

Aktualne problemy geologiczne Pienin

Geological problems under study in the Pieniny Mountains, West Carpathians: a review

KRZYSZTOF BIRKENMAJER

*Instytut Nauk Geologicznych PAN, Ośrodek Badawczy w Krakowie, ul. Senacka 1/3,
31-002 Kraków; e-mail: ndbirken@cyf-kr.edu.pl*

Abstract. The paper presents a review of geological problems under study in the Pieniny Mountains, part of the Pieniny Klippen Belt (West Carpathians), for the past decade (1992–2001). These include, *inter alia*: palaeontological, stratigraphic, facies and microfacies studies of fossil-rich Jurassic and Cretaceous marine pelagic deposits (Klippen Successions and Grajcarek Succession); structural studies of selected tectonic units and areas within the Pieniny Mountains; petrographic studies and K-Ar dating of exotic magmatic rocks from Upper Cretaceous conglomerates; petrologic, geochemical and K-Ar age studies of the Middle Miocene (Sarmatian) andesitic arc of the Pieniny Mts and related ore-bearing veins; preparation of a detailed geological map, 1:5000 scale, of the National Park of the Pieniny Mts in Poland.

POŁOŻENIE W KARPATACH

Pasma górskie Pienin jest częścią jednej z głównych jednostek geologicznych Karpat, która ciągnie się na przestrzeni blisko 600 km, od trzeciorzędowego zapadliska wiedeńskiego do Rumunii (Ryc. 1). Oddziela ona Karpaty Wewnętrzne od Karpat Zewnętrznych (fliszowych) wąskim pasem, którego szerokość zmienia się od kilkunastu kilometrów do kilku kilometrów, niekiedy malejąc do zaledwie kilkuset metrów (Birkenmajer 1979; Birkenmajer, Krobicki 2001).

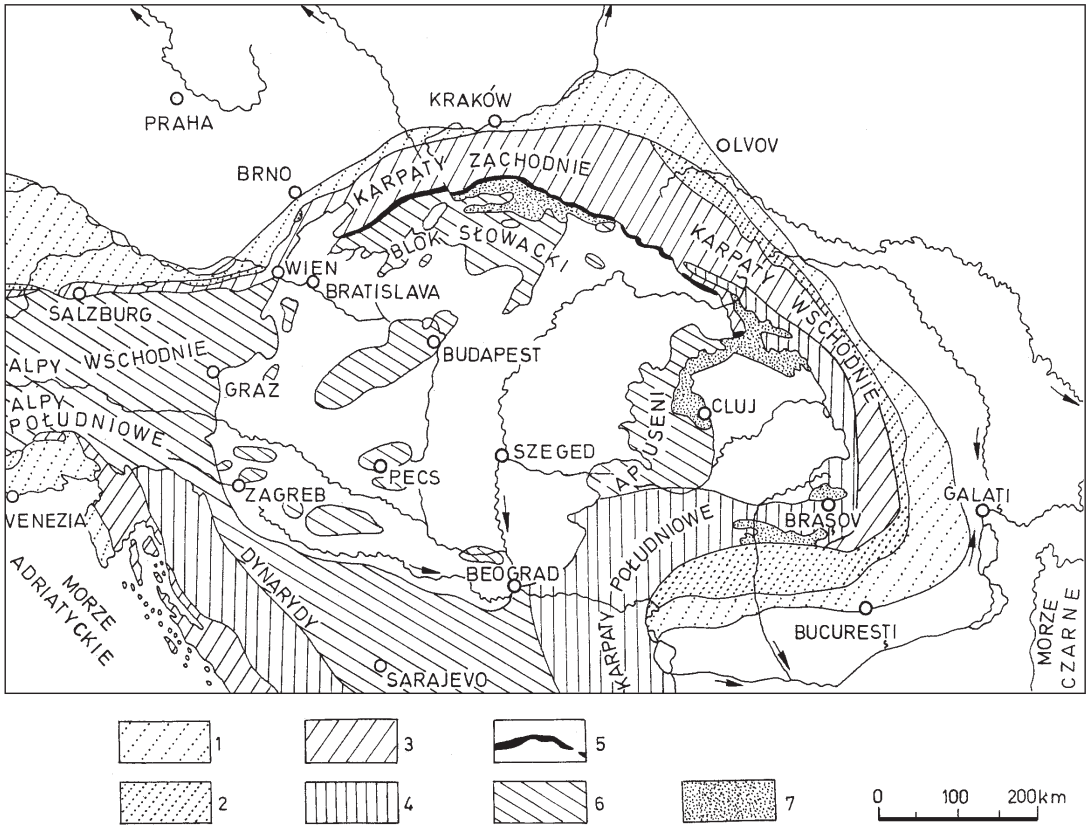
PODZIAŁ GEOGRAFICZNY

Pod względem geograficznym, pasmo górskie Pienin dzieli się na następujące odcinki:

- Pieniny Spiskie: między Przełosem Białki (przez Obławosę i Kramnicę) a Przełosem Niedzickim,

- Pieniny Czorsztyńskie: między Czorsztynem a doliną Straszego Potoku w Kątach koło Sromowiec,
- Pieniny Wysokie lub Właściwe (Przełom Pieniński): między Macelową Górą a Szczawnicą Niżną,
- Małe Pieniny: między Szczawnicą Niżną (Bystrzyk-Biała Skala) a Białą Wodą (Wierchliczka) i dalej ku wschodowi po Litmanową (Słowacja).

