

WĘGLOWE OSADY MIOCENU KĘPY SWARZEWSKIEJ NA WYBRZEŻU BAŁTYCKIM

The Miocene coal deposits from the Kępa Swarzevska at the Baltic Seaside

Marian WAGNER

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Zakład Geologii Złóżowej i Górniczej; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: wagner@geol.agh.edu.pl*

Treść: Kępa Swarzevska położona jest nad Zatoką Gdańską na Pobrzeżu Kaszubskim. W zboczach Kępy, pod osadami plejstocenu, występują miocenne utwory węglonośne. Obserwacje nadmorskich klifów pozwoliły na wyróżnienie dwóch podstawowych kompleksów osadów węglowych w porównaniu z litostratygraficznym schematem miocenu z Niżu Polskiego: dolnomiocennej II wiązki pokładów węgla brunatnego i wiązki I ze środkowego miocenu.

Wyróżnione piaszczyste kompleksy skalne zawierają trzy pokłady węgla brunatnego o miąższości od 0.7 do 3.1 m. Węgiel brunatny zaliczono do humusowego miękkiego węgla detrytowego, średnio żżelifikowanego o niskim stopniu uwęglenia (R^o średnio 0.28%). Głównym jego mikroskładnikiem jest atrynit, a zawartość macerałów grup liptynitu i inertynitu jest podrzędna. Niski stopień uwęglenia oraz humusowy charakter potwierdzono w toku analiz chemicznych i technologicznych. Przy użyciu sedimentologicznych diagramów oraz cech petrologicznych określono zestaw organicznych facji w paleotorfowiskach Kępy Swarzevskiej. Były to głównie facje torfowisk niskich mszarnych i trawiastych, stale lub okresowo podtopionych, a w północnej części Kępy Swarzevskiej związanych z systemem anastomozującej rzeki.

Słowa kluczowe: Kępa Swarzevska, miocen, miękki węgiel brunatny, anastomozujący system rzeki

Abstract: Kępa Swarzevska is situated in northern Poland, close to the Gdańsk Bay in the Kaszuby coastal zone. Within hill-side, the Miocene coal-bearing sediments occur under the Pleistocene deposits. The observations of the cliff walls have provided the basis of distinguishing two coaly complexes: Lower Miocene lignite group (II), and Middle Miocene lignite group (I), comparable to the respective units of the Polish Lowland.

The distinguished sandy complexes contain three lignite seams with a thickness of 0.7–3.1 m. The lignite are included into detritic lithotypes, low rank of middle gelified variety of humic coal. Atrinite is the major microcomponent of this coal. The contribution of the macerals of the liptinite and inertinite groups is subordinate. Low rank and humic character is confirmed by such the results of chemical and technological analyses. Sedimentological diagrams method was used in order to estimate the sequence of organic facies in the paleo peatbogs (marsh, swamp). In the north part of the area of the Kępa Swarzevska a sequence of sedimentation in the anastomosing fluvial system have been found.

Key words: Kępa Swarzevska, Miocene, lignite, anastomosing fluvial system

WPROWADZENIE

Kępa należy do form glacialnych związanych głównie z deglacją frontálną. Jest to fragment wysoczyzny polodowcowej ograniczonej pradolinami oraz brzegiem morskim.

Kępa Swarzewska zajmuje północno-wschodnią część Pobrzeża Kaszubskiego (Fig. 1). Od północy i wschodu ograniczona jest wybrzeżem morskim (otwartymi wodami Bałtyku i zachodnim wybrzeżem Zatoki Puckiej), natomiast od południa i południowego zachodu – pradoliną Płunicy, która oddziela ją od Wysoczyzny Żarnowieckiej i Kępy Puckiej. Jej granicą zachodnią jest Równina Błot Przymorskich (Bielawskie Błota).

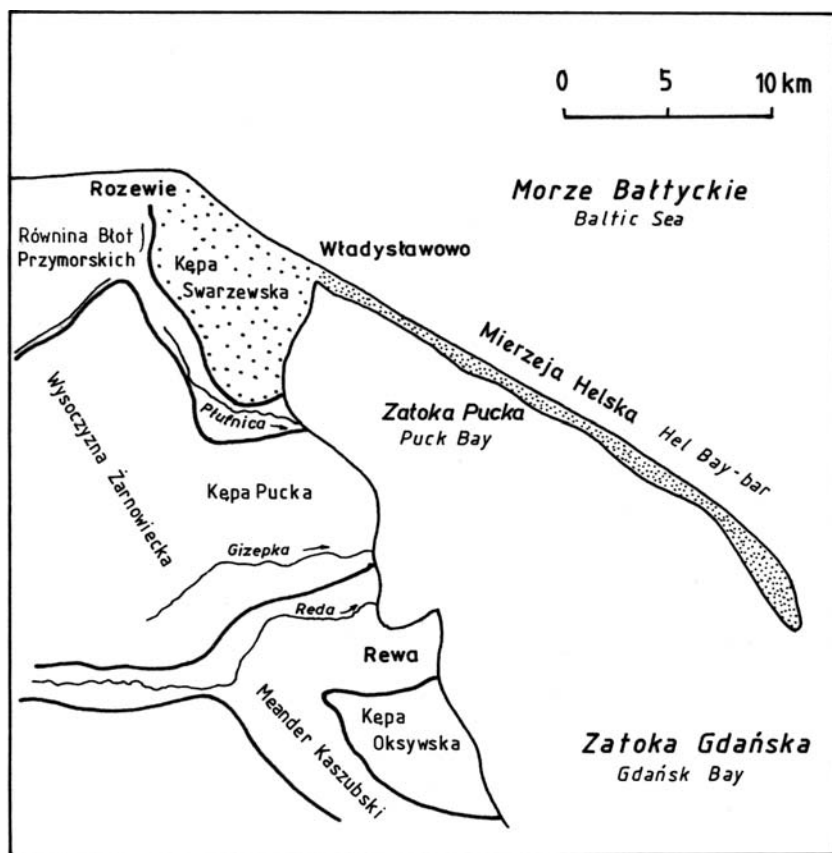


Fig. 1. Szkic geograficzny Zatoki Puckiej

Fig. 1. Geographical sketch of the Puck Bay

Północna część Kępy Swarzewskiej jest morfologicznie urozmaicona, a w rejonie Jastrzębiej Góry, w ciągu wzgórz morenowych, znajduje się jej najwyższy punkt (67.8 m n.p.m.) oraz obszar najdalej wysunięty na północ Polski. Od Jastrzębiej Góry do Cetniewa Kępa Swarzewska urywa się mniej lub bardziej stromym klifem nadmorskim (Fig. 2).

U podnóża klifu strefa brzegowa jest wąska, a w kierunku północnym w Bałtyku rozciąga się szeroka literynowa platforma abrazyjna. Od Cetniewa do nasady Mierzei Helskiej we Władysławowie występuje szeroki brzeg akumulacyjny, a u jego przybrzeża obecny jest rozległy poziom tarasowy nachylony ku północy i związany z odpływem wód pra-Wisły. W znacznej części pokryty jest on torfem, czego dowodzą otoczaki torfu znajdujące na plaży po okresach sztormowych.

Na tym brzegu osady neogenu odsłaniają się w klifie na dystansie około 3 km od Cetniewa do Rozewia (Fig. 2). Utwory te kilkakrotnie kartowano w latach 2001–2004, zwracając szczególną uwagę na ich węgloność. Zdjęcia geologiczne oraz pobrane próbki węgla i skał węglistych były przedmiotem badań petrograficznych i chemiczno-technologicznych. W niniejszym opracowaniu wykorzystano także informacje z archiwalnych otworów wiertniczych wykonanych w obrębie Kępy Swarzewskiej (Domagała *et al.* 1981, Piwocki *et al.* 1985). Wyniki badań przedyskutowano także w kontekście ich litostratygrafii.

