

Sedymentacja osadów węglonośnej sukcesji Górnośląskiego Zagłębia Węglowego: kierunki badań i aktualny stan wiedzy

Ryszard Gradziński*, Marek Doktor*, Artur Kędzior*



R. Gradziński

M. Doktor

A. Kędzior

Sedimentation of the coal-bearing succession in the Upper Silesia Coal Basin: research trends and the current state of knowledge. *Prz. Geol.*, 53: 734–741.

Summary. The coal-bearing succession in the Upper Silesia Coal Basin consists of molasse deposits filling a flexural foredeep basin. Analysis of lithofacies in cores from deep boreholes revealed the presence of depositional environments typical of alluvial plains and coastal (in a broad sense) environments. Accumulation compensated regional subsidence, so that general depositional surface remained nearly flat. The higher part of the succession was laid in fluvial systems, while the lower part mostly in fluvial systems and subordinately in complex coastal systems. Reconstruction of

depositional architecture has shown lateral variation in thickness and extent of individual lithosomes, and also pointed to the role of peat-compaction control in shaping their 3D geometry. Sedimentation was controlled by both autigenic and allogenic factors.

Key words: sedimentation, coal-bearing succession, Pennsylvanian, Upper Silesia, Poland

Badania węglonośnej sukcesji Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) mające wyraźnie sedymentologiczny aspekt zostały podjęte dopiero pod koniec lat sześćdziesiątych XX stulecia. Jednym z powodów tego był fakt, że dopiero w drugiej połowie owego stulecia zaznaczył się na świecie intensywny rozwój sedymentologii, prowadzący m.in. do w miarę wszechstronnego poznania środowisk depozycji osadów kontynentalnych i przybrzeżnych oraz działających w tych środowiskach procesów. Coraz liczniejsze publikacje z tego zakresu zawarte w literaturze światowej, dotyczące współczesnych i kopalnych osadów, dostarczyły dopiero podstaw umożliwiających sedymentologiczną interpretację węglonośnej sukcesji GZW. Z tego też powodu wcześniejsze poglądy na temat sedymentacji osadów omawianej sukcesji przeważnie wypowiedane były marginesowo i zazwyczaj miały charakter ogólnych przypuszczeń.

Zaznaczyć trzeba, że węglonośna sukcesja GZW jest obiektem trudnym do badań sedymentologicznych. Wynika to przede wszystkim z jej bardzo dużej miąższości, rozległości obszaru zagłębia, niemal całkowitego braku odsłoneń powierzchniowych oraz z fragmentaryczności odsłoneń w kopalniach. Z drugiej strony jednak rekompensowane jest to przez liczne i z reguły pełnordzeniowane wiercenia, których długie profile dostarczają danych na temat nastęstwa i zmienności osadów w pionie.

Niniejszy artykuł jest oparty na wynikach badań sedymentologicznych prowadzonych od początku lat siedemdziesiątych XX w. Ze względu na jego charakter i ograniczoną objętość, w tekście są cytowane jedynie wybrane publikacje oraz tylko niektóre, ważniejsze opracowania archiwalne, zamieszczone zaś ilustracje potraktowane są jako przykłady.

Omawiane badania były poświęcone zagadnieniom z różnych dziedzin sedymentologii, ale niejednokrotnie były wzajemnie ze sobą powiązane i często wspólnie dostarczały podstaw do szerszych wniosków. Dla większej przejrzystości artykułu staramy się owe rozmaite kierunki

badania omawiać oddzielnie. Posługujemy się też stratygraficznym podziałem sukcesji na warstwy i serie, w wersji wprowadzonej przez Dembowskiego (1972), z nieznaczными późniejszymi modyfikacjami.

Środowiska depozycji

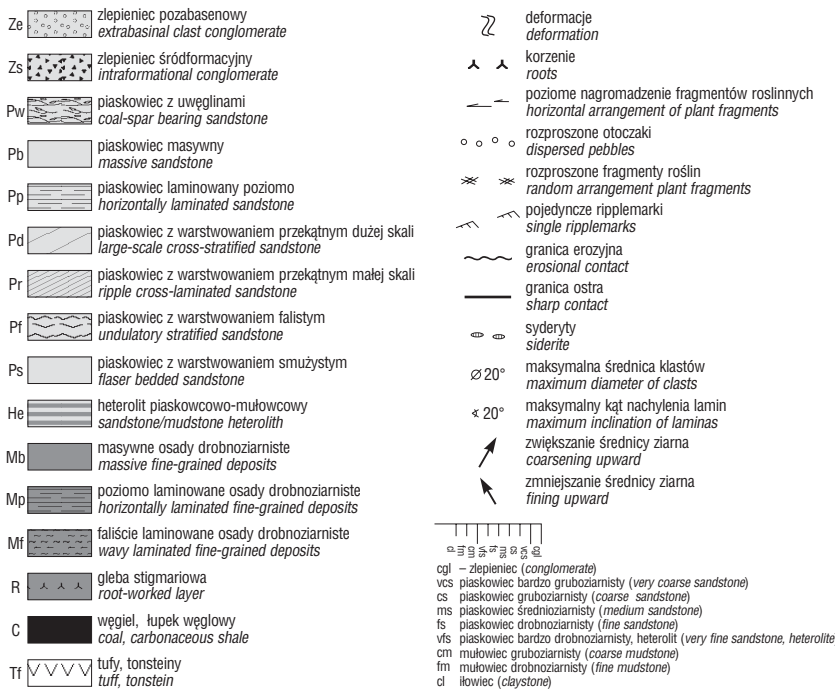
Podjętym omawianym w tym artykule badaniom sedymentologicznym uznano, że jednym z zagadnień o podstawowym znaczeniu jest rozpoznanie środowisk depozycyjnych, w których gromadzone były osady węglonośnej sukcesji GZW. W badaniach mających taki cel, główną metodą była sedymentologiczna analiza litofacyjna. Jej podstawę stanowiły przede wszystkim szczegółowe opisy i profile (1 : 100) sporządzane w aspekcie sedymentologicznym osobiście przez autorów (por. Radomski & Gradziński, 1978, 1980; Doktor & Gradziński, 1985; Gradziński i in., 1995). W ten sposób, głównie w latach 1969–1992, sprofilowano 29 otworów przebijających osady różnych jednostek stratygraficznych wydzielanych w sukcesji.

Podczas profilowania rdzeni wyróżniano zazwyczaj 15–17 litofacji (ryc. 1). Przyjmowany podział na litofacje był dostosowany do celów badań i był oparty na różnych kryteriach, głównie jednak na wybranych sedymentacyjnych cechach osadów, przede wszystkim na charakterystycznych strukturach depozycyjnych i ogólnie traktowanym uziarnieniu. W opisie i na profilach, obok litofacji, zaznaczano ponadto szereg dodatkowych cech, m.in. rodzaj kontaktów, obecność powierzchni erozyjnych, maksymalną średnicę klastów, kąt nachylenia lamin przekątnych, sposób ułożenia oraz charakter szczątków roślin itd.

