

EWA ZASTAWNIAK

*Instytut Botaniki im. Władysława
Szafera Polskiej Akademii Nauk
Lubicz 46, 31-512 Kraków
e-mail: e.zastaw@ib-pan.krakow.pl*

SZATA ROŚLINNA PÓŻNEJ KREDY I TRZECIORZĘDU ANTARKTYKI ZACHODNIEJ

WSTĘP

Pierwszych informacji o tym, że dziś całkowicie bezleśne i niegościnne dla roślin wyższych rejony Antarktyki pokrywała w dawnych epokach geologicznych bujna i różnorodna roślinność naczyniowa dostarczyła w latach 1901–1903 Szwedzka Wyprawa Antarktyczna Otto Nordenskjölda. Podczas tej wyprawy zebrano liczne szczątki roślin w postaci odcisków liści z mezozoicznych i trzeciorzędowych skał Półwyspu Antarktycznego i sąsiadujących wysp Seymour i Snow Hill (DUSÉN 1908, HALLE 1913). Szczątki te były dowodem, że przed milionami lat na tych terenach panowały warunki siedliskowe sprzyjające rozwojowi różnorodnych zbiorowisk roślin naczyniowych. Dla okresu górnej kredy i trzeciorzędu potwierdziły ten fakt późniejsze znaleziska odcisków liści i pędów, ziaren pyłku i spor, szczątków owoców i nasion oraz kopalnych drewnien dokonane na obszarze całej Antarktyki, ze szczególnym uwzględnieniem Antarktyki Zachodniej (CRANWELL 1959, ORLANDO 1964, ZASTAWNIAK 1981, STUCHLIK 1981, ZASTAWNIAK i współaut. 1985, BIRKENMAJER i ZASTAWNIAK 1986, 1989a, b, FRANCIS 1986, ASKIN 1988, 1992, CASE 1988, DETTMANN i THOMSON 1987, TOKARSKI i współaut. 1987, REES i SMELLIE 1989, TORRES i LEMOIGNE 1988,

1989; LI i SHEN 1990, CHAPMAN i SMELLIE 1992, ZASTAWNIAK 1994, CAO 1994, ZHOU i LI 1994a, b, c, ZHANG i WANG 1994, DOKTOR i współaut. 1996). Szczególnie interesujących i ważnych materiałów dostarczyły wyprawy antarktyczne Polskiej Akademii Nauk na Wyspę Króla Jerzego z lat 1977/78, 1978/79 i 1980/81 oraz wyprawy argentyńsko-polskie w latach 1988/89, 1991/92 i 1993/94 na Wyspę Seymour (Ryc. 1). Głównie dzięki tym materiałom możliwe było odtworzenie rozwoju szaty roślinnej na tym obszarze od późnej kredy aż po początek zlodowacenia kontynentalnego Melvillea, które nastąpiło we wczesnym miocenie około 22–20 milionów lat temu (BIRKENMAJER i współaut. 1985).

Dzięki szczegółowym badaniom geologicznym prowadzonym przez polskich geologów, zwłaszcza przez K. BIRKENMAJERA (1980a, b, 1981, 1982, 1985, 1996a, b) uzupełnionym o datowania radiometryczne skał wulkanicznych przylegających do warstw floronośnych, możliwe było skonstruowanie tabeli stratygraficzno-paleoklimatycznej, ilustrującej najważniejsze etapy w dziejach tego rejonu Antarktyki (Tabela 1). Każdy etap znalazł swoje odzwierciedlenie w składzie tych szczątków roślin kopalnych które udało się znaleźć w skałach, zebrać i oznaczyć.

