

Autoreferat

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Marta Bak

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Nauk Geologicznych

Od początku drogi naukowej głównym przedmiotem moich zainteresowań

badawczych są morskie organizmy planktoniczne, które wytwarzają szkielety z opalu. Swoje zaangażowanie badawcze poświęciłam przede wszystkim grupie pierwotniaków - promienic (Radiolaria), które znane są w zapisie kopalnym od kambru i również współcześnie stanowią istotny składnik ekosystemów morskich. Od początku swojej historii ewolucyjnej, te morskie heterotrofy budowały zróżnicowane morfologicznie szkielety o bardzo skomplikowanej budowie, które są trudne do identyfikacji nawet dla biologów, zajmujących się materiałem współczesnym. Organizmy te – o małych i skomplikowanych szkieletach – są bardzo trudnym materiałem badawczym, szczególnie w zapisie kopalnym. Dlatego promienie, choć ich analiza dostarcza ważnych informacji dotyczących określenia wieku skał, jak i warunków sedymentacji, są przedmiotem badań jedynie nielicznej grupy paleontologów na świecie. Gdy, jako studentka trzeciego roku studiów magisterskich wybrałam promienie za przedmiot moich dalszych zainteresowań, w Polsce badaniami promienie zajmowało się pięć osób. Obecnie jestem jedyną czynną zawodowo osobą, która pracuje nad tą grupą skamieniałości.

Charakterystyka osiągnięcia naukowego będącego podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Główne moje osiągnięcie naukowe (art. 16. ust.), uzyskane po osiągnięciu stopnia doktora i stanowiące znaczny wkład w rozwój geologii, w szczególności mikropaleontologia, zawarte jest w monografii mojego autorstwa: pt. *Tethyan radiolarians at the Cenomanian-Turonian Anoxic Event from the Apennines (Umbria-Marche) and the Outer Carpathians: palaeoecological and palaeoenvironmental implications* [Studia Geologica Polonica, vol. 134, 279 ss.]. Wyniki przedstawionych tam badań dotyczą zagadnienia dyskutowanego na łamach czasopism naukowych od co najmniej trzydziestu lat, tj. zagadnienia sedymentacji utworów o dużej zawartości materii organicznej, które miało miejsce w kredzie, na granicy cenomanu i turonu, około 92 miliony lat temu. Utwory tego typu, które są istotnym źródłem węglowodorów, są znane potocznie jako czarne łupki z globalnego, oceanicznego zdarzenia beztlennowego

(OAE2 – Oceanic Anoxic Event 2) i występują dość powszechnie w morskich i oceanicznych osadach kredowych, a szczególnie w utworach będących pozostałością dawnego oceanu Tetedy. Geneza tych wyjątkowych osadów nie została dotąd jednoznacznie ustalona. Wiadomo, że do ich powstania musiały przyczynić się warunki gorącego klimatu jaki panował w kredzie, a który z pewnością był sprzężony ze specyficzną cyrkulacją oceaniczną, która w efekcie spowodowała sedymentację tego typu osadów.

Impulsem do podjęcia badań związanych z wyjaśnieniem przyczyn i przebiegiem oceanicznego zdarzenia beztlenowego z granicy cenomanu i turonu, w oparciu o promienie, był dla mnie fakt, że nieomal jedyną grupą mikroskopiamiłości, obecną w utworach OAE2 są właśnie te pierwotniaki. W związku z tym uznałam, że to właśnie promienie mogą być kluczem do rozwikłania „zagadki” o przyczynach i warunkach powstania „czarnych łupków”. Gdy po raz pierwszy w 2003 roku pobierałam próbki do wstępnych badań z profilu kredowej platformy węglanowej w Umbrii (północne Apeniny), zespoły promienie z tych utworów były już znane i opisane w kilku publikacjach. Jednakże mimo to iż, kolejna praca na temat promieni, z tych samych utworów w Umbrii, ukazała się w 2007 roku problem, który moim zdaniem powinien zostać rozwiązany na bazie badań promienie, istniał dalej.

Głównym założeniem podjętych przeze mnie badań była konieczność analizy promienie w szerszym ujęciu, tj. nie tylko z „czarnych łupków” ale także z osadów otaczających. Założyłam również, że aby rozwiązać problem trzeba koniecznie poznać ekologię promienie kredowych, co dotąd nie było znane.

Przyjmując powyższe, wstępne założenia, przystąpiłam do badań utworów zachodniej Tetedy z dwóch obszarów: Umbrii – gdzie znajdował się profil „stratotypowy” w rejonie miejscowości Gubbio oraz w Karpat zewnętrznych (na Pogórzu Wielickim, w obrębie skał płaszczowiny śląskiej i podśląskiej), gdzie promienie występowały licznie w osadach zdarzenia OAE2.

Taksonomia promienie i analiza ich preferencji ekologicznych

Badania przedstawione we wspomnianej powyżej monografii (SGP, vol. 134, 279 ss.), rozpoczęłam od analizy mikropaleontologicznej zespołów promienie z utworów górnego cenomanu i dolnego turonu, z sześciu profili litologicznych we wskazanych powyżej obszarach. Oznaczyłam z nich zespoły, który obejmują 184 gatunki. Trzynaście spośród nich wyróżniłam jako nowe. Były to: *Diacanthocapsa archienens*, *D. dextra*, *D. perflaxa*, *D. ratiforma*, *Obeliscoites bifrons*, *Crolanium abstemius*, *C. enodis*, *Acaeniothyle bispina*, *Staurosphaerella octaspina*, *Dactyliosphaera andromeda*, *Paronaella perminus*, *Becus*

doryphoros i *Cretathanmus pharus*. Zespoły promienic zostały przy użyciu metod statystycznych podzielone na 25 podgrup, w obrębie 6 grup. Określiłam preferencje ekologiczne dla wyróżnionych grup promienic w oparciu o cechy (1) morfologii szkieletu i (2) zmienności wewnątrzgatunkowej, które zostały następnie przeanalizowane w odniesieniu do występowania danych gatunków w określonych typach mikrofacji. Przeprowadzona analiza mikrofacji badanych utworów, a w szczególności analiza zawartości składników biogenicznych takich jak pelety, kokolity oraz okrzemki, na tle opublikowanych danych o zawartości fosforu w osadzie, pozwoliły na interpretację zawartości składników pokarmowych oraz natlenienia wód w czasie sedymentacji badanych utworów. Zawartość peletów w tych osadach została uznana za wskaźnik aktywności zooplanktonu zarówno w wodach powierzchniowych jak i w mezopelagialie oraz jako czynnik wskazujący na podwyższoną zawartość fosforu w kolumnie wody; ich dobry stan zachowania świadczy o braku degradacji bakteriowej w warunkach bezlenowych. Występujące w badanych osadach laminy zawierające kokolity lub okrzemki zostały uznane za wskaźnik zawartości azotu w stosunku do krzemu w wodach powierzchniowych.