Ze względu na to, że osady odrębnych litofacji powstawać nieraz mogły w różnych środowiskach w wyniku podobnego mechanizmu depozycji, rozpoznawanie poszczególnych środowisk i subśrodowisk opierało się na analizie sekwencji litofacji w dłuższych odcinkach profilu, wyróżnianiu charakterystycznych asocjacji litofacji i uwzględnianiu dodatkowych cech. Na tych podstawach oraz na porównaniach zaczerpniętych z literatury opierały się interpretacje środowisk.

Badania związane z tym nurtem dotyczyły osadów różnych jednostek stratygraficznych, początkowo jednak kon-

*Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, Ośrodek Badawczy w Krakowie, ul. Senacka 1, 31-002 Kraków; ndgradzi@cyf-kr.edu.pl



Ryc. 1. Litofacie i ważniejsze symbole graficzne cech sedimentacyjnych stosowane na profilach rdzeni w podziale 1 : 100

Fig. 1. Lithofacies and main graphic symbols of sedimentary features used in core logs 1 : 100

cetowały się na serii mułowcowej (Doktor & Gradziński, 1985) i krakowskiej serii piaskowcowej (Gradziński i in., 1995), obu złożonych wyłącznie z osadów środowisk lądowych. W przypadku pierwszej z tych serii, oprócz danych z wierceń, dodatkowo wykorzystano obserwacje z nielicznych odsłoneń powierzchniowych (cegielni). W serii mułowcowej rozpoznano osady następujących środowisk depozycyjnych: koryt rzecznych, glifów krewasowych, wałów przykorytowych, proksymalnej i dystalnej równi zalewowej oraz węglotwórczych torfowisk. Ze środowiskiem dystalnej równi zalewowej są związane, występujące podrzędnie, osady płytkich i stosunkowo krótkotrwałych zbiorników wodnych, rozwiniętych w basenach popowodziowych.

Osady koryt rzecznych w serii mułowcowej są reprezentowane przez dość grube pakiety piaskowcowe, zazwyczaj o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, zbudowane w przewadze z frakcji drobnoziarnistego piasku (ryc. 2A). Dominują w nich osady z warstwowaniem przekątnym dużej skali (litofacja Pd), genetycznie związane z migracją dużych riplemarków po dnie. Spąg pakietów z reguły ma cechy ostrego kontaktu, nieraz typu erozyjnego. W dolnej części pakietów pospolicie występują warstwy zlepnięcia śródformacyjnego (Zs), złożonego z klastów mułowcowych i z redeponowanych kongregacji syderytowych, a interpretowanego jako bruk korytowy; nierzadkie są też nagromadzenia dużych, uwęglonych fragmentów roślin (Pw). Wyjątkowo grube (do 5 m) takie nagromadzenie, złożone z leżących, napławionych pni, znaleziono w piaszczystych osadach wypełniających fragment wielkiego, erozyjnie wciętego koryta rzecznego, odsłonięty w ścianie cegielni w Czerwionce (Gradziński i in., 1982). W kilku z nielicznych odsłoneń powierzchniowych stwierdzono wielkoskalowe uławicenie nachylone typu *epsilon cross-stratification*, powstające wskutek late-

ralnego przyrostu osadów na wypukłym brzegu migrujących koryt (Doktor & Gradziński, 1985, fig. 7–9).

W serii mułowcowej, w najwyższych partiach pakietów osadów korytowych obserwuje się zazwyczaj generalne zmniejszanie się grubości ziarna, obecność drobnoziarnistych piaskowców z warstwowaniem przekątnym małej skali (Pr), a także wkładek heterolitów (He) oraz warstw mułowców różnych litofacji. Takie pakiety są interpretowane jako osady gromadzone na platformie odsypów meandrowych lub w obrębie wałów przykorytowych.

Niektóre, stosunkowo grube pakiety osadów korytowych wykazują cechy, które pozwalają je interpretować jako powstałe przez piętrowe nałożenie osadów kilku koryt.

Stosunkowo cienkie pakiety piaskowcowe (zwykle miąższości decymetrów lub niewielu metrów), przeważnie tworzące podrzędne wkładki wśród osadów drobnoziarnistych, wykazują zespół cech, który świadczy, że są to osady glifów krewasowych. Tworzą je piaskowce o ziarnie generalnie drobniejszym niż w osadach korytowych, głównie litofacji

Pr, rzadziej Pd i Pf, nierzadko z podrzędnymi wkładkami mułowców.

W osadach glifów, szczególnie tych, które nadścielają pokłady węgla, dość często obserwuje się stojące pnie kalamitów i sigilarii (por. Brzyski i in., 1976). Warunki umożliwiające pogrzebanie pni w pozycji wzrostu, nieraz do wysokości kilku metrów, Gradziński i Doktor (1995) tłumaczą znaczną kompaktacją świeżego torfu szybko pokrywanych klastycznymi osadami glifu (ryc. 3).