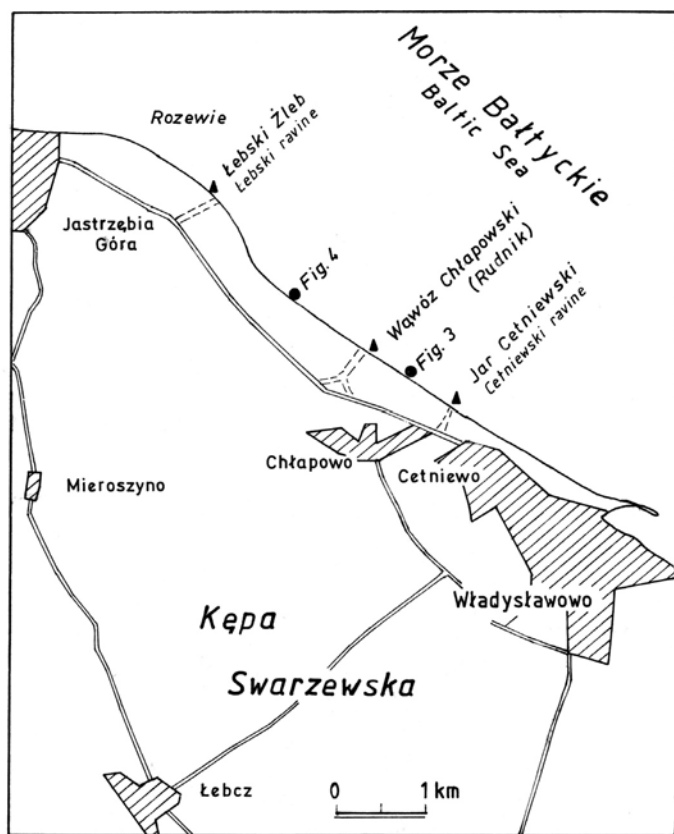


Fig. 2. Lokalizacja obszaru badań w północnej części Kępy Swarzewskiej. Objaśnienia: figura 3, figura 4 – szkice odsłonięć osadów miocenu

Fig. 2. Study area location along the northern part of the Kępa Swarzewska. Explanation: figure 3 and figure 4 – outcrops sketches of the Miocene deposits

WIADOMOŚCI O OSADACH PALEOGENU I NEOGENU W REJONIE GDAŃSKA ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM KĘPY SWARZEWSKIEJ

Utwory młodsze od kredy w rejonie Zatoki Gdańskiej poznane są dość dobrze, a historia ich badań liczy już ponad 150 lat. Szczególnie dotyczy to osadów neogenu odsłaniających się w kilku klifach, natomiast osady paleogenu znane są jedynie z kilkudziesięciu wierzeń, głównie hydrogeologicznych.

Bezpośrednim podłożem osadów kenozoicznych w tym rejonie są utwory kredy znane z Zatoki Gdańskiej oraz z dna Bałtyku między Helem i Ustką (m.in. Marzec & Woźny 1972, Piwocki *et al.* 1985) oraz na przylegającym lądzie. Na obszarze Kępy Swarzewskiej zaliczono je do turonu dolnego i cenomanu. W rejonie Zatoki Puckiej są to iłowce i mułowce, często zapiaszczone, z glaukonitem i fosforytami w stropie, przynależne do turonu (Marzec & Woźny 1972, Piwocki *et al.* 1985). W części północnej Kępy Swarzewskiej stwierdzono osady cenomanu w postaci piasków kwarcowych i glaukonitowych z wkładkami wapieni (*loc. cit.*). Strop utworów kredy jest powierzchnią morfologicznie urozmaiconą, występująca na wysokości od –81.1 m n.p.m. (rejon Cetniewa) do –147.0 w rejonie na wschód od Władysławowa (Domagała *et al.* 1981). Generalnie powierzchnia ta jest nachylona w kierunku Zatoki Gdańskiej z dwoma obniżeniami w części środkowej (obszar Władysławowa). Obniżenia te interpretowane są jako rynny erozyjne ze względu na brak w nich osadów trzeciorzędowych. W północnej i południowej części Kępy Swarzewskiej powierzchnia utworów kredy jest prawie płaska (średnio około –95 m n.p.m.).

Profil paleogenu i neogenu w obrębie Kępy jest podobny do osadów w południowej części dna Bałtyku oraz obszarów bezpośrednio przyległych. Najstarszymi osadami tego okresu są utwory paleogenu, znane z kilku płątów w obszarze od Łeby do Kołobrzegu, Sambii i cieśnin duńskich. Na terenie rozprzestrzenienia Kępy Swarzewskiej stanowią one zasadniczą część profilu paleogenu (Domagała *et al.* 1981, Marzec & Woźny 1972), tworząc izolowane płyty. W rejonie Łeby osady paleogenu podzielono na pięć kompleksów hliastrograficznych, nazywanych seriami i datowanych od eocenu górnego do oligocenu górnego (Marzec & Woźny 1972, Piwocki *et al.* 1985).

Osady paleogenu stwierdzano w rejonie Swarzewa, Chłapowa i Jastrzębiej Góry. Grubość tych osadów zmienia się od 6.0 m do 82.0 m (Cetniewo – *loc. cit.*).

Osady neogenu zachowane są fragmentarycznie wskutek silnie zaznaczonej erozyjnej działalności plejstocenijskiego lądolodu i dlatego są gorzej rozpoznane. Znane są z różnych rejonów Pomorza (Ustka – Kołobrzeg), także z półwyspu Sambia. W rejonie Gdańska są one odsłonięte w niektórych klifach (np. Orłowskim w Gdyni, Chłapowskim i Cetniewskim). Odnosnie do położenia tych osadów w profilu kenozoiku istnieją dwie koncepcje dotyczące ich pozycji geotektonicznej. Pierwsza z nich uznaje je za osady *in situ*, sedymentacyjną kontynuację osadów paleogenu, choć podobieństwo litologiczne osadów w tym odcinku nie pozwala na precyzyjne ustalenie granicy (przyjmuje się ją arbitralnie na podstawie większej węgliści osadów miocenu i obecności pokładów węgla brunatnego oraz braku

glaukonitu (Domagała *et al.* 1981, Marzec & Woźny 1972, Kramarska 2002 *et al.*). Inni uznają osady neogenu za kry glacialne (m.in. Pazdro 1960, Rudowski 1965 *et al.*). Najważniejszym argumentem przemawiającym za uznaniem tych osadów za kry glacialne jest przyjęcie zbyt urozmaiconej morfologicznie powierzchni stropowej osadów neogenu, jeśli założyć normalne następstwo warstw (Rudowski 1965), opisywaną naprzemianległość utworów neogenu i plejstocenu (m.in. Pazdro 1960, Kramarska 2002).

Dotychczas wiadomo, że osady miocenu wykształcone są jako kompleks piaszczysty z pokładami węgla brunatnego. Najbardziej kompletny profil tych osadów podaje Konarzewski z rejonu Klifu Chłapowskiego (1975, W: Domagała *et al.* 1981). Wyróżnił on tutaj dwie serie osadów węglowych rozdzielonych piaskami. Seria młodsza (34.8 m) to brunatne piaski i mułki piaszczyste z pyłem węglowym i pokładem węgla brunatnego o miąższości do 2 m. Dolny pakiet wykształcony jest natomiast jako ily zapiaszczone z soczewą węgla brunatnego o miąższości 2.6 m. Kompleksy te rozdziela 8-metrowa seria żwirowo-piaszczysta. W kierunku zachodnim pokłady węgla stają się coraz cieńsze i zanikają w rejonie Rozewia.

Osady miocenu w wierceniach hydrogeologicznych były przedmiotem wybiórczej analizy litologiczno-petrograficznej i palinologicznej (Domagała 1981). Stwierdzono je w dwóch wierceniach (z siedmiu badanych) w rejonie Chłapowa, a w wyniku przeprowadzonej korelacji zlokalizowano je także w 31 otworach na terenie Kępy Swarzewskiej, uznając je za osady *in situ*. Stratygraficznie uznano je za utwory miocenu środkowego na podstawie palinologicznego spektrum z przewodnią formą *Tricolporopollenites odmundi*. Grubość tych osadów wynosi od 12 do 18 m.

Bardziej szczegółową litostratygraficzną charakterystykę osadów neogenu wykonali Piwocki *et al.* (1985). Na podstawie badań palinologicznych Grabowskiej (1976), osady piaszczysto-węgliste znad utworów paleogeńskich zaliczyli oni do miocenu dolnego jako warstwy rawickie (obecnie formacja rawicka) i warstwy ścinawskie (formacja ścinawska), uznając je za osady wyższej części miocenu dolnego i najniższej części miocenu środkowego (Piwocki & Ziemińska-Tworzydło 1997).

Wiek węgla brunatnego odsłaniający się w Klifie Chłapowskim jest badany już od 130 lat. Pierwsze oznaczenia stratygraficzne uwęglonych szczątków roślin były wykonane w roku 1869 przez Heera, który zaliczył je do miocenu dolnego. Dla ścisłości opisu należy dodać, że badacz ten analizował próbki węgla z pokładu dolnej wiązki, eksploatowanej przez kilkanaście lat, począwszy od 1859 roku. Węgiel ten był również badany przez Grabowską (1973), która na podstawie analizy palinologicznej określiła jego wiek na górną część miocenu dolnego – miocen środkowy. Natomiast Rudowski (1965) uznaje obydwa pokłady za odpowiednik wiązki pokładów środkowopolskich, obecnie lokowanej w dolnej części formacji poznańskiej. Jednak w dalszym wywodzie badacz ten wyraża pogląd, że osady młodsze od węgla reprezentują warstwy pawłowickie, a być może nawet warstwy adamowskie i środkowopolskie, co wskazuje, że miał on na myśli wiązkę pokładów II – łuzycą, obecnie lokalizowaną w stropie dolnomiocenijskiej formacji ścinawskiej (Piwocki & Ziemińska-Tworzydło 1997). Wynika z tego, że dotychczasowe poglądy stratygraficzne badaczy są dość zgodne i określają widoczne w klifach pokłady węgla brunatnego jako wiązkę II – łuzycą, z przystropowej części miocenu dolnego i miocenu środkowego.