Biostratygrafia i korelacja biostratygraficzna

Pierwsze i ostatnie pojawienia się gatunków promienic w badanych utworach zostały skorelowane ze skalą chronostratygraficzną poprzez krzywą zawartości $\delta^{13}\text{C}$ dla tych utworów (dla osadów w jednostki śląskiej krzywa została uzupełniona o moje analizy). Ustalone w ten sposób zasięgi gatunków promienic posłużyły do wyróżnienia trzech poziomów stratygraficznych dla utworów Zachodniej Tetydy: *Hemicryptocapsa prepolychetra*, *Hemicryptocapsa polychetra*, *Alievium superbum* oraz podpoziomu *A. superbum* – *Xinus mcLaughlini*. Poziomy te zostały następnie skorelowane (również poprzez krzywą izotopową) z poziomami amonitowymi.

Promienice w odniesieniu do wymierania wokół granicy cenomanu i turonu

Uzyskane w tej pracy dane o zespołach promienic wskazują, że nie potwierdza się propagowane w literaturze wyobrażenie, iż większość wczesnokredowych gatunków tej grupy mikroskopianieności wymarło w związku z oceanicznym zdarzeniem bezlenowym OAE2, a nowe gatunki pojawiły się głównie po tym zdarzeniu. W pracy wykazałam, że zdecydowana większość spośród gatunków, które były dotychczas uznane za pojawiające się jako nowe po zdarzeniu OAE2, pojawiły się znacznie wcześniej, tj. w ciągu okresu 330 tysięcy lat poprzedzających okres uznany za moment wymierania na granicy cenomanu i turonu (c/t).

Szczegółowe dane liczbowe pokazują, że w okresie tym wymiarło zaledwie 5,9% gatunków, za to aż 13,7% pojawiło się po raz pierwszy. W obrębie poziomu Bonarelli (tj. w okresie z dominacją sedymentacji organicznej), 7,7% gatunków zanikło, a tylko 1,2% pojawiło się po raz pierwszy. W osadach powyżej poziomu Bonarelli, deponowanych w czasie 940 tysięcy lat po ustaniu OAE2 odnotowałam fakt wymarcia aż 23.2% spośród wszystkich oznaczonych gatunków w badanych zespołach. Uwagę zwraca fakt że, gatunki promienic, o których sądzono dotychczas, iż wymarły przed lub w czasie trwania OAE2 albo pojawiły się dopiero po jego zakończeniu, w rzeczywistości były w tym okresie gatunkami łazarzowymi.

Warunki zachowania promienic w osadzie

W pracy została także wskazana zależność pomiędzy możliwością zachowania się promienic w osadach kredowych, a stopniem wysycenia wody morskiej przez rozpuszczoną krzemionkę. A mianowicie, zawartość słabego kwasu krzemowego w wodzie, gdzie żyły promienice nie miała większego znaczenia dla ich rozwoju i liczebności populacji, a pośrednio do wzrostu ich zawartości w osadzie (tak jak to ma miejsce w przypadku okrzemek). Moje badania wskazują, że ilość promienic w osadzie zależy od zawartości krzemionki w wodach przydennych i porowych. Gdy są one przesycone w stosunku do krzemionki, to znacząco zwiększają szanse na późniejsze zachowanie się promienic w zapisie kopalnym. W przypadku osadów bogatych w materię organiczną, gdzie jednocześnie obserwuje się w nich bardzo liczne pelety, bogactwo promienic w osadzie jest związane także z tym, że w warunkach ograniczonej zawartości tlenu w wodzie promienice są chętnie zjadane przez obficie występujący tam zooplankton, a następnie „transportowane” w peletach na dno. Z kolei tam, gdzie w wodzie morskiej promienicom towarzyszą okrzemki, zakwitły okrzemek dostarczą do kolumny wody krzemionkę, która sprzyja zachowaniu szkieletów promienic w osadzie.

Zmienność zespołów promienic a zmiany środowiska wywołane przez OAE2

Kolejnym istotnym wnioskiem wypływającym z analizy zespołów promienic, przedstawionym w niniejszej pracy było wskazanie przyczyn zmienności warunków środowiskowych przed, w czasie i po OAE2, w odniesieniu do budżetu składników pokarmowych i ich dystrybucji w ówczesnych wodach oceanu Tetydy. W pracy wykazałam, że zespoły promienic zaczęły ulegać zmianom od co najmniej 330 tysięcy lat przed okresem sedymentacji osadów organicznych związanym z OAE2, jeszcze zanim nastąpiła jakakolwiek zmiana facji osadów i zanim na zmiany środowiskowe „odpowiedziały” zespoły otwornic. Z