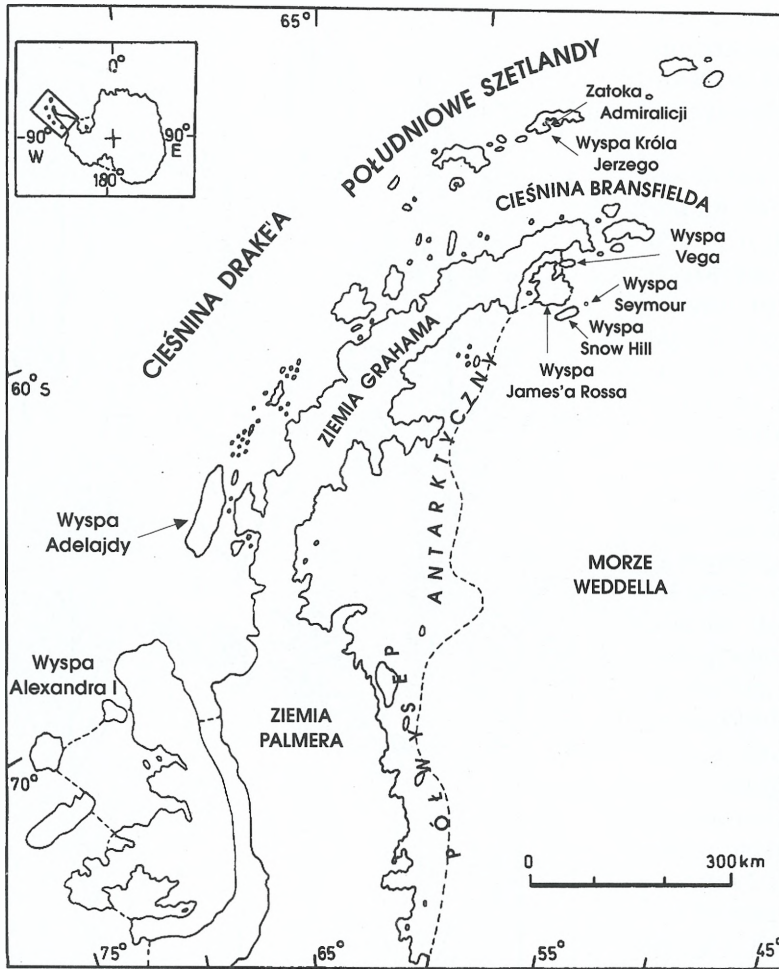
SUKCESJA SZATY ROŚLINNEJ

Poczynając od późnej kredy można wyróżnić w sukcesji szaty roślinnej na obszarze Antarktyki Zachodniej następujące fazy florystyczne:

I Faza z paprotnikami (Pteridophyta), sagowcami (Cycadales), roślinami nagozalążkowymi z rodzin Araucariaceae, Podocarpaceae i Cupressaceae, z roślinami okrytozalążkowymi

z grupy magnoliowatych, laurolistnych, mirtowatych i Proteaceae oraz z bukiem południowym (*Nothofagus*). Jej wiek przypada na późną kredę-wczesny paleogen;

II Faza z paprotnikami (Pteridophyta), roślinami nagozalążkowymi z rodzin Araucariaceae, Podocarpaceae i Cupressaceae i rodzaju *Phyl-*



Ryc. 1. Geograficzna pozycja stanowisk z florami makroskopowymi wymienianymi w tekście (według BIRKENMAJERA i ZASTAWIAK 1986, nieco zmienione).

locladus, oraz bukiem południowym (*Nothofagus*) i Proteaceae z roślin okrytozalążkowych. Wiek tej fazy jest określony na środkowy-eocen-wczesny-oligocen;

III Faza z paprotnikami (Pteridophyta) oraz roślinami nagozalążkowymi z Podocarpaceae i *Phyllocladus* i z dominacją buka południowego (*Nothofagus*) z roślin okrytozalążkowych. Wiek tej fazy to późny-oligocen-wczesny-miocen.

I Fazę florystyczną, której początek przypada na ok. 65 Ma dokumentują makroskopowe flory kopalne Moreny Błaszyka (ZASTAWIAK 1994), Wyspy Dufayel (BIRKENMAJER i ZASTAWIAK 1986), Półwyspu Fildes (ORLANDO 1964, CZAJKOWSKI i RÖSLER 1986, TRONCOSO 1986, LI 1994, ZHOU i LI 1994a, b) na Wyspie Króla Jerzego, Wyspy Seymour (formacja Cross Valley, DUSÉN 1908, CASE 1988) i Wyspy Livingstona (REES i SMELLIE 1989). Znane są także dane palinologiczne z osadów tego wieku na wyspach Jamesa Rossa i Vega (ASKIN 1983) i na Wyspie Seymour (ASKIN 1988, 1989). Najstarszą z flor

makroskopowych jest późno-kredowa (kampan-mastrycht) flora formacji Zamek z Moreny Błaszyka (BIRKENMAJER i współaut. 1983, ZASTAWIAK 1994).

Fazę I charakteryzuje zróżnicowanie taksonomiczne i bogactwo roślin okrytozalążkowych, które grały dużą rolę w ówczesnych zbiorowiskach roślinnych. W tym okresie Angiospermae zdominowały zbiorowiska szpilkowych, wilgotnych lasów z araukariami i drzewami Podocarpaceae, sagowcami oraz bogactwem paprotników (Ryc. 2a, b), typowymi dla roślinności wczesnej kredy na obszarze Antarktyki Zachodniej (DETTMANN 1989, 1992). W górnej kredzie istniała także inna roślinność leśna z dużym udziałem roślin nagozalążkowych (Ryc. 2h) i licznymi roślinami okrytozalążkowymi, zwłaszcza drzewami i/lub krzewami roślin magnoliowo-laurowych (Ryc. 2c-f). W tych wilgotnych lasach różnym taksonom drzew i/lub krzewów laurolistnych towarzyszyły między innymi rośliny z rodziny mirtowatych (Ryc. 2n, o). Lasy te

