77.
ZALESZKIEWICZ L. & KOSZKA-MAROŃ D. 2000a — Komputerowa dokumentacja Kępy Puckiej, Oksywskiej i Swarzewskiej. Prz. Geol., 48: 883–884.
ZALESZKIEWICZ L. & KOSZKA-MAROŃ D. 2000b — The computers data bank of the cliff coast. [W:] The Baltic, B. Larsen (red.). The sixth marine geological conference. GEUS. Hirtshals, Danmark 7–9 May 2000: 1–91.
ZALESZKIEWICZ L. & KOSZKA-MAROŃ D. 2001 — Współczesne procesy aktywizacji brzegów klifowych Zalewu Puckiego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Oddz. Geologii Morza, Gdańsk.
ZAWADZKA-KAHLAU E. 1999 — Tendencje rozwojowe polskich brzegów Bałtyku Południowego. Gdańskie Tow. Nauk., Gdańsk.

Procesy aktywizujące degradację wybrzeża klifowego Zalewu Puckiego (patrz str. 55)



Ryc. 8. Nisze i nawisy poobrywowe, klif pucki, 113,80 km
Fig. 8. Niches and sode cornices after earth fall, Puck cliff, 113.80 km



Ryc. 9. Zsuw zboczowy, klif pucki, 111,85 km
Fig. 9. Earth slip on the slope, Puck cliff, 111.85 km

Ryc. 12. Zbocze klifu puckiego, 113,76 km. Nagromadzenie materiału koluwialnego
Fig. 12. Slope of the Puck cliff, 113,76 km. Accumulation of the colluvial material



Ryc. 13. Platforma abrazyjna z podciosem abrazyjnym w stopie zbocza klifu, klif gnieźdzewsko-swarzewski, 118,31 km. Wszystkie fot. — L. Zaleszkiewicz
Fig. 13. Abrasion platform with abrasion kerf at the foot of the cliff slope, Gnieźdzewo-Swarzewo cliff, 118.31 km. All photos — L. Zaleszkiewicz



12