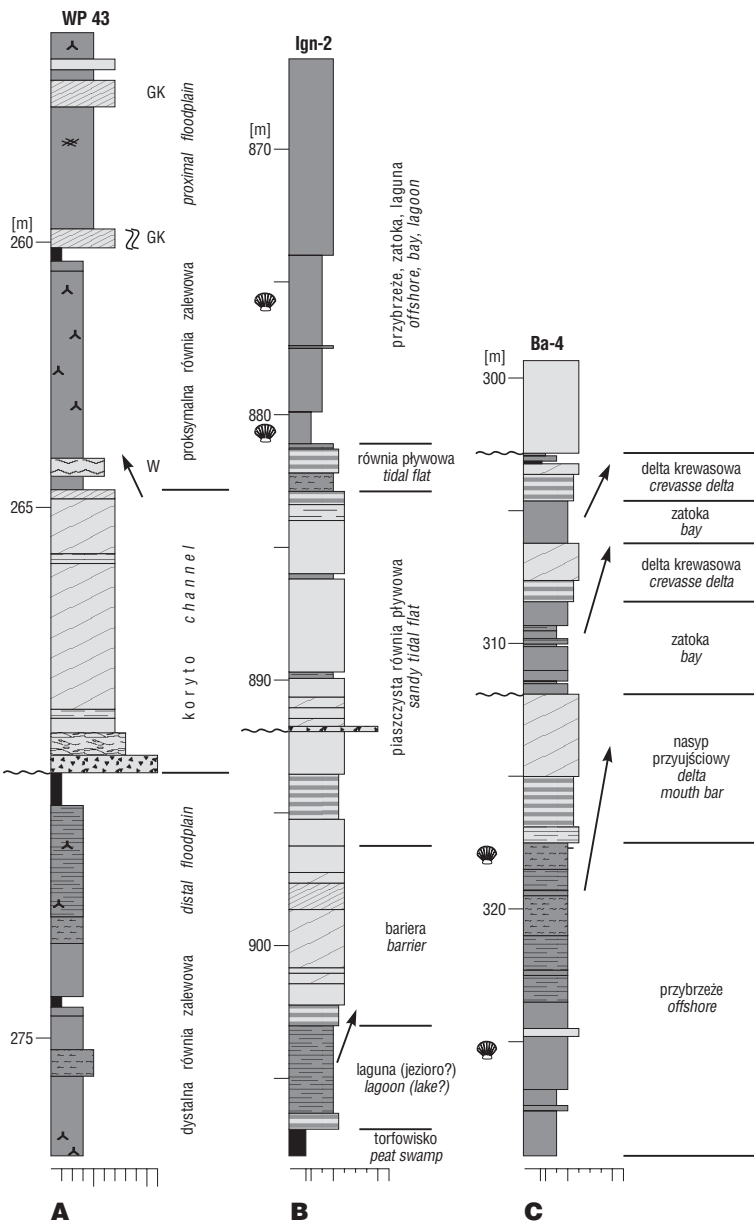
Drobnoziarniste osady serii mułowcowej rozwinięte są głównie jako mułowce i ogólnie interpretowane są jako osady obszarów pozakorytowych (por. ryc. 2A). Obecność w nich stosunkowo licznych wkładek osadów glifów krewasowych zdaje się wskazywać na środowisko proksymalnej równi zalewowej, zaś ich generalny brak — na środowisko równi dystalnej. Zaznaczyć trzeba, że grube nieraz pakiety mułowców pospolicie zawierają pojedyncze ślady korzeni; świadczy to o obecności roślinności w miejscu depozycji, a przeczy istnieniu głębszych i długotrwałych jezior. W sprzyjających warunkach, przede wszystkim przy radykalnym ograniczeniu dostawy materiału klastycznego z sieci koryt, na obszarach pozakorytowych rozwijały się węglotwórcze torfowiska.

Zebrane dane wskazują, że obszarem akumulacji osadów serii mułowcowej była rozległa, generalnie płaska równina aluwialna, konstruowana przez rzeki piaskodenne, transportujące jednak w przewadze materiał drobnoziarnisty. Były to rzeki kręte, najprawdopodobniej głównie typu meandrującego, a być może niekiedy również typu anastomozującego (ryc. 4B).

W krakowskiej serii piaskowcowej rozpoznano te same środowiska depozycyjne, jak w serii mułowcowej (por. ryc. 6). Serię tę cechuje jednak wyraźna dominacja piaskowców, przeważnie średnio i gruboziarnistych, zawierających miejscami domieszkę pozabasenu klastów. Piaskowce z reguły tworzą grube (rzędu kilkudziesięciu

metrów) pakiety, złożone głównie z naprzemianległych warstw litofacji Pd i Pb, z pojedynczymi wkładkami zlepieńców (Ze) lub smugami otoczków (por. ryc. 6). Pakiety takie wykazują cechy osadów, które gromadzone były w rozległych traktach koryt rzek roztokowych. Duża zazwyczaj miąższość pakietów interpretowana jest jako rezultat piętrowego nałożenia osadów szeregu generacji koryt.

Pakiety piaskowcowe są rozdzielone w profilu cieńszymi pakietami (interwałami) osadów drobnoziarnistych. W ich w obrębie pospolicie występują pokłady węgla, przy czym w niektórych pakietach pokłady węgla są elementem dominującym. Pakiety są interpretowane ogólnie jako gromadzone na obszarach pozakorytowych (por. ryc. 6).



Ryc. 2. Przykłady sekwencji litofacji i interpretacji środowisk depozycyjnych; A — seria mułowcowa, warstwy orzeskie, wg Doktora i Gradzińskiego (1985), nieco zmienione, GK — glif krewasowy, W — wał przykorytowy. B i C — seria paraliczna, fragmenty interwału morskiego Barbara, według Doktora i Gradzińskiego (1999), nieco zmienione; objaśnienia na ryc. 1

Fig. 2. Examples of lithofacies sequences and interpretation of depositional environments; A — Mudstone Series, Orzesze Beds, after Doktor and Gradziński (1985), slightly modified, GK — crevasse splay, W — natural levee. B and C — Paralic Series, parts of Barbara marine interval, after Doktor & Gradziński (1999), slightly modified; for explanation, see Fig. 1

Występujące w nich niekiedy cienkie wkładki piaskowców wykazują cechy osadów glifów krewasowych.

Z zebranych danych wynika, że osady omawianej serii były akumulowane na równinie aluwialnej formowanej przez dystalne, piaszczyste rzeki typu roztokowego (ryc. 4C). Można sądzić, że duże trakty korytowe tych rzek przypominały dolny odcinek współczesnej Brahmaputry i że cechowała je stosunkowo długotrwała stabilność, co sprzyjało powstawaniu grubych pakietów osadów korytowych. Poza traktami, na obszarach pozakorytowych, gromadzone były głównie osady drobnoziarniste, a w sprzyjających warunkach rozwijały się tam węglotwórcze torfowiska, macierzyste dla grubych nieraz pokładów węgla.

Natomiast w serii paralicznej tj. w niższej części sukcesji, obok przeważających tam osadów fluwialnych, występują podrzędnie osady związane genetycznie z ingresjami morskimi. Interwały złożone z takich osadów są określane potocznie jako poziomy lub horyzonty morskie, a ostatnio — jako interwały morskie. Zawierają one podrzędnie, zwykle niegrube (miąższości niewielu metrów) wkładki z fauną morską, w całości zaś cechuje je generalny brak pokładów węgla (co jednak nie jest absolutną regułą).

Analiza litofacjalna pozwoliła na wyróżnienie w obrębie interwałów morskich osadów szeregu różnych środowisk depozycyjnych, charakterystycznych dla szeroko pojmowanej strefy wybrzeża morskiego (Doktor & Gradziński, 1999). Należą do nich osady dalekiego i bliskiego przybrzeża, barier piaszczystych, plaży, lagun i zatok, równi pływowych, prodelty, nasypów przyujściowych deltowych koryt rozprzewadzających i delt krewasowych.