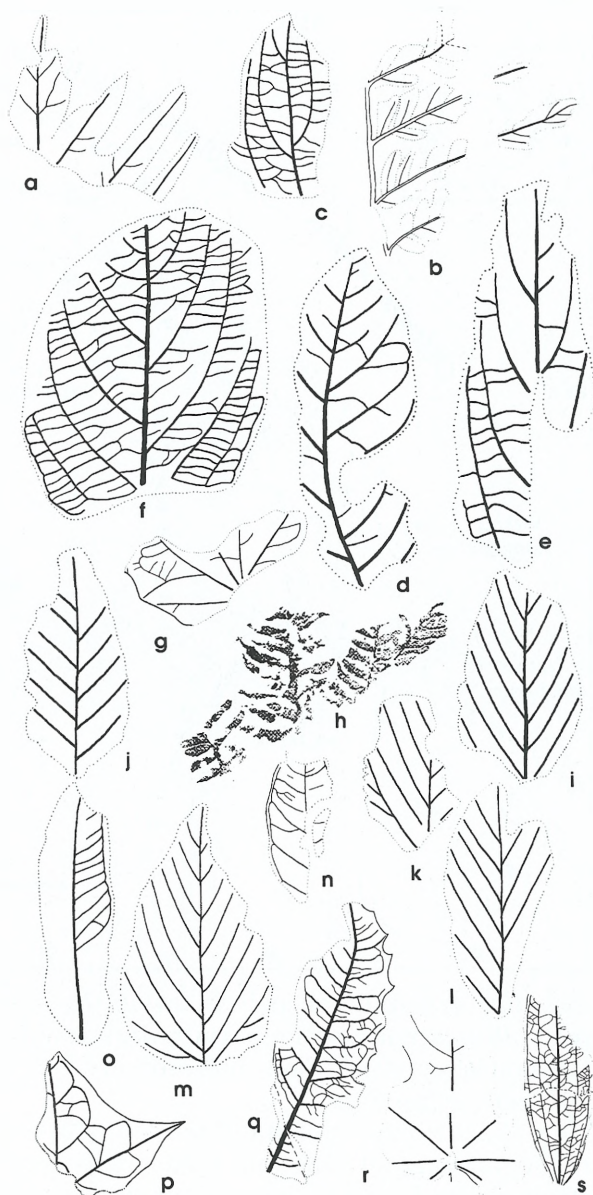
Tabela 1. Pozycja stratygraficzna trzeciorzędowych glacialnych i interglacialnych osadów na Wyspach Króla Jerzego i Seymour (według BIRKENMAJERA 1996 b, nieco zmienione) z zaznaczonymi fazami florystycznymi GR – grupa, PT – point (punkt), FM – formacja, B – Bay (zatoka), C – Cove (zatoczka); poziomy florystyczne: MW – Mount Wawel, WG – Wanda Glacier, DG – Dragon Glacier, PFM – Petrified Forest Member

rosły u podstawy i na zboczach wysokich wulkanów, a w wyższych położeniach przechodziły w luźne drzewostany buka południowego (*Nothofagus*, Ryc. 2i–m) z udziałem szpilkowych i paprotników w poszyciu.

Obecność szczątków liści dużych, całobrzegich (laurolistnych, magnoliowatych) lub klapowanych (Ryc. 2g, r), o różnych typach nerwacji (Ryc. 2q, s), właściwych roślinom o wyższych wymaganiach klimatycznych (klimatu umiarkowanego ciepłego lub nawet subtropikalnego) oraz liści ząbkowanych buka południowego zaliczanego do elementu umiarkowanie chłodnego (subantarktycznego) charakteryzuje także florę kopalną z Wyspy Dyfayel w Zatoce Admiralicji, datowaną na późny paleocen (BIRKENMAJER i ZASTAWIAK 1986, Birkenmayer, inf. ustna). Porównując zbiorowisko roślinne zachowane w materiałach kopalnych z Wyspy Dufayel ze współczesnymi typami zbiorowisk można przyjąć, że najbardziej zbliżone są lasy południowej części Ameryki Południowej, zwłaszcza lasy waldiwijskie i lasy złożone z *Nothofagus* w Andach Chilijsko-Argentyńskich. Lasy waldiwijskie są to dziś wiecznie zielone, wilgotne lasy, złożone z elementu neotropikalnego i antarktycznego, uważane są za relikty roślinności trzeciorzędowej (HUECK 1966). Rosnąc w klimacie umiarkowanym o dużej wilgotności powietrza, tworzą bujne zbiorowiska leśne drzew i krzewów należących do rodzin Aextoxidaceae, Cunoniaceae, Fagaceae, Lauraceae, Monimiaceae, Myrtaceae, Proteaceae, Winteraceae oraz drzew szpilkowych *Araucaria*, Cupressaceae i Podocarpaceae. Towarzyszą im liany z rodzin Gesneriaceae i Saxifragaceae oraz drzewiaste bambusy *Chusquea* z rodziny Gramineae. Lasy te rosną na obszarze, gdzie średnia temperatura roczna wynosi $+10$ – 12°C , a opady 2000–4000 mm (HUECK i SEIBERT 1972).

Innym typem lasu, z którym można porównywać część zbiorowisk roślinnych I Fazy są lasy liściaste z *Nothofagus obliqua*, które sąsiadują od północy z lasami waldiwijskimi. Obok dwóch gatunków buka południowego (*Nothofagus obliqua* i *N. procera*), które zrzucają liście, rosną tam zawsze zielone drzewa i/lub krzewy *Laurelia* z Monimiaceae i *Persea* z Lauraceae. Na wilgotnych siedliskach nad brzegami rzek dominują w tych zbiorowiskach rośliny z rodzin Myrtaceae i Lauraceae, częściowo drobnolistne, częściowo z dużymi, skórzastymi liśćmi (HUECK 1966). Średnia roczna temperatura dla obszaru występowania tych lasów wynosi 12 – 13°C , a opady 1000–3000 mm (HUECK i SEIBERT 1972).

