

ŁUŻYCKO-LUBUSKI MASYW ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO I JEGO ZNACZENIE GOSPODARCZE

LUSATIA-LEBUS LIGNITE MASSIF AND ITS ECONOMIC IMPORTANCE

JACEK R. KASIŃSKI¹, ANDRZEJ SATERNUS¹, PAWEŁ URBAŃSKI¹

Abstrakt. Na obszarze Dolnych Łużyc i Ziemi Lubuskiej, w granicach Polski, Saksonii i Brandenburgii, na znacznej powierzchni rozciąga się obszar występowania węglonośnych utworów miocénskiej asocjacji brunatnowęglowej. W granicach Polski najważniejszym rejonem tego obszaru jest masyw złóż gubińskich, w skład którego wchodzi złóża Gubin, Gubin–Zasieki–Brody i Lubsko. Zasoby bilansowe złóż gubińskich wynoszą łącznie ponad 3 mld Mg. Węgiel ze złóż gubińskich jest w całości węglem energetycznym bardzo dobrej i dobrej jakości, a znaczna część jego zasobów spełnia także kryteria dla węgla brykietowego i wytłewnego. Złóża kompleksu gubińskiego są złożami wielopokładowymi, przy czym znaczenie gospodarcze mają jedynie II pokład łużycki i IV pokład dąbrowski. Pokłady węgla zapadają łagodnie ku wschodowi, a głębokość stropu bilansowych pokładów węgla zmienia się od około 80 m w zachodniej części złóża Gubin do ponad 95 m w złóżu Gubin–Zasieki–Brody. W tym samym kierunku rośnie też miąższość obu pokładów węgla, dlatego też najkorzystniejsze warunki geologiczno-górnictwa panują w centralnej części kompleksu. W tym samym obszarze jest zarazem przewidywany najniższy poziom konfliktu potencjalnej eksploatacji ze środowiskiem i dlatego ta część kompleksu wydaje się najbardziej wartościowa z punktu widzenia ewentualnego podjęcia działalności eksploatacyjnej. Generalnie kompleks złóż gubińskich jest uznawany za najbardziej wartościowy w Polsce i z tego powodu powinien być objęty rzeczywistą ochroną złóż oraz – ze względów ekonomicznych – chroniony przed rozwojem innego rodzaju działalności inwestycyjnej.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, złóża Gubin, złóża łużycko-lubuskie, miocen.

Abstract. A large area covered with the Miocene lignite-bearing association is located in the Lower Lusatia and Lebus area in the territory of Poland, Saxony and Brandenburg. In Poland, the Gubin lignite complex is most important in this region, consisting of three large deposits: Gubin, Gubin–Zasieki–Brody and Lubsko. Economic resources/reserves of these deposits are extremely high. More than 3 billion Mg of lignite have been calculated there. The whole coal volume may be used as a fuel for heat power plants and its substantial part fulfils also coal criteria for briquetting and low-temperature distillation. The deposits consist of a few lignite seams, but only two of them: the 2nd Lusatia Seam and the 4th Dąbrowa Seam display real economic significance. The coal seams slightly incline eastward and the depth to the coal top surface increases from ca. 80 m in the western part of the Gubin Deposits to more than 95 m in the Gubin–Zasieki–Brody Deposit. However, thickness of the coal seam increases in the same direction, and, therefore, the best geological/mining conditions are in the central part of the lignite complex. The lowermost conflict level between the environment and mining activity has been forecasted in the same area and, therefore this part of the complex looks the most valuable from the potential exploitation viewpoint. Summarizing, the Gubin lignite complex is concerned as the most valuable one in Poland and it should be placed under special deposit protection, preventing from any development of other ways of investment activity.

Key words: lignite, Gubin Deposit, Lusatia-Lebus deposits, Miocene.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny, Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; jacek.kasinski@pgi.gov.pl; andrzej.saternus@pgi.gov.pl; pawel.urbanski@pgi.gov.pl

WSTĘP

Obszar Dolnych Łużyc i Ziemi Lubuskiej, od Finsterwalde na zachodzie po Zieloną Górę na wschodzie i od Kostrzyna na północy po Hoyerswerde na południu, o powierzchni kilkunastu tysięcy kilometrów kwadratowych jest pokryty utworami miocenijskiej asocjacji brunatnowęglowej, wśród których występują liczne złoża węgla brunatnego.

Złoża te, eksploatowane po obu stronach granicy od niemal 200 lat, po drugiej wojnie światowej odgrywały (i po części odgrywają nadal) zasadniczą rolę dla gospodarki pali-

wowo-energetycznej byłej NRD, a następnie wschodnich landów Niemiec. Po polskiej stronie Nysy Łużyckiej złoża węgla nie były w tym rejonie nigdy eksploatowane na podobną skalę, ale ich potencjał złożowy jest ogromny. Wydaje się, że polska część tego obszaru, którego centralnym elementem jest kompleks złóż gubińskich, powinna być poważnie brana pod uwagę przy tworzeniu strategii zapewniającej bezpieczeństwo energetyczne kraju.