Niniejsza praca wnosi nowe spostrzeżenia dotyczące stratygrafii pokładów węgla. Na podstawie konstrukcji profilu wzorcowego, wyróżniono dwie wiązki pokładów węgla brunatnego, a młodszą z nich uznano za pokład środkowopolski. Wnioskowanie takie potwierdza występowanie w tym pokładzie paratonsteinu, korelowanego z Ts 1 i Ts 2 ze złoża KWB Bełchatów (Wagner 2000), także z pokładem węgla z rejonu Konina (Wagner 1981) oraz z osadami najniższego środkowego miocenu podhalańskiego (Kołcon & Wagner 1991, Lesiak 1994). Przeprowadzono korelację tego paratonsteinu ze środkowomiocенskim tzw. tufitem bocheńskim z zapadliska przedkarpackiego (Wagner 2000).

Jak już wspomniano, pokłady węgla brunatnego były eksploatowane w rejonie Wąwozu Chłapowskiego (Rudnik) od roku 1859. Według danych archiwalnych profil trzeciorzędu w tym rejonie zawierał trzy pokłady węgla, z których środkowy o miąższości 2 m, w rejonie wąwozu Rudnik, był wybierany i transportowany barkami do Władysławowa. Eksploatacji węgla jednak szybko zaniechano wskutek wyczerpania zasobów i z powodu niskiej jakości węgla.

ODSŁONIĘCIA OSADÓW WĘGLOWYCH W KLIFACH

Odsłonięcia osadów miocенskich w klifach między Chłapowem a Rozewiem widoczne są na dystansie około 3 km, od Jaru Cetniewskiego do tzw. Łębskiego Żlebu na przylądku Rozewie (Fig. 2). Na tym odcinku wybrzeża morskiego klify są aktywne, a plaża stosunkowo wąska, stąd są one niestabilne. Jest to powodem okresowych, dużych zmian w wyglądzie odsłoneń, spowodowanych cofaniem się klifów, obsypywaniem się rozluźnionych osadów wraz z powierzchniowymi ruchami masowymi.

Od Jaru Cetniewskiego na zachód klif, początkowo kilkunastometrowy, osiąga 23 m wysokości. Od poziomu plaży do wysokości około 13 m widoczne są drobnoziarniste, jasnobezwowe piaski neogenu, które tworzą ławice o grubości od 1 do 3 m. Wykazują one wewnętrzną laminację łem i drobnym pyłem węglowym. Szczególnie charakterystyczna jest najwyższa warstwa piasku, którą upodobały sobie jaskółki do drażenia swoich gniazd, co przejawia się jej silnym „podziurawieniem”. Warstwę tę można śledzić na dystansie kilkuset metrów jako swoisty poziom reperowy. Część przystropowa tych piasków, tuż pod warstwą bruku morenowego, jest węglista, choć drobne soczewki i większe okruchy brunatnego węgla widoczne są także nieco niżej. Powyżej piasków węglistych występują osady fluwioglacjalne i morenowe plejstocenu, które w spągu wykazują nagromadzenia bruku morenowego o różnicowanej wielkości głazów (do 0.4 m). Poziom ten widoczny jest na znacznej przestrzeni.

Nachylenie tych osadów jest zmienne, generalnie ku wschodowi, stąd od Cetniewa w kierunku Rozewia widoczne są utwory coraz starsze.

Pierwsze większe odsłonięcie pokładów węgla brunatnego w klifie widoczne było okresowo w Klifie Chłapowskim w odległości około 600 m od Jaru Cetniewskiego (Fig. 3). W środkowej części odsłonięcia widoczny był pokład węgla brunatnego, w zasadzie jednolawicowy, o zmieniającej się miąższości od 0.4 do 0.9 m, poprzesusowany drobnymi uskokami nachylonymi ku zachodowi. We wschodniej części odsłonięcia pokład węgla miał kształt fałdu pochylonego ku wschodowi, dlatego też w tym miejscu był grubszy (do

około 2 m), natomiast w części zachodniej był nieco podgięty, tworząc płytką synklinę z monoklinalnym skrzydłem zachodnim. Dochodził w ten sposób do warstwy z wydrążonymi gniazdami jaskółek, z którą tworzył niezgodność kątową.

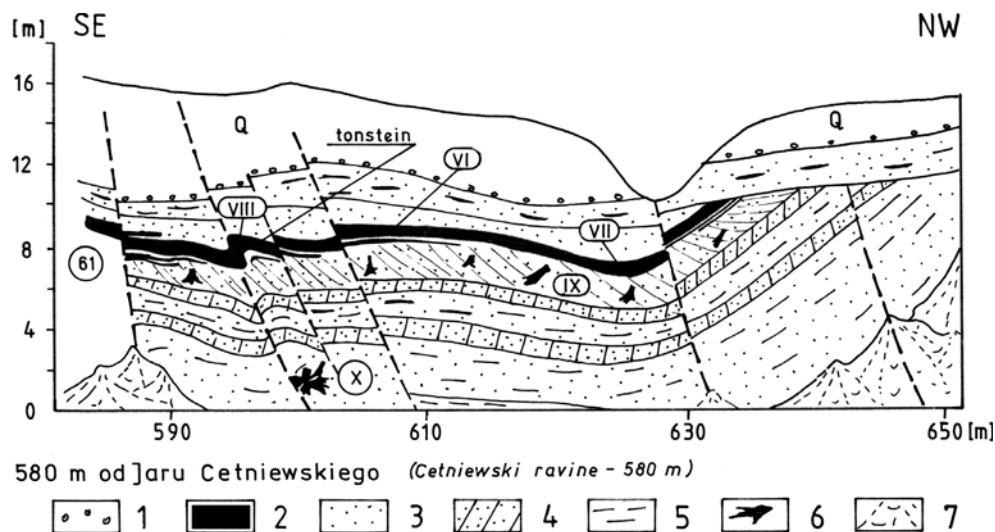


Fig. 3. Odslonięcie młodszych osadów miocennych w Klifie Cetniewskim: 1 – bruk morenowy, 2 – węgiel brunatny, 3 – piaski, 4 – piaski węgliste, 5 – iły, 6 – nagromadzenia ksylitów, 7 – osypiska; liczby rzymskie i arabskie – numery próbek

Fig. 3. The outcrop of younger Miocene deposits at the Cetniewo Cliff: 1 – gravel and glacial blocks, 2 – lignite, 3 – sands, 4 – coaly sands, 5 – clays, 6 – xylite jam, 7 – landslides; Roman and Arabic symbols – sample numbers

W przyspągowej części pokładu węgla występuje 1–3-centymetrowa warstwa jasno-beżowego iłu o wyglądzie paratonsteinu. Warstwa ta, jak już wcześniej wspomniano, może mieć istotne znaczenie dla wnioskowań litostratygraficznych.

Poniżej zasadniczego pokładu lokalnie znajdują się dwie cienkie ławice węgla o grubości od 0.1 do 0.2 m.

Pokład węgla w tym odsłonięciu podścielony jest 1–1.5-metrową warstwą piasku drobnoziarnistego o wyraźnym uwarstwieniu ukośnym rynnowym w dużej skali. Osady tego typu utożsamiane są z rzeczными osadami korytowymi. W zachodniej części odsłonięcia piaski podwęglowe zachowują ukośne warstwowanie, ale zawierają także znaczącą ilość dużych ksylitów (do kilkunastu centymetrów) oraz okruchów węgla detrytowego, miejscami przyjmując charakter węglisty, głównie jednak wskutek obecności barwiącego pyłu węglowego. Najniższy, kilkumetrowy kompleks to drobnoziarniste, laminowane piaski z podrzędną zawartością okruchów i pyłu węglowego.

W spągu odsłonięcia, tuż powyżej efemerycznej terasy burzowej, znajdują się ciemnoszare iły, słabo laminowane i słabo wapniste o grubości do 0.4 m.

Na podstawie położenia osadów na całym sprofilowanym odcinku klifów ustalono, że opisany pokład węgla w tym odsłonięciu jest pokładem najmłodszym.

Drugie trwałe odsłonięcie pokładów węglowych obserwowano przez kilka lat w odległości około 2100 m na zachód od Jaru Cetniewskiego. Tutaj na dystansie około 180 m odsłaniają się pokłady węgla poprzysuwane uskokami, głównie glacialnymi, które częściowo przesłaniają osuwiska (Fig. 4).