Bogactwo i zróżnicowanie roślin okrytoziążkowych w I Fazie, stwierdzone na podstawie kopalnych taksonów liści potwierdzają także

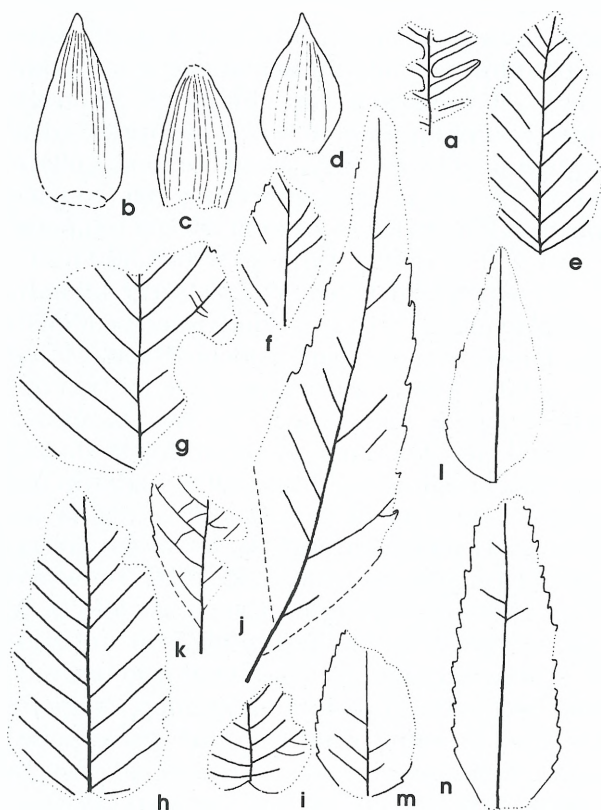


Ryc.2. Morfotypy liści kopalnych charakterystyczne dla I Fazy florystycznej z przewagą liści dużych, całobrzegich, o pętlikowatej nerwacji, właściwych roślinom o wyższych wymaganiach klimatycznych;

fragmenty liści paproci: a – ?*Pecopteris* sp., $\times 0,3$, b – *Filicales* $\times 0,4$; fragmenty liści roślin laurolistnych i magnoliowatych: c – $\times 0,3$, d – $\times 0,6$, e – $\times 0,6$, f – *Magnoliadaephyllum birkenmajeri*, $\times 0,5$; fragmenty liści klapowanych: g – $\times 0,3$, r – aff. *Cochlospermum* – $\times 0,3$, p – *Dicotylophyllum latitrilobatum* – $\times 0,3$; fragment pędu *Araucaria* (?): h – $\times 0,5$; fragmenty liści buka południowego (*Nothofagus*): i – $\times 0,6$, j – $\times 0,7$, k – $\times 0,7$, l – $\times 0,6$, m – $\times 0,5$; fragmenty liści roślin mirtowatych: n – $\times 0,3$, o – *Myrciophyllum santacruzense*, $\times 0,5$; q – *Monimiophyllum antarcticum*: q – $\times 0,5$; *Pentaneurum dusentii*: s – $\times 0,5$ (rysunki według BIRKENMAJER i ZASTAWIAK 1986, 1989, ZASTAWIAK 1993, 1994).

wyniki badań spektrów pyłkowych osadów kopalnych tego samego wieku (ASKIN 1983, 1988, DETTMANN 1989).

Podział I Fazy florystycznej na poszczególne etapy zależnie od wieku (późna kreda–paleo-



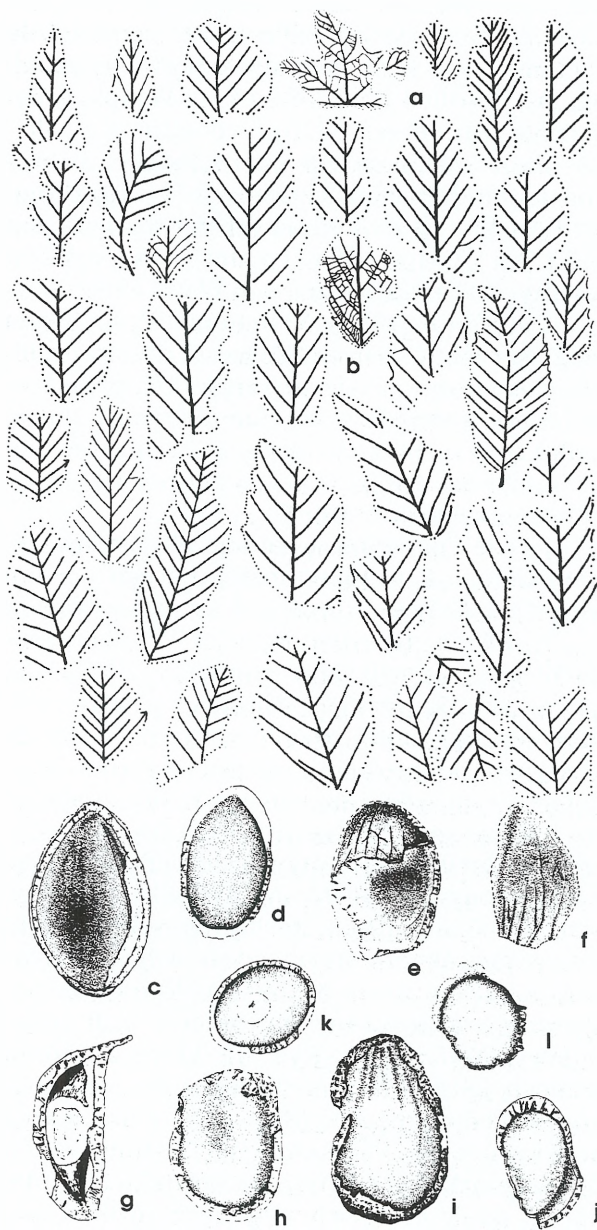
Ryc. 3. Morfotypy liści kopalnych charakterystyczne dla II Fazy florystycznej z liśćmi Angiospermae o brzegach wyłącznie ząbkowanych;

fragment liścia paproci: a – *Cladophlebis* sp. – $\times 0,5$; liście *Araucaria nathorstii*: b, c, d – $\times 0,5$; fragmenty liści buka południowego (*Nothofagus*): e – $\times 0,5$, f – $\times 0,5$, g – $\times 0,5$, h – $\times 0,5$, i – $\times 0,6$; liście *Knightiophyllum andreae* z rodziny Proteaceae: j – $\times 0,5$, k – $\times 0,5$, l – $\times 0,5$, m – $\times 0,6$, n – $\times 0,5$ (rysunki według DOKTORA i współaut. 1996).

cen-wczesny eocen) na obecnym etapie badań nie jest możliwy.