ZARYS HISTORII BADAŃ I ZAGOSPODAROWANIA ZIÓŻ

Pierwsze prace poszukiwawcze w rejonie złoża Gubin prowadzono już w XIX wieku przede wszystkim w strefach płytkiego występowania węgla brunatnego związanego ze strefą deformacji glacitektonicznych w okolicach Gubina i Lubuska oraz na południe od kompleksu złóż gubińskich, w silnie zdeformowanym glacitektonicznie obszarze łuku Mużakowa. Działalność górnicza rozpoczęła się na tym ostatnim obszarze już w 1845 r. (kopalnia Julius w Wolfshain) w związku z zapotrzebowaniem na paliwo do procesu ługowania alunu z wydobywanych tam wcześniej łupków alunowych (Kasiński, Piwocki, 2003; Kasiński, 2006). W kolejnych latach nowe kopalnie: Franz, Conrad, Providentia i Felix powstały w nowo odkrytych złożach węgla brunatnego koło Döbern. Od 1854 r. zaczęły powstawać kopalnie w polskiej części omawianego obszaru na sąsiadującym od południa z kompleksem złóż gubińskich złożem Babina (Illner, 1936), a w dalszych latach XIX stulecia wiele innych niewielkich podziemnych zakładów górniczych. Największą kopalnią w tym rejonie była kopalnia Babina z siedzibą w Bad Muskau (Arnim, Boelcke, 1978), która w 1937 r. wydobyla 225,5 tys. Mg węgla.

Od pierwszych lat XX wieku na obszarze złóż łuzyccko-lubuskich, głównie po zachodniej stronie doliny Nysy Łużyckiej, zaczęło rozwijać się górnictwo odkrywkowe. W ubiegłym stuleciu powstały tam liczne duże kopalnie w Brandenburgii i Saksonii (patrz fig. 1).

W samym kompleksie złóż gubińskich w latach 1850–1927 pracowało kilka niewielkich podziemnych kopalń węgla brunatnego (Żaba, 1977; Jaros, 1985). Badania prowadzone w okresie międzywojennym doprowadziły już przed drugą wojną światową do przybliżonego okonturowania pól węglowych i rozdzielających je kopalnych dolin erozyjnych w zachodniej części kompleksu złóż. W rejonie tym uruchomiono później także trzy kopalnie odkrywkowe: dwa duże zakłady po stronie niemieckiej: Cottbus Nord i Jänschwalde, które pracują do dnia dzisiejszego, i niewielką kopalnię Przyjaźń Narodów na złożu Babina w Polsce.

W latach 1957–1958 Państwowy Instytut Geologiczny podjął na obszarze kompleksu złóż gubińskich prace wiertnicze, których wyniki posłużyły sporządzeniu pierwszej dokumentacji geologicznej złoża w kategorii C (Ciuk i in., 1960). W ramach realizacji kolejnych projektów z lat 1958–1959 dalsze prace na złożu prowadziło Przedsiębior-

stwo Geologiczne we Wrocławiu, które w 1961 r. opracowało następną dokumentację złoża (Grzybowska-Hac, 1961). W kolejnych latach na obszarze złoża Gubin prowadzono dalsze prace geologiczno-rozpoznawcze, na podstawie wyników których w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu powstała w 1969 r. kompleksowa dokumentacja geologiczna złoża w kategorii C, C i B (Jędrzejczak i in., 1969), która została zatwierdzona przez Prezesa Centralnego Urzędu Geologii.

W 1964 r. w rejonie Brody–Jasienica, w sąsiedztwie bilansowego otworu Marianka 81/38, odwierconego w 1959 r., przeprowadzono prace poszukiwawcze mające okonturować płytkie wystąpienie węgla. Mimo wykonania nowych otworów w pobliżu otworu Marianka 81/38, nie natrafiono w nich na węgiel brunatny (Gacek, 1965).

W latach 1984–1984 na obszarze położonym na południowy wschód i południe od złoża Gubin Kombinat Geologiczny Zachód w Wrocławiu przeprowadził prace geologiczno-rozpoznawcze, które doprowadziły do udokumentowania dwóch kolejnych złóż w kategorii D: Lubsko (Marciniak, Pudło, 1986) i na NE od Mostów (Różycki, 1988).

