

ANDRZEJ GAŹDZICKI

Instytut Paleobiologii PAN

ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

e-mail: gazdzick@twarda.pan.pl

ZESPOŁY BIOTYCZNE I ŚRODOWISKO EOCENU WYSPY SEYMOUR (ANTARKTYKA)

WPROWADZENIE

Antarktyka odgrywa znaczącą rolę w odtwarzaniu kenozoicznej historii geologicznej Ziemi, a także w zrozumieniu pochodzenia i rozwoju flor i faun z okresu ostatecznego rozpadu kontynentu Gondwany, związanego z oddzieleniem się Australii od Antarktydy w eocenie i powstaniu Cieśniny Drakea w oligocenie. Wydarzenia te mają swój zapis paleontologiczny w morskich, płytkowodnych utworach paleogenu Antarktyki.

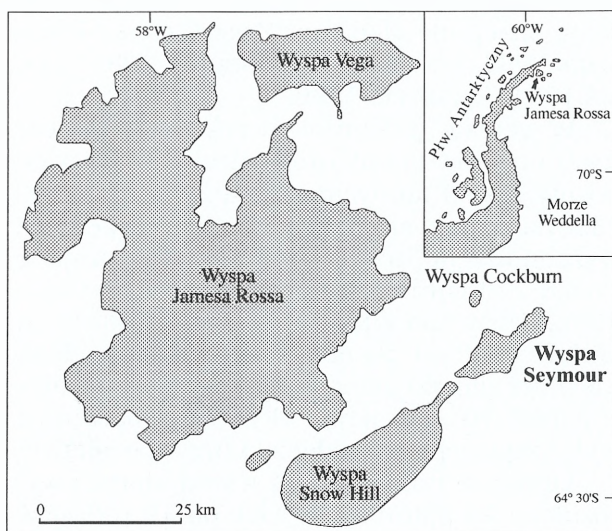
W Antarktyce Zachodniej, w Morzu Weddella i w pobliżu Półwyspu Antarktycznego, znajduje się niewielka Wyspa Seymour (na mapach argentyńskich oznaczona jako Wyspa Marambio) będąca rajem dla paleontologów (Ryc. 1). Odsłaniają się tutaj szczególnie bogate w skamieniałości skały osadowe z przedziału wiekowego od późnej kredy po eocen, stanowiące najbardziej kompletną sekwencję skalną tego okresu czasu (od około 80 do 35 milionów lat temu) na Półkuli Południowej (Ryc. 2).

To w eoceńskich skałach Wyspy Seymour zostały znalezione pierwsze, udokumentowane publikacją skamieniałości w Antarktyce. Zostały one zebrane 4 grudnia 1892 r. podczas lądowania na wschodnich obrzeżach wyspy części załogi z norweskiego statku wielorybniczego „Jason”, dowodzonego przez kapitana C. A. Larsena. Skamieniałości te, głównie małże, w dwa lata później zostały opisane przez SHARMANA i NEWTONA (1894).

W konsekwencji tego odkrycia w rejon Wyspy Seymour dotarła w lutym 1901 roku Szwedzka Ekspedycja Antarktyczna (Swedish South Polar Expedition 1901–1903) zorganizowana przez geologa Otto Nordenskjölda. Ta dramatyczna w wydarzeniach i szczęśliwie zakończona w listopadzie 1903 roku wyprawa przyniosła zna-

komity plon naukowy. Zebrane zostały bogate kolekcje skamieniałości z utworów kredy i trzeciorzędu wysp Seymour, Snow Hill i Cockburn (Ryc. 1). Opublikowano znaczące artykuły naukowe i po raz pierwszy sporządzono mapę geologiczną północnej części Półwyspu Antarktycznego (NORDENSKJÖLD 1905, ANDERSSON 1906, ZINSMEISTER 1988).

Założenie na Wyspie Seymour w 1969 roku stałej bazy argentyńskiej „Vicecomodoro Marambio” rozpoczęło nowy okres w eksploracji tego niezwykle interesującego dla geologów i paleontologów rejonu Antarktyki. Liczne ekspedycje argentyńskie, amerykańskie i brytyjskie, w tym także połączone grupy argentyńsko-polskie, prowadziły tutaj terenowe badania z zakresu nauk o Ziemi (ZINSMEISTER i CAMACHO 1982, ZINSMEISTER i FELDMANN 1984, DOKTOR i współaut. 1988, FELDMANN i WOODBURN 1988,



Ryc. 1. Lokalizacja Wyspy Seymour.

MYRCHA i współaut. 1990, STILWELL i ZINSMEISTER 1992, GAŹDZICKI 1996). Przedmiotem tych badań jest kompleksowa analiza zespołów organizmów kopalnych i środowisk kredowo-paleogeńskich Wyspy Seymour. Studia te dostarczają ciągle nowych danych taksonomicznych, paleoekologicznych, paleoklimatycznych i

paleobiogeograficznych, a także mają istotne znaczenie jako źródło nowych elementów w ewolucji flor i faun w ostatnich 80 milionach lat historii naszej planety. Dotychczas ponad 900 gatunków mikro- i makroskamieniałości zostało opisanych z Wyspy Seymour. Z tego ponad 200 to gatunki nowe dla nauki.

GEOLOGIA WYSPY SEYMOUR

Wyspę Seymour, pozbawioną stałej pokrywy lodowej, budują skały osadowe kredy i trzeciorzędu o przeszło 2000 m miąższości, stanowiące fragment wypełnienia basenu załukowego Półwyspu Antarktycznego, i w tej części należącego do Basenu Jamesa Rossa. Ta morska sekwencja klastycznych osadów została podzielona (RINALDI i współaut. 1978, ZINSMEISTER 1982a, ELLIOT i HOFFMAN 1989) na formację López de Bertodano (kreda górna), paleoceńskie formacje Sobral, Wiman i Cross Valley i będącą przedmiotem niniejszych rozważań, eoceńską formację La Meseta (Ryc. 2, zobacz także ZASTAWIAK, Tabela 1, art. w tym numerze KOSMOSU).