I Fazę kończy zlodowacenie Kraków, które eliminuje raz na zawsze z szaty roślinnej Antarktydy Zachodniej sagowce, a także rośliny laurolistne i magnoliowate (Ryc. 2c–f), czyli element ciepłolubny. We florach liściowych element ten reprezentują liście całobrzegie o pętlikowatej nerwacji (Ryc. 2).

II Fazę florystyczną (datowaną na 50–32 Ma) dokumentuje roślinność interglacjału Arctowskiego, pomiędzy eoceńskim zlodowaceniem Kraków i oligoceńskim zlodowaceniem Polonez. Roślinność tego interglacjału zachowała się w osadach Petrified Forest Creek i Cytadeli na Wyspie Króla Jerzego (STUCHLIK 1981, BIRKENMAJER i ZASTAWIAK 1989a, b, TORRES i współaut. 1994) oraz formacji La Meseta na Wyspie Seymour (TORRES i LEMOIGNE 1988, DOKTOR i współaut. 1996, ZAMALOA i współaut. 1987, SONG 1997). Charakterystyczne zbiorowiska roślinne tej fazy są to różnorodne gatunkowo lasy



Ryc. 4. Morfotypy liści kopalnych i rysunki kopalnych nasion Podocarpaceae, charakterystyczne dla III Fazy florystycznej, liście Angiospermae stosunkowo niewielkich rozmiarów, o brzegach wyłącznie ząbkowanych;

Cochlospermum sp.: a – $\times 0,2$; ?szakłakowate (Rhamnaceae): b – $\times 0,6$; nasiona Podocarpaceae: c, d – aff. *Stachycarpus* $\times 2$, e – $\times 2$, f – $\times 2$, l – $\times 2$; wszystkie pozostałe są rysunkami liści buka południowego (*Nothofagus*) $\times 0,7$ (rysunki wg ZASTAWIAK i współaut. 1985).

buka południowego (*Nothofagus*, Ryc. 3 e–i) zrzucającego liście, z udziałem Proteaceae (Ryc. 3 j–n), z dobrze rozwiniętym poszyciem, w którym paprocie (Ryc. 3a), w tym także drzewiaste i epifityczne, były elementem dominującym. Zbiorowisko to dobrze ilustruje flora makroskopowa z Wyspy Seymour, z taksonami roślin o

liściach wyłącznie ząbkowanych na brzegach (Ryc. 3). Zbiorowisko roślinne, którego szczątki zachowały się w postaci sporomorf w osadach ogniwa Petrified Forest Creek na Wyspie Króla Jerzego (STUCHLIK 1981) przypominają dzisiejsze zbiorowiska zarośli paprociowych na wyspach południowo-oceanicznych (wyspy Gougha i Auckland) ze średnią roczną temperaturą $+11.7-15^{\circ}\text{C}$ i średnią roczną sumą opadów między 1220–3225 mm (zob. WACE 1960, WALTER i współaut. 1975). W regionie Wyspy Króla Jerzego rosły w tym czasie także drzewa szpilkowe *Araucaria*, *Podocarpaceae* i *Cupressaceae*, o czym świadczą kopalne drewna i ziarna pyłku tych roślin znalezione na Wyspie Seymour (CRANWELL 1959, ZAMALOA i współaut. 1987, TORRES i współaut. 1994).

II Fazę florystyczną zakończyło zlodowacenie Polonez. Z osadów następującego po nim interglacjału Wesele brak jest szczątków roślin.

Na kolejny, trzeci interglacjał Wawel przypada III Faza florystyczna (pomiędzy 26–22 Ma) którą charakteryzuje roślinność jeszcze bardziej uboga i mniej zróżnicowana niż to miało miejsce w poprzedniej fazie florystycznej. Wiadomo o tym dzięki szczątkom roślin znalezionych w morenie Lodowca Smoka (Dragon Glacier — ZASTAWIAK 1981) oraz w warstwie floronośnej Góry Wawel (Mount Wawel — ZASTAWIAK i współaut. 1985). Roślinność interglacjału Wawel charakteryzuje obecność wilgotnych lasów umiarkowanych w których główną rolę odgrywały zróżnicowany gatunkowo buk południowy (*Nothofagus*, Ryc. 4), którego drzewa zrzuciły liście oraz zróżnicowane drzewa szpilkowe z *Podocarpaceae* (Ryc. 4c–l), z domieszką araukarii oraz *Phyllocladus*. Taksony roślin okrytozalążkowych w tym zbiorowisku były nieliczne, miały one liście drobnych rozmiarów i ząbkowane na brzegach (Ryc. 4a, b) — a więc takie, jakie charakteryzują rośliny drzewiaste rosnące w mało korzystnych warunkach termicznych, w klimacie umiarkowanie chłodnym.