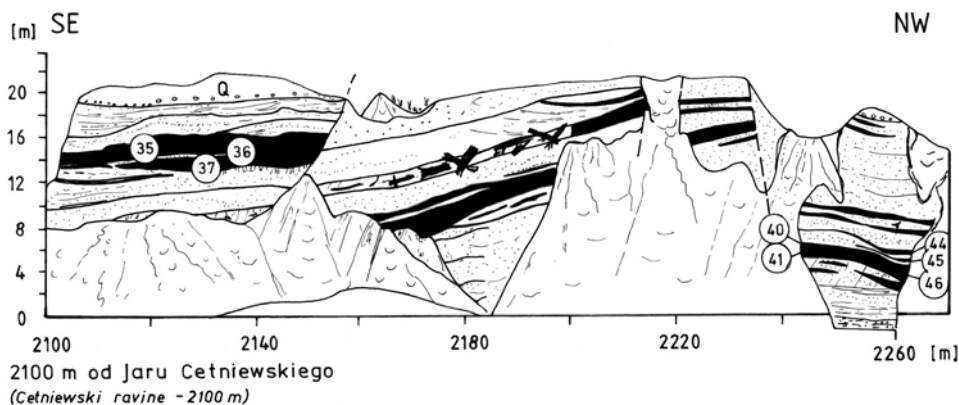


Fig. 4. Odsłonięcie starszych osadów miocenu w Klifie Chłapowskim.

Objaśnienia symboli jak na figurze 3

Fig. 4. The outcrop of older Miocene deposits at the Chłapowo Cliff.

Explanations of symbols as in figure 3

We wschodniej części tego klifu, na dystansie około 35 m i na wysokości 14 m, widoczny jest poziomy pokład węgla brunatnego o miąższości dochodzącej do 3.4 m. Jego powierzchnia stropowa jest urozmaicona, co wskazuje na erozję pokładu i redukcję jego miąższości miejscami do około 1.5 m. Świadcą o tym nadległe piaski korytowe o wyraźnym uwarstwieniu rynnowym w dużej skali. W części spągowej pokładu widoczne są rozszczepienia wywołane rozległymi soczewami piasku. W części nierozszczepionej zauważono kopalną glebę – drobne ksylicy w pozycji wzrostu.

Uskok o zrzucie około 8 m i powierzchni nachylonej ku wschodowi przemieszcza ten pokład w dół na wysokość kilku metrów nad poziom plaży. Przy uskoku pokład węgla ma około 3.2 m miąższości i jest znacznie silniej wychylony z upadem ku wschodowi. Stopniowo cieniejąc w kierunku osuwiska, rozszczepia się na 2–3 ławice. Poza osuwiskiem pojawia się ponownie w zachodniej części klifu w postaci jednolitej ławicy o miąższości 0.8 m, jednak wraz z towarzyszącymi soczewami węgla o grubości do 0.2 m w dwóch pakietach (Fig. 4). Nad górnym pakietem piaski zachowują cechy osadu korytowego.

Za pierwszym uskokiem nad wyżej opisanym pokładem węgla pojawia się warstwa piasku o grubości do 1.5 m w licznych nagromadzeniach ksyliców w postaci leżących pni o długości do 3–4 m. Początkowo ułożone są one bezładnie w płaszczyźnie warstwy (rozległy zator pni drzew), a następnie ich ilość zmniejsza się i jakby rozpraszają się w masie węgla detrytowego, tworząc lity pokład węgla o miąższości do 1.5 m. Poza osuwiskiem widoczne są jedynie dwie cienkie warstwy węgla detrytowego.

Opisane odsłonięcie tworzące klif jest fragmentem osuwiska, w którym monolityczne bloki osadów neogenu i plejstocenu zostały odspojone i zsunęły się z brzegu o wysokości około 40 m, tworząc wyraźne stopnie osuwiskowe. Ostatni stopień, podcięty abrazją fal morskich, tworzy wtórny klif. Proces ten jest przyczyną rozwoju licznych osuwisk na wtórnym klifie, wskutek czego w kierunku zachodnim (Jastrzębiej Góry) odsłonięcia węgla i innych osadów neogenu są sporadyczne i niewyraźne. Na wysokości ruin schronu wojskowego w Jastrzębiej Górze Wschodniej, około 300 m od opaski betonowej na przyłładku Rozewie, osady neogenu zanikają, a pojawiają się grube serie glin zwałowych.

Zdjęcie geologiczne klifów morskich między Cetniewem a Rozewiem pokazuje, że w osadach neogenu widoczne są dwie wiązki pokładów węgla brunatnego. Jak już wspomniano, młodszą wiązkę pokładów węgla można uważać za grupę I (środkowopolską) z miocenu środkowego, natomiast starszą wiązkę za odpowiednik II (łużyckiej) grupy pokładów węgla z dolnego miocenu.

Charakter litologiczny osadów węglowych oraz piaszczystych rozdzielających obydwie serie oraz utworów nadległych i podwęglowych przypomina sedymenty utworzone przez rzekę anastomozującą.

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA WĘGLA

Charakter litologiczny węgla brunatnego oraz jego budowa petrograficzna we wszystkich obserwowanych nagromadzeniach są podobne. Głównie jest to węgiel detrytowy rozwarstwialny, średnio żzelifikowany, o zmiennym stopniu zailenia i zapiaszczenia. Odmiany z dominującym udziałem ksyliitów są rzadkie i ograniczone do pokładu starszej wiązki oraz luźnych nagromadzeń w piaskach o charakterze zatorów rzecznych.

Węgiel pokładu najmłodszego, zlokalizowany w Klifie Cetniewskim (Fig. 3) jest barwy brunatnej do ciemnobrunatnej wskutek nieco bardziej zaawansowanego żzelifikowania. Reprezentuje litotyp detrytowy, rozwarstwialny (łupkowaty) z niedużą domieszką (do 10%) drobnych ksyliitów odmiany kruchej. Jest mniej lub bardziej wyraźnie laminowany (tzw. węgiel warstwowany), a nośnikiem laminacji jest drobny detrytus ksyliitowy i nabłonkowy oraz bardzo drobnoziarnisty piasek. Laminacja jest przeważnie pozioma w postaci pasemek o grubości do 0.5 mm, lokalnie umiarkowanie ukośna, a większe nagromadzenia detrytusu i piasku widoczne są na powierzchniach stropowych warstw – domieszką w tym materiale są także bardzo drobne, połyskujące blaszki mik i nieliczne ziarniste skupienia fuzynu, natomiast składnikiem charakterystycznym tego węgla są tzw. markodurie (*Markoduria sp.*), interpretowane jako pozostałości kłaczy bagiennych roślin szuwarowych albo jako fragmenty korzeni drzew bagiennych (*Sciadopithys sp.*).

W obrazie mikroskopowym widać, że głównym składnikiem tego węgla jest silnie porowaty atrynit (33.3–42.3% – Tab. 1), a lokalnie densynit (0.0–12.5%), które są tłem skalnym dla licznych, ukształtowanych macerałów. Lokalnie atrynit w sposób ciągły przechodzi w rozdrobniony tekstynit, co świadczy o tym, że pierwotnym tworzywem atrynitu były, oprócz roślinności mszarnej, także łodygi szuwaru i krzewinki, a być może nawet bagienne drzewa liściaste (Fig. 5A–C).

Tabela (Table) 1

Zestawienie analiz petrograficznych mikroskopowych wybranych próbek węgla brunatnego i piasków węglistych (w % obj.) Objasnienia: R^o [%] – średnia refleksyjność ulminitu B (w %), n.o. – nie oznaczono

Petrographic microscope analyses of selected samples of lignite and coalysands (% vol.).
Explanations of symbols: R^o [%] – mean random reflectance of ulminite B (%),
n.o. – no marking

Próbka Sample	VI	VII	VIII	61	37	36	35	40	41	43	44	45	46
tekstynit textinite	0.0	0.3	0.0	1.7	13.0	0.5	2.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.6	1.1
ulminit ulminite	3.2	1.3	5.1	6.0	22.4	4.5	1.0	0.7	5.2	19.9	2.0	2.1	9.3
atrynit atrinite	33.3	34.1	42.3	49.1	36.8	57.6	55.0	38.3	48.9	34.7	35.0	35.2	22.5
densynit densinite	0.0	4.2	12.5	1.7	3.8	1.4	1.5	3.6	0.0	9.4	9.2	8.6	23.2
flobafenit phlobaphinite	0.6	0.3	0.5	0.5	3.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.2	0.3	0.7
melinit gelinite	3.6	3.9	4.4	5.0	5.2	2.5	3.0	2.1	3.1	5.8	3.6	3.3	7.5
sporynit sporinite	4.5	7.0	10.0	1.0	1.0	5.0	4.0	7.0	7.0	1.0	5.0	2.0	1.0
kutynit cutinite	2.5	2.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.5	0.0	0.0
rezynit resinite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
fluorynit fluorinite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.2	0.0	0.0
alginit alginite	0.5	1.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	1.5	0.0	1.6	0.0	0.0
bituminit bituminite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
suberynit suberynite	0.5	0.5	0.0	0.5	4.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0
liptodetrynit liptodetrinite	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	2.0	0.5	1.5	1.0	1.0
fuzynit fusinite	1.6	0.9	5.1	4.6	0.3	0.8	3.5	1.1	0.0	0.0	1.6	1.5	3.6
mikrynit macrinite	0.0	1.5	0.5	1.3	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.4	0.8	0.6	1.1
funginit funginite	0.0	1.5	0.0	1.7	1.4	1.1	0.5	0.0	0.0	2.5	0.4	0.6	1.1
inertodetrynit inertodetrinite	6.2	10.8	8.0	9.7	0.3	5.6	5	9.7	5.3	1.1	4.4	8.9	3.2