Jakkolwiek w interwałach morskich dominują osady drobnoziarniste, nierzadkie są też pakiety piaszczyste (ryc. 2B, C; ryc. 4A). Grubsze z nich, mierzące od kilku do kilkudziesięciu metrów, są genetycznie związane z trzema różnymi środowiskami. Osady piaszczystych, przyujściowych nasypów deltowych leżą z gradacyjnym przejściem na drobnoziarnistych osadach przybrzeża lub heterolitach prodelty; przejście to wyrażone jest generalnym grubieniem ziarna ku górze. Osady barier piaszczystych leżą z gradacyjnym przejściem na drobnoziarnistych osadach przybrzeża lub zatoki (laguny), ale bywają też oddzielone od nich ostrym kontaktem. W obrębie barier nierzadko obserwuje się pakiety litofacji Pd, które charakteryzuje niski kąt (ok. 10°) sedimentacyjnego nachylenia lamin przekątnych; takie pakiety interpretowane być mogą jako deponowane w obrębie piaszczystej plaży. Pakiety piaskowców deponowanych w środowisku deltowych koryt rozprzewadzających na obszarze równi deltowej z reguły zaczynają się w spągu ostrym kontaktem, a w górnej części zazwyczaj cechuje je generalne drobienie ziarna ku górze, podobnie jak w osadach koryt rzecznych.

Ze względu na ubóstwo cech diagnostycznych, z mniejszym na ogół stopniem prawdopodobieństwa identyfikowane mogą być osady gromadzone w innych środowiskach wybrzeża

morskiego. Sekwencje drobnoziarnistych osadów zatok i lagun nierzadko zawierają napławione szczątki roślin, a także pakiety osadów piaszczystych, wykazujące cechy podwodnych delt krewasowych. Drobnoziarniste osady dalekiego przybrzeża (płytkiego szelfu) tworzą sekwencje, nierzadko grube, złożone głównie z drobnoziarnistych mułowców oraz z ilowców; zwykle dominuje w nich litofacja Mb, choć pospolite są też litofacje Mp i Mf.

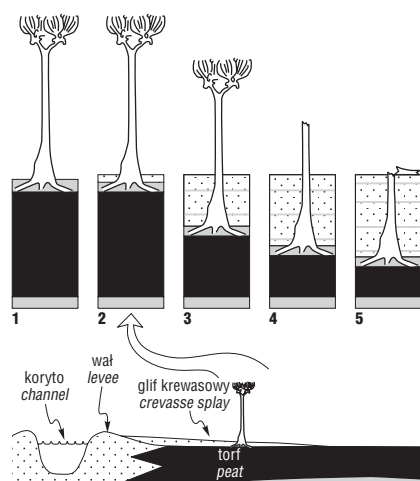
W niektórych interwałach morskich stwierdzono też obecność charakterystycznej asocjacji heterolitycznej (ryc. 2B), której cechy zdają się wskazywać na powstanie w środowisku piaszczystych lub mułowo-piaszczystych równi pływowych (Gradziński & Doktor, 1996).

Dodać też trzeba, że ze względu na podobieństwo procesów sedymentacyjnych, które działają na obszarze równi deltowej i na obszarze równiny aluwialnej, odróżnienie osadów tam gromadzonych napotyka na spore trudności.

Architektura depozycyjna

Innym nurtem o aspekcie sedymentologicznym były badania zmierzające do poznania architektury depozycyjnej tj. przestrzennej geometrii ciał osadów (litosomów), wynikającej z procesów sedymentacyjnych i kompaktacji, bez uwzględnienia efektów późniejszej, postsedymentacyjnej tektoniki. Pierwsze, fragmentaryczne obserwacje z tego zakresu wykorzystane były przy konstrukcji ogólnych modeli facjalnych (ryc. 4).

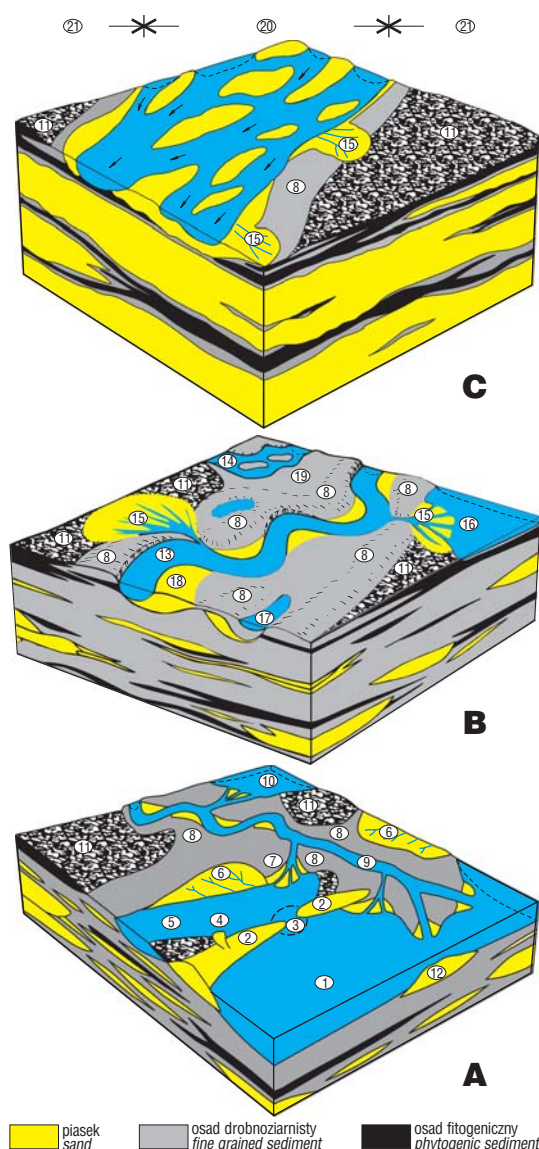
Szersze i bardziej szczegółowe badania zostały podjęte stosunkowo niedawno. Korzystano w nich niemal wyłącznie z obfitych, dokumentacyjnych materiałów archiwalnych przemysłu węglowego (profilów wierceń, kopalnianych przekrojów, map itp.) odpowiednio przetwarzanych. Omawiane badania zmierzały do przedstawienia przestrzennej geometrii ciał złożonych z głównych typów litologicznych osadów, tj. ciał piaszczystych (litosomów piaskowcowych), osadów drobnoziarnistych i pokładów węgla. W konstrukcji przekrojów obrazujących architekturę depozycyjną opierano się z konieczności na desygnowanych numerami pokładach węgla, jednak przy



Ryc. 3. Kolejne fazy pogrzebywania stojącego pnia przez osady glifu krewasowego, związane z postępującą kompaktacją niżejległego torfu; schemat bez skali, wg Gradzińskiego i Doktora (1995)

Fig. 3. Successive phases of upright stem burial by crevasse splay deposits, caused by compaction of underlying peat; scheme not to scale, after Gradziński and Doktor (1995)

uwzględnieniu późniejszych poprawek i zmian wynikających z eksploatacji górniczej w poszczególnych kopalniach; wybrane pokłady stanowiły główne poziomy odniesienia (ryc. 5).