Pieniński Park Narodowy w granicach Polski obejmuje w całości Pieniny Czorsztyńskie, dalej Pieniny Właściwe na lewym brzegu doliny Dunajca między Kątami a Szczawnicą Niżną (w tym Przełom Pieniński), częściowo także Pieniny Spiskie (Zielone Skalki) i Małe Pieniny (Kacze oraz rezerwaty Homole i Zaskalskie-Bodnarówka). Pieniny Właściwe prawego brzegu Dunajca w Przełomie Pienińskim i dalej na południe po Aksamitkę, jak też południowe zbocza Małych



Ryc. 1. Położenie pienięskiego pasa skałkowego w Karpatach. 1 – autochtoniczna neogeńska molassa zapadlisk przedgórskich; 2 – allochtoniczna neogeńska molassa (wewnętrzna strefa zapadliska przedgórskiego); 3 – trzeciorzędowe płaszczowiny fliuszowe; 4 – środkowokredowe płaszczowiny Karpat Wschodnich i ich odpowiedniki; 5 – pienięski pas skałkowy; 6 – środkowogórnokredowe płaszczowiny Karpat Zachodnich i ich odpowiedniki; 7 – popłaszczowinowa pokrywa osadowa wewnątrzkarpacka (paleogen, częściowo górna kreda); bez oznaczenia – skały przedmurza, neogeńska molassa wewnątrzkarpacka i wulkanity.

Position of the Pieniny Klippen Belt in the Carpathians. 1 – autochthonous Neogene molasse (Foredeep, outer zone); 2 – allochthonous Neogene molasse (Foredeep, inner zone); 3 – Tertiary flysch nappes; 4 – mid-Cretaceous nappes in East Carpathians, and equivalents elsewhere; 5 – Pieniny Klippen Belt; 6 – mid-late Cretaceous nappes in West Carpathians, and equivalents elsewhere; 7 – inter-arc post-nappe cover (Palaeogene, partly Late Cretaceous); blank – Foreland, intramontane Neogene molasse and volcanics.

Pienin – są słowacką częścią Pienińskiego Parku Narodowego.

ZARYS HISTORII GEOLOGICZNEJ

Historia geologiczna pienięskiego pasa skałkowego rozpoczyna się we wczesnym triasie, około 240 mln lat temu, kiedy to w północnej części Oceanu Tetydy wyodrębnił się morski basen skał-

kowy (por. Birkenmajer 1979, 1986a, b; Birkenmajer i in. 1990).

Basen ten trwał przez około 175 milionów lat aż do schyłku okresu kredowego (około 65 mln lat temu). W ciągu późnego triasu, a następnie niższej jury, ulegał on stopniowemu pogłębieniu, by na przełomie jury środkowej i górnej (około 160 mln lat temu) osiągnąć głębokości oceaniczne – co najmniej 3.500 m poniżej powierzchni morza. Powstawały wówczas radiolaryty – war-

stwowane skały krzemionkowe zbudowane ze skorupki pelagicznych promienic – radiolari (Birkenmajer 1977, 1979; Widz 1991; Birkenmajer, Widz 1995). Basen skałkowy mógł mieć wtedy szerokość około 300 km – porównywalną z szerokością dzisiejszego Morza Adriatyckiego.

Na przełomie jury i kredy oraz w dolnej kredzie (145–120 mln lat temu) w skałkowym basenie morskim na wielkim obszarze osadziły się białe wapienie bogate w szczątki pelagicznych mikroorganizmów – nazwane wapieniami pienińskimi. To one właśnie tworzą wspaniałą panoramę Przełomu Pienińskiego (Birkenmajer 1977, 1979).

W czasie późnej kredy, wskutek przemieszczania się względem siebie wielkich kier litosfery, podłoże basenu skałkowego było stopniowo wciągane (subdukowane) pod osadowo-magmowy egzotyczny grzbiet Andrusova, który wynurzył się u południowej krawędzi morskiego basenu skałkowego. Z okruchów jego skał, niszczonych pod działaniem erozji lądowej, powstały utwory fliszowe (piaskowce, łupki i zlepieńce), które kończą mezozoiczny cykl osadowy basenu skałkowego (Birkenmajer 1986a, b, 1988; Birkenmajer, Jednorowska 1987). W tym czasie szerokość basenu skałkowego ulegała stopniowej redukcji, a jego głębokość malała.