Podobne zbiorowiska znajdujemy dzisiaj w lasach zawsze zielonych lub zrzucających liście na południowej półkuli. Rosną one w umiarkowanych i umiarkowanie chłodnych rejonach Ameryki Południowej i Nowej Zelandii, gdzie występują zbliżone lasy patagońsko-magellańskie. Obszary te charakteryzują następujące warunki klimatyczne: średnia roczna temperatura $+5-8^{\circ}\text{C}$, opady wynoszą 600–4.300 mm.

Po tym epizodzie nieco cieplejszego klimatu interglacialnego nastąpiło zlodowacenie Melvillea, datowane na wczesny miocen (BIRKENMAJER i współaut. 1985), które zniszczyło na tym obszarze bogatą florę leśną. Po tym okresie z rejonu Antarktyki Zachodniej brak jest śladów obecności roślinności drzewiastej. Szczątki *Nothofagus* pojawiają się jednak jeszcze raz na samym kontynencie Antarktydy, w Górach Transantarktycznych, (w pozycji $85^{\circ}10'\text{S}$), na wysokości 1800–1900 m npm (CARLQUIST 1987). W osadach grupy Sirius (późny pliocen) znaleziono drobne szczątki drewna kopalnego oraz odciski liści jednego gatunku kopalnego *Nothofagus*. Rósł on tam jednak jako niewysoka krzewinka, w skrajnych warunkach klimatycznych, o czym świadczy budowa anatomiczna drewna a także układ zachowanych gałązek i drobne liście. Na podstawie pokroju całej rośliny można wnioskować, że średnia roczna temperatura na tym obszarze wynosiła około -12°C , letni okres wzrostu był bardzo krótki i mógł mieć temperaturę około $+5^{\circ}\text{C}$ (FRANCIS i HILL 1996). Znalezione to nie stanowi zaprzeczenia faktu, że zlodowacenie Melvillea przed 22–20 milionami lat zniszczyło bezpowrotnie zbiorowiska leśne Antarktyki.

Bardzo dziękuję Panom Prof. dr inż. Krzysztofowi Birkenmajerowi za uwagi i uzupełnienia Tabeli 1, Prof. dr hab. Leonowi Stuchlikowi za przeczytanie rękopisu oraz mgr Marianowi Wójcickiemu za komputerowe opracowanie rycin.

PLANT VEGETATION IN THE LATE CRETACEOUS AND TERTIARY OF WEST ANTARCTICA

Summary

On the basis of the results of geological and paleobotanical research, published by Polish and foreign authors, characteristics of individual phases in the development of vegetation in Late Cretaceous and Tertiary of West Antarctica are given. Three floristic phases are distinguished. They correspond with preglacial and interglacial intervals in this region.

The oldest Phase I includes the Late Cretaceous and Paleocene. This phase was dominated by angiosperms from the magnoliophyllous, laurophyllous, myrtaceous and Proteaceae plant families, and the southern beech (*Nothofagus*). Pteridophytes (Pteridophyta), cycadeoids, and gymnos-

perms from the families Araucariaceae, Podocarpaceae and Cupressaceae were also common.

Phase I terminated with the Kraków glaciation which eliminated permanently the cycadeoids, as well as more thermophilous plants such as laurophyllous and magnoliophyllous from the vegetation of West Antarctica.

Floristic Phase II is documented by the vegetation of the Arctowski interglacial, between the Eocene Kraków glaciation and the Late Oligocene Polonez glaciation. Characteristic of the phase plant communities are multispecies forests with the prevailing deciduous southern beech (*Nothofagus*), Proteaceae and well developed undergrowth

where ferns, both tree and epiphytic, were the dominating element. In the region of the King George Island, coniferous trees (*Araucaria*, *Phyllocladus*, Podocarpaceae, and Cupressaceae) also grew.

Floristic Phase III falls within the third Wawel interglacial. Compared with the preceding phase II, its vegetation was still poorer and less diverse. Forests with the deciduous

Nothofagus, numerous Podocarpaceae, and with an admixture of *Araucaria* and *Phyllocladus* were characteristic of this phase.

This episode of a slightly warmer interglacial climate was followed by the Melville glaciation, an event that irretrievably destroyed forests in this part of Antarctica.