Ryc. 4. Syntetyczne modele facjalne ilustrujące środowiska depozycyjne i ich osady; blokdiagramy bez skali. A — seria paraliczna; B — seria mułowcowa; C — krakowska seria piaskowcowa. 1 — morze, 2 — bariera, 3 — delta pływowa, 4 — stożek przelewowy, 5 — laguna, 6 — równia pływowa, 7 — delta krewasowa, 8 — wał przykorytowy, 9 — główne koryto rozprowadzające, 10 — zatoka, 11 — torfowisko, 12 — deltowy nasyp przyujściowy, 13 — rzeka meandrująca, 14 — rzeka anastomozująca, 15 — glif krewasowy, 16 — basen popowodziowy, 17 — starorzecze, 18 — łacha meandrowa, 19 — równia zalewowa, 20 — trakt koryt roztokowych, 21 — obszar pozakorytowy

Fig. 4. Synthetic facies models showing depositional environments and their deposits, blockdiagrams not to scale. A — Paralic Series, B — Mudstone Series, C — Kraków Sandstone Series. 1 — sea, 2 — barrier, 3 — tidal delta, 4 — washover fan, 5 — lagoon, 6 — tidal flat, 7 — crevasse delta, 8 — natural levee, 9 — main distributary channel, 10 — bay, 11 — peat bog, 12 — delta mouth bar, 13 — meandering river, 14 — anastomosing river, 15 — crevasse splay, 16 — flood basin, 17 — oxbow, 18 — point bar, 19 — floodplain, 20 — braided-channel belt, 21 — overbank area

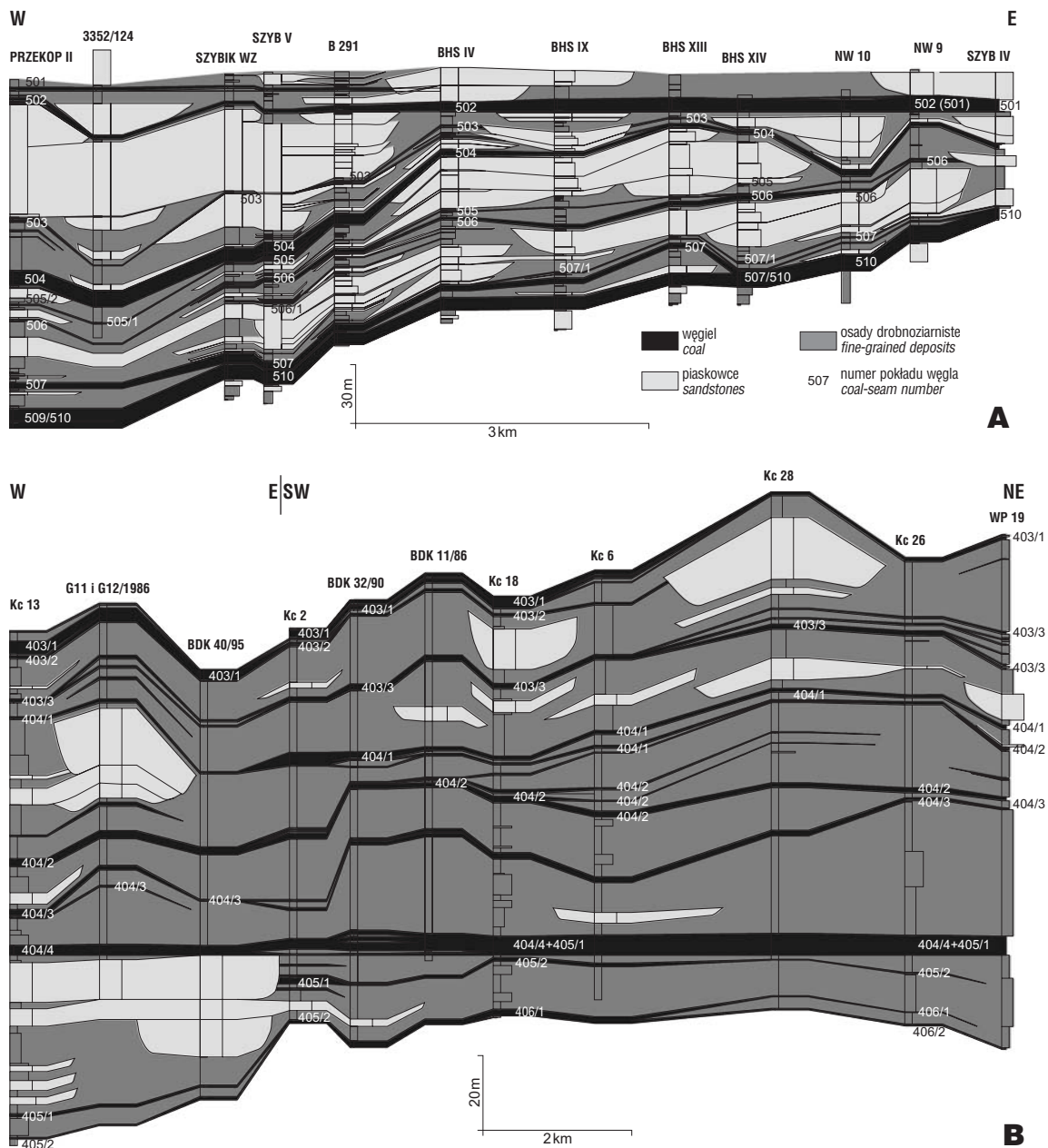
Z prac poświęconych głównie architekturze depozycyjnej najlepszych obecnie przykładów dostarczyły badania Kędziora (2001, 2003) poświęcone warstwom zabrzkim rejonu siodła głównego i obszarom przyległym (ryc. 5A). Należy zauważyć, że analiza skonstruowanych przez tego autora przekrojów dostarczyła pierwszych w GZW, przekonywujących dowodów na istnienie synsedymencyjnych uskoków.

Wyniki podobnych badań dotyczących krakowskiej serii piaskowcowej i serii mułowcowej (Doktor & Gmur, 1999; Doktor i in., 2004) nie zostały jeszcze opublikowane i mają charakter obszernych opracowań archiwalnych.

Ważnym elementem z zakresu architektury są obserwacje dotyczące geometrii pokładów węgla. Coraz więcej zebranych danych dowodzi, że większość pokładów węgla

wykazuje lateralne zmiany miąższości, a sporo pokładów cechuje mniej lub bardziej ograniczony zasięg lateralny, co wskazuje na płatowy charakter wielu pierwotnych torfowisk. Takiego charakteru pokładów dowodzą też skonstruowane mapy. Zjawiskiem pospolitym jest też rozszczepianie się pokładów. Zachodzi ono w różnej skali i bywa nieraz dobrze udokumentowane górnictwem eksploatacją pokładów. Rozszczepianie pokładów, w powiązaniu z wynikami analizy litofacjalnej, dowodzi współwystępowania różnych (korytowych i pozakorytowych) środowisk depozycji osadów klastycznych oraz środowisk depozycji osadów fitogenicznych tj. węglotwórczych torfowisk (ryc. 6).