Rezultatem realizacji trzech kolejnych projektów było wykonane w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu opracowanie dotyczące pól złożowych Mielno–Brzozów, Sadzarzewice i Węgliny (Różycki, 1992). Do sporządzenia opracowania wykorzystano dane z 547 otworów wiertniczych o łącznym metrażu 66 298,0 m. Opracowanie nie zostało przedłożone do zatwierdzenia.

Ostatni, jak dotychczas, etap prac geologiczno-rozpoznawczych w kompleksie złóż gubińskich miał na celu poszerzenie złoża Gubin w kierunku północnym, wschodnim i południowym, ponieważ znaczna część granic złoża przebiegała po otworach bilansowych, a jego otoczenie nie było dotychczas rozpoznane. W wyniku prac prowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny w latach 1987–1989 stwierdzono na znacznych obszarach, określonych jako złożo Gubin–Zasieki–Brody, występowanie dwóch pokładów węgla brunatnego, stanowiących kontynuację pokładów złoża Gubin, oraz zbadano połączenie złóż Gubin, Lubsko i na NE od Mostów. Ze względu na niską kategorię rozpoznania (kategoria D) prace zakończono sprawozdaniem (Dyłał, 1993), którego nie przedłożono do zatwierdzenia.

BUDOWA GEOLOGICZNA

Kompleks gubińskich złóż węgla brunatnego leży na obszarze zachodniej części monokliny przedsudeckiej, na peryklinie Żar (Piwocki, 1995).

Na przeważającej części obu złóż, w ich południowo-wschodniej części, w podłożu osadów kenozoicznych występują utwory triasu, wykształcone w postaci wapieni marglistych i łupków wapienia muszlowego oraz piaskowców i iłowców z przewarstwieniami anhydrytów i dolomitów kajpru. W północno-wschodniej części złóż, na ograniczonym obszarze, w spągu osadów paleogeńskich występują utwory kredy, wykształcone w postaci wapieni i margli z fauną, reprezentujące cenoman i turon. Strop podłoża ma powierzchnię względnie płaską i znajduje się na głębokości około 170–270 m (średnio 210 m), a jego rzędne wynoszą od –110 do –85 m n.p.m. (średnio –105 m n.p.m.).

Najstarszymi osadami kenozoicznymi na omawianym obszarze są osady paleogenu, zaliczane do oligocenu dolnego, w których spągu występują osady formacji mosińskiej dolnej (Ciuk, 1974), wykształcone w postaci bardzo drobnoziarnistych i mułkowatych piasków kwarcowych szarozielonych i szarobrunatnych z domieszką glaukonitu i muskowitu. Osady te występują na ograniczonym obszarze jedynie w północnej części rejonu. Leżący wyżej kompleks osadowy, należący do formacji czempińskiej, jest reprezentowany przez bardzo drobnoziarniste i mułkowane piaski kwarcowe barwy szarej, przechodzące obocznie w mułki, miejscami z domieszką pyłu węglowego i wkładkami węgla brunatnego (ekwiwalent V pokładu czempińskiego). Utwory tych dwóch formacji zazębiają się obocznie z utworami formacji rupelskiej, także należącej do oligocenu dolnego, występującej na większym obszarze w zachodniej części rejonu. Utwory te są wykształcone w postaci mułków piaszczystych szarobrunatnych z muskowitem, laminowanych bardzo drobnoziarnistym, szarozielonym piaskiem kwarcowo-glaukonitowym.

Profil oligocenu górnego rozpoczyna formacja mosińska górna (*op. cit.*), która występuje przede wszystkim w centralnej części obszaru. Jest ona reprezentowana przez bardzo drobnoziarniste, szarozielone piaski kwarcowe zailone z pojedynczymi blaszkami muskowitu i ziarnami glaukonitu. Najmłodszym ogniwem paleogenu jest górnooligocenna formacja leszczyńska, która występuje na całym omawianym obszarze. Jest ona wykształcona w postaci drobnoziarnistych, szarych piasków kwarcowych z domieszką muskowitu (w spągu także z domieszką glaukonitu).

W spągu profilu neogenu występuje formacja rawicka należąca do miocenu dolnego (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1997). Dolny człon tej formacji – ogniwo dąbrowskie – został stwierdzony we wschodniej części obszaru opracowania, gdzie jest wykształcony w postaci przeważnie jednorodnego, grubego pokładu węgla brunatnego (IV pokład dąbrowski), który wyklinowuje się w kierunku zachodnim. Lokalnie pokład ten rozdziela się na dwie ławy, przewarstwione piaskami, mułkami lub iłami. Górną część for-