tego okresu w zapisie kopalnym widać jedynie niewielki, ale stopniowy wzrost zawartości fosforu, za którym podążały zmiany zespołów promienic. Promienice wskazują, że był to okres gdy fosfor był sukcesywnie dostarczany do wód oceanicznych, gdzie jako składnik pokarmowy był wykorzystywany i przekazywany w łańcuchu troficznym pomiędzy różnymi grupami organizmów, trafiając częściowo do głębszych wód mezopelagialu, a następnie do osadu. Brak reakcji na podwyższoną zawartość fosforu w wodzie powierzchniowej (jej eutrofizację) ze strony innych organizmów, zinterpretowałam jako brak znaczącej wymiany fosforu pomiędzy wodami powierzchniowymi a mezopelagiałem. Sprzyjała ona gromadzeniu się nadwyżek fosforu w wodach głębszych w tym czasie. Na rozprzestrzenienie fosforu w kolumnie wody reagowały natomiast promienice, gdyż organizmy te żyły nie tylko w wodach powierzchniowych, ale zapewne także w wodach głębszych. W okresie pomiędzy 330 a 150 tysięcy lat przed początkiem sedymentacji utworów bogatych w materię organiczną, następowało dalsze gromadzenie nadwyżki składników pokarmowych w mezopelagiale oraz w osadzie. Skład zespołów promienic z tego okresu czasu wskazuje, że zaczęła wzrastać żyźność wód powierzchniowych. Stało się to prawdopodobnie na skutek wzmocnionej wymiany wód pomiędzy powierzchnią oceanu a mezopelagiałem, poprzez specyficzne komórki cyrkulacyjne (*ang. eddies*). Zmiany w zespołach promienic wskazują, że gdy poziom oceanu światowego był stosunkowo niski (środkowy cenoman), taki mechanizm cyrkulacji prowadził do gromadzenia się nadwyżki składników pokarmowych w mezopelagiale. Gdy zaś poziom oceanu światowego stopniowo wzrastał (późny cenoman), dostawała się do niego ilość składników z mezopelagialu w czasie pomiędzy 150 tysiącami lat przed sedymentacją utworów organicznych (poziom Bonarelli) oraz w początkowym okresie tej sedymentacji, doprowadziło do eutrofizacji znacznej części kolumny wód oceanicznych. Jednocześnie następowało stopniowe oczyszczanie mezopelagialu z nutrientów, co z kolei powodowało stopniowe wypadanie ich nadwyżki z obiegu i wiązanie ich w osadzie. Moment przełomowy dla trofizmu oceanu wyznacza w tym przypadku początek sedymentacji utworów górnej części poziomu Bonarelli, które są w znacznej mierze wzbogacone w krzemionkę.

Krzemionka ta pochodzi głównie z frustul okrzemek, których liczne pojawienie się w osadzie można interpretować jako znaczny stopień oczyszczenia wody z nadwyżek fosforu i rozwój organizmów zależnych od azotu (okrzemek). Proces oczyszczania oceanu trwał dalej aż do momentu zakończenia sedymentacji osadów organicznych („czarnych łupków”) i powrotu do stylu sedymentacji poprzedzającej OAE2. Jednakże zespoły promienic wskazują, że powrót do stanu sprzed okresu OAE2 następował jeszcze przez co najmniej 940 tysięcy lat po tym

zdarzeniu. Tyle bowiem czasu „trwał powrót” wszystkich gatunków łazarzowych spośród zespołów promienic, znanych sprzed OAE2.

Przedstawione powyżej wyniki moich badań, uważam za znaczący wkład wniesiony w rozwój dyscypliny naukowej, która jest przedmiotem mojej pracy zawodowej. Wyniki te są m.in. efektem moich kilkunastoletnich doświadczeń jako mikropaleontologa, zebranych w czasie rozwiązywania wielu różnych tematycznie badań nad promienicami i innymi organizmami o szkieletach krzemionkowych. Badania takie były prowadzone w geograficznie różnych obszarach (Karpaty i jego przedpole, Alpy, Himalaje, Ocean Atlantycki), a stratygraficznie dotyczyły osadów różnego wieku (od jury do paleogenu). Poniżej przedstawiam przedmiot tych badań i ich efekty.

Początek pracy naukowej

Pracę naukową nad promienicami kopalnymi rozpoczęłam od przygotowania **pracy magisterskiej** pod kierunkiem prof. M.A. Gasińskiego, nt.: *Analiza mikropaleontologiczna osadów albu i cenomanu w wybranych profilach pienńskiego pasa skałkowego w Polsce, na podstawie promienic (Radiolaria), którą złożyłam i obroniłam w 1992 roku*. Praca ta dotyczyła opracowania grupy mikroskamieniałości, która była dotąd bardzo słabo znana z utworów polskich Karpat. Czas przygotowywania pracy magisterskiej przypadł na okres jeszcze przed dobą powszechnego dostępu do internetowych baz publikacji, a prace o promienicach były często niedostępne w Polsce, z racji znikomego zainteresowania tą grupą mikroskamieniałości. Dlatego już na tym etapie zdobywałam wiedzę o promienicach poprzez kontakt z uznanymi specjalistami badającymi tą grupę pierwotniaków, prof. Paulianem Dumitricą, prof. Patrikiem De Weverem, prof. Hanną Górką oraz dr Ladislavą Ožvoldovą, korzystając z ich życzliwości i przesyłanych odbitek publikacji.

W swojej pracy magisterskiej po raz pierwszy w historii badań mikropaleontologicznych w pieniskim pasie skałkowym (pps), przedstawiałam analizę mikropaleontologiczną promienic kredowych w oparciu o wyróżnione 74 gatunki z utworów jednostki czorsztyńskiej polskiej części pps, wykorzystując do opracowania także metody statystyczne. Przedstawiłam opis systematyczny gatunków oraz analizę biostratygraficzną, zaliczając opisany zespół do poziomu promienicowego *Acaeniotyle umbilicata* Foreman (1975). Wyniki tych badań zostały opublikowane (Bak, 1993a, b) w pierwszym roku mojego

zatrudnienia w Zakładzie Paleozoologii Instytutu Nauk Geologicznych UJ na stanowisku asystenta.

Po rozpoczęciu pracy w ING UJ kontynuowałam badania promienic, w zakresie systematyki i stratygrafii z różnych obszarów i jednostek litostratygraficznych w Karpatach zewnętrznych i wewnętrznych, które w tym ujęciu, stanowiły nową dziedzinę badań.