Przepełnione skamieniałościami, piaszczysto-ilaste osady formacji La Meseta odsłaniają się głównie w północnej części wyspy, gdzie osiągają prawie 800 m miąższości (Ryc. 2–3). Utwory te ELLIOT i TRAUTMAN (1982) rozdzielili na trzy jednostki (I, II i III), zaś SADLER (1988) wydzielił siedem jednostek litofacjalnych (Telm1–Telm7). Ich wzajemna korelacja jest przedstawiona na Ryc. 4.

W oparciu o mikro- i makroskamieniałości określono wiek utworów formacji La Meseta na eocen (COCOZZA i CLARKE 1992, WOODBURNIE i CASE 1996). Jedynie najwyższa część formacji może być wieku wczesnooligocenckiego (FORDYCE 1989, STILWELL i ZINSMEISTER 1992).

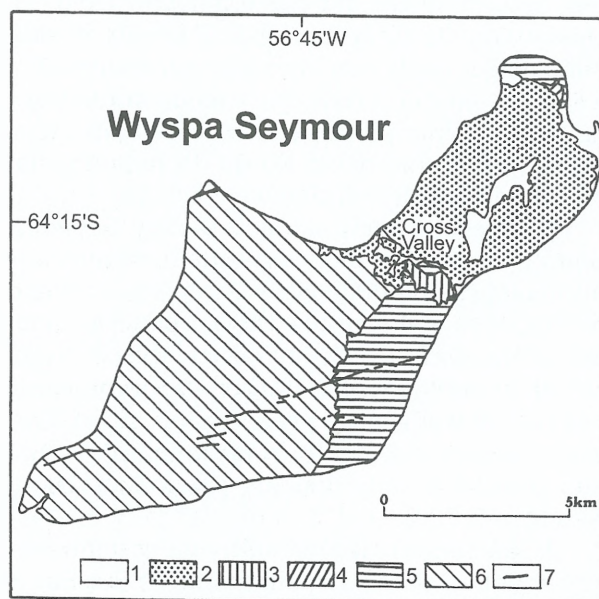
ZESPOŁY BIOTYCZNE FORMACJI LA MESETA

Rozważane eoceńskie utwory formacji La Meseta zawierają bardzo bogate i wspaniałe zachowane skamieniałości. To bogactwo stwierdzonych tutaj kopalnych flor i faun, głównie bezkręgowców, ale także i kręgowców, sprawia, że odległa i niewielka Wyspa Seymour jest szczególnie znaczącym stanowiskiem paleontologicznym. Dostarcza ono ciągle nowych informacji o morskim, a także lądowym ekosystemie eocenu Antarktyki, które w konsekwencji mają znaczenie globalne (ZINSMEISTER i FELDMANN 1984, FELDMANN i WOODBURNIE 1988, CRAME 1994, GAŹDZICKI 1996).

W zapisie paleontologicznym analizowanych utworów mamy urozmaicony i niezwykle bogaty zespół fauny morskich bezkręgowców. Główną grupę stanowią szczególnie liczne i wszechobecne tutaj mięczaki, obejmujące ponad 170 gatunków (ZINSMEISTER i CAMACHO 1982, STILWELL i ZINSMEISTER 1992, STILWELL i GAŹDZICKI 1998). Są one reprezentowane głównie przez ślimaki (ponad 100 gatunków) i małże z ponad 70 gatunkami (Ryc. 5). Podrzednie występują ciepłolubne łodziki (trzy rodzaje).

Liczne są ramienionogi, wśród których wyróżniono 24 gatunki należące do 19 rodzajów (BITNER 1996, art. w tym numerze KOSMOSU). Bogaty zespół mszywiolów (około 40 gatunków), rozpoznany głównie w dolnej części formacji,

obejmuje taksony, które budują wielowarstwowe sferyczne kolonie, wskazujące na płytkowodne środowisko morskie strefy pływów (GAŹDZICKI i HARA 1994, HARA 1997, art. w tym



Ryc. 2. Mapka geologiczna Wyspy Seymour:

1 — czwartorzęd, 2 — formacja La Meseta (eocen—?oligocen dolny), 3 — formacja Cross Valley (paleocen), 4 — formacja Wiman (paleocen), 5 — formacja Sobral (paleocen), 6 — formacja López de Bertodano (kreda górna), 7 — dajki.