Z końcem okresu kredowego formacje osadowe o wieku triasowym, jurajskim i kredowym zostały oderwane od swego pierwotnego podłoża, sfałdowane i ponasuwane na siebie w kierunku od południa na północ. Utworzyły one płaszczowiny: haligowiecką (najbardziej południową), pienińską, braniską i niedzicką, które stłoczyły się na południowym skłonie podmorskiego grzbietu czorsztyńskiego nasuwając się na „autochtoniczne” osady jednostek czertezickiej i czorsztyńskiej. W wyniku nasuwania się grzbietu czorsztyńskiego na północną część fliszowego basenu magurskiego, powstała wąska strefa akrecyjna jednostki Grajcarcka, która w Małych Pieninach nasunęła się wstecznie na pas skałkowy (Birkenmajer 1970, 1979, 1986a, b, 1988).

W efekcie tych ruchów fałdowych i nasunięć płaszczowinowych, zachodzących na przełomie okresu kredowego i trzeciorzędowego, na miejscu szerokiego niegdyś na około 300 km skałkowego basenu morskiego powstał łańcuch górski o

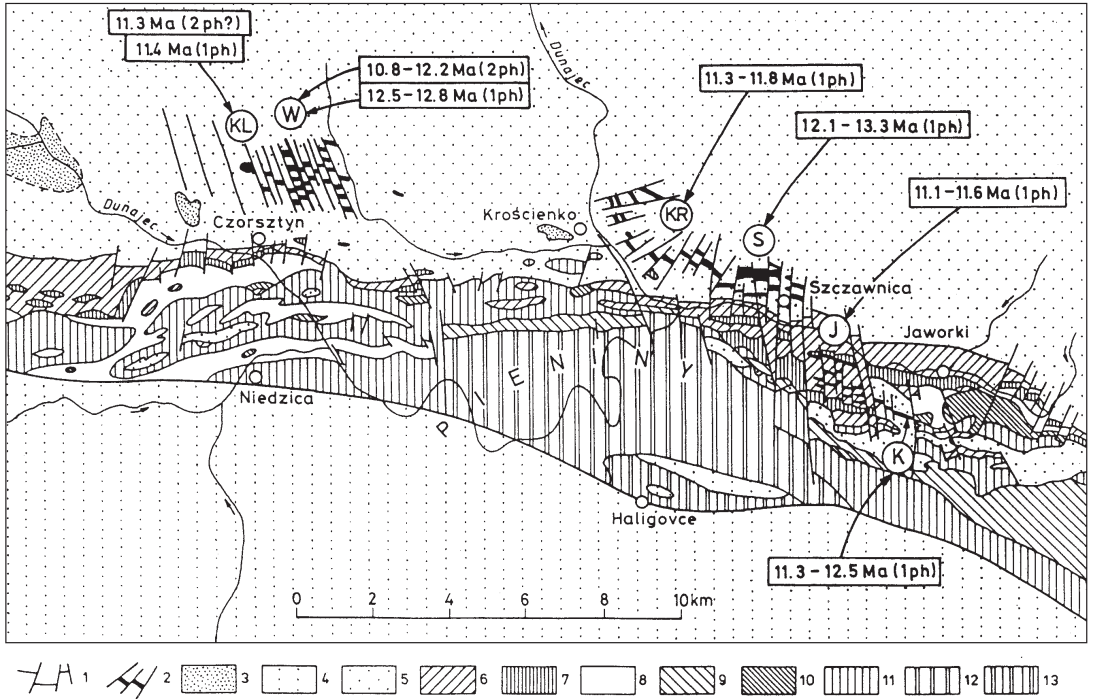
szerokości prawdopodobnie nie przekraczającej 30 km. Łańcuch ten był częściowo zniszczony przez erozję lądową już z początkiem trzeciorzędu, a następnie został w paleocenie zalany morzem ekspandującego ku południowi basenu fliszowego Karpat Zewnętrznych.

W ciągu starszego trzeciorzędu (ok. 60–28 mln lat temu) na sfałdowanej strukturze pienińskiego pasa skałkowego stanowiącego wówczas grzbiet podmorski, osadziły się utwory fliszowe o miąższości kilkuset metrów – dziesięć razy mniejszej niż w przyległym od północy morskim basenie magurskim i przyległym od południa morskim basenie podhalańskim (Birkenmajer, Oszczypko 1989; Gedl 2000).

Na przełomie epok oligoceńskiej i miocenińskiej (około 24 mln lat temu) lub w niższym miocenie (około 20 mln lat temu), pieniński pas skałkowy uległ powtórnemu sfałdowaniu w wyniku kolizji bloku centralnokarpackiego (słowackiego) z platformą północnoeuropejską. Górnokredowe płaszczowiny skałkowe zostały wówczas spiętrzone, tworząc pionowe lub obalone ku południowi fałdy i łuski. Masywne skały wapienne popękały na bloki przebijając bardziej plastyczne margle, łupki i utwory fliszowe. Po wypreparowaniu przez wietrzenie i erozję, tworzą one dziś skałki (Birkenmajer 1979, 1986a, b).

W czasie niższego miocenu, wskutek przemieszczania się względem siebie bloku centralnokarpackiego i spiętrzonych płaszczowin Karpat fliszowych, nastąpiły znaczne przesunięcia horyzontalne wzdłuż uskoków obrzeżających pieniński pas skałkowy od północy i południa (Birkenmajer 1983).