Promienie kredowe w pienińskim pasie skałkowym i Karpatach zewnętrznych

Na wstępnym etapie prac rozszerzyłam zakres badań promienic prowadzonych w pienińskim pasie skałkowym z utworów albu i cenomanu jednostki czorsztyńskiej na osady od alpu do kampanu we wszystkich jednostkach polskiej części pienińskiego pasa skałkowego. Badania te realizowałam w ramach projektu badawczego (grant KBN 0058/PO4/93; 1993-1995) pt.: *Analiza mikropaleontologiczna osadów kredowych pienińskiego pasa skałkowego na podstawie promienic (Radiolaria)*, którego byłam kierownikiem. Stały się one również podstawą mojej **pracy doktorskiej** pt.: *Radiolarian assemblages and radiolarian biozonation of the Cretaceous deposits in the Polish part of the Pieniny Klippen Belt*, której promotorką była pani prof. Elżbieta Morcowa, a którą obroniłam 6 marca 1998 r. Efektem moich badań były publikacje, które weszły w skład rozprawy doktorskiej (Bak M., 1995; 1996a, b, c), pozostałe publikacje związane z tym tematem (Bak K., i in., 1995; Bak M., 1997a, 1999a, b; Bak M. i Bak K., 1997a, 1999) oraz 12 doniesień konferencyjnych w formie referatów i posterów (Bak K. i in., 1993; Bak M., 1994b, 1995b, 1995c, 1996d, 1997b, c, d; Bak K. i Bak M., 1994, 1996; Bak M. i Bak K., 1997b, c). Nowatorskim osiągnięciem tych badań było utworzenie **pierwszej biozonacji w oparciu o promienie** dla osadów od albu do turonu w pienińskim pasie skałkowym, na podstawie wygenerowanych statystycznie zespołów gatunków zwanych zespołami ujednoliczonymi (*ang.* Unitary Association – UA) (poziomy: *Holocryptocanium barbui*, *Hemicryptocapsa prepolihedra*, *Hemicryptocapsa polyhedra*, oraz podpoziomy poziomu *H. barbui*: *Stichomitra tosaensis*, *Squinabollum fossile*, *Thanarla pulchra* i *Obeliscoites maximus*).

W **badaniach taksonomicznych promienic** szczególną uwagę poświęcałam gatunkowi *Holocryptocanium barbui*, który występował w dotychczasowych opisach systematycznych jako odmiany *H. barbui barbui*, *H. barbui japonicum* lub jako gatunek *H. japonicum*. Bogaty materiał badawczy pochodzący z utworów pps pozwolił na stwierdzenie, że funkcjonujące w literaturze odmiany *H. barbui* oraz gatunek *H. japonicum* nie są efektem

odmienności biologicznej tych form, a są jedynie związane ze sposobem ich zachowania w osadzie. Prowadzona przeze mnie analiza przekrojów ścian szkieletów wykazała, że *H. barbui* ma ścianę kompletną a pozostałe odmiany są pozbawione zewnętrznych warstw przez procesy fosylizacyjne (Bak M. 1996b).

Równolegle z badaniami prowadzonymi do doktoratu rozpoczęłam badania mikropaleontologiczne w zakresie systematyki i biostratygrafii promienie z obszaru Karpat zewnętrznych, które zainicjował prof. Stanisław Geroch. Były to badania cenomańskich zespołów promienie z jednostki śląskiej na Pogórzu Przemyskim (Bak M., 1994).

Zespoły promienic, które współwystępowały z innymi mikroskamieniałościami w badanych osadach stwarzały możliwość dokładnej **korelacji biozonacji** promienicowej i biozonacji opartych na innych grupach organizmów. Korelacja poziomów w oparciu o otwornice aglutynujące, planktoniczne, promienie i dinocysty dla osadów od albu do turonu w pienińskim pasie skałkowym była dyskutowana w publikacji Bak K. i in. (1995), a korelacja poziomów promienicowych i otwornicowych (planktonicznych i bentonicznych aglutynujących) w utworach pps oraz Karpat zewnętrznych, z osadów od aptu do kampanu została przedstawiona w doniesieniu konferencyjnym (Bak M. i Bak K., 1997a).

Prace badawcze prowadzone w tym okresie wykazały, że promienie są niezwykle przydatne również w **interpretacjach paleoekologicznych**. W badanych utworach kredowych pienińskiego pasa skałkowego uwagę zwracał fakt występowania niektórych gatunków w postaci idealnie zachowanych szkieletów, gdzie opał pierwotnie budujący szkielet, został całkowicie zastąpiony pirytem. Ten fakt zainicjował wspólne badania z geochemikami, prof. Z. Sawłowiczem oraz dr P. Szczepanik, które wykazały, że ten szczególnie stan zachowania promienie może wskazywać na zachodzenie **procesu pirytyzacji jeszcze w kolumnie wody**, w warunkach niedostatku tlenu (Bak M. i Sawłowicz Z., 1997, 2000a, b, 2003; Szczepanik i in., 2004).

Promienie z utworów kredowych, oceanicznych zdarzeń beztlenowych (OAE)

Począwszy od lat osiemdziesiątych, promienie znane były w literaturze światowej jako doskonałe narzędzie do badań osadów oceanicznych zdarzeń beztlenowych (OAEs), o naturze globalnej. Jednakże w pracach prowadzonych w Polsce brakowało danych na ten temat poza pionierską pracą prof. M.A. Gasińskiego z utworów kredowych pienińskiego pasa skałkowego. Pierwsze, wstępne badania w oparciu o szczegółową analizę zespołów promienic w osadach zdarzenia beztlenowego na granicy cenomanu i turonu w pienińskim pasie

skalkowym oraz w jednostce śląskiej Karpat zewnętrznych zostały zaprezentowane w formie doniesień konferencyjnych w latach 1994-1998 (Bąk K. i Bąk M., 1994, 1996; Bąk M i Bąk K., 1997; Bąk M i in., 1998).