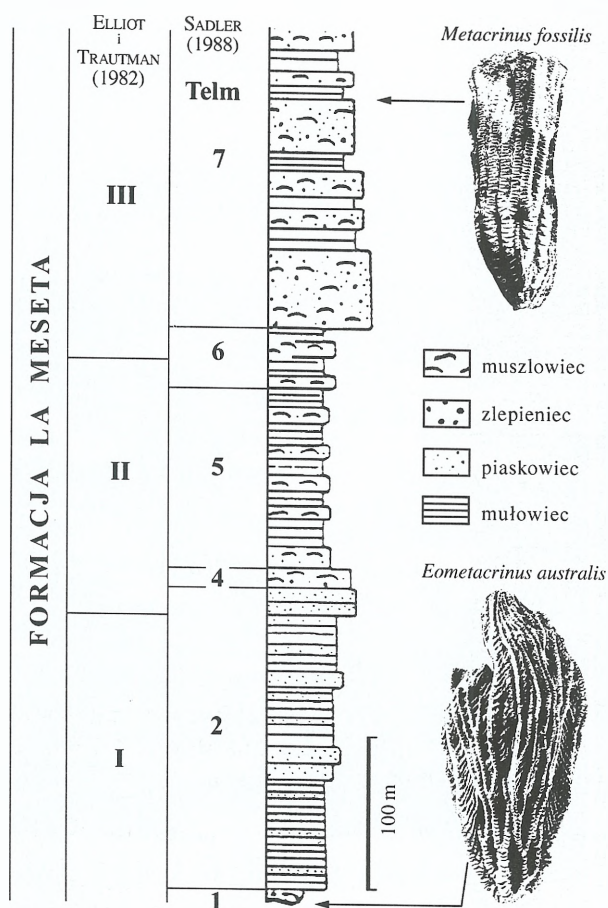
Ryc. 3. Odsłonięcia utworów formacji La Meseta w północnej części Wyspy Seymour. Na drugim planie widoczna Wyspa Cockburn, zaś w tle Wyspa Jamesa Rossa. Fot. autora.

numerze KOSMOSU). Wśród jamochłonów stwierdzono kolonijne stułbiopławy (*Stylasteridae*) z gatunku *Conopora mariae* (Ryc. 6. 1) oraz cztery rodzaje koralu, zarówno osobniczych *Crispatotrochus antarcticus* (Ryc. 6. 2a–b), jak i kolonijnych (STOLARSKI 1996, 1998). Wąsonogi z dwoma gatunkami, występują podrzędnie. Stosunkowo liczne dziesięcionogi (10 taksonów) to kraby i raki (FELDMANN i WILSON 1988, FELDMANN i GAŹDZICKI 1997). Najliczniej wśród nich występuje krab z rodzaju *Lyreidus*.

Zróżnicowane, liczne i dobrze zachowane są szkarłupnie. Występują zarówno w dolnej, jak i górnej części formacji (BLAKE i ZINSMEISTER 1988, BAUMILLER i GAŹDZICKI 1996, BLAKE i ARONSON 1998). Wśród liliowców wyróżniono pięć gatunków, między innymi *Eometacrinus australis* (Ryc. 4, 6. 5) i *Metacrinus fossilis* (Ryc. 4). Rozgwiazdy obejmują siedem gatunków w tym *Buterminaster elegans* (Ryc. 6. 3). Węzowidła reprezentuje jeden gatunek, zaś jeżowce trzy gatunki, a wśród nich *Austrocidaris seymourensis* (Ryc. 6. 4). Przedstawiona, autochtoniczna fauna bezkręgowców to zarówno osiadły jak i ruchomy bentos. Jedynym wyjątkiem są nektoniczne łodziki.

Analizowana sekwencja osadów zawiera także kręgowce morskie. Stwierdzono tutaj ryby i ssaki (walenie). W dolnej i środkowej części

formacji występują szczątki ryb chrzęstnoszkieletowych w postaci bardzo licznych zębów i pojedynczych kręgów rekinów, które zaliczono do 17 gatunków (CASE 1992, LONG 1992). Natomiast w dolnej części formacji znalezione zostały kompletne szkielety i liczne łuski ryb śledziowatych, włączone do gatunku *Marambionella andreae* (DOKTOR i współaut. 1988, JERZMAŃSKA 1991). Najwyższe ogniwa formacji (jednostka III, Telm 7) zawierają fragmenty szkieletów walenia uzębionych (WIMAN 1905, BORSUK-BIAŁYNI-CKA 1988, FORDYCE 1989) oraz liczne trzony kręgów i kości czaszek ryb dorszokształtnych „*Mesetaichthys*” (Ryc. 7b, JERZMAŃSKA i ŚWIDNICKI 1992). Towarzyszą im liczne i zróżnicowane elementy szkieletowe pingwinów, głównie kości skokowe (*tarso-metatarsus*), które są uważane za kości diagnostyczne (Ryc. 7a, WIMAN 1905, MYRCHA i współaut. 1990). Te bezlotne ptaki (*Spheniscidae*) związane ze środowiskiem morskim i ograniczone jedynie do Półkuli Południowej, w skałach formacji La Meseta mają swój najstarszy na świecie zapis paleontologiczny. Bogata i godna uwagi kolekcja kopalnych pingwinów z Wyspy Seymour została zebrana przez polskich badaczy w latach 1985–1994. Powyższe szczątki szkieletowe reprezentują 11 gatunków kopalnych pingwinów należących do sześciu rodzajów, między innymi *Palaeodyp-*



Ryc. 4. Profil litologiczny (południowy) utworów formacji La Meseta Wyspy Seymour, przedstawiający korelację jednostek litofacjalnych i pozycję warstw z fauną liliowców.

tes klekowskii (Ryc. 7a, zobacz także MYRCHA i współaut. 1990, JADWISZCZAK 1994).

Cały, przedstawiony powyżej zespół faunistyczny wskazuje na warunki życia w środowisku morskim o normalnym zasoleniu i określa sytuację w ówczesnym ekosystemie morskim.

Oprócz faun typowo morskich utwory formacji La Meseta zawierają również allochtoniczne szczątki roślinne, głównie liście i fragmenty drewna, a także kości i zęby kręgowców lądowych. Dostały się one do środowiska morskiego z pobliskiego lądu. Jednocześnie analiza tych redeponowanych szczątków pozwala odtworzyć i zrekonstruować eoceński ekosystem lądowy z obszaru Półwyspu Antarktycznego i jego wyraźne biogeograficzne powiązania z południowymi rejonami Ameryki Południowej i południowo-wschodnią Australią.