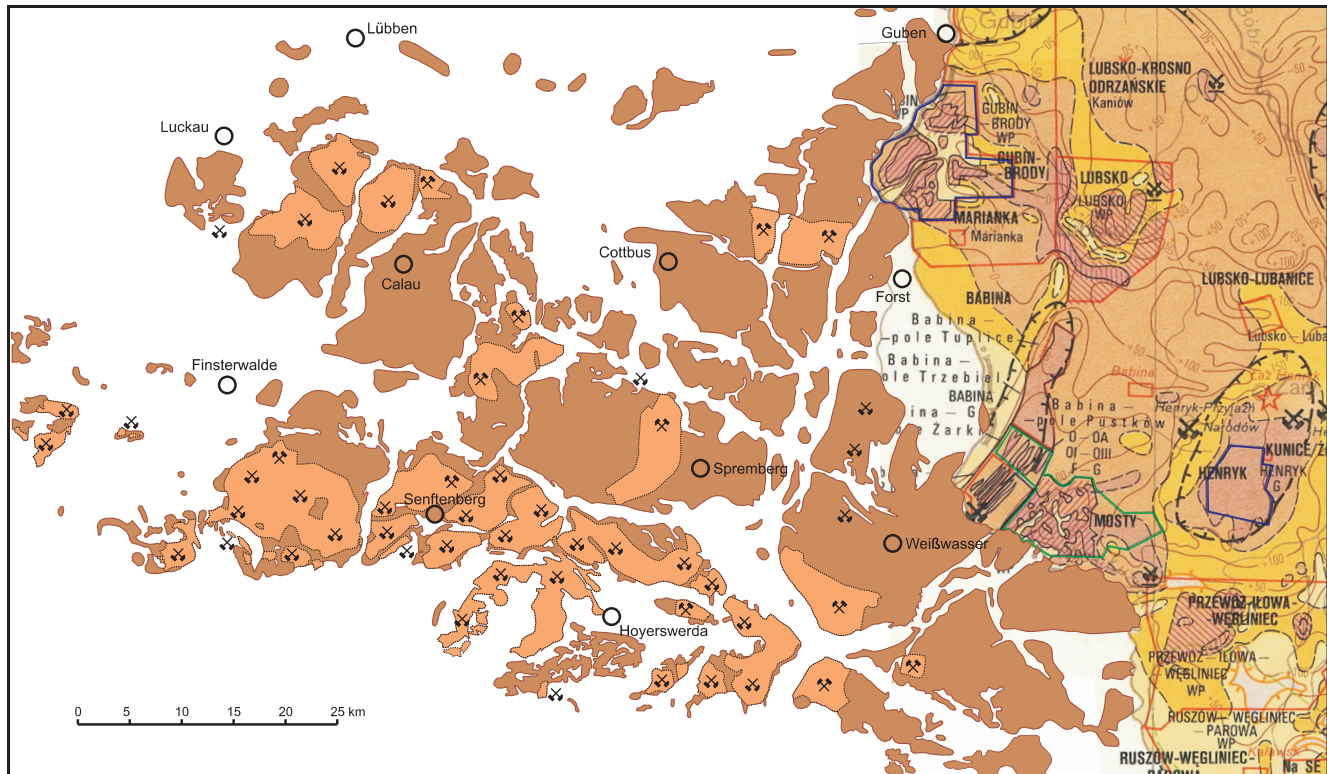
macji – ogniwo żarskie – stanowi kompleks utworów drobnopiaszczystych z wkładkami mułków.

Sekwencję osadową miocenu środkowego rozpoczynają osady formacji ścinawskiej, w spągu cienkim i rozczłonkowanym III ścinawskim pokładem węgla brunatnego. Ponad III pokładem ścinawskim zalega seria utworów ilasto-mułkowych formacji ścinawskiej; są to mułowce, łupki mułowcowe, a miejscami także piaski i iły. W stropie utworów formacji ścinawskiej występuje II łużycki pokład węgla brunatnego, który jest tu najistotniejszy ze względów ekonomicznych. Pokład ten na znacznej części obszaru złoża rozdziela się na dwie ławy, przewarstwione iłem węglistym z muskowitem i drobnymi ksyliitami. Pokład węgla jest rozcięty licznymi rozmyciami erozyjnymi o charakterze rynien subglacjalnych i kopalnych dolin erozyjnych, które rozdzielają go na poszczególne pola złożowe. Ponad II pokładem łużyckim zalega kompleks drobnoziarnistych piasków z przewarstwieniami mułków i – lokalnie – iłów, zaliczany do formacji pawłowskiej. Wśród piasków około 25 m ponad II pokładem łużyckim występuje cienki i nieciągły IIA lubiński pokład węgla brunatnego, z większości obszaru złoża usunięty przez procesy erozji czwartorzędowej. Nad tym pokładem zalega wyższa część osadów piaszczystych formacji pawłowskiej, a w ich stropie sporadycznie występuje węgiel I pokładu środkowopolskiego. Miąższość utworów formacji pawłowskiej jest bardzo zróżnicowana wskutek intensywnej erozji. Najwyższą jednostką miocenu środkowego jest formacja adamowska, wykształcona w postaci bardzo drobnoziarnistych piasków kwarcowo-muskowitowych, miejscami z wkładkami mułków, lokalnie także z detrytusem roślinnym i drobnymi ksyliitami. Miąższość utworów tej formacji jest także bardzo zróżnicowana.