W środkowym miocenie (11–13 mln lat temu), wzdłuż północnego obrzeżenia pasa skałkowego powstał pieniński wulkaniczny łuk andezytowy (Birkenmajer 1996; Birkenmajer, Pécskay 1999, 2000a). Magma andezytowa wydostając się ze znacznej głębokości wykorzystywała wcześniejsze uskoki podłużne względem pasa skałkowego (andezyty pierwszej fazy), a następnie uskoki poprzeczne do pasa skałkowego (andezyty drugiej fazy), tworząc żyły zgodne (sille) i niezgodne (dajki) – Ryc. 2. Nie mamy dowodów na to, czy w rejonie Pienin magma ta wydostawała się na powierzchnię tworząc stratowulkany.



Ryc. 2. Rozmieszczenie środkowioceńskich (sarmackich) intruzji andezytowych pienięskiego łuku wulkanicznego i ich wiek radiometryczny K-Ar w mln. lat – Ma (Birkenmajer, Pécskay 2000a). 1ph – andezyty pierwszej fazy; 2ph – andezyty drugiej fazy; J – Jarmuta; K – Krupianka; KL – Kluszkowce; KR – Krościenko; S – Szczawnica; W – Wżar; 1 – uskoki mioceńskie; 2 – intruzje andezytowe; 3 – słodkowodne osady molassy trzeciorzędowej; 4 – paleogen wewnętrzno-karpaccy (flisz w zapadlisku Podhala; transgresywny paleogen w pasie skałkowym); 5 – paleogen magurski (płaszczyzna magurska; autochtoniczny paleogen w pasie skałkowym); 6, 7 – laramijska jednostka Grajcarek; 8–13 – tektoniczne jednostki pasa skałkowego: 8 – czorsztyńska; 9 – czertezicka; 10 – niedzicka; 11 – braniska; 12 – pienięska; 13 – haligowiecka.

Distribution of Middle Miocene (Sarmatian) andesite intrusions in the Pieniny Mts and their K-Ar ages, in Ma (Birkenmajer, Pécskay 2000a). 1ph – first phase andesites; 2ph – second phase andesites; J – Mt Jarmuta; K – Mt Krupianka; KL – Kluszkowce; KR – Krościenko; S – Szczawnica; W – Mt Wżar; 1 – Miocene fault system; 2 – Sarmatian andesite intrusions; 3 – fresh-water Neogene deposits; 4 – Inner-Carpathian Palaeogene (Podhale flysch in the Podhale depression; transgressive Palaeogene in the Pieniny Klippen Belt); 5 – Magura Palaeogene flysch (Magura Nappe; autochthonous Palaeogene in the Pieniny Klippen Belt); 6, 7 – Laramian Grajcarek Unit; 8–13 – tectonic units of the Pieniny Klippen Belt: 8 – Czorsztyń; 9 – Czertezik; 10 – Niedzica; 11 – Branisko; 12 – Pieniny; 13 – Haligowce.

W ciągu wyższego miocenu, pliocenu i czwartorzędu, gmach skałkowy ulegał powolnemu wypiętrzaniu, a meandrujące rzeki, które początkowo erodowały jego paleogeński nadkład fliszowy wciąły się wreszcie w skomplikowaną tektoniczną strukturę utworzoną ze skał mezozoicznych. Wykorzystywały one różnice w odporności na erozję twardych wapieni jurajsko-kredowych i bardziej podatnych na erozję margli, łupków i utworów fliszowych kredy i jury, dostosowywały się także do przebiegu trzeciorzędowych uskóków. W powstawaniu Przełomu Pienińskiego

prawdopodobnie dużą rolę odegrała także erozja wsteczna niektórych późnoneogeńskich rzek karpaccy (pra-Dunajca), która spowodowała przechwycenie (kaptaż) wcześniej utworzonego systemu rzeczno Podhala (Birkenmajer 1979).

AKTUALNE PROBLEMY GEOLOGICZNE PIENIN

Poniższy przegląd aktualnie opracowywanej problematyki geologicznej Pienin nawiązuje do wcześniejszego opracowania sprzed lat dziesięciu

(Birkenmajer 1992). Niektóre z wymienionych wówczas problemów zostały już rozwiązane, ale wiele z nich podlega dalszym badaniom przy pomocy coraz to bardziej wnikliwej nowoczesnej analizy. Bieżące badania geologiczne w Pieninach koncentrują się na następujących najważniejszych problemach (por. Birkenmajer, Krobicki 2001):