W dolnej i w środkowej części formacji występują liście buka południowego (*Nothofagus*), a także podrzędnie liście *Araucaria* i *Knightiophyllum* (Ryc. 8). Współwystępują z nimi również fragmenty pni buka południowego, dokumentujące obecność w ówczesnym czasie na lądzie

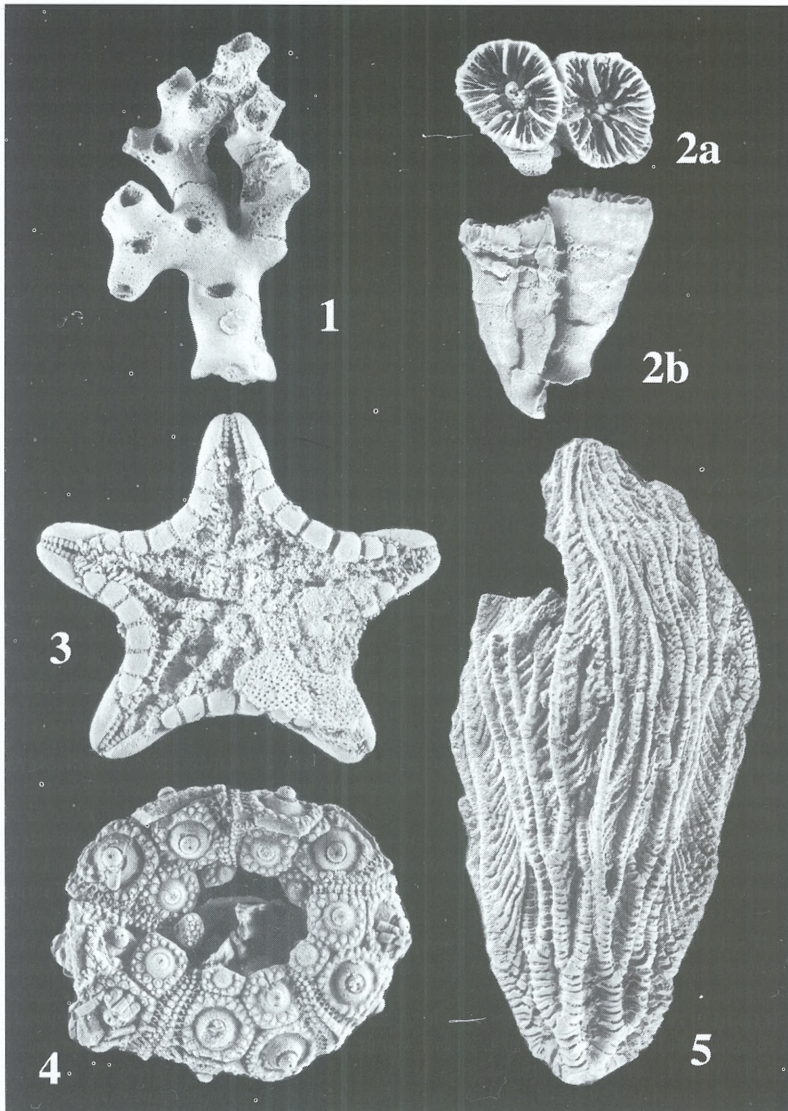


Ryc. 5. Zmarszczki falowe i małże z rodzaju *Eurhormalea* na powierzchni ławicy z dolnej części profilu formacji La Meseta (I, Telm 2). Skala 30 cm. Fot. autora.

wilgotnych lasów zdominowanych przez zróżnicowany gatunkowo buk południowy, wskazujący jednocześnie na umiarkowaną lub umiarkowanie-chłodną strefę klimatyczną (DOKTOR i współaut. 1996, ZASTAWNIAK art. w tym numerze KOSMOSU).

Jednym ze szczególnie znaczących odkryć paleontologicznych w utworach formacji La Meseta było znalezienie w 1981 roku szczątków ssaków lądowych, prymitywnych torbaczy należących do rodziny Polydolopidae (WOODBURNE i ZINSMEISTER 1982). To spektakularne znalezisko było jednocześnie brakującym dowodem na to, że ssaki te, wywodzące się z gatunków południowoamerykańskich, rozprzestrzeniły się poprzez Antarktydę do Australii (WOODBURNE i ZINSMEISTER 1984), kiedy to przed około 60 milionami lat, kontynent australijski był ciągle jeszcze połączony z Antarktydą, jako jeden z ostatnich segmentów rozpadającego się superkontynentu Gondwany.

W wyniku dalszych badań terenowych okazało się, że osady formacji La Meseta, oprócz torbaczy, zawierają również szczątki (głównie zęby) ssaków łozyskowych, w tym głównie koprotnych (*Litopterna*) i szczerbaków (WOODBURNE i CASE 1996, VIZCAINO i współaut. 1997). Występują one głównie w środkowej części formacji (jednostka II, Telm 3–5), wspólnie z licznymi szczątkami roślinnymi. Inne znaleziska zwierząt kręgowych w rozpatrywanych utworach obejmują między innymi żuchwę biegającego drapieżnego ptaka fororaka (CASE i współ-