W 1997 r. rozpoczął prace badawcze w ramach dwuletniego projektu badawczego (grant KBN/0430/PO4/97/12) pt.: *Analiza mikropaleontologiczna i biostratygrafia tzw. warstw radiolariowych w utworach jednostki śląskiej Karpat zewnętrznych na podstawie promienia (Radiolaria)*. Badania na ten temat zostały zainicjowane przez prof. Tadeusza Wiesera, który analizując bentonity i tufty w Karpatach zewnętrznych zwrócił uwagę na ich współwystępowanie z utworami bogatymi w promienie. Wkrótce rozpoczął prace terenowe wspólnie z mgr Z. Paulem (PIG) i dr K. Bakiem (UP) opróbowując i opisując szczegółowo osady krzemionkowe z pogranicza cenomanu i turomu w jednostce śląskiej Karpat zewnętrznych, znane w dotychczasowej literaturze jako łupki radiolariowe. Prace te zaowocowały wyróżnieniem **nowej, formalnej jednostki litostratygraficznej Karpat**, formacji łupków radiolariowych z Barnasiówki (Bąk K. i in., 2001). Jednostka ta obejmuje serię kilkumetrowej miąższości turbidytów z przewagą zielonych i czarnymi łupkami hemipelagicznymi zawierającymi promienie, serię czarnych łupków organicznych (ok. 2.2 m miąższości; odpowiednik poziomu Bonarelli z północnych Apeninów) oraz nadścielające je dwa poziomy żelazisto-manganowe (10 cm i 2 cm), rozdzielone silnie skrzemionkowanymi pstrymi mułowcami z naskorupieniami tlenków Fe-Mn (ok. 0,6 m). Cała pstra seria jest wieku wczesnoturowskiego.

Badania promienie z granicy cenomanu i turomu (c/t) w jednostce śląskiej Karpat zewnętrznych były kontynuowane w jednostce podśląskiej, w odniesieniu do charakterystyki zespołów, biostratygrafi oraz gatunków promienie jako wskaźników granicy c/t. Wyniki tych badań były przedmiotem publikacji (Bąk M., 2004), gdzie zostały wyróżnione dwa lokalne poziomy stratygraficzne (*Holocryptocanium barbui* – *Holocryptocanium tuberculatum*; *Allevium superbum*) oraz wskazane dwa gatunki promienie (*A. superbum* i *Crucella cachensis*) jako wskaźnikowe dla osadów z granicy c/t. **Biozonacja promienicowa** dla tych utworów, skorelowana z poziomami opartymi na otwornicach i dinocystach była także prezentowana w formie komunikatów konferencyjnych (Bąk M. i in., 2000; Bąk M., 2002; Gedl E. i Bąk M., 2000).

Zapis oceanicznego zdarzenia cenomańsko-turowskiego oraz zdarzeń oceanicznych w późnym albie w zespołach promienie były również przedmiotem moich badań na obszarze **Tatr** (wspólnie z dr K. Bakiem). Najmłodsze osady jednostek wierzchowych tego obszaru, formacja margli z Zabijała, powinny taki zapis zawierać, ale dotychczas nieznana była nawet

ich ogólna stratygrafia, szczególnie w odniesieniu do najmłodszej serii marglisto-mulowcowej (ogniwo margli z Pisanej). Znajomość tetydzkich zespołów promienie z albu i cenomanu posłużyły mi do analizy zespołów z najmłodszych utworów jednostek wierzchowych Tatr, które razem z zespołami otwornic planktonicznych i bentosowych aglutynujących pozwoliły na stworzenie **lokalnej biostratygrafii**. Był to pierwszy okres badań, zakończony złożoną do druku publikacją (Bąk K. i Bąk M., 2011b, *po recenzjach*) i doniesieniami konferencyjnymi (Bąk K. i Bąk M., 2000, 2011). W drugim etapie, już rozpoczętym będzie prowadzona analiza zespołów pod kątem zapisu środkowo kredowych oceanicznych zdarzeń bezlenowych w sub-basenie tatrzańskim.

Promienie i igły gąbek z osadów globalnego oceanicznego zdarzenia bezlenowego (**OAE1a: *Selli Event***), które miało miejsce we wczesnym apcie badań w słowackiej części pieninńskiego pasa skałkowego, we współpracy z prof. Jozefem Michalikiem (Słowacka Akademia Nauk). Badania te były przedmiotem publikacji (Michalik i in. 2008) oraz były prezentowane na konferencji (Bąk M. 2004). Osady tego epizodu oceanicznego (formacja z Koňhory), to brązowe ilowce i czarne wzbogacone w materię organiczną łupki, wśród których występują laminowane łupki krzemionkowe z dużą zawartością promienie. Utwory te dokumentują epizod przerwy w sedymentacji węglanowej jaka miała miejsce we wczesnym apcie w związku z regresją, a następnie transgresją morską oraz z zachodzącymi wówczas zmianami klimatycznymi (oscylacje od okresów klimatu wilgotnego do suchego). Występujące w badanych utworach zespoły promienie zawierają formy należące aż do 75 gatunków. Wszystkie to formy ciepłolubne reprezentujące prowincję północnotetydzką. Zespół zawiera gatunki będące wskaźnikami okresowej wysokiej produktywności planktonu krzemionkowego w strefie fotycznej, wywołanej dostawą "żywnych" wód z głębszych stref, jak również gatunki wskazujące na okresy formowania się głębokiej termokliny w kolumnie wody. Badania horyzontu *Selli* w pps potwierdziły, że jest on okresem, gdzie nastąpiła znacząca **wymiana gatunków promienie** w związku z ich wymieraniem. Ponad połowa zespołu nie przetrwała zmian środowiskowych w tym okresie, zaś po zakończeniu tego epizodu pojawiło się aż 60% nowych gatunków. W badanych utworach zespołom promienie towarzyszą liczne **ity gąbek**. Zostały one zaklasyfikowane do grup *Lithistida* i *Hexactinellida*. Ich obecność wskazuje na depozycję badanych utworów na obszarze zewnętrznego szelfu w warunkach niskiego tempa sedymentacji.