1. Opracowanie paleontologiczne morskich faun jury i dolnej kredy (amonity, belemnity, małże, ramienionogi), zwłaszcza najbogatszej w skamieniałości sukcesji czorsztyńskiej (Birkenmajer 1963; Birkenmajer, Myczyński 1984; Wierzbowski, Remane 1992; Krobicki 1994, 1996; Krobicki, Wierzbowski 1996; Wierzbowski i in. 1999), ponadto czertezickiej (por. Birkenmajer 1959b), niedzickiej (Birkenmajer, Myczyński 1984) braniskiej (por. Myczyński 1973) i pienińskiej (Birkenmajer, Myczyński 1994), oraz określenie na ich podstawie wieku osadów, w których one występują.
2. Opracowanie zespołów mikrofauny (otwornice, kalpionellidy, radiolarie) i mikroflory (nannoplankton wapienny, dinocysty), oraz określenie wieku skał, w których one występują, jak też charakterystyka mikrofacji i paleośrodowiska osadów jury i kredy przy uwzględnieniu organizmów bentonicznych i śladów ich działalności: Tyszka (1991, 1994a, b, 1997, 1999, 2001), M. Bąk (1993a, b, 1995, 1996a, b, 1999a, b); Tyszka, Kaminski (1995); K. Bąk (1995, 1998); K. Bąk i in. (1995); Birkenmajer, Tyszka (1996); M. Bąk, K. Bąk (1997); Szydło (1997); Jaworska (*in*: Wierzbowski i in. 1999). Ostatnio badania dinocyst jury i kredy rozpoczęli dr P. Gedl i dr E. Gedl (Kraków), natomiast kalpionellidów – prof. A. Pszczółkowski (Warszawa).
3. Określenie pozycji tektonicznej płaszczowiny haligowieckiej (Birkenmajer 1959a, 1977) – jej stosunku do jednostek skałkowych i tatrzańskich (Birkenmajer 2002).
4. Zbadanie petrografii egzotycznych skał magmowych, które występują na wtórnym złożu w zlepieńcach górnokredowych (Birkenmajer, Wieser 1990; Birkenmajer, Skupiński 1990) oraz ich wieku radiometrycznego metodą K-Ar (Birkenmajer, Pécskay 2000b). Badania te kontynuuje obecnie zespół polsko-węgierski, w skład którego – oprócz piszącego te słowa – wchodzi doc. M. W. Lorenc (Wrocław) i dr Z. Pécskay (Debrecen).
5. Opracowanie petrologii i geochemii oraz wieku radiometrycznego (K-Ar) andezytów pienińskiego łuku wulkanicznego (Birkenmajer, Pécskay 1999, 2000a; Trua i in. 2002);
6. Zbadanie wieku radiometrycznego (K-Ar), charakteru i sukcesji mineralizacji kruszcowej Góry Jarmuty w Małych Pieninach (por. Małkowski 1921, 1958; Wojciechowski, 1950, 1955). Badania te zostały podjęte w 2002 r. przez piszącego te słowa, wspólnie z prof. F. Molnárem (Budapest) i dr Z. Pécskayem (Debrecen).
7. Odtworzenie ewolucji wybranych struktur tektonicznych w obrębie Pienińskiego Parku Narodowego na podstawie szczegółowych zdjęć geologicznych w skali 1:500 i 1:2000 oraz materiałów wiertniczych – np. wzgórze zamku niedzickiego, Przełom Niedzicki (Birkenmajer 1998, 1999). Studia strukturalno-geologiczne w rejonie Jaworek w Małych Pieninach (Jurewicz 1994).
8. Opracowanie szczegółowej stratygrafii i wieku wybranych skał jurajskich i kredowych jednostki Grajcarka w Małych Pieninach na podstawie makro- i mikrofauny (por. Birkenmajer, Myczyński 1977; Birkenmajer, Tyszka 1996). Badania te są obecnie poszerzane o badania dinocyst przez dr E. Gedl i dr P. Gedla (Kraków).
9. Pieniński Park Narodowy posiadał dotychczas mapę geologiczną częściowo odkrytą w skali 1:10 000, autorstwa L. Horwitza (1963). Wobec gruntownej rewizji wieku skał tu występujących i ich przynależności do jednostek tektonicznych, jakie zostały dokonane od tego czasu (por. Birkenmajer 1977, 1979), mapa ta ma już dzisiaj wartość tylko historyczną. Opracowanie nowej mapy geologicznej tego obszaru w skali 1:5000 dla Dyrekcji Pienińskiego Parku Narodowego, przez piszącego te słowa, przy współpracy doc. F. Szymakowskiej-Birkenmajer, przewidziane jest na lata 2002–2005.

10. Przygotowanie monografii geologicznej Pienińskiego Parku Narodowego przez autora niniejszego artykułu, wraz ze szczegółowym objaśnieniem mapy geologicznej zakrytej w skali 1:5000 przewidywane jest na 2005 r.