LITERATURA

- ASKIN R. A., 1983. *Campanian palynomorphs from James Ross and Vega Islands, Antarctic Peninsula*. Antarct. Jour. U. S. 18, 63–64.
- ASKIN R. A., 1988. *Campanian to Paleocene palynological succession of Seymour and adjacent islands, north-eastern Antarctic Peninsula*. [W:] *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), Geol. Soc. America. Memoir 169, 131–153.
- ASKIN R. A., 1989. *Endemism and heterochrony in the Late Cretaceous (Campanian) to Paleocene palynofloras of Seymour Island, Antarctica: implications for origins, dispersal and palaeoclimates of southern floras*. [W:] *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. CRAME J. A. (red.), Geol. Soc. Spec. Pub. 47, 107–119.
- ASKIN R. A., 1992. *Late Cretaceous–Early Tertiary Antarctic outcrop evidence for past vegetation and climates*. [W:] *The Antarctic paleoenvironment: a perspective on global change. Part 1*. KENNETT J. P., WARNKE D. A. (red.), Antarct. Res. Ser. 56, 61–73.
- BIRKENMAJER K., 1980a. *Tertiary volcanic–sedimentary succession at Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica)*. Studia Geol. Polon. 64, 7–65.
- BIRKENMAJER K., 1980b. *Report on geological investigations of King George Island, South Shetland Islands (West Antarctica) in 1978/79*. Studia Geol. Polon. 64, 89–105.
- BIRKENMAJER K., 1981. *Lithostratigraphy of the Point Hennequin Group (Miocene volcanics and sediments) at King George Island (South Shetland Islands, Antarctica)*. Studia Geol. Polon. 72, 59–73.
- BIRKENMAJER K., 1982. *Report on geological investigations of King George Island and Nelson Island (South Shetland Islands, West Antarctica) in 1980–81*. Studia Geol. Polon. 74, 175–197.
- BIRKENMAJER K., 1985. *Onset of Tertiary continental glaciation in the Antarctic Peninsula sector (West Antarctica)*. Acta Geol. Polon. 35, 1–31.
- BIRKENMAJER K., 1996a. *Polish geological research on King George Island, West Antarctica (1977–1996)*. Polish Polar Res. 17, 125–141.
- BIRKENMAJER K., 1996b. *Tertiary Glacial/Interglacial palaeoenvironments and sea-level changes, King George Island, West Antarctica. An overview*. Bull. Pol. Ac.: Earth Scien. 44, 157–181.
- BIRKENMAJER K., ZASTAWIAK E., 1986. *Plant remains of the Dufayel Island Group (Early Tertiary?), King George Island, South Shetland Islands (West Antarctica)*. Acta Palaeobot. 26, 33–54.
- BIRKENMAJER K., ZASTAWIAK E., 1989a. *Late Cretaceous–Early Tertiary floras of King George Island, West Antarctica: their stratigraphic distribution and palaeoclimatic significance*. [W:] *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. CRAME J.E. (red.), Geol. Soc. Spec. Pub. 47, 227–240.
- BIRKENMAJER K., ZASTAWIAK E., 1989b. *Late Cretaceous–Early Neogene vegetation history of the Antarctic Peninsula sector, Gondwana break-up and Tertiary glaciations*. Bull. Pol. Ac.: Earth Scien. 37, 63–88.
- BIRKENMAJER K., NAREBSKI W., NICOLETTI M., PETRUCCIANI C., 1983. *Late Cretaceous through Late Oligocene K–Ar Ages of the King George Island Supergroup Volcanics, South Shetland Islands (West Antarctica)*. Bull. Pol. Ac.: Earth Scien. 30, 133–143.
- BIRKENMAJER K., GAŹDZICKI A., KREUZER H., MÜLLER P., 1985. *K–Ar dating of the Melville Glaciation (Early Miocene) in West Antarctica*. Bull. Pol. Ac.: Earth Scien. 33 (1–2), 15–23.
- CAO L., 1994. *Late Cretaceous palynoflora in King George Island of Antarctica with reference to its paleoclimatic significance*. [W:] *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. SHEN Y. (red.), State Antarctic Committee, Monograph 3, 51–83.
- CARLQUIST S., 1987. *Pliocene Nothofagus wood from the Transantarctic Mountains*. Aliso 11, 571–583.
- CASE J. A., 1988. *Paleogene floras from Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), Geol. Soc. Amer., Memoir 169, 523–530.
- CHAPMAN J.L., SMELLIE J.L., 1992. *Cretaceous fossil wood and palynomorphs from Williams Point, Livingston Island, Antarctic Peninsula*. Rev. Palaeob. Palyn. 74, 163–192.
- CRANWELL L., 1959. *Fossil pollen from Seymour Island, Antarctica*. Nature 184 (4701), 1782–1785.
- CZAJKOWSKI S., RÖSLER O., 1986. *Plantas fósseis da Península Fildes; Ilha Rei Jorge (Shetlands do Sul): morfografia das impressões foliares*. Anais Acad. Brasil. Cien. 58, Supl. 99–110.
- DETTMANN M. E., 1989. *Antarctica: Cretaceous cradle of austral temperate rainforests? [W:] Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. CRAME J.E. (red.), Geol. Soc. Spec. Pub. 47, 89–105.
- DETTMANN M. E., 1992. *Structure and floristics of Cretaceous vegetation of southern Gondwana: implications for angiosperm biogeography*. Palaeobotanist 41, 224–233.
- DETTMANN M. E., THOMSON M. R. A., 1987. *Cretaceous palynomorphs from the James Ross Island Area, Antarctica – a pilot study*. British Antarc. Survey, Bull. 77, 13–59.
- DOKTOR M., GAŹDZICKI A., JERZMAŃSKA A., PORĘBSKI S. J., ZASTAWIAK E., 1996. *A plant-and-fish assemblage from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island (Antarctic Peninsula) and its environmental implications*. [W:] *Palaeontological Results Polish Antarctic Expeditions. Part II*. GOŹDZICKI A. (red.), Palaeont. Polonica 55, 127–146.
- DUSEN P., 1908. *Über die Tertiäre Flora der Seymour-Insel*. Wiss. Ergeb. Schwed. Südpolar-Expedition 1901–1903, 3, 1–27.
- FRANCIS J., 1986. *Growth rings in Cretaceous and Tertiary wood from Antarctica and their palaeoclimatic implications*. Palaeontology 29 (4), 665–684.
- FRANCIS J.E., HILL R. S., 1996. *Fossil plants from the Pliocene Sirius Group, Transantarctic Mountains: evidence for climate from growth rings and fossil leaves*. Research Reports, Soc. Sediment. Geol., 389–396.
- HALLE T.G., 1913. *The Mesozoic flora of Graham Land*. Wiss. Ergeb. Schwed. Südpolar-Expedition 1901–1903, 3(14), 1–123.