Badania promienic z granicy kredy i paleogenu w Karpatach

Po uzyskaniu stopnia doktora rozszerzałam pole swojej działalności naukowej o badania zespołów promienic z utworów granicy kredy i paleogenu w **jednostce magurskiej Karpat zewnętrznych** (formacja solañska), w czeskiej części tej jednostki. Występują tam utwory dystalnego fliszu, z dużym udziałem osadów hemipelagicznych (profil Użgrun) zawierające kilkumetrowej miąższości serię osadów przejściowych od najwyższej kredy do paleogenu. Utwory te zostały przeanalizowane w oparciu o badania otwornic, nanoplanktonu wapiennego i promienic. Zidentyfikowany zespół promienic z interwału pomiędzy ostatnim pojawieniem się form nanoplanktonu wapiennego z masytchu, a pierwszym pojawieniem się paleoceńskiej otwornicy aglutynującej *Rzehakina fissistomata*, zawiera tam **46 gatunków nieznanych** dotąd z utworów Karpat. Dobrze zachowane, spityzowane szkielety promienic pozwoliły na opisanie dwóch nowych gatunków (*Gongylothorax maguraensis* Bak, *Lithocampe eminentis* Bak) i jednej nowej rodziny z grupy Nassellarii (rodzina Gongylothoracidae). Oznaczony zespół promienic, ze względu na skład gatunkowy, został skorelowany z poziomami promienicowymi wyróżnionymi w różnych rejonach świata, dla utworów najwyższego masytchu. Spośród nich, poziom *Amphipyndax tylotus* ma szeroki zasięg stratygraficznym, którego górną granicą przekracza granicę kredy i paleogenu (Bubik i in., 1998, 1999a, b; Bak M., 1998, 1999). Z kolei poziom *Lithomelissa hoplites*, po raz pierwszy wyróżniony w najwyższym masytchcie Karpat został skorelowany z poziomem otwornicowym *A. mayaroensis* oraz poziomem nanoplanktonowym *M. prinsii*. Na tym etapie badań autorki, wydaje się, że wielki **krzyżys biotyczny z tej granicy nie dotknął promienic**, chociaż mała ilość badanych prób z tego interwału nie pozwala na jednoznaczną ocenę tego zjawiska. Taki sam zespół promienic, w tej samej pozycji stratygraficznej został znaleziony i opisany podczas badań warstw inoceramowych w polskiej części jednostki magurskiej w Beskidzie Niskim, z odślonięcia w Szymbarku (Bak M., 1998; Bak M. i Bak K., 2000).

Promienice z osadów jurajskich platformy północnoeuropejskiej, Karpat i Alp

Kolejny kierunek badań rozpoczęły po uzyskaniu stopnia doktora obejmował badania promienic z osadów jurajskich, które zapoczątkowałam w 1999 roku współpracą z prof. Hanną Górką. Było to wspólne opracowanie zespołów promienic **dolnego oksfordu** z zielono szarych margli odsłaniających się w kamieniołomie Zalas na Jurze Krakowsko-Częstochowskiej (obszar południowej części **platformy zachodnioeuropejskiej**). Promienice

współwystępują tam z otwornicami bentosowymi i igłami gąbek. Stan zachowania promienic jest słaby; oznaczono 25 gatunków, wśród których dominują formy należące do spumellarii. Analiza statystyczna zespołów, wykonana na poziomie rodzajów pozwoliła wskazać pewne cechy paleoekologiczne. Przewaga form o szkielecie gąbczastym wskazuje na to, że zespoły były zdominowane przez taksony charakterystyczne dla wód chłodnych, płytkich i o zmniejszonym zasoleniu, wskazując na **borealny charakter fauny**. Niemniej jednak występują tam także gatunki typowe dla prowincji tetydzkiej, co oznacza, że badany obszar pozostawał również w strefie wpływu wód tetydzkich. Wynikiem powyższych badań są publikacje dotyczące zarówno biostratygrafii tych osadów jak i aspektów paleoekologicznych (Górka i Bąk M., 2000; Bąk M. i Górka, 2000).

W 1999 roku rozpoczęłam również (wspólnie z dr K. Bakiem) badania terenowe **radiolarytów jurajskich** w polskiej części **Tatr** oraz **pieninskiego pasa skalkowego**. U schyłku XX w., jurajskie promienie były przedmiotem badań prowadzonych w utworach pps, zarówno w słowackiej części (przez dr Ladislavę Ožvoldovą), jak i w polskiej części (przez dr Daniela Widzę). Impulsem do podjęcia ponownych badań nad promienicami jurajskimi tego obszaru była dyskutowana wśród mikropaleontologów podczas spotkania INTERRAD w Paryżu kwestia poprawności wydzielenia poziomów promienic na podstawie tzw. zespołów ujednoliconych (UA). Wiele badaczy nadal stosowało tą metodę, lecz pojawiające się nowe badania coraz bardziej ujawniały jej niedoskonałości. O trudnościach związanych z poziomami opartymi na UA przekonałam się, chcąc zastosować tą metodę do szerszej korelacji zespołów promienic w kredowych utworach Karpat. Problem polegał na tym, że biopozioimy w metodzie UA opierały się na wygenerowanych statystycznie zasięgach gatunków, które były znacznie dłuższe niż te rzeczywiste, co skutkowało długimi okresami czasu wskazywanymi przez poszczególne poziomy promienicowe, niezgodnościami, czy wręcz, w niektórych przypadkach odwróceniem kolejności poziomów. O ile w utworach kredowych istnieje możliwość skorelowania biozonacji opartej na promienicach z innymi biozonacjami, to w utworach jurajskich, gdzie wśród składników biogenicznych znacząco dominują promienie, taka możliwość zwykle nie istnieje. W tej sytuacji stało się dla mnie oczywiste jak istotne są nowe badania w tej dziedzinie, szczególnie w oparciu o inne ważne narzędzie do korelacji, za jakie uważam krzywą izotopową, opartą na izotopach stałych węgla. Dotychczas w tym temacie ukazały się pierwsze, wstępne wyniki badań w jednostce krizjańskiej (Bąk M., 2001). Opisany został zespół promienic z dolnej części zielonych i szarych radiolarytów zaliczonych do formacji z Sokolicy. Zespół ten, gdzie przeważają

spumellarie, określa wiek badanych utworów na **środkowy baton** i wskazuje, że dolna granica sedymentacji radiolarytów może być diachroniczna.