PIŚMIENICTWO

- Bąk K. 1995. Trace fossils and ichnofabrics in the Upper Cretaceous red deep-water marly deposits of the Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. — *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **64**: 81–97.
- Bąk K. 1998. Foraminiferal biostratigraphy of the Upper Cretaceous red deep water deposits in the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. — *Stud. Geol. Pol.*, **111**: 7–92.
- Bąk M. 1993a. Micropalaeontological and statistical analyses of the Albian and Cenomanian deposits based on Radiolaria, Pieniny Klippen Belt, Carpathians. — *Bull. Pol. Acad. Sci.: Earth Sci.*, **41**(1): 13–22.
- Bąk M. 1993b. Late Albian – Early Cenomanian Radiolaria from the Czorsztyn Succession, Pieniny Klippen Belt, Carpathians. — *Stud. Geol. Pol.*, **102**: 177–207.
- Bąk M. 1995. Mid Cretaceous Radiolaria from the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. — *Cretac. Res.*, **16**: 1–23.
- Bąk M. 1996a. Cretaceous Radiolaria from the Niedzica Succession, Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. — *Acta Palaeont. Pol.*, **41**: 91–110.
- Bąk M. 1996b. Late Cretaceous radiolaria from the Czorsztyn Succession, Pieniny Klippen Belt Polish Carpathians. — *Stud. Geol. Pol.* **109**: 69–85.
- Bąk M. 1999a. Cretaceous radiolarian zonation in the Polish part of the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians). — *Geol. Carpath.*, **50**(1): 21–31.
- Bąk M. 1999b. Cretaceous radiolaria from the Pieniny Succession, Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. — *Stud. Geol. Pol.*, **115**: 91–115.
- Bąk M., Bąk K. 1999. Correlation of the early Albian-late Turonian radiolarian biozonation with planktonic and agglutinated foraminifera zonations in the Pieniny Klippen Belt (Polish Carpathians). — *Geodiversitas*, **21**(4): 527–537.
- Bąk K., Bąk M., Gasiński M. A., Jamiński J. 1995. Biostratigraphy of Albian to Turonian deep-water agglutinated foraminifera calibrated by planktonic foraminifera, Radiolaria, and dinoflagellate cysts in the Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. [W:] Kaminski M. A., Geroch S., Gasiński M. A. (red.), *Proceed. 4th Int. Wshop on Agglut. Foram. Kraków, Sep. 12–19, 1993.* — *Grzybowski Found. Spec. Publ.*, **3**: 13–27.
- Birkenmajer K. 1959a. Znaczenie Skalki Haligowieckiej dla geologii pienińskiego pasa skałkowego. — *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **39**(2): 73–88.
- Birkenmajer K. 1959b. Seria czerteziicka – nowa seria skałkowa Pienin. — *Acta Geol. Pol.*, **9**(4): 499–517.
- Birkenmajer K. 1963. Stratygrafia i paleogeografia serii czorszyńskiej pienińskiego pasa skałkowego Polski. — *Stud. Geol. Pol.*, **9**: 1–380.
- Birkenmajer K. 1970. Przedoceńskie struktury fałdowe w pienińskim pasie skałkowym Polski. — *Stud. Geol. Pol.*, **31**: 1–77.
- Birkenmajer K. 1977. Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. — *Stud. Geol. Pol.*, **45**: 1–159.
- Birkenmajer K. 1979. Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym. — *Wyd. Geol., Warszawa*, 237 s.
- Birkenmajer K. 1983. Uskoki przesuwcze w północnym obrzeżeniu pienińskiego pasa skałkowego w Polsce. — *Stud. Geol. Pol.*, **77**: 89–112.
- Birkenmajer K. 1986a. Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. — *Stud. Geol. Pol.*, **88**: 7–32.
- Birkenmajer K. 1986b. Zarys ewolucji geologicznej pienińskiego pasa skałkowego. — *Przegl. Geol.*, **6**(398): 293–304.
- Birkenmajer K. 1988. Exotic Andrusov Ridge: its role in plate-tectonic evolution of the West Carpathian Foldbelt. — *Stud. Geol. Pol.*, **91**: 7–37.
- Birkenmajer K. 1992. Przegląd problematyki geologicznej Pienińskiego Parku Narodowego. — *Pieniny – Przyr. Człow.*, **1**: 33–39.
- Birkenmajer K. 1996. Miocenijskie intruzje andezytowe rejonu Pienin: ich formy geologiczne i rozmieszczenie w świetle badań geologicznych i magnetycznych. — *Geologia (Kwart. AGH, Kraków)*, **22**(1): 15–25.
- Birkenmajer K. 1998. Tektonika wzgórza zamkowego w Niedzicy, pieniński pas skałkowy. — *Stud. Geol. Pol.*, **111**: 155–179.
- Birkenmajer K. 1999. Stages of structural evolution of the Niedzica Castle tectonic window, Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. — *Stud. Geol. Pol.*, **115**: 117–130.
- Birkenmajer K. 2002. Elementy strukturalne polskich Karpat a program głębokich wierceń. — *Przegl. Geol.*, **50**(2): 162.
- Birkenmajer K., Jednorowska, A. 1987. Late Cretaceous foraminiferal biostratigraphy of the Pieniny Klippen Belt (Carpathians, Poland). — *Stud. Geol. Pol.*, **92**: 7–28.
- Birkenmajer K., Krobicki M. (red.) 2001. 12th Meeting of the Association of European Geological Societies. Carpathian palaeogeography and geodynamics: a multidisciplinary approach. Kraków 13–15 Sep. 2001. Field Trip C. — *Pol. Geol. Soc., Assoc. Eur. Geol. Soc., Pol. Geol. Inst., Inst. Geol. Sci. Jagiell. Univ., Inst. Geol. Sci. (Cracow Res. Centre) Pol. Acad. Sci.*, ss. 95–210.
- Birkenmajer K., Myczyński R. 1977. Middle Jurassic deposits and fauna of the Magura Succession near Szlachtowa, Pieniny Klippen Belt (Carpathians). — *Acta Geol. Pol.*, **27**: 387–400.