Tabela (Table) 1 cd.

min. ilaste <i>clay minerals</i>	39.4	16.1	6.6	0.0	0.0	5.8	6.0	9.3	19.7	1.8	27.8	13.4	0.0
kwarc <i>quartz</i>	0.6	10.3	0.0	12.6	0.7	5.1	14.9	24.0	1.8	13.1	1.2	21.1	23.2
syderyt <i>siderite</i>	0.6	1.8	1.5	1.3	3.5	8.1	0.0	0.0	3.5	0.8	0.8	0.4	1.1
piryt (<i>pyrite</i>) markasyt (<i>markasite</i>)	1.9	0.0	0.5	1.3	2.5	0.8	1.1	0.7	0.0	1.6	1.0	0.4	0.4
substancja mineralna <i>mineral matter</i>	42.5	28.2	8.6	15.2	6.7	19.8	22.0	34.0	25.0	17.3	30.8	35.3	24.7
R^o [%]	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.28	n.o	0.28	0.28	0.29	0.28	n.o

Wśród ukształtowanych humusowych składników tego węgla wyróżniono:

- ulminit (1.3–5.1%), reprezentowany prawie wyłącznie przez odmianę słabiej żżelifikowaną, tj. tekstoulminit (Fig. 5A, C);
- flobafenit i pseudoflobafenit (0.3 do 0.6%), wskazujący na nikły udział drzew szpilkowych w kształtowaniu tego węgla (Fig. 5B);
- żelinit (3.6–4.4%), wykształcony w postaci ziarnistej.

Znaczna jest zawartość macerałów inertynitu w tym węglu (7.8–14.7%). Najliczniejszym z nich jest inertodetrynit (6.2–10.8%), rozproszony wśród atrynitu, mniej liczny jest fuzynit i semifuzynit (0.9–5.1%), natomiast sklerotynit (funginit) i makrynit są zupełnie podrzędnymi komponentami tego węgla.

Wśród maceratów z grupy liptynitu (9.0–13.0%) ilościowo wyróżnia się sporynit (4.5–10.0%), nieco mniej jest kutynitu (0.5–2.5%), natomiast takie macerały, jak: suberynit, fluorynit i rezynit, są zupełnie podrzędnymi składnikami petrograficznymi węgla (Tab. 1). Zwraca jednak uwagę zauważalna obecność alginitu (0.5–1.6%), wskazująca na silnie zawodnione środowisko sedymentacji.

Skład petrograficzny węgla uzupełniają znaczne ilości minerałów ilastych (6.6–39.4%), rozproszonych w atrynicie lub występujących w laminach, także zmienne ilości ziarn kwarcu (0.6–10.3%) oraz nieduże ilości pirytu i syderytu (Tab. 1).

W zachodniej części odsłonięcia węgla w pobliżu Jaru Cetniewskiego występuje nagromadzenie ksylitów w postaci kopalnego zatoru pni drzew i ich fragmentów (próbka X na Fig. 3). Ksylity są jasnobrunatne, cienko rozszczepialne, lecz dość kruche. Złożone są głównie z ulminitu (tekstoulminitu) i tylko lokalnie ze sprasowanego tekstynitu z flobafinitem, co świadczy o ich pochodzeniu z drzew szpilkowych, a nieliczne odciski gałązek ze szpilekami w otaczającym węglu detrytowym, sugerują ich pochodzenie z cypriśników błotnych.

Wiązka pokładów obserwowana w pobliżu jaru Rudnik, jak już wyżej wspomniano, zasadniczo składa się z dwóch pokładów oraz kilku cienkich ławic lub soczew węgla towarzyszących pokładowi zasadniczemu (Fig. 4).

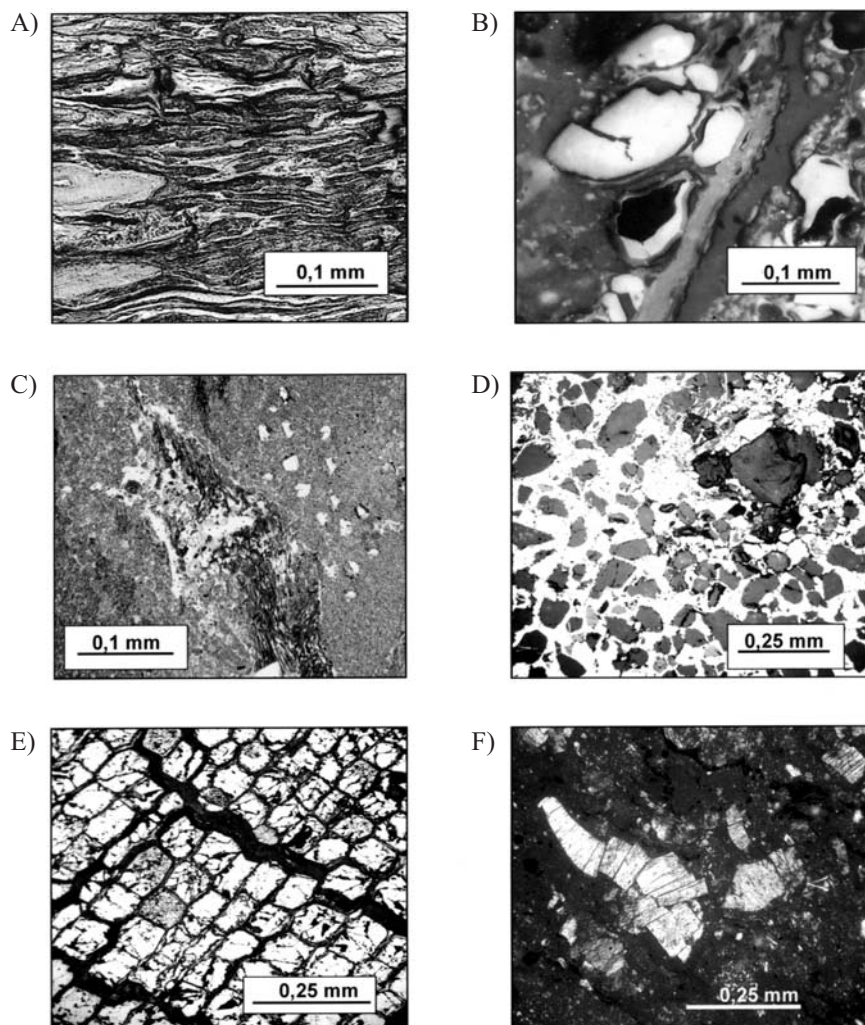


Fig. 5. Mikrofotografie wybranych osadów z miocenu Kępy Swarzewskiej: A) tekstynit i ulminit w atrynicie w węglu z Klifu Cetniewskiego (patrz próbka VII na Fig. 3), światło odbite, imersja olejowa; B) Flobafinit i ulminit wśród atrynitu w węglu z Klifu Chłapowskiego (próbka nr 36), światło odbite, imersja olejowa; C) tekstynit z markodurii w densynicie w węglu z Klifu Chłapowskiego (próbka 40), światło odbite, imersja olejowa; D) piaszczysto-siarczkowy zlepek (próbka X), światło odbite, 1 N; E) spirytyzowany ksylit (próbka IX), światło odbite, 1 N; F) orientacyjne agregaty kaolinitu w paratonsteinie, światło przechodzące spolaryzowane

Fig. 5. Microphotographs for selected Miocene deposits from the Kępa Swarzewska: A) textinite and ulminite in atrinite in lignite from Cetniewo Cliff (see sample VII at Fig. 3), reflected light, oil immersion; B) phlobaphenite, ulminite and atrinite in lignite from the Chłapowo Cliff (sample 36, Fig. 3), reflected light, oil immersion; C) textinite from Marcoduria in densinite, lignite from the Chłapowo Cliff (sample 40, Fig. 4), reflected light, oil immersion; D) sandy and pyritic conglomerate (sample X), reflected light, 1 N (nicol); E) pyritized xylite (sample IX, Fig. 3), reflected light, 1 N (nicol); F) fan-shaped aggregate of kaolinite from tonsteine (see Fig. 3), transmitted polarised light

Górny pokład, zmienny facjalnie, w części wschodniej silnie piaszczysty, przechodzi w kierunku zachodnim w sposób ciągły w węgiel detroksylitowy. Pokład dolny natomiast składa się z węgla detrytowego, rozwarstwialnego i zapiaszczonego, który cechami litologicznymi i petrograficznymi nie odbiega od węgla młodszej wiązki z pobliza Jaru Cetniewskiego.