W 2009 roku rozpoczęłam badania promienic jurajskich również w innym geograficznie obszarze, tj. w utworach pelagicznych pasa skałkowego w Austrii (St. Veit **Klippen-Zone**, w tunelu Lainzer na zachód od Wiednia), w ramach współpracy z prof. Michaelem Wägreichen. Większość gatunków promienic należy do zespołów gómojurajskich. Badania te są nadal kontynuowane.

Promienice z utworów paleogeńskich w Karpatach

Pierwsze badania promienic paleogeńskich rozpoczęłam z inicjatywy prof. S. Gerocha, który przekazał mi do analizy materiał mikropaleontologiczny z łupków psutych **jednostki skolskiej**, pochodzący z odsonić w rejonie Dylągówki na Pogórzu Dynowskim (Bak M., 1995b). Bogaty zespół promienic **eoценu** współwystępujący w tych osadach z licznymi gatunkami otwornic, stał się przyczynkiem do rozszerzenia badań nad promienicami z tego horyzontu czasowego w zakresie interpretacji środowiska sedymentacji psutych łupków. W latach 1995-1997 prowadziłam w tym zakresie badania wspólnie z prof. S. Gerochem, dr K. Bakiem (UP) i dr M. Maneckim (AGH), które zostały podsumowane w publikacji (Bak K. i in., 1997).

W latach 2000-2005, kontynuowałam ten wątek badawczy w utworach **jednostki podśląskiej** Karpat zewnętrznych, odsłaniających się w oknie tektonicznym Wiśniowej. Zagadnienia te zostały przedstawione w dwóch doniesieniach konferencyjnych (Waskowska i in., 2001a, b) oraz późniejszych publikacjach (Bak M. i Barwicz-Piskorz, 2005, 2006). Wśród opisanych 43 gatunków promienic z tego obszaru, wskazujących na warunki tropikalne, zostały wyróżnione **trzy nowe gatunki**: *Amphisphaera subsilesianensis* Bak et Barwicz-Piskorz, *Buriella hamae* Bak et Barwicz-Piskorz oraz *Buriella spina* Bak et Barwicz-Piskorz. Cały zespół został zaliczony do **dolnococzeńskiego** poziomu *Phormocyrtis striata striata* Riedel i Sanfilippo (1987).

Badania promienic w odniesieniu do wieku kolizji płyty indyjskiej i azjatyckiej w Himalajach

Wspólnie z kolegami z Chin prowadziłam badania nad rozpoznaniem wieku i biostratygrafii skrzemionkowanych utworów (łupki krzemionkowe, wapienie rogowcowe i radiolaryty) w rejonie **Yarlung Zangbo w południowym Tybecie**, w strefie szwu

tektonicznego pomiędzy płytą azjatycką i indyjską. Analiza promienie pozwoliła na ustalenie jurajskiego i późnokredowego (kampańskiego) wieku najstarszej części wspomnianej strefy melanzu tektonicznego. Zespoły promienie, jako jedyny wskaźnik stratygraficzny, dostarczyły także informacji o wieku **najmłodszej, eoceńskiej części pryzmy akrecyjnej**, dostarczając nowych danych o czasie zanknięcia oceanu Tetydy na tym obszarze (dotyczy obszaru Saga w południowym Tybecie; Li i in. 2007). badania te wskazują, że głębokowodne warunki w tej części oceanu Tetydy trwały przynajmniej do wczesnego eocenu, a kolizja płyty indyjskiej z azjatycką musiała nastąpić po tym czasie.

Badania promienie w obszarach poza alpejskich

Wyniki badań z obszaru polskiej części Karpat, obejmujące zarówno problemy taksonomii, biostratygrafii promienie, jak i ich zastosowania do interpretacji środowiska były impulsem do rozszerzenia moich prac na obszar Masywu Czeskiego, a także północnej części Atlantyku (rejon Sztetlandów). Prace te, były wynikiem oferty złożonej ze strony pracowników naukowych z Czech (Czeska Służba Geologiczna, Oddział w Brnie i w Pradze) oraz z Wielkiej Brytanii (University College London). Badania te (częściowo zakończone i opublikowane) były prowadzone w latach 1996-1999, w ramach następujących tematów badawczych:

- 1/ Zespoły radiolarii z osadów kredy pozakarpackiej (**Masyw Czeski**, okolice Brezna) (wspólnie z dr S. Čechem). Z margli środkowo kredowych tego obszaru analizowałam zespoły promienie pod kątem biostratygraficznym. Pozwoliły one na sprezyzowanie wieku utworów na **cenoman**.
- 2/ Badania zespołów radiolariowych z wierceń na Oceanie Atlantycznym w rejonie **Sztetlandów – Oceanic Drilling Project** (wspólnie z dr M. A. Kaminskim). Stabo zachowany zespół promienie, z dominacją form spirytyzowanych wskazał, że osady z badanych wierceń, których wiek określono na późną kredę-paleogen, reprezentuje wyłącznie **kampan i dolny masttycht**.

Promienie jako narzędzie do rozwiązywania zagadnień tektonicznych

Promienie stały się również przydatne w badaniach silnie stektonizowanych utworów pienńskiego pasa skałkowego, gdzie razem z planktonem otwornicowym i dinocystami dały możliwość **interpretacji tektonicznej** łusek jednostki Grajcarcka i jednostki

czorszyńskiej w zachodniej części pps (rejon potoku Trawnego, k. Rogoźnika; Bak K. i in., 2000; Bak K. i in., 2005). Badania biostratygraficzne czarnych łupków i rozdzielających je pstrych margli i wapieni marglistych prowadzone w tym obszarze wskazały na istnienie wielu kilkunastocentymetrowych łusek tektonicznych. Zawierają one czarne łupki z granicy cenomanu i turonu bądź czarne łupki środkowo jurajskie. Obie serie łupków (makroskopowo nierozpoznawalne) przeładowane są z twardymi pstrymi utworami górnej kredy. Sytuacja tektoniczna i litologiczna tej strefy melanżu tektonicznego przypomina tę z rejonu Jaworek w pps (w potoku Szolnia), wokół której od kilkudziesięciu lat toczą się dyskusje nt. wieku tzw. „czarnego fliszu” (jurajski czy kredowy?). Wydaje się zatem, że promienie stały się w tym przypadku najlepszym narzędziem w rozstrzygnięciu tego typu sporów naukowych.