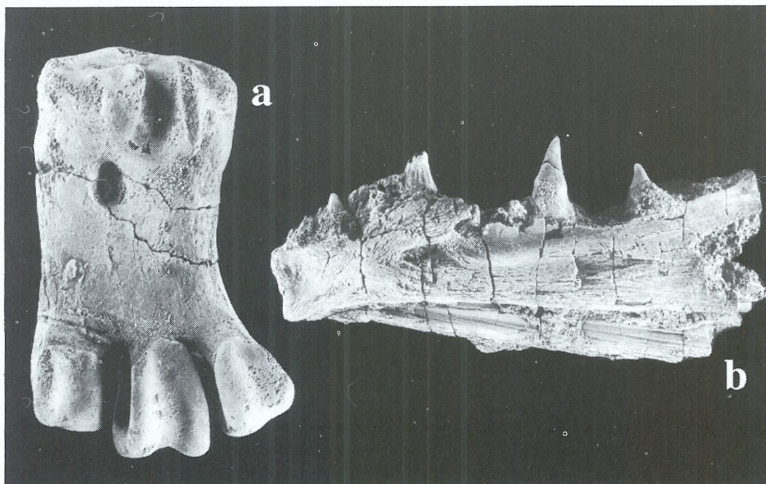
Ryc. 6. Zespół fauny z najniższej części formacji La Meseta (I, Telm 1). Fot. G. Dziewińska.

1 — szkielet kolonijnego stułbiopława (stylasterida) *Conopora mariae* STOLARSKI, 1998, $\times 1,1$; 2a-b — korale osobnicze *Crispatotrochus antarcticus* STOLARSKI, 1996, a — widok z góry, b — widok z boku, $\times 1,5$; 3 — rozgwiazda *Buternister elegans* BLAKE i ZINSMEISTER, 1988, $\times 2$; 4 — jeżowiec *Austrocidaris seymourensis* RADWAŃSKA 1996, $\times 2$; 5 — liliowiec *Eometacrinus australis* BAUMILLER i GAZDZICKI, 1996, $\times 0,8$.

aut. 1987) i kość skokową nietotnego ptaka bezgrzebieniowego (TAMBUSSI i współaut. 1994).

Kopalne szczątki lądowej flory i zwierząt kręgowych rozpoznane w utworach formacji La Meseta przybliżają nam warunki środowiskowe

jakie panowały w epoce eocenu na lądzie. Zgromadzone dane dowodzą, że w czasie sedymentacji płytkowodnych osadów środkowej części formacji (jednostka II, Telm 3–5), przed około 40 milionami lat, na pobliskim lądzie istniał zróżnicowany gatunkowo drzewostan buka po-



Ryc. 7. a — kość skokowa pingwina *Palaeudyptes klekowskii* MYRCHA, TATUR i DEL VALLE, 1990, $\times 0,7$; b — fragment szczęki ryby dorszokształtnej „*Mesetichthys*”, $\times 0,7$. Górna część profilu formacji La Meseta (III, Telm 7). Fot. G. Dziewińska.

łudniowego z udziałem drzew szpilkowych i paprotnikami w poszyciu (ASKIN 1997, ZASTAWIAK art. w tym numerze KOSMOSU). To środowisko było zapewne odpowiednim miejscem do zasiedlenia przez zróżnicowaną faunę lądowych kręgowców, takich jak torbacze, litopterny, szczerbaki, nietolne ptaki bezgrzebieniowe i fororaki. Fauna i flora z utworów formacji La Meseta należała w eocenie do weddelliańskiej prowincji biogeograficznej, wyróżnionej w oparciu o paleobiogeograficzne rozprzestrzenienie płytkomorskich faun bezkręgowców, a także

lądowych flor (*Nothofagus*) i torbaczy (ZINSMEISTER 1982b, CASE 1989). Prowincja ta, w okresie od późnej kredy po eocen, rozciągała się od Patagonii i Ziemi Ognistej w Ameryce Południowej wzdłuż Półwyspu Antarktycznego przez Antarktydę Zachodnią do Tasmanii i południowo-wschodniej Australii, obejmując również Nową Zelandię. Ta możliwość migracji zwierząt i roślin została przerwana przez powstanie we wczesnym oligocenie prądu wokółantarktycznego, który stał się znaczącą barierą ekologiczną.

PODSUMOWANIE

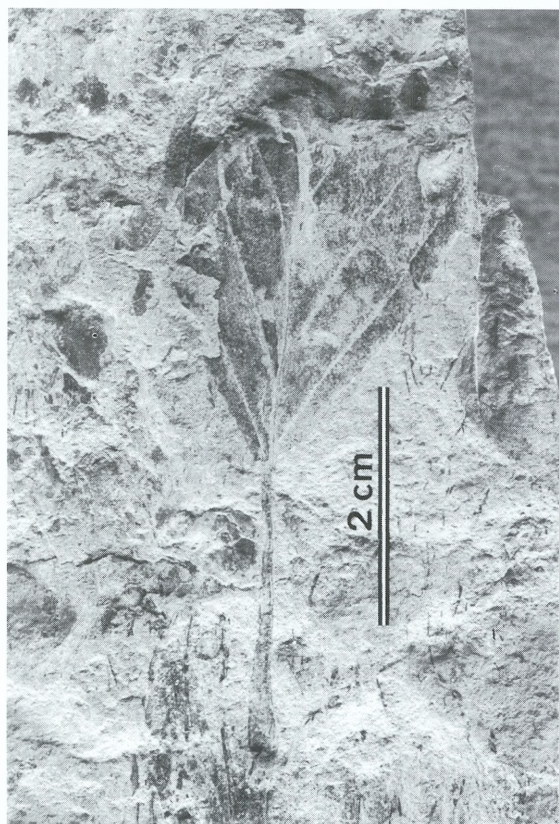
Utwory eoceńskiej formacji La Meseta na Wyspie Seymour (Ryc. 4) w świetle badań facjalnych, w tym między innymi analizy struktur sedimentacyjnych (Ryc. 5) i wyjątkowo bogatych kopalnych zespołów zwierzęcych i roślinnych, a także skamieniałości śladowych, dowodzi, że utwory te powstawały w przybrzeżnym, czasami wysokoenergetycznym, płytkomorskim środowisku w strefie pływów, a także delt pływowych i piaszczystych równin zbiornika estuariowego (SADLER 1988, PORĘBSKI 1995).