Obserwowana pospolicie na skonstruowanych przekrojach (por. ryc. 5) nierównoległość granic litosomów jest



Ryc. 5. Fragmenty przekrojów obrazujących architekturę depozycyjną. A — górnośląska seria piaskowcowa, warstwy zabrskie, według Kędziora (2001); B — seria mułowcowa, warstwy załęskie, według Doktora i in. (2004)

Fig. 5. Fragments of cross-sections demonstrating depositional architecture. A — Upper Silesia Sandstone Series, Zabrze Beds, after Kędzior (2001); B — Mudstone Series, Załęże Beds, after Doktor et al. (2004)

w dużym stopniu wynikiem znacznych różnic w kompaktacji piaskowców, osadów drobnoziarnistych i osadów fitogenicznych (torfów).

Zastosowanie metod matematycznych

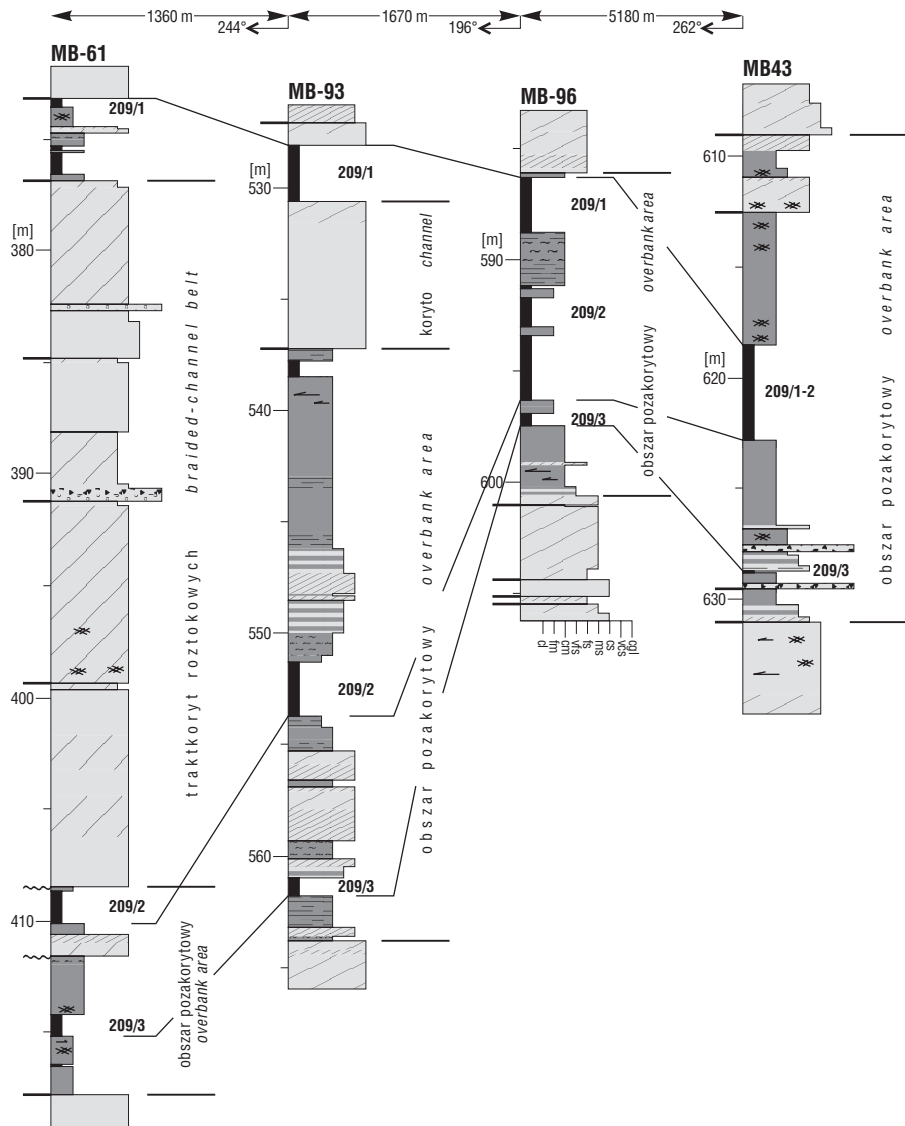
Wielokrotne powtarzanie się w profilu pionowym różnych litofacji i ich asocjacji skłoniło do zastosowania metod matematycznych w badaniach sedimentologicznych. Pierwsze takie próby podjęli Radomski i Gradziński (1978, 1979, 1980). Stosując procedury łańcuchów Markowa rozpoznali oni obecność uprzywilejowanych przejść pomiędzy wyróżnianymi litofacjami w profilach osadów serii lądowych i serii paralicznej, wyróżniając m.in. sekwencje modalne odrębne dla osadów korytowych i pozakorytowych.

W latach dziewięćdziesiątych metody matematyczne zostały zastosowane na szerszą skalę, z wykorzystaniem komputerów i programów, specjalnie skonstruowanych dla

badania sedimentologicznych (Doktor i in., 1995). Podstawą była komputerowa baza danych; początkowo objęła ona wszystkie wiercenia szczegółowo profilowane osobiście przez sedimentologów, a następnie była sukcesywnie rozszerzana odpowiednio przetwarzanymi materiałami archiwalnymi z innych źródeł. Szczególnie przydatne były profile głębokich wierceń wykonanych na terenie GZW w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych przez Instytut Geologiczny, bowiem ich opisy były sporządzane z uwzględnieniem wielu cech sedimentacyjnych.

Stosując wspomniane programy, konstruowano modalne i modelowe sekwencje litofacji dla osadów poszczególnych serii. Obecność takich sekwencji weryfikowano za pomocą jednego z programów. W osadach lądowych stwierdzono statystycznie istotną odrębność osadów korytowych i pozakorytowych, co wiązać można z powszechnością awulsji koryt rzecznych.

Obserwowana w seriach lądowych cykliczność generalnie odzwierciedla dominujący wpływ czynników auto-



Ryc. 6. Wielkoskalowe rozszczepienie pokładu węgla przez osady klastyczne; korelacja pokładów udokumentowana robotami górniczymi, wiercenia szczegółowo profilowane. Kopalnia Czczcott, według Gradzińskiego i in. (1995), nieco zmienione; objaśnienia na ryc. 1

Fig. 6. Large-scale splitting of coal seam by clastic sediments, documented by mining works, boreholes logged in detail. Czczcott mine, after Gradziński et al. (1995), slightly modified; for explanation, see Fig. 1

genicznych, typowych dla systemów fluwialnych. Statystyczna analiza pionowych zmian miąższości pakietów osadów korytowych, a także maksymalnej średnicy ziarna klastów pozabasenowych, wykazała obecność długokresowych trendów malejących i rosnących (Doktor i in., 1997). Trendy te wiązano z wpływem regionalnych czynników basenowych (subszydencją) i pozabasenowych (ruchy tektoniczne w obszarach źródłowych). Podobnego rodzaju badania nie potwierdziły też obecności sekwencji modalnych, które mogłyby reprezentować tzw. cyklometry węglowe.