Inne organizmy o szkieletcie krzemionkowym i bakterie w cenomańskich spikulitach z obszaru Karpat

Badania utworów z granicy cenomanu i turonu w jednostkach śląskiej i podśląskiej Karpat skierowały moją uwagę na utwory krzemionkowe, bezpośrednio podścielające osady oceanicznego zdarzenia anoksyicznego (OAE2), tj. na **rogowce mikuszowickie** (najwyższa część warstw łgoeckich). Pierwszym krokiem w badaniach tych osadów było określenie ich wieku, co stało się możliwe przy wykorzystaniu zespołów promienic i otwornic. Wyniki badań stratygraficznych były prezentowane w publikacji (Bak M. i in., 2005) oraz jako doniesienie konferencyjne (Ciurej i Bak M., 2003). Drugim etapem badań nad rogowcami mikuszowickimi była analiza mikrofałcji, zespołów **igieł gąbek** oraz stanu zachowania składników biogenicznych. Pozwoliła ona na wstępną interpretację pochodzenia materiału biogenicznego w tych utworach, jako pochodzącego z **kopców gąbkowych** (*ang. mounds*), które wzrastały w tym czasie na obszarach środkowego i zewnętrznego szelfu, obreżającego basen śląski. Miało to miejsce w cenomanie. Ten temat badań jest nadal kontynuowany, ale był już przedmiotem publikacji (Bak M. i in., 2011) a także był prezentowany na konferencji międzynarodowej (Bak M. i in., 2005b).

Podczas badań mikrofałcji w serii rogowców mikuszowickich znalazłam dobrze zachowane ślady działalności życiowej **bakterii żelazowych** z grupy *Sphaerotilus* – *Leptothrix*. Występują one w postaci nikowatych struktur o owalnych przekrojach i średnicach nie przekraczających 10 mikrometrów. Struktury bakteryjne są widoczne w obrębie laminowanych powłok inkrustacyjnych, zbudowanych z tlenków i wodorotlenków żelaza, występujących na wapiennych szkieletach mikroorganizmów i klastach. Przekroje

szkieletów mikrofauny, w różnym stopniu zastąpione przez związki Fe pokazują, że ich rozwój rozpoczynał się od mikro-drażeń na powierzchniach skorupki, które zostały następnie wypełnione przez powłoki zbudowane ze związków Fe. Od zwartych powłok oddzielają się miejscami nitkowate struktury przypominające właśnie bakterie żelazowe. Obecność tych bakterii została wykorzystana do interpretacji pochodzenia materiału biogenicznego w rogowcach mikuszowickich (Bak M., 2004b; Bak M. i in., 2011).

Najbliższe plany badawcze

Moje dalsze plany badawcze dotyczą zagadnień z różnych geograficznie obszarów, których część została już rozpoczęta i obecnie pozostają na różnym etapie zaawansowania.

Dotyczy to:

1/ **Analiz zespołów promienie jurajskich z Tatr, pienińskiego pasa skałkowego oraz Alp.** Uważam, że potrzebne są nowe badania nad stratygrafią promienicową dla osadów jury z uwzględnieniem rzeczywistych zasięgów gatunków i skorelowaniem ich z krzywą izotopową węgla.

2/ **Preferencji ekologicznych zespołów promienie jurajskich.** Będzie to drugi kierunek badań, który zamierzam w tym przypadku rozpocząć. Promienie jurajskie mogą być też dobrym narzędziem do odtworzenia różnych cech paleośrodowiska w środkowej i późnej jurze. Zamierzam przetestować tę hipotezę w oparciu o zespoły z basenu tatrzańskiego i pienińskiego.

3/ **Analiz zespołów promienie z najmłodszych utworów serii osadowych w Tatrach (górna kreda).** Te temat będzie realizowany w ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, pod kątem zapisu środkowo kredowych oceanicznych zdarzeń beztlenowych w sub-basenie tatrzańskim.

4/ **Dokończenia rozpoczętych badań promienie z granicy kredy i paleogenu** w jednostce magurskiej Karpat. Stan ich zaawansowania jest wysoki, a kontynuacja badań będzie wiązała się z rozpoznaniem położenia w profilach osadów granicy k/p.

5/ **Kontynuowania badań taksonomicznych nad paleogeńskimi zespołami promienie z obszaru Tetydy i przylegających mórz epikontynentalnych.** Moje zamierzenia idą tutaj w kierunku przygotowania atlasu gatunków promienie paleogeńskich w oparciu o bogaty materiał dobrze zachowanych form, który już w znacznej części zgromadziłam.

Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych:

- A/ **Monografia** w języku angielskim (jako znaczące osiągnięcie naukowe będące podstawą rozpoczęcia postępowania habilitacyjnego) [Studia Geologica Polonica, vol. 134, 279 ss.];
- B/ **16** publikacji naukowych w języku angielskim (oraz jedna w druku) opublikowanych w czasopiśmie znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports* (JCR);
- C/ **19** publikacji naukowych w języku angielskim w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych innych niż w bazie JCR;
- D/ **12** komunikatów, rozszerzonych streszczeń i przewodników terenowych;
- E/ **50** doniesień konferencyjnych.
-

Ogólna liczba cytowań publikacji według bazy *Web of Science* – **138**.

(na dzień 01.12.2011)

Indeks Hirscha opublikowanych prac naukowych według bazy *Web of Science* – **6**.

(na dzień 01.12.2011)

01.12.2011

Marta Bętko