- Birkenmajer K., Myczyński R. 1984. Fauna i wiek wapieni bulastych okolic Niedzicy i Jaworek (pieniński pas skałkowy). — Stud. Geol. Pol., **83**: 7–24.
- Birkenmajer K., Myczyński R. 1994. Pliensbachian (Early Jurassic) fauna from the Pieniny Klippen Belt, Carpathians (Poland): its stratigraphic and palaeogeographic position. — Bull. Pol. Acad. Sci.: Earth Sci., **42**(4): 223–245.
- Birkenmajer K., Oszczytko N. 1989. Cretaceous and Palaeogene lithostratigraphic units of the Magura Nappe, Krynica Subunit, Carpathians. — Ann. Soc. Geol. Pol., **59**: 117–153.
- Birkenmajer K., Pécskay Z. 1999. K-Ar dating of the Miocene andesite intrusions, Pieniny Mts, West Carpathians, Poland. — Bull. Pol. Acad. Sci.: Earth Sci., **47**(2–3): 155–169.
- Birkenmajer K., Pécskay Z. 2000a. K-Ar dating of the Miocene andesite intrusions, Pieniny Mts, West Carpathians, Poland. A supplement. — Stud. Geol. Pol., **117**: 7–25.
- Birkenmajer K., Pécskay Z. 2000b. Early Cretaceous K-Ar age of a large basalt olistolith at Biała Woda, Pieniny Klippen Belt, West Carpathians, Poland. — Stud. Geol. Pol., **117**: 27–35.
- Birkenmajer K., Skupiński A. 1990. O niektórych egzotykach wulkanicznych i plutonicznych z górnej kredy pienińskiego pasa skałkowego Polski. — Stud. Geol. Pol., **97**: 69–78.
- Birkenmajer K., Tyszką J. 1996. Palaeoenvironment and age of the Krzonowe Formation (marine Toarcian – Aalenian), Pieniny Klippen Belt, Carpathians. — Stud. Geol. Pol., **109**: 7–42.
- Birkenmajer K., Widz D. 1995. Biostratigraphy of Upper Jurassic radiolarites in the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. [W:] Baumgartner, P. O. i in. (red.), Middle Jurassic to Lower Cretaceous radiolaria of Tethys: occurrences, systematics, biochronology. — Mém. de Géologie, Lausanne, **23**: 889–896.
- Birkenmajer K. & Wieser T. 1990. Okrucy skał egzotycznych z osadów górnej kredy pienińskiego pasa skałkowego okolic Jaworek. — Stud. Geol. Pol., **97**: 7–67.
- Birkenmajer K., Kozur H., Mock R. 1990. Exotic Triassic pelagic limestone pebbles from the Pieniny Klippen Belt of Poland: a further evidence for Early Mesozoic rifting in West Carpathians. — Ann. Soc. Geol. Pol., **60**: 3–44.
- Gedl P. 2000. Biostratygrafia i paleośrodowisko paleogenu Podhala w świetle badań palinologicznych. Cz. I. — Stud. Geol. Pol., **117**: 69–154.
- Horwitz L. 1963. Budowa geologiczna Pienin (wyd. pośmiertne pod red. K. Birkenmajera). — Prace Inst. Geol., Warszawa, **38**: 1–152.
- Jurewicz E. 1994. Analiza strukturalna pienińskiego pasa skałkowego okolic Jaworek. — Stud. Geol. Pol., **106**: 7–87.
- Krobicki M. 1994. Stratigraphic significance and palaeoecology of the Tithonian-Berriasian brachiopods in the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. — Stud. Geol. Pol., **106**: 89–156.
- Krobicki M. 1996. Valanginian (Early Cretaceous) brachiopods of the Spisz Limestone Formation, Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians: their stratigraphic ranges and palaeoenvironment. — Stud. Geol. Pol., **109**: 87–102.
- Krobicki M., Wierzbowski A. 1996. New data on stratigraphy of the Spisz Limestone Formation (Valanginian) and the brachiopod succession in the lowermost Cretaceous of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. — Stud. Geol. Pol., **109**: 53–67.
- Małkowski S. 1921. Andezyty okolic Pienin. — Prace Pań. Inst. Geol., **1**: 3–67.
- Małkowski S. 1958. Przejawy wulkanizmu w dziejach geologicznych okolic Pienin. — Prace Muz. Ziemi, **1**: 11–55.
- Myczyński R. 1973. Stratygrafia jury środkowej serii braniczkiej okolic Czorsztyna, pieniński pas skałkowy. — Stud. Geol. Pol., **42**: 1–122.
- Szydło A. 1997. Wieki i paleośrodowisko małych otwornic utworów przedfliszowych kredy górnej grzbietu czorsztynskiego. — Biul. Pań. Inst. Geol., **376**: 75–92.
- Trua T., Birkenmajer K., Serri G., Pécskay Z. 2002. Petrography and geochemistry of Middle Miocene (Sarmatian) volcanic arc of the Pieniny Mts, West Carpathians. — Congr. Geol. Assoc. Carp.-Balkan., Bratislava 2002. Abstracts.
- Tyszką J. 1991. Palaeoenvironment of basinal Middle Jurassic carbonates, Pieniny Klippen Belt, Carpathians. — Bull. Pol. Acad. Sci.: Earth Sci., **39**(3): 231–251.
- Tyszką J. 1994a. Palaeoenvironmental implications from ichnological and microfaunal analyses of Bajocian spotty carbonates, Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. — Palaios, **9**: 175–187.
- Tyszką J. 1994b. Response of Middle Jurassic benthic foraminiferal morphogroups to dysoxic/anoxic conditions in the Pieniny Klippen Basin, Polish Carpathians. — Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., **110**: 55–81.
- Tyszką J. 1997. *Miliammina gerochi* n. sp. – a Middle Jurassic Rzehakiniid (Foraminiferida) from quasi-anaerobic biofacies. — Ann. Soc. Geol. Pol., **67**: 355–364.
- Tyszką J. 1999. Foraminiferal biozonation of the Early and Middle Jurassic in the Pieniny Klippen Belt (Carpathians). — Bull. Pol. Acad. Sci.: Earth Sci., **47**(1): 27–46.
- Tyszką J. 2001. Microfossil assemblages as bathymetric indicators of the Toarcian/Aalenian “Fleckenmergel”-facies in the Carpathian Pieniny Klippen Belt. — Geol. Carpath., **52**(3): 147–158.
- Tyszką J., Kaminski M. A. 1995. Factors controlling distribution of agglutinated foraminifera in Aalenian-Bajocian dysoxic facies (Pieniny Klippen Belt, Poland). [W:] Kaminski M. A., Geroch S., Gasiński M. A. (red.), Proceed. 4th Int. Wshop on Agglut. Foram. Kraków, Sept. 12–19. — Grzybowski Found. Spec. Publ., **3**: 271–291.
- Widz D. 1991. Les radiolaires du Jurassique supérieur des radiolarites de la zone des Klippes de Pieniny (Carpathes