Pokład starszy tej wiązki ma barwę brunatną, miejscami ciemnobrunatną. Jest wyraźnie warstwowany (1–5 cm) z mniej lub bardziej wyraźną laminacją grubszym detrytusem węglowym (ksylitowym i markoduriowym), także piaskiem kwarcowym z bardzo licznym drobnym muskowitem, który gromadzi się głównie na powierzchniach uławicenia. Partie pokładu mniej zapiaszczone są zwarte, o przełomie nierównym, zadziorowatym lub zbliżonym do muszlowatego, natomiast fragmenty zapiaszczone są rozluźnione i rozsypliwe. Cechą tego węgla jest obecność dość licznych uwęgliń gałązek i pojedynczych szpilek cypryników błotnych, ziarn rezynu, obecność grubego detrytusu humusowego (do 1 cm) oraz bardzo drobnych srebrzystych mik.

Budowa petrograficzna tego węgla jest bardzo podobna do pokładu młodszej wiązki (Tab. 1). Głównym jego składnikiem petrograficznym jest także atrynit (22.5–57.6%), miejscami densynit (23.2% – próbka nr 46 w Tab. 1). Udział innych macersłów w składzie tego węgla jest jakościowo i ilościowo podobny (Tab. 1).

CHARAKTERYSTYCZNE UTWORY TOWARZYSZĄCE POKŁADOM WĘGLA

Do charakterystycznych utworów towarzyszących pokładom węgla zaliczono paratonstein, siarczkowe konkrecje i spirytyzowane fragmenty ksylitów.

Paratonstein stwierdzony w przyspągowej części młodszej (I – środkowopolskiej) wiązki pokładów jest skałą beżową, masywną. Głównym jego składnikiem mineralnym jest kaolinit, wykształcony jako mikroziarnista masa podstawowa, wymieszana z drobnym pyłem kwarcowym i z nielicznymi ziarnami skaolinizowanych skałeni (robakowe agregaty orientacyjne), mik oraz większymi ziarnami kwarcu (Fig. 5F). Na dyfraktogramach rentgenowskich w zakresie odległości d od 4.43 do 4.12 Å widoczne jest jedno szerokie pasmo, co wskazuje na słaby stopień uporządkowania struktury kaolinitu. Podobnie jak masywna tekstura, świadczy to o sedymentacji pyłu wulkanicznego w zbiorniku wodnym. Porównując te cechy z paratonsteinami Ts 1 i Ts 2 z rowu Kleszczowa oraz z innych miejsc na Niżu, Podhalu i w zapadlisku przedkarpackim (Wagner 2000), można ostrożnie korelować je w jednowiekowy horyzont, którego wiek izotopowy wyznaczono w przedziale od 16.5 ± 1.3 MA, czyli na środkowy miocen (*loc. cit.*). Odpowiada to I środkowopolskiej wiązce pokładów węgla brunatnego.

Innym ciekawym elementem spotykanym w piaskach podścielających młodszy pokład węgla są piritowo-markasytowe zlepy piaszczyste oraz podobne w składzie mineralnym spetryfikowane ksylity. Zlepy mają barwę żółtawo-zielonkawą, są matowe, a ich kształt jest dyskowato-nerkowaty o bardzo nierównych powierzchniach i dłuższej osi od 1 do 5 cm, przy grubości do 1 cm. Są to ziarna drobnodziarnistego piasku kwarcowego, zlepione masą piritowo-markasytową o charakterze podstawowym, miejscami tylko kontaktowym (Fig. 5D).

Markasyt ilościowo przeważa, tworząc wyraźne obwódki krystaliczne o charakterze palisadowym wokół ziarn kwarcu. Jest przeważnie zbliżniaczony. Kryształy tego minerału są różnej wielkości, lecz o średnicy nie większej niż 0.1 mm.

Spirytyzowane okruchy ksyliotów (próbka IX na Fig. 3) mają kształt wydłużony o długości do 7 cm, średnio około 5 cm. Są barwy żółtej o połysku półmetalicznym i wyraźnej teksturze drzewiastej. W obrazie mikroskopowym ujawniają dobrze zachowaną tkankę drzewną, wypełnioną krystaliczną mozaiką markasytu i pirytu (Fig. 5E). W ściankach komórek zachowana została materia humusowa. W zachowanych tkankach drzewnych brak jest wyraźnych przyrostów rocznych (słojów), co wskazuje na rośliny klimatu bez wyraźnych pór roku, a to z kolei świadczy o subtropikalnym klimacie dolnej części miocenu środkowego.

STOPIEŃ UWĘGLENIA I JAKOŚĆ WĘGLA

Węgiel odsłonięty w klifach nadmorskich północnej części Kępy Swarzewskiej w stanie naturalnym zawiera zmienną ilość wody (36.2–52.2% wt – Tab. 2), uzależnioną głównie od zawartości substancji mineralnej. Jest to węgiel wysoko zanieczyszczony materiałem mineralnym o popielności od 10.2 do 54.8% wt, co wynika także z oznaczeń petrograficznych.

Tabela (Table) 2

Zestawienie wartości parametrów chemiczno-technologicznych wybranych próbek węgla brunatnego. Objasnienia symboli: W_t^r – wilgoć całkowita, A^r – popielność w stanie roboczym, A^d – popielność w stanie suchym, C^{daf} – zawartość pierwiastka C w stanie suchym i bezpopiołowym, Q_s^{daf} – ciepło spalania, Q_i^r – wartość opałowa, S_t^d – zawartość siarki całkowitej w stanie suchym

Chemical and technological parameters of selected samples of lignite. Explanations of symbols: W_t^r – total moisture, A^r – ash content in total moisture, A^d – ash content, recalculated to dry basis, C^{daf} – elemental carbon content, recalculated to dry, ash-free basis, Q_s^{daf} – gross calorific value, Q_i^r – net calorific value, recalculated to total moisture basis, S_t^d – total sulphur content, recalculated to dry basis

Próbka Sample	W_t^r [% wt.]	A^d [% wt.]	A^r [% wt.]	C^{daf} [% wt.]	Q_s^{daf} [kcal/kg]	Q_i^r [kcal/kg]	S_t^d [% wt.]
VI	45.8	32.1	27.3	67.9	5866	1023	1.49
VII	42.1	40.7	34.9	67.3	6085	1181	1.43
VIII	45.0	11.3	9.6	69.9	5828	939	1.71
33	52.2	10.2	8.3	66.5	5920	1670	0.67
35	38.2	46.2	40.8	68.9	6184	1696	1.51
36	41.4	29.0	25.0	69.5	6323	1374	1.96
37	48.0	9.4	24.8	69.0	6009	1710	3.74
40	36.2	53.4	46.7	66.7	6037	1850	1.10
44	36.2	54.8	47.9	67.6	5522	1525	0.96
46	41.4	42.0	36.2	68.2	5827	1117	1.43

Ciepłota spalania (Q_s^{daf}) tego węgla waha się od 23.1 do 25.5 MJ/kg (5522–6085 kcal/kg), natomiast wartość opałowa (Q_i^r) od 3.9 do 7.7 MJ/kg (939–1850 kcal/kg).

Zawartość siarki całkowitej (S_i^d) zmienia się od 0.67 do 3.74% wt., średnio dla dziesięciu próbek wynosi ona około 1.6% wt i jest wyraźnie związana z zawartością siarczków żelaza (Tab. 2 – np. próbki 36 i 37).

Jest to węgiel słabej jakości technologicznej, głównie ze względu na silne zapiaszczenie, niską wartość opałową i zasiarczenie.

Zawartość pierwiastka C w tym węglu waha się w przedziale od 66.5 do 69.5% wt. Obliczenie zawartości węgla pierwiastkowego w huminie dało wartości od 59.3 do 67.2% wt. Obliczenie to wykonano stosując regułę średniej ważonej na podstawie składu petrograficznego oraz oceny zawartości pierwiastka C w pozostałych grupach macerałów na podstawie prac eksperymentalnych (m.in. Kwiecińska & Wagner 2001, Ward *et al.* 2003). Wartości te dość dobrze korelują z pomiarami średniej refleksyjności ulminitu B, która zmienia się od 0.27 do 0.29%.

Według zasad Międzynarodowej Klasyfikacji Węgla (Low-rank coal... 2002) węgiel odsłonięty w klifach nadmorskich jest węglem humusowym (z wyjątkiem dwóch próbek: nr 40 i 44, które są humusowymi piaskami węglistymi) typu low-rank C (*ortho-lignite*) o niskim stopniu czystości (średnio w klasie *very low grade coal*). Według klasyfikacji krajowych jest to miękki węgiel brunatny, silnie zapiaszczony, przeważnie pozanormalny.