- HUECK K., 1966. *Die Wälder Südamerikas*. VEB G. Fischer Verlag, Jena.
- HUECK K., SEIBERT P., 1972. *Vegetationskarte von Südamerika*. [W:] *Vegetationsmonographien der einzelnen Grossräume*. WALTHER H. (red.), G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- LI H., 1994. *Early Tertiary Fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica*. [W:] *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. SHEN Y. (red.), State Antarc. Comm., Monograph 3, 133–171.
- LI H., SHEN Y., 1990. *A primary study of Fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica*. *Acta Palaeont. Sinica* 29, 147–153.
- ORLANDO H. A., 1964. *The fossil flora of the surroundings of Ardley Peninsula (Ardely Island), 25 de Mayo Island (King George Island), South Shetland Islands*. [W:] *Antarctic Geology*. ADIE R. J. (red.), North Holland Publ. Co., 629–636.
- REES P. M., SMELLIE J. L., 1989. *Cretaceous angiosperms from an allegedly Triassic flora at Williams Point, Livingston Island, South Shetland Islands*. *Antarc. Scien.* 1, 239–248.
- SONG Z., 1997. *Research on Tertiary palynoflora from the Petrified Forest Member of King George Island, Antarctica*. *Acta Micropalaeont. Sinica* 14, 255–272.
- STUCHLIK L., 1981. *Tertiary pollen spectra from the Ezcurra Inlet Group of Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica)*. *Studia Geol. Polon.* 72, 109–132.
- TOKARSKI A. K., DANOWSKI W., ZASTAWIAK E., 1987. *On the age of fossil flora from Barton Peninsula, King George Island, West Antarctica*. *Polish Polar Res.* 8, 293–302.
- TORRES T., LEMOIGNE Y., 1988. *Maderas fósiles terciarias de la Formación Caleta Arctowski, Isla Rey Jorge, Antártica*. *Ser. Cient. INACH* 37, 69–107.
- TORRES T., LEMOIGNE Y., 1989. *Hallazgos de maderas fósiles de Angiospermas y Gimnospermas del Cretácico Superior en punta Williams, isla Livingston, islas Shetland del Sur, Antártica*. *Ser. Cient. INACH* 39, 9–29.
- TORRES T., MARENSSI S., SANTILLANA S., 1994. *Maderas fósiles de la isla Seymour Formación La Meseta, Antártica*. *Ser. Cient. INACH* 44, 17–38.
- TRONCOSO A. A., 1986. *Nuevas órgano-especies en la Tafoflora Terciaria Inferior de península Fildes, isla Rey Jorge, Antártica*. *Ser. Cient. INACH* 34, 23–46.
- WACE N. M., 1960. *The botany of the southern oceanic islands*. *Proc. Royal Soc. London, B* 152, 475–90.
- WALTER H., HARNICKELL E., NÜELLER-DOMBOIS D., 1975. *Klimadiagramm-Karten der einzelnen Kontinente und die ökologische Klimagliederung der Erde*. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- ZAMALOA M. d. C., ROMERO E. J., STINCO L., 1987. *Polen y esporas de la Formación La Meseta (Eoceno superior-Oligoceno) de la Isla Marambio (Seymour) Antártida*. VII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Actas, Buenos Aires, 199–203.
- ZASTAWIAK E., 1981. *Tertiary leaf flora from the Point Hennequin Group of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica)*. Preliminary report. *Studia Geol. Polon.* 72, 97–108.
- ZASTAWIAK E., 1993. *Makroskopowe szczątki roślin górnej kredy i trzeciorzędu na Wyspie Króla Jerzego (Południowe Szcetlandy, Zachodnia Antarktyda)*. *Wiad. Bot.* 37, 217–219.
- ZASTAWIAK E., 1994. *Upper Cretaceous leaf flora from Błaszcz Moraine (Zamek Formation), King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica*. *Acta Palaeobot.* 34, 119–163.
- ZASTAWIAK E., WRONA R., GAŹDZICKI A., BIRKENMAJER K., 1985. *Plant remains from the top part of the Point Hennequin Group (Upper Oligocene), King George Island (South Shetland Island, Antarctica)*. *Studia Geol. Polon.* 81, 143–164.
- ZHANG S., WANG Q., 1994. *Paleocene petrified wood on the west side of Collins Glacier in the King George Island, Antarctica*. [W:] *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. SHEN Y. (red.), State Antarc. Comm., Monograph 3, 223–238.
- ZHOU Z., LI H., 1994a. *Some Late Cretaceous plants from King George Island, Antarctica*. [W:] *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. SHEN Y. (red.), State Antarc. Comm., Monograph 3, 85–96.
- ZHOU Z., LI H., 1994b. *Early Tertiary ferns from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. [W:] *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. SHEN Y. (red.), State Antarc. Comm., Monograph 3, 173–189.
- ZHOU Z., LI H., 1994c. *Early Tertiary gymnosperms from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. [W:] *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. SHEN Y. (red.), State Antarc. Comm., Monograph 3, 191–221.