Osady formacji poznańskiej, należące do miocenu górnego, występują jedynie w postaci reliktowych płatów. Profil tej formacji rozpoczyna występujący lokalnie, cienki i rozczłonkowany I środkowopolski pokład węgla brunatnego, zastępowany obocznie przez osady mułkowo-ilasto-piaszczyste z licznymi blaszkami muskowitu i uwęglonym detrytusem roślinnym. Powyżej opisanych osadów seria osadów ilastych z obfitym detrytusem roślinnym znana jest na obszarze Niżu Polskiego jako iły poznańskie.

Utwory czwartorzędowe pokrywają cały obszar badań zwartą pokrywą, miejscami znacznej miąższości, sięgającej 65 m, a w obszarach kopalnych dolin erozyjnych nawet do 270 m (Dyląg, 1993). Średnia miąższość osadów czwartorzędowych wynosi około 85 m, a rzędna powierzchni podczwartorzędowej waha się w granicach od –200 do 95 m n.p.m., średnio około –15 m n.p.m. Szczególnie duże miąższości osadów wiążą się z rozwiniętą siecią plejstoceńskich dolin erozyjnych, która występuje powszechnie również w złożach gubińskich (fig. 1 i 2).

Wśród osadów plejstocenu przeważają utwory piaszczyste, związane z akumulacją fluwioglacjalną. Są to piaski różno- i drobnoziarniste, miejscami mułkowane, często z do-



CZEŚĆ POLSKA
POLISH PART

- obszary występowania bilansowych pokładów węgla brunatnego
areas of economic lignite seams; overburden coefficient up to 12
- obszary występowania pozabilansowych pokładów węgla brunatnego
areas of subeconomic lignite seams; overburden coefficient from 12 to 20
- obszary występowania pokładów węgla brunatnego poza kryteriami bilansowości
areas of lignite seams outside economic criteria; overburden coefficient more than 20
- obszary, na których nie stwierdzono występowania węgla brunatnego
areas where no lignite has been encountered
- obszary bez utworów paleogenu i neogenu
areas without Palaeogene and Neogene deposits
- złoża o zasobach bilansowych i pozabilansowych, udokumentowane w kat. C₂ i wyższych
deposits with economic and non-economic measured to inferred lignite resources
- złoża o zasobach prognostycznych, udokumentowane w kat. D
deposits with reconnaissance resources
- złoża o zasobach potencjalnych, udokumentowane w kat. E
deposits with potential resources

- ważniejsze rejony występowania zaburzonych glacialnie złóż i pokładów węgla brunatnego
major areas of glacially disturbed lignite deposits and seams
- rejony poszukiwań węgla brunatnego dla oceny zasobów w kat. D₁ i D₂
preliminary exploration work to evaluate reconnaissance lignite resources
- rejony poszukiwań węgla brunatnego dla oceny zasobów w kat. C₂
detailed exploration work to evaluate inferred lignite resources
- rejony poszukiwań węgla brunatnego dla oceny zasobów w kat. B i C₁
development to evaluate measured and indicated lignite resources

- GUBIN-BRODY nazwa złoża
deposit name
- Pole Tuplice nazwa pola w obrębie złoża
coalfield name
- GUBIN-BRODY nazwa rejonu badań
name of the study area
- WP, G przy nazwie złoża: złoża pokładowe (WP),
glacitektoniczne (G)
*close to the deposit name: bedded deposit (WP),
glacitectonic deposit (G)*
- ✕ czynne kopalnie węgla brunatnego
operating lignite mines
- ✖ opuszczone kopalnie węgla brunatnego
abandoned lignite mines

CZEŚĆ NIEMIECKA
GERMAN PART

- złoża węgla brunatnego
lignite deposits
- wyeksploatowane złoża węgla brunatnego
exhausted lignite deposits

Fig. 1. Mapa złóż i kopalń węgla brunatnego w regionie luzycko-lubuskim (wg Nowel, 1989; Ciuk, Piwocki, 1990, uzupełnione)

Map of lignite deposits and mines in the Lusatia-Lebus region
(after Nowel, 1989; Ciuk, Piwocki, 1990, completed)