Szczególnie liczna tutaj fauna bezkręgowców morskich, jak ramienionogi, korale, mszywoły i szkarłupnie, wskazuje na zasiedlanie w

strefie litoralnej lub sublitoralnej wewnętrznego szelfu. Głębokość wód trudno jest dokładnie ustalić, ale zapewne nie przekraczała ona 100 m (GAŹDZICKI i HARA 1994, BITNER 1996, STOLARSKI 1996). Z fauna morską podrzędnie współwystępują dobrze zachowane, pochodzące z lądu szczątki roślinne i kości kręgowców. Świadczyć to może o bliskości strefy brzegowej, krótkim transporcie szczątków i ich szybkim pogrzebaniu.

Obecność w zespołach biotycznych m.in. łodzików i rekinów, jak również dane izotopowe, sugerują, że w środowisku morskim w okresie sedimentacji utworów dolnej i środkowej części formacji (jednostki I-II, Telm 1-5, porównaj Ryc. 4), we wczesnym i środkowym eocenie, panowały warunki odpowiadające strefom klimatu umiarkowanego ciepłego lub umiarkowanego z temperaturą około 15°C (zobacz CLARKE i CRAME 1993, Fig. 1). Natomiast na lądzie w oparciu o dane paleobotaniczne można wnioskować o panowaniu wówczas warunków nieco chłodniejszego klimatu umiarkowanego lub umiarkowanie chłodnego (CASE 1992, DOKTOR i współaut. 1996).

W czasie depozycji osadów górnej części formacji (jednostka III, Telm 6-7), w późnym eocenie i przypuszczalnie wczesnym oligocenie, zaszły wyraźne zmiany zarówno w ekosystemie lądowym jak i morskim. Na lądzie zubożony został drzewostan buka południowego, zanikają kręgowce lądowe. Zmienił się skład faunistyczny w ekosystemie morskim (ZINSMEISTER i CAMACHO 1982). Zniknęły ciepłolubne łodziki i rekiny. Pojawiły się liczne pingwiny, walenie uzębione i ryby dorszokształtne. Zmienił się radykalnie układ troficzny. Wyraźną zmianę klimatyczną zapisaną w utworach górnej części formacji dokumentują badania izotopowe (GAŹDZICKI i współaut. 1992). Zapis ten wiąże się z wyraźnym oziębieniem klimatu spowodowanym ostatecznym rozpadem wielkiego kon-



Ryc. 8. Liść z rodzaju *Knightiophyllum*. Formacja La Meseta (I, Telm 2). Fot. G. Dziwińska.

tymentu Gondwany, zaistnieniem w oligocenie prądu wokółantarktycznego (co w konsekwencji doprowadziło do termicznej izolacji Antarktydy) i pojawieniu się najstarszych paleogeńskich złodowaceń w sektorze Półwyspu Antarktycznego

(BIRKENMAJER 1992, art. w tym numerze KOS-MOSU). Ten ciąg zdarzeń całkowicie zmienił oblicze kontynentu antarktycznego, który dziś znajduje się w okresie złodowacenia.

EOCENE BIOTA AND PALEOENVIRONMENT OF SEYMOUR ISLAND, ANTARCTICA

Summary

Seymour Island, referred to as the „Rossetta Stone” of Antarctic paleontology, lies in the Weddell Sea off the north-eastern tip of the Antarctic Peninsula. The first documented fossils from Antarctica were collected from this small remote island in December 1892 during the voyage of the Norwegian whaling ship „Jason” headed by Captain C. A. Larsen. The stratigraphic marine sequence on the island extends from the Upper Cretaceous López de Bertodano Formation through the Paleocene Sobral, Wiman and Cross Valley formations to the Eocene La Meseta Formation. Over 900 species of micro- and macrofossils have been described from this island, and out of these more than 200 are new for science. The La Meseta Formation, exposed in the north-eastern part of Seymour Island represents about 800 m of nearshore sandstones and siltstones, which preserve an exceptional record of the Eocene-?earliest Oligocene life. Throughout the formation microfossils (palynomorphs, diatoms, foraminifers, ostracods), invertebrates (corals, molluscs, crabs, bryozoans, brachiopods, echinoderms), and vertebrates (fish, birds, marine mammals, primitive marsupials and placentals), as well as plants, are rich and diverse occurring in a number of fossiliferous horizons.

Many representatives of the above groups have the first fossil record in the La Meseta Formation. Paleocological associations with diverse fossil assemblages indicate a temperate marine environment for the La Meseta Formation. Paleobotanical studies suggest that the terrestrial paleoenvironment during the Eocene was heavily vegetated (*Nothofagus*-podocarp forest) and had a humid, temperate or cold-temperate climate similar to the present-day southern South America. The results of geochemical analyses made on the fossil shell material from the La Meseta Formation suggest a considerable climatic cooling event at the time period of deposition of the upper part of the formation. This cooling event may be correlated with the first phase of the late Eocene-early Oligocene continental glaciation in Antarctica. These data are important in providing information on the La Meseta Formation biota paleoenvironment changes in time and space. The La Meseta Formation biota assemblages indicate favourable conditions for life in shallow marine and terrestrial realms during the final stage of the Gondwanaland breakup and onset of the Paleogene continental glaciation in the Antarctic Peninsula sector.