Baza danych i programy komputerowe wykorzystywane też były w badaniach dotyczących budowy i rozwoju torfowisk w krakowskiej serii piaskowcowej i w serii mułowcowej (Doktor & Gmur, 1999; Doktor i in., 2004) oraz do konstrukcji map obrazujących lateralną zmienność wybranych interwałów, osadów podścielających i nadścielających pokłady węgla itd. (por. cytowane wyżej pozycje oraz prace Kędziora, 2001, 2003).

Inne kierunki badań

Kierunki transportu materiału klastycznego w obrębie basenu w istocie są ciągle zagadnieniem otwartym, pozostającym właściwie tylko w sferze przypuszczeń (por. Gradziński, 1982, fig. 3; Kotas, 1994, fig. 5). Wnioski wynikające z pomiarów kierunków warstwowania przekątnego (Gradziński i in., 1961) uznać trzeba, zdaniem Gradzińskiego (1980), za wątpliwe ze względu na bardzo małą liczbę pomiarów. Również wnioski wyciągane na podstawie zmian zawartości materiału gruboklastycznego na obszarze GZW w wybranych interwałach (Czekaj i in., 1964) uznać trzeba z wielu powodów za mało wiarygodne (Gradziński, 1980).

Wyjątkiem w zakresie rekonstrukcji kierunków transportu w basenie są stosunkowo wiarygodne dane dotyczące zlepieńca zameckiego, wskazujące na generalny transport z S ku N (Doktor & Gradziński, 1998).

Więcej danych wskazuje natomiast na usytuowanie obszarów źródłowych, z których materiał klastyczny był dostarczany do basenu sedymentacyjnego. Znajdowały się one głównie na zachód od basenu; przemawia za tym wnikliwa analiza egzotykowych klastów występujących w sukcesji (Paszowski i in., 1995) oraz badania składu mineralnego piaskowców (Świerczewska, 1995).

Badania sukcesji z punktu widzenia stratygrafii sekwencji były prowadzone przed kilkoma laty przez S. Porębskiego i dotyczyły głównie serii paralicznej. Ich wyniki nie zostały jednak do tej pory opublikowane.

Kmieciak i Knafel, przy okazji badań palinologicznych i petrologicznych wybranych pokładów węgla przedstawiły interpretację warunków, w jakich rozwijały się macierzyste torfowiska i tworzyły się różne odmiany węgla (Kmieciak & Knafel, 1983 i cytowana tam literatura).

Środowiskowa rekonstrukcja typów torfowisk, oparta na danych z dziedziny petrologii węgla, była następnie przedmiotem badań Gmura w odniesieniu do niektórych pokładów krakowskiej serii piaskowcowej i serii mułowcowej (Doktor & Gmur, 1999; Gmur & Kwiecińska, 2003; Doktor i in., 2004). Badania te pozwoliły na rozpoznanie udziału różnych typów torfowisk w powstawaniu pokładów węgla.

Podsumowanie

Basen (a ściślej — zachowana obecnie jego część), w którym były gromadzone osady omawianej sukcesji, wykazuje szereg cech typowych dla fleksuralnego basenu przedgórskiego wypełnianego osadami molasowymi, w tym generalne zmniejszanie się skali subszydencji w kierunku na zewnątrz od orogenu i dominację zasilania w materiał klastyczny z obszarów usytuowanych w obrębie szeroko pojmowanego orogenu. Subszydencja tektoniczna była kompensowana przez akumulację, a generalna powierzchnia depozycyjna była stosunkowo płaska.

W świetle wyróżnianych w literaturze głównych systemów depozycyjnych osadów terygenicznych ogólnie uznać można, że wyższa część węglonośnej sukcesji GZW jest reprezentowana wyłącznie przez systemy fluwialne, zróżnicowane jednak pod względem stylu tworzących je rzek, natomiast niższa część (tj. seria paraliczna) reprezentowana jest w przewadze przez różne systemy fluwialne, a tylko częściowo przez złożone systemy szeroko pojmowanego wybrzeża morskiego (Gradziński i in., 2004).

Nie ulega wątpliwości, że sedymentacja osadów węglonośnej sukcesji GZW zachodziła pod wspólnym wpływem zarówno czynników autogenicznych, jak i allogenicznych. Pospolicie obserwowana lateralna zmienność osadów jest efektem wpływu pierwszej grupy czynników, powodujących m.in. naturalną migrację istniejących w tym samym czasie środowisk depozycji, lub też ich nagłe przemieszczanie. W przypadku systemów fluwialnych, przemieszczanie takie było wynikiem awulsji koryt rzecznych. Awulsja była też głównym procesem, który prowadził do wyrównywania generalnej powierzchni depozycyjnej na równinach aluwialnych. W przypadku systemów wybrzeża morskiego, awulsja koryt zasilających delty była zapewne główną przyczyną tworzenia się nowych lobów deltowych, a zamierania opuszczonych, starych lobów. Do procesów związanych z czynnikami autogenicznymi zaliczyć też trzeba kompakcyjną subszydencję, przede wszystkim powodowaną bardzo znaczną kompakcją torfów.

Wpływ czynników allogenicznych wyrażał się przede wszystkim w tektonicznej subszydencji basenu i jej regionalnym zróżnicowaniu. Wyrażał się on też w obecności ingresji morskich, najprawdopodobniej związanych z eustatycznymi zmianami poziomu morza. Generalne różnice w stylu fluwialnych systemów depozycyjnych w wyższej części sukcesji były powodowane głównie zwiększoną dostawą materiału piaszczystego do basenu. Wiazać to należy z przyczynami pozabasenowymi (allogenicznymi), przede wszystkim z ruchami tektonicznymi w obszarach źródłowych, a być może również z długookresowymi zmianami klimatu.

Żadnego potwierdzenia nie znajduje dawna koncepcja, w myśl której sedymentacja osadów sukcesji, w zasadzie w skali całego basenu, zachodziła w bardzo wielu następujących po sobie odrębnych fazach tj. fazie depozycji piasków, fazie depozycji osadów drobnodziarnistych i fazie rozwoju torfowisk. Owa koncepcja m.in. wywarła duży wpływ na zasady numeracji pokładów węgla wprowadzonej z końcem lat czterdziestych XX w. (por. Gradziński, 1994). Z nią też wiązano nadzieje, że badania tzw. cyklometry węglowych dostarczą istotnych danych na temat procesów sedymentacji osadów sukcesji. Wspomnianą

koncepcję, choć z pewnymi modyfikacjami, przyjmowali jeszcze Unrug i Dembowski (1970).