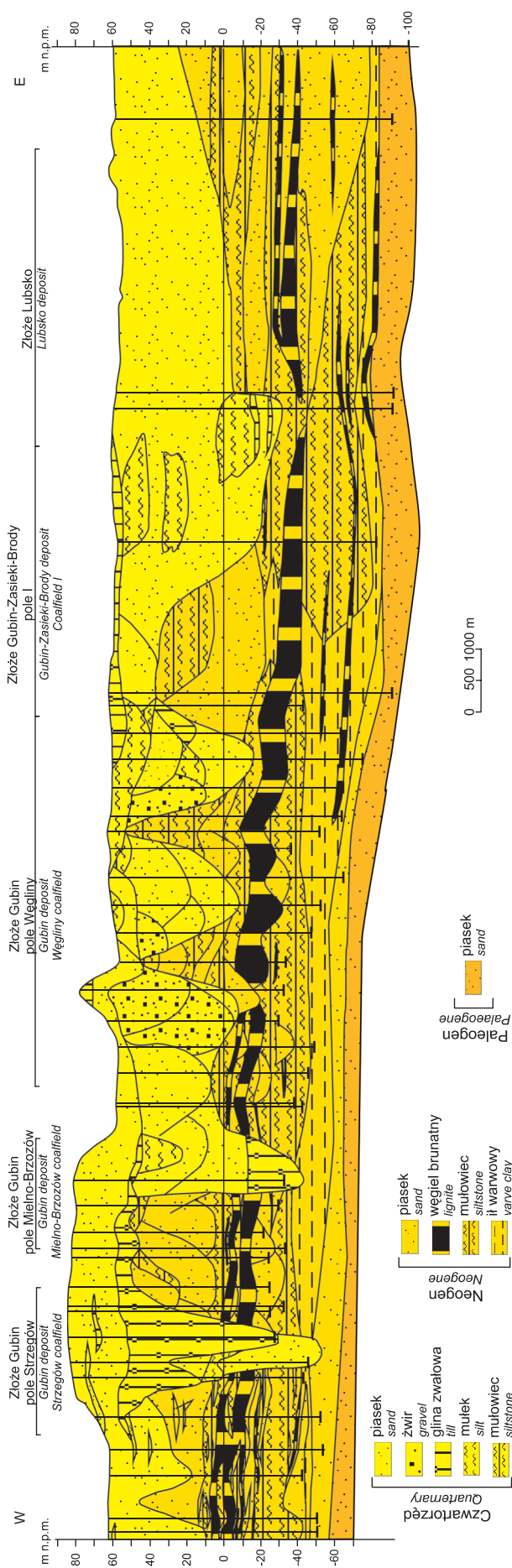


Fig. 2. Przekrój geologiczny o orientacji W-E przez kompleks złóż gubińskich

Geological W-E cross-section of the Gubin lignite deposits complex

mieszką muskowitu, które powstały zapewne w wyniku przemycia i redepozycji neogeńskich osadów formacji pawłowickiej. W osadach tych występują wkładki glin zwałowych oraz – podrzędnie – także soczewy żwirów oraz wkładki mułków i ilów warwowych. Osady plejstocenu należą do zlodowaceń sanu, odry i warty. Wyształcenie osadów czwartorzędowych w obrębie kopalnych dolin erozyjnych jest odmienne. Występują tu grube serie glin zwałowych oraz duże ilości przemytego i redeponowanego materiału miocenijskiego, głównie o frakcji mułkowej i piaszczystej. Wśród osadów czwartorzędowych występują tu także liczne kry zbudowane z utworów miocenijskich formacji ścinawskiej i pawłowickiej, często z węglem brunatnym (Dyłaż, 1993), które dostały się do osadu wypełniającego doliny kopalne zapewne w wyniku procesów zboczowych. Utwory holocenu, wyształcone w postaci mad rzecznych i torfów, występują w większych ilościach w dolinie Nysy Łużyckiej i w dolinach drobniejszych cieków, a wzgórza na powierzchni złoża są zbudowane z piasków wydmywanych.

ROZWÓJ SEDYMENTACJI ASOCJACJI BRUNATNOWĘGLOWEJ

Osady miocenijskiej asocjacji brunatnowęglowej powstawały na szeroko pojętych obrzeżach basenu sedymentacyjnego Europy północno-zachodniej (dzisiejszy basen Morza Północnego), którego zatoka sięgała po wschodnią Brandenburgię (Ahrens, Lotzsch, 1963; Magalowski, 1988; Suhr, 1989; Suhr i in., 1992; Standke, 1996; Standke i in., 1993). Na otwartych, płaskich równinach w warunkach powolnej stałej subsydencji rozwijały się węglotwórcze bagna z ekofacjami zarośli krzewiastych, lasu bagiennego i otwartej toni wodnej. Przez rozległe torfowiska do niezbyt odległego morza na zachodzie spływały rzeki meandrujące, o powolnym nurcie, których doliny rozdzielały masywy torfowe.