LITERATURA

- ANDERSSON J. G., 1906. *On geology of Graham Land*. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, 7, 19–71.
- ASKIN R. A., 1997. *Eocene — earliest Oligocene terrestrial palynology of Seymour Island Antarctica*. [W:] *The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*. RUCCI C. A. (red.), Siena, 993–996.
- BAUMILLER T. K., GAŹDZICKI A., 1996. *New crinoids from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Palaeontological Results Polish Antarctic Expeditions. Part II*. GAŹDZICKI A. (red.), Palaeont. Polon. 55, 101–116.
- BIRKENMAJER K., 1992. *Cenozoic glacial history of the South Shetland Islands and northern Antarctic Peninsula*. [W:] *Geología de la Antártida Occidental, Simposios T. 3.-III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología Salamanca, España*. LOPEZ-MARTINEZ J. (red.), 251–260.
- BITNER M. A., 1996. *Brachiopods from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Palaeontological Results Polish Antarctic Expeditions. Part II*. GAŹDZICKI A. (red.), Palaeont. Polon. 55, 65–100.
- BLAKE D. B., ARONSON R. B., 1998. *Eocene stelleroids (Echinodermata) at Seymour Island, Antarctic Peninsula*. Jour. Paleont. 72, 2, 339–353.
- BLAKE D. B., ZINSMEISTER W. J., 1988. *Eocene asteroids (Echinodermata) from Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), Geol. Soc. America, Memoir. 169, 489–498.
- BORSUK-BIALYNICKA M., 1988. *New remains of Archaeoceti from the Paleogene of Antarctica*. Polish Polar Res. 9, 437–445.
- CASE J. A., 1989. *Antarctica: the effect of high latitude heterochrony on the origin of the Australian marsupials*. [W:] *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. CRAME J. A. (red.), Geol. Soc. Spec. Publ. 47, 217–226.
- CASE J. D., 1992. *Evidence from fossil vertebrates for a rich Eocene Antarctic marine environment*. [W:] *The Antarctic Paleoenvironment: a perspective on global change*. KENNETH J. P., WARNKE D. A. (red.), Antar. Res. Ser. 56, 119–130.
- CASE J. A., WOODBURN M. O., CHANEY D. S., 1987. *A gigantic phororhacoid (?) bird from Antarctica*. Jour. Paleont. 16, 1280–1284.
- CLARKE A., CRAME J. A., 1993. *The Southern Ocean benthic fauna and climate change: a historical perspective*. [W:] *Antarctica and environmental change*. DREWRY D. J., LAWS R. M., PYLE J. A. (red.), Royal Society. Clarendon Press, Oxford. 99–109.
- COCOZZA C. D., CLARKE C. M., 1992. *Eocene microplankton from La Meseta Formation, northern Seymour Island*. Antarctic Science. 4, 355–362.
- CRAME J. A. 1992. *Evolutionary history of the polar regions*. Hist. Biol. 6, 37–60.
- CRAME J. A., 1994. *Evolutionary history of Antarctica*. [W:] *Antarctic Science Global Concerns*. HEMPEL G. (red.), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 188–214.
- DOKTOR M., GAŹDZICKI A., MARENSI S. A., PORĘBSKI S. J., SANTILLANA S. N., VRBA A. V., 1988. *Argentine-Polish geological investigations on Seymour (Marambio) Island, Antarctica*. 1988. Polish Polar Res. 9, 521–541.
- 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*. GAŹDZICKI A. (red.), Palaeont. Polon. 55, 127–146.