- Occidentales, Pologne). — *Rev. Micropal.*, Paris, **34**(3): 231–260.
- Wierzbowski A. 1994. Late Middle Jurassic to earliest Cretaceous stratigraphy and microfacies of the Czorsztyn Succession in the Spisz area, Pieniny Klippen Belt, Poland. — *Acta Geol. Pol.*, **44**(3–4): 223–249.
- Wierzbowski A., Remane J. 1992. The ammonite and calpionellid stratigraphy of the Berriasian and lowermost Valanginian in the Pieniny Klippen Belt (Carpathians, Poland). — *Ecl. Geol. Helv.*, **85**(3): 871–891.
- Wierzbowski A., Jaworska M., Krobicki M. 1999. Jurassic (Upper Bajocian–lowest Oxfordian) ammonitico rosso facies in the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland: its fauna, age, microfacies and sedimentary environment. — *Stud. Geol. Pol.*, **115**: 7–74.
- Wojciechowski J. 1950. Złoto rodzime i minerały towarzyszące w żyłach kruszcowej pod Szczawnicą. — *Acta Geol. Pol.* **1**(2): 143–149.
- Wojciechowski J. 1955. O żyłach kruszcowych w okolicy Szczawnicy. — *Biul. Inst. Geol.*, **101**: 1–82.
- SUMMARY**
- The paper presents a review of geological problems under study in the Pieniny Mountains, part of the Pieniny Klippen Belt (West Carpathians), for the past decade, 1992–2001 (see the Reference list). The major projects include:
- Palaeontological and stratigraphic elaboration of marine faunas (ammonites, belemnites, bivalves, brachiopods) from fossil-rich Jurassic and Early Cretaceous strata;
 - Palaeontological and stratigraphic elaboration of microfossil assemblages (foraminifers, calpionellids, radiolarians, calcareous nannoplankton, dinocysts) from Jurassic and Cretaceous marine pelagic deposits, microfacies characteristics and palaeoenvironmental reconstruction based on benthic faunas and trace fossils;
 - Tectonic and structural-geological evolution studies in selected areas and tectonic units;
 - Petrographic elaboration and K-Ar dating of exotic magmatic rocks from Upper Cretaceous conglomerates;
 - Petrologic and geochemical studies, and K-Ar dating, of Miocene andesite intrusions (Pieniny volcanic arc) and related ore-bearing veins;
 - Stratigraphic and tectonic studies within the Grajcarek Unit (Laramian accretionary wedge in the Pieniny Klippen Belt); application of dinocyst assemblage analysis for age determination;
 - Detailed geological mapping, 1:5000 scale, area of National Park of the Pieniny Mts in Poland.