UWAGI O WARUNKACH SEDYMENTACJI OSADÓW

Węglonośne osady neogenu Kępy Swarzewskiej są wybitnie piaszczyste. W odsłonięciach klifowych, podobnie jak w wierceniach, zawartość osadów bardziej drobnoziarnistych nie przekracza 15% obj. Natomiast ilość rozproszonego materiału węglowego w tych utworach jest znacząca, choć zmienna. Głównie jest to detrytus węglowy w piaskach kwarcowych, który tworzy większe koncentracje w piaskach węglistych. Inną formą materii węglowej jej postać skupiona w różnej wielkości soczewach węglowych o maksymalnej grubości do 3.2 m i rozległości lateralnej przypuszczalnie do 200–300 m.

Analiza danych z odwiertów wskazuje, że soczewy węglowe grupują się jedynie w północno-wschodniej części Kępy Swarzewskiej, w rejonie współczesnych nadmorskich klifów. Zwraca uwagę mała zawartość ksyliatów w wyróżnionych pokładach węgla, jeśli nie brać pod uwagę zatorów ksyliatowych. Ogólnie jest to więc węgiel detrytowy, słabo i średnio zżelifikowany z atrynitem lub densynitem jako zasadniczymi mikroskładnikami. Węgiel ten zawiera także stosunkowo mało, choć w zmiennej ilości, składników zwęglonych (sfuzynizowanych), natomiast wśród macerałów grupy liptynitu zawiera elementy wskazujące na stałe podtopienie dawnych torfowisk (alginity, bituminit oraz fluorynit), które można uważać za wskaźniki facji bagiennych silnie podtopionych. Także podwyższona ilość sporynitu, niekiedy kutynitu oraz fragmenty tekstynitu i ulminitu o strukturze tkankowej, przypominających dzisiejsze kłącza oczeretu (markodurie), zdają się potwierdzać te wnioski.

We współczesnej sedymentologii węglotwórczych środowisk bagiennych często korzysta się z diagramów facjalnych opracowanych dla współczesnych subtropikalnych tor-

fowisk (np. Diessel 1968), do których, według zasady aktualizmu geologicznego, przyrównuje się węgiel ubiegłych geologicznych epok. W odniesieniu do węgla z czasów określanych do niedawna jako trzeciorzęd sposób ten może mieć dość pewne uzasadnienie, ponieważ roślinność tej epoki oraz zróżnicowanie klimatyczne były zbliżone do dzisiejszych.

Poprzez obliczenia takich wskaźników, jak GI (ang. *Gelification Index*) i TPI (ang. *Tissue Preservation Index*) na podstawie składu petrograficznego węgla brunatnego (Wagner 1996), można ocenić warunki wodne w paleotorfowisku, ponieważ wysoka wartość GI i niska TPI są wskaźnikiem biochemicznej żelifikacji odbywającej się w środowisku silnie zawodnionym (asocjacja jeziorna – *limnic*, oraz ziemno-wodna – *limnotelmatic*). Analogicznie przeciwstawne wartości wskazują na środowisko sedymentacji typu lądowego (*telmatic*). Podobnie interpretuje się dwa inne wskaźniki, tj. GWI (ang. *Ground Water Index*) i VI (ang. *Vegetation Index*). Pierwszy z nich służy do oceny wysokości poziomu wody gruntowej i ma silny związek ze wskaźnikiem GI, natomiast drugi wskazuje na typ roślinności bagiennej, tutaj wyróżnionej przez roślinność niższą (np. glony) i wyższą, tkankową.

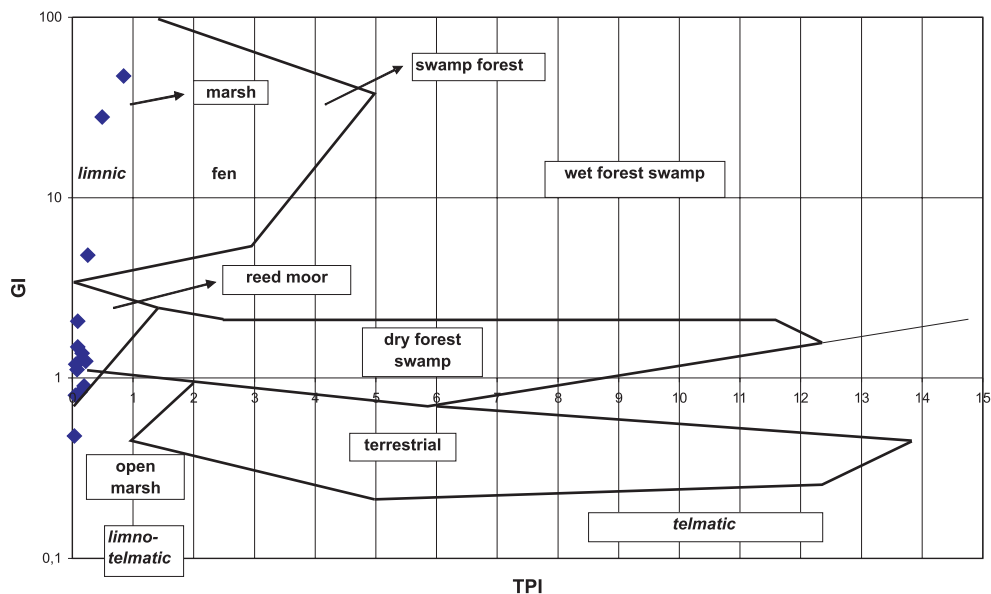


Fig. 6. Diagram sedymentologiczny GI – TPI węgla brunatnego z Kępy Swarzewskiej.
Objaśnienia symboli i nazw facji w tekście

Fig. 6. Facial diagram GI – TPI for the lignite from the Kępa Swarzewska. Explanations of symbols and names of facies were served in the text

Punkty projekcyjne badanego węgla na diagramie GI – TPI (Fig. 6) ułożyły się w polach interpretowanych jako facje:

- *marsh*, głównie jednak *open marsh* (silnie podtopiony niski torf zielny, bezdrzewny), tj. mszarny, mszysto-trawiasty lub trawiasty, ze swobodnym zwierciadłem wody);
- *reed moor* (torf oczeretowy).

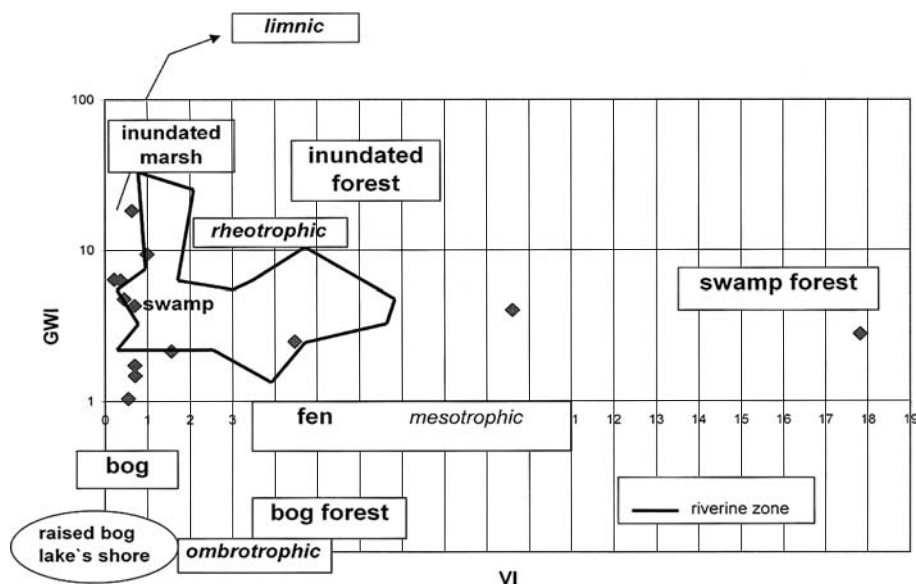


Fig. 7. Diagram sedimentologiczny GWI – VI węgla brunatnego z Kępy Swarzewskiej
Objaśnienia symboli i nazw facji w tekście

Fig. 7. Facial diagram GWI – VI for the lignite from the Kępa Swarzewska. Explanations of symbols and names of facies were served in the text

Na diagramie GWI – VI większość punktów projekcyjnych gromadzi się w polach typowych dla (Fig. 7):

- *inundated marsh* (torfowiska bezdrzewne, wyraźnie okresowo podtapiane);
- *swamp* i *swamp forest* (torfowisko zalewane, stale podtopione, częściowo zarośnięte (do 30% drzew i krzewów) lub tworzące strefowy las bagienny).

Diagram ten sugeruje także powstawanie torfu w warunkach środowiska związanego z przepływem wody, a więc bliskiego rzeczniemu (ang. *rheotrophic*). Ta ważna sugestia pozwala na wysoce prawdopodobne określenie środowiska sedimentacji badanego węgla jako fluwialnego, tj. związanego z działalnością rzeki.