Na omawiany obszar sięgały periodycznie niewielkie ingresje morskie, rozwijające się wzdłuż osi Zatoki Brandenburskiej, które w rozwoju sedymentacji zaznaczały się w postaci kilku nawrotów warunków brakicznych. Ślady wpływów morskich zostały stwierdzone w obrębie utworów formacji gorzowskiej, ścinawskiej, pawłowickiej i poznańskiej (Piwocki i in., 2004a) i są czytelne w zapisie paleontologicznym w postaci obecności makro- i mikrofauny (Woźny, 1964) oraz planktonu morskiego (Ziemińska-Tworzydło, Ważyńska, 1981) i występowania ichnofauny (Osijuk, 1979; Kasiński,

2005), w zapisie mineralogicznym w postaci występowania glaukonitu (Dyjur, 1968; Piwocki, 1995), w zapisie sedymentologicznym w formie inwentarza struktur sedymentacyjnych (Osijuk, 1979) oraz w zapisie facjalnym w postaci czytelnego rozkładu facji (Kasiński, 2005). Ingresje morskie nie przerywały sedymentacji utworów węglonośnych, które rozwijały się wówczas przede wszystkim na obszarze bagien nadbrzeżnych.

Sedymentacje asocjacji brunatnowęglowej przerwało powolne ochłodzenie i osuszenie klimatu, którego zapisem sedymentacyjnym są ility „poznzańskie”, budujące profil wyższej części formacji poznńskiej.

POZYCJA STRATYGRAFICZNA WĘGLA BRUNATNEGO

W kompleksie złóż gubińskich węgla brunatnego występuje pięć pokładów węgla (Piwocki, 1995). Najwyższy pokład węgla brunatnego – **I pokład środkowopolski**, należący do formacji poznńskiej – występuje tylko lokalnie w postaci cienkich soczewek wśród utworów piaszczysto-mułkowo-ilastych w stropie formacji adamowskiej, w niższej części utworów formacji poznńskiej i nie ma charakteru bilansowego. Pokład ten występuje średnio na głębokości około 40 m, a jego średnia miąższość wynosi 1,1 m. Maksymalną miąższość 6,3 m I pokład środkowopolski osiąga w otworze 81/38 na złożu Gubin–Zasieki–Brody.

Drugim od powierzchni pokładem jest cienki i nieciągły **IIA lubiński pokład węgla brunatnego**. Pokład ten występuje w środkowej części profilu utworów formacji pawłowickiej na głębokości około 85 m p.p.t. w postaci nieciągłych, cienkich warstw węglowych o średniej miąższości 0,7 m. Kolejnym pokładem węgla brunatnego jest **II pokład łuzicki**. Pokład ten, który jest jednym z dwóch pokładów bilansowych, zalega na głębokości około 55–135 m (średnio 80 m) i osiąga miąższość 5,0–18,6 m (średnio 10,9 m). Na znacznej części obszaru złoża dzieli się on na dwie ławy: górną o miąższości 1,2–5,5 m i dolną o miąższości 2,7–9,5 m. Głębokie plejstoceny doliny erozyjne wypełnione osadami plejstocenickimi, które na północnym zachodzie i południowym zachodzie uchodzą do współczesnej doliny Nysy Łuzickiej, dzielą pokład na liczne pola złożowe (fig. 2). Cienki i rozczłonkowany **III ścinawski pokład węgla brunatnego** nie ma cech bilansowych i znaczenia złożowego.

Niżej leżący **IV pokład dąbrowski** jest również pokładem złożowym o cechach bilansowych, osiągając miąższość 2,8–25,5 m (średnio 11,8 m). Strop pokładu zalega na średniej głębokości około 120–165 m. Pokład ten, podzielony kopalnymi plejstocenickimi dolinami erozyjnymi na liczne pola złożowe, występuje tylko na niewielkich obszarach w złożu Gubin, ale zajmuje znaczną powierzchnię w złożu Gubin–Zasieki–Brody. Najniższym pokładem, stwierdzonym tylko lokalnie w złożu Gubin–Zasieki–Brody, jest **V pokład czempiański**. Pokład ten nie ma cech bilansowych i znaczenia złożowego.