- ELLIOT D. H., TRAUTMAN T. A., 1982. *Lower Tertiary strata on Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Antarctic Geoscience*. CRADDOCK C. (red.), Univ. Wisconsin Press, Madison, 287–297.
- ELLIOT D. H., HOFFMAN S. M., 1989. *Geologic studies on Seymour Island*. *Antar. Jour. US*. 25, 5, 3–5.
- FELDMANN R. M., WILSON M. T., 1988. *Eocene decapods from Antarctica*. [W:] *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), *Geol. Soc. America, Memoir* 169, 465–488.
- FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), 1988. *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. *Geol. Soc. America, Memoir* 169, 1–566.
- FELDMANN R. M., GAŹDZICKI A., 1997. *A new species of Glypheia (Decapoda: Palinura) from the La Meseta Formation (Eocene) of Seymour Island, Antarctica*. *Acta Paleont. Polon.* 42, 437–445.
- FORDYCE R. E., 1989. *Origins and evolution of Antarctic marine mammals*. [W:] *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*. CRAME J. A. (red.), *Geol. Soc. Spec. Publ.* 47, 269–281.
- GAŹDZICKI A., (red.) 1996. *Palaeontological Results of the Polish Antarctic Expeditions. Part II*. *Palaeont. Polon.*, 55, 1–192.
- GAŹDZICKI A., HARA U., 1994. *Multilamellar bryozoan colonies from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island, Antarctica: a preliminary account*. *Studia Geol. Polon.* 104, 105–116.
- GAŹDZICKI A., GRUSZCZYŃSKI M., HOFFMAN A., MAŁKOWSKI K., MARENSI S. A., HALAS S., TATUR A., 1992. *Stable carbon and oxygen isotope record in the Paleogene La Meseta Formation, Seymour Island, Antarctica*. *Antarctic Science*. 4, 461–466.
- HARA U., 1997. *Bryozoan assemblages from the La Meseta Formation (Eocene) of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*, Siena. RICCI C. A. (red.), 1001–1006.
- JADWISZCZAK P., 1994. *Różnorodność fauny pingwinów kołpalnych antarktycznej Wyspy Seymour w oparciu o analizę tarsometatarsi z kolekcji Instytutu Biologii Filii UW w Białymstoku*. Maszynopis pracy magisterskiej. Uniwersytet Warszawski, Filia w Białymstoku, Białystok, 1994, 1–134.
- JERZMAŃSKA A., 1991. *First articulated teleost fish from the Paleogene of West Antarctica*. *Antarctic Science* 3, 309–316.
- JERZMAŃSKA A., ŚWIDNICKI J., 1992. *Gadiform remains from the La Meseta Formation (Eocene) of Seymour Island, West Antarctica*. *Polish Polar Res.* 13, 241–253.
- LONG D. J., 1992. *Paleoecology of Eocene Antarctic sharks*. [W:] *The Antarctic Paleoenvironment: a perspective on global change*. KENNETT J. P., WARNE D. A. (red.), *Antar. Res. Ser.* 56, 131–139.
- MYRCHA A., TATUR A., DEL VALLE R., 1990. *A new species of fossil penguin from Seymour Island, West Antarctica*. *Alcheringa* 14, 195–205.
- NORDENSKJÖLD O., 1905. *Antarctica: or two years amongst the ice of the South Pole*. Macmillan Co., London, 1–608.
- POREBSKI S. J., 1995. *Facies architecture in a tectonically-controlled incised valley estuary: La Meseta Formation (Eocene) of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. *Studia Geol. Polon.* 107, 7–97.
- RADWAŃSKA U., 1996. *A new echinoid from the Eocene La Meseta Formation of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Palaeontological Results Polish Antarctic Expedition. Part II*. GAŹDZICKI A. (red.), *Palaeont. Polon.* 55, 117–125.
- RINALDI C. A., MASSABIE A., MORELLI J., ROSENMAN L. H., DEL VALLE R. A., 1978. *Geología de la isla Vicecomodoro Marambio, Antártida*. *Contr. Inst. Antar. Argent.* 217, 1–37.
- SADLER P. M., 1988. *Geometry and stratification of uppermost Cretaceous and Paleogene units on Seymour Island, northern Antarctic Peninsula*. [W:] *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), *Geol. Soc. America, Memoir* 169, 303–320.
- SHARMAN G., NEWTON E. T., 1894. *Notes on some fossils from Seymour Island, in the Antarctic regions obtained by Dr. Donald*. *Trans. Roy. Soc. Edinb.* 37, 3, 707–709.
- STILWELL J. D., GAŹDZICKI A., 1998. *A new limid bivalve from the La Meseta Formation (Eocene) of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. *Acta Geol. Polon.* 48, 149–155.
- STILWELL J. D., ZINSMEISTER W. J., 1992. *Molluscan systematics and biostratigraphy. Lower Tertiary La Meseta Formation, Seymour Island, Antarctic Peninsula*. *Antarctic Res. Series*. 55, 1–192.
- STOLARSKI J., 1996. *Paleogene corals from Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Palaeontological Results Polish Antarctic Expeditions. Part II*. GAŹDZICKI A. (red.), *Palaeont. Polon.* 55, 51–63.
- STOLARSKI J., 1998. *Conopora (Stylasteridae, Hydrozoa) from the Eocene of Seymour Island*. *Antarctic Science* 10, 501–506.
- TAMBUSSI C. P., NORIEGA J. I., GAŹDZICKI A., TATUR A., REGUERO M. A., VIZCAINO S. F., 1994. *Ratite bird from the Paleogene La Meseta Formation, Seymour Island, Antarctica*. *Polish Polar Res.* 15, 15–20.
- WIMAN C., 1905. *Über die alttertiären Vertebraten der Seymourinsel*. *Wiss. Ergeb. Schwed. Südpolar-Exped.*, 1901–1903, 3, 1–37.
- VIZCAINO S. F., BOND M., REGUERO M. A., PASCUAL R., 1997. *The youngest record of fossil mammals from Antarctica; its significance on the evolution of the terrestrial environment of the Antarctic Peninsula during the late Eocene*. *Jour. Paleont.* 71, 348–350.
- WOODBURN M. O., CASE J. A. 1996. *Dispersal, vicariance, and the Late Cretaceous to Early Tertiary land mammal biogeography from South America to Australia*. *Jour. Mammal. Evol.* 3, 121–161.
- WOODBURN M. O., ZINSMEISTER W. J., 1982. *Fossil land mammal from Antarctica*. *Science* 218, 284–286.
- WOODBURN M. O., ZINSMEISTER W. J., 1984. *The first land mammal from Antarctica and its biogeographic implications*. *Jour. Paleont.* 58, 913–948.
- ZINSMEISTER W. J., 1982a. *Review of the Upper Cretaceous–Lower Tertiary sequence on Seymour Island, Antarctica*. *Jour. Geol. Soc. London* 139, 779–785.
- ZINSMEISTER W. J., 1982b. *Late Cretaceous–Early Tertiary molluscan biogeography of the southern circum-Pacific*. *Jour. Paleont.* 56, 84–102.
- ZINSMEISTER W. J., 1988. *Early geological exploration of Seymour Island, Antarctica*. [W:] *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. FELDMANN R. M., WOODBURN M. O. (red.), *Geol. Soc. America, Memoir* 169, 1–16.
- ZINSMEISTER W. J., CAMACHO H. H., 1982. *Late Eocene (to possibly earliest Oligocene) molluscan fauna of the La Meseta Formation of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. [W:] *Antarctic Geoscience*. CRADDOCK C. (red.), Univ. Wisconsin Press, Madison, 299–304.
- ZINSMEISTER W. J., FELDMANN R. M., 1984. *Cenozoic high latitude heterochronicity of Southern Hemisphere marine faunas*. *Science* 224, 281–283.