Na bardziej precyzyjną diagnozę środowiska sedimentacji węgla z Kępy Swarzewskiej pozwalają cechy litologiczne i strukturalne osadów, wśród których występuje węgiel. W bezpośrednim sąsiedztwie węgla (w spągu, niekiedy także w części przystropowej) występują drobnoziarniste piaski, rzadko piaski o grubszym ziarnie, a nawet żwiry o warstwowaniu przekątnym rynnowym w dużej skali, przeważnie interpretowane jako osady korytowe rzek związane z migracją dużych riplemarków po dnie. Podobne struktury opisali w tych odsłonięciach Rudowski (1965) i Osijuk (1979). Spąg tych osadów ma cechy ostrego kontaktu, a kształt zachowanych koryt ma charakter „kanałowy”, tj. szerokość koryta jest zbliżona do jego głębokości. Natomiast węgiel wykazuje wyraźną laminację poziomą piaskiem i grubszym detrytusem węglowym. Nie zauważono struktur sedimentacyjnych charakterystycznych dla odsypów meandrowych, wałów brzegowych lub glifów krewasowych, stąd można sądzić, że brak tych elementów w obserwowanej serii.

Zwracają natomiast uwagę duże zatory drzewne w postaci chaotycznie usytuowanych nagromadzeń pnistych ksyliatów, mimo że charakter petrograficzny węgla jest wyraźnie detrytowy. Zwraca także uwagę soczewowy kształt pokładów węgla i ich lokalny zasięg, ograniczony jedynie do północnych peryferii Kępy Swarzewskiej w niedużej wzajemnej odległości. Te i inne cechy osadów można uważać za zbliżone do środowiska rzeki anastomozującej. Kanały rzeczne dokumentują nieregularną sieć rozdzielających się koryt nurtu rzecznoego, a węgiel to pozostałość lokalnych niskich torfowisk na okresowo zalewanych obszarach pozakorytowych (różne odmiany facji typu *marsh* i *swamp* z dominującą facją *reed moor* – torfowiska oczeretowego). Wystąpienie facji bagiennnej typu *swamp forest* wskazuje na częściowe zakrzewienia lub zadrzewienia zatorfionych „wysp”.

Cechy sedymentacyjne węglonośnych osadów neogenu Kępy Swarzewskiej są bardzo podobne do współczesnych osadów bagiennych górnej Narwi w NE części Polski, uznanych za system anastomozujący (Gradziński *et al.* 2000).

Praca była finansowana przez AGH z funduszu prac statutowych (umowa nr 11.11.140.792).

LITERATURA

- Low-rank coal utilization*. International Codification System. ECE/energy/50, United Nations. New York, Geneva, 2002.
- Diessel C., 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. W: Advances in the study of the Sydney Basin. *Proceedings of the 20th Newcastle Symposium*, 19–24.
- Domagała M., Matl K., Łuczowska-Schiller, Śmigielska T. & Wagner M., 1981. Budowa geologiczna trzeciorzędu w rejonie Kępy Swarzewskiej. *Archiwum Zakładu Geologii Złóżowej i Górniczej AGH*, 1–118.
- Grabowska I., 1976. Palinologiczna charakterystyka osadów miocenkich w klifie nadbałtyckim w okolicach Chłapowa. *Kwartalnik Geologiczny*, 20 (2), 406–407.
- Gradziński R., Baryła J., Danowski W., Doktor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T. & Żurek S., 2000. Anastomosing system of the upper Narew river, NE Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 70, 219–229.
- Kołcon I. & Wagner M., 1991. Węgiel brunatny z osadów neogenu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej – studium petrologiczne. *Kwartalnik Geologiczny*, 35 (3), 305–322.
- Kramarska R., 2002. Trzeciorząd w strefie brzegowej między Jastrzębią Górą a Władysławowem. *Przewodnik LXXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego: Geologia regionu Gdańskiego*, Wyd. PIG, Gdańsk, 69–74.
- Kwiecińska B. & Wagner M., 1997. *Typizacja cech jakościowych węgla brunatnego z krajowych złóż według kryteriów petrograficznych i chemiczno-technologicznych dla celów dokumentacji geologicznej złóż oraz obsługi kopalń*. Wyd. Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 1–87.

- Lesiak M.A., 1994. Plant macrofossils from the Middle Miocene of Lipnica Mała (Orawa – Nowy Targ Basin, Poland). *Acta Paleobotanica*, 34, 27–81.
- Marzec M. & Woźny E., 1972. Litologia i stratygrafia utworów trzeciorzędu okolic Jastrzębiej Góry koło Pucka. *Przegląd Geologiczny*, 12, 562–569.
- Osijuk D., 1979. Cechy sedymentacji mioceńskich osadów węglonośnych na podstawie wybranych przykładów z zachodniej i środkowej Polski. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 320, VIII.
- Pazdro Z., 1960. Budowa geologiczna regionu gdańskiego. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 4.
- Piwocki M., Olkowicz-Paprocka I., Kosmowska-Ceranowicz B., Grabowska I. & Odrzywołka-Bieńkowska E., 1985. Stratygrafia trzeciorzędowych osadów bursztynonośnych okolic Chłapowa koło Pucka. *Prace Muzeum Ziemi*, 37, 61–76.
- Piwocki M. & Ziemińska-Tworzydło M., 1997. Neogene of the Polish Lowlands – lithostratigraphy and pollen-spore zone. *Geology Quartenaly*, 41 (1).
- Rudowski S., 1965. Geologia kłifu Kępy Swarzewskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 35 (2), 301–315.
- Wagner M., 1981. Tufit z pokładu węgla brunatnego odkrywki Pątnów koło Konina. *Kwartalnik Geologiczny*, 25 (1), 32–42.
- Wagner M., 1996. Brunatny węgiel bitumiczny ze złóż Turów i Bełchatów w świetle badań petrograficzno-chemicznych i sedymentologicznych. *Prace Geologiczne PAN O/Kraków*, 143, 1–106.
- Wagner M., 2000. Petrografia i praktyczne znaczenie paratonsteinów ze złoża węgla brunatnego Bełchatów. W: Słomka T. & Wagner M. (eds), Charakter petrograficzny i warunki sedymentacji wybranych kompleksów litologicznych z profilu miocenu w złożu węgla brunatnego Bełchatów, *Prace Geologiczne PAN O/Kraków*, 147, 101–122.
- Ward C.R., Zhongsheng L. & Gurba L.W., 2003. Variations in coal chemistry and mineral matter. Characteristics with rank advance in the German Creek Coal measures of the Bowen Basin, Australia, using electron microprobe and other techniques. *Abstracts for the 30 Annual of the Society for Organic Petrology*, 20, 112–114.

Summary

The Kępa Swarzewska is a glacial form situated in the northern Poland, near the Gdansk Bay (Fig. 1). In the lithostratigraphical profile of it the claystone and sandstone Cretaceous (Cenomanian, Turonian), upper Eocene and lower Oligocene sediments were distinguished. The Miocene sediments are coal bearing and there are differences in the structure and texture between them and the younger forms of Pleistocene.

In the northern part of Kępa Swarzewska, in the seaside cliffs the Miocene sediments appear in the 3 km between Chłapowo and Rozewie (Fig. 2).

Among the Miocene sediments two series of strata were distinguished, separated with angular discordance. The younger complex consists of sand and coaly sand with the lignite coal-bed of the first (I) group that belong to Middle Miocene. The older one, similar lithologically to the younger complex, contain two lignite coal-beds of the second (II) group, which is called “łużycka” (Lower-Middle Miocene).

The lignite coal-bed creates immense lens with the thickness from 0.6 to 1.2 m, that could be seen in the Cetniewski cliff (Fig. 3). The coal-bed contains the tonsteine, correlated into one datum horizon in the Polish Lowland and in the Carpathians Foredeep with absolute age 16.5 ± 1.3 MA.

The older complex contains immense lignite lens with the thickness up to 3.5 m, often shaped as the sets of thinner strata (Fig. 4). The lignite located in Rudnik ravine were being exploited before. The coal of all levels is similar. It is detritic and bedding lignite, middle degree of gelifications. Atrinit is its main microcomponent (Tab. 1). The contents of macerals of lipnite and intertinite groups is low. Among lipnite it is worth to pay attention for microcomponents point on subaqueous peat sedimentation, for example: alginite, fluorinite, sporinite. The coal contains sand and loam in unconstant degree (Tab. 1).

The random reflectivity (R^o) of the coal is 0.27–0.29% pointing out low rank. It is completely confirmed by the results of chemical analysis: organic carbon content, gross calorific value and total moisture (Tab. 2). The high level of ash yield is a result of mineral contamination of the coal.

Using the sedimentological diagrams, allowed to identify lithological and petrographical characteristics, and the most probable conditions of Miocene sediments sedimentation as well. Gelification Index – Tissue Preservation Index evidences the pet sedimentation in the marsh and reed moor (Fig. 5).

Groundwater index – Vegetation Index suggested the sedimentation in inundated marsh and in the poorly woody swamp (Fig. 6). The structural characteristic of sand, especially its cross-stratification and the other detail characteristics of sediments pointed out the sedimentation network of anastomosing fluvial in the narrow valley located in the northern peripheries of contemporary Kępa Swarzeńska.