Literatura

- BRZYSKI B., GRADZIŃSKI R. & KRZANOWSKA R. 1976 — Stojące pnie kalamitów w odsłonięciu cegielni Brynów i warunki ich pogrzebania. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 46: 159–182.
- CZEKAJ A., DEMBOWSKI Z., MOSZCZYŃSKA U., KUCHCIŃSKI J. & SIEWNIAK A. 1964 — Region górnośląski, utwory karbonu górnego, mapy miąższości i zawartości materiału gruboklastycznego oraz zawartości materiału fitogenicznego. *Inst. Geol.*
- DEMBOWSKI Z. 1972 — Ogólne dane o Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Pr. Inst. Geol.*, 61: 9–22.
- DEMBOWSKI Z. & UNRUG R. 1970 — Analiza statystyczna sedymentacji cyklicznej w warstwach łaziskich (Górnośląskie Zagłębie Węglowe). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 40: 63–110.
- DOKTOR M. & GMUR D. 1999 — Budowa i rozwój torfowisk w karbonie górnym w czasie sedymentacji krakowskiej serii piaskowcowej. *Arch. Inst. Nauk Geol. PAN, Warszawa.*
- DOKTOR M. & GRADZIŃSKI R. 1985 — Środowisko depozycji aluwialnych utworów węglonośnych serii mułowcowej (górnym karbon Zagłębia Górnośląskiego). *Stud. Geol. Pol.*, 82: 1–62.
- DOKTOR M. & GRADZIŃSKI R. 1998 — Sedymentacja zlepienca zameckiego. XXI Symp. Geol. Formacji Węglonośnych Polski. *Materiały. Kraków: 7–10.*
- DOKTOR M. & GRADZIŃSKI R. 1999 — Środowiska depozycyjne rozpoznane w serii paralicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Documenta Geonica 1999. Peres Publishers, Prague: 35–40.*
- DOKTOR M., GMUR D., KĘDZIOR A. & BUŁA Z. 2004 — Budowa i rozwój torfowisk w karbonie górnym w czasie sedymentacji serii mułowcowej. *Arch. Inst. Nauk Geol. PAN, Warszawa.*
- DOKTOR M., GRADZIŃSKI R., KALABIŃSKI J., SŁOMKA E. & SŁOMKA T. 1995 — Pakiet programów FACJE i jego zastosowanie do sedimentologicznej analizy litofacjalnej. II Krajowa Konf. Komputerowe Wspomaganie Badań Naukowych, Wrocław, *Mater. : 237–240.*
- DOKTOR M., GRADZIŃSKI R. & SŁOMKA T. 1997 — Cyclicity in Upper Carboniferous coal-bearing fluvial sediments: example from the Upper Silesia, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 157: 53–61.
- GMUR D. & KWIECIŃSKA B. 2002 — Facies analysis of coal seams from the Cracow Sandstone Series of the Upper Silesia Coal Basin, Poland. *Intern. Jour. Coal Geol.*, 52: 29–44.
- GRADZIŃSKI R. 1980 — Problem kierunków transportu materiału w utworach górnośląskiej serii węglonośnej. II Symp. Geologia Formacji Węglonośnych Polski, *Materiały. Inst. Surow. Energetycznych AGH: 28–29.*
- GRADZIŃSKI R. 1982 — Explanatory notes to the lithotectonic molasse profile of the Upper Silesian Basin (Upper Carboniferous–Lower Permian) (Comment to Anex 20). *Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde*, 66: 225–235.
- GRADZIŃSKI R. 1994 — O systemie numeracji pokładów węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Prz. Geol.*, 42: 347–348.
- GRADZIŃSKI R. & DOKTOR M. 1995 — Upright stems and their burial conditions in the coal-bearing Mudstone Series (Upper Carboniferous), Upper Silesia Coal Basin, Poland. *Stud. Geol. Pol.*, 108: 129–147.
- GRADZIŃSKI R. & DOKTOR M. 1996 — Heterolityczne osady pływowe w serii paralicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, 44: 1089–1094.
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M. & BRZYSKI B. 1982 — Accumulation of drifted logs and other plant debris in a Carboniferous channel at Czerwionka, Upper Silesia. *Acta Geol. Pol.*, 32: 69–81.
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M. & KĘDZIOR A. 2004 — Środowiska i systemy depozycyjne osadów górnokarbońskiej sukcesji węglonośnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. VIII Krajowe Spotkanie Sedymetologów, *Mater. Konf., Zakopane: 89.*
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M. & SŁOMKA T. 1995 — Depositional environments of the coal-bearing Cracow Sandstone Series (upper Westphalian), Upper Silesia, Poland. *Stud. Geol. Pol.*, 108: 149–170.
- GRADZIŃSKI R., RADOMSKI A. & UNRUG, R. 1961 — Kierunki transportu materiału klastycznego w górnym karbonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Kwart. Geol.*, 6: 17–38.
- KĘDZIOR A. 2001 — Identification of fluvial-channel tracts based on thickness analysis: Zabrze Beds (Namurian B) in the Main Anticline and Bytom-Dąbrowa Trough of Upper Silesia Coal Basin, Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 71: 21–34.
- KĘDZIOR A. 2003 — Architektura stratygraficzna warstw siodłowych (namur) w północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Arch. Inst. Nauk Geol. PAN, Warszawa.*
- KMIECIK H. & KNAFEL S. 1983 — Determination of the processes and conditions influencing the deposition and composition of coal. [In:] Bojkowski K. & Porzycki J. (eds.). *Geological problems of coal basins in Poland. Geol. Inst., Warsaw: 195–263.*
- KOTAS A. (ed.) 1994 — Coal-bed methane potential of the Upper Silesian Coal Basin, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 142: 1–81.
- PASZKOWSKI M., JACHOWICZ M., MICHALIK M., TELLER L., UCHMAN A. & URBANEK Z. 1995 — Composition, age and provenance of gravel-sized clasts from the Upper Carboniferous of the Upper Silesia Coal Basin (Poland). *Stud. Geol. Pol.*, 108: 45–127.
- RADOMSKI A. & GRADZIŃSKI R. 1978 — Lithologic sequences in the Upper Silesia Coal Measures (Upper Carboniferous, Poland). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 48: 193–210.
- RADOMSKI A. & GRADZIŃSKI R. 1979 — Sekwencje warstwowań w krakowskiej serii piaskowcowej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Geologia*, 5 (4): 25–30.
- RADOMSKI A. & GRADZIŃSKI R. 1980 — Facies sequences in the Upper Carboniferous alluvial coal-bearing deposits, Upper Silesia, Poland. *Stud. Geol. Pol.*, 68: 29–41.
- ŚWIERCZEWSKA A. 1995 — Composition and provenance of Carboniferous sandstones from the Upper Silesia Coal Basin (Poland). *Studia Geol. Pol.*, 108: 27–43.