KOMPLEKS ZŁÓŻ GUBIŃSKICH NA TLE ZŁÓŻ ŁUŻYCKO-LUBUSKICH

W skład kompleksu złóż łuzicko-lubuskich wchodzi wiele udokumentowanych złóż leżących po obu stronach granicy polsko-niemieckiej. W Niemczech (fig. 2) do większych należą złoża: Klettwitz, Meuro, Schlabendorf, Sedlitz, Seese i Welzow w Brandenburgii oraz Bluno, Bärwalde, Laubusch, Lohsa, Nochten, Reichwalde i Spreetal w Saksonii. Złoża węgla brunatnego w polskiej części masywu łuzicko-lubuskiego zestawiono w tabeli 1.

Węgiel brunatny ze złóż gubińskich jest węglem energetycznym bardzo dobrej jakości, o średniej popielności i podwyższonej lub nawet wysokiej zawartości siarki. Całkowita zawartość siarki jest najwyższa w złożu Gubin–Zasieki–Brody, gdzie osiąga średnio 2,88% (tab. 2).

Kompleks złóż gubińskich, na który składają się złoża Gubin, Gubin–Zasieki–Brody i Lubsko, jest z obliczonymi zasobami bilansowymi 3 372,72 mln Mg jednym z najzasobniejszych w Polsce (tab. 3). Kompleks ten stanowi kontynuację ku wschodowi rozległych złóż położonych w Brandenburgii, eksploatowanych w wielkiej kopalni odkrywkowej Jänschwalde, a ponadto już na terenie Polski kontynuuje się na obszarach sąsiadujących z omawianymi tu złożami (fig. 3): na północy obszar węglonośny w okolicach Krosna Odrzańskiego – złoża Chlebowo i dalej złoża Cybinka), na południowym wschodzie – złoża na NE od Mostów i wreszcie na

południowym zachodzie – złoża Babina (pola Babina–Żarki i Trzebiel–Tuplice). Zatwierdzone zasoby węgla brunatnego przedstawione w dokumentacji geologicznej złoża z 1969 r. (Jędrzejczak i in., 1969) są ponaddziesięciokrotnie niższe od stwierdzonych i wynoszą we wszystkich złożach gubińskich jedynie 282,66 mln Mg i tylko takie zasoby są podawane w oficjalnym „Bilansie zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce” (Gientka i in., 2007). We wspomnianej dokumentacji pole Strzegów udokumentowano w kategorii B+C, a pozostałe pola w kategorii C. Prowadzone na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku badania geologiczne pozwoliły na znaczne powiększenie ich zasobów, przedstawionych w formie obszernego sprawozdania (Różycki, 1992), które jednak nie zostało przedstawione do zatwierdzenia; mimo to dane zasobowe z tego sprawozdania (tab. 3) należy uznać za w pełni wiarygodne.

UWARUNKOWANIA GEOŚRODOWISKOWE

Przez obszar złóż gubińskich przepływają trzy większe rzeki: Nysa Łuzicka, Lubusza i Werdawa oraz kilka drobnych potoków. Sieć rzeczna, która znajdzie się na obszarze postulowanej eksploatacji, nie rodzi w zasadzie poważniej-

Tabela 1

**Ważniejsze złoża węgla brunatnego w polskiej części masywu łużycko-lubuskiego
(wg Piwockiego i in., 2004b, uzupełnione)**

Major lignite deposits in the Polish part of the Lusatia–Lebus Lignite Massif
(after Piwocki *et al.*, 2004b, completed)

Nazwa złoża	Kategoria udokumentowania	Powierzchnia złoża [km]	Zasoby węgla [mln Mg]	Parametry geologiczno-górnice			Parametry chemiczno-technologiczne		
				grubość nadkładu [m]	miąższość węgla [m]	współczynnik nadkładu N:W	wartość opałowa Q _i ^r [MJ/Mg]	popielność A [%]	zawartość siarki S _t ^d [%]
Babina–Żarki*	C	12,00	142,16	105,0	10,7	12,0	9332	18,28	1,10
Bieganów	D	2,80	38,94	80,9	11,2	7,2	8888	17,17	1,18
Cybinka	C	29,24	348,65	123,1	13,5	9,1	9407	17,40	1,28
Chlebowo	D	3,46	83,47	169,0	20,1	8,4	9542	19,95	2,04
Cybinka Wschód	D	10,98	109,33	123,1	13,5	9,1	9596	15,12	1,94
Dobrosułów	D	7,62	190,68	174,3	19,3	9,0	9311	18,01	1,84
Gądków Wielki*	D	4,67	90,41	112,0	15,5	10,9	8620	20,33	1,32
Górzycza	D	43,66	369,71	64,8	5,8	11,2	7147	33,78	1,32
Gubin	B+C₁+C₂	88,02	1 137,45	126,6	18,9	6,7	9257	15,62	1,64
Gubin–Zasieki–Brody	D₁	109,74	1 934,34	135,9	18,8	7,2	9538	16,60	2,66
Lubsko	D	11,23	152,84	110,2	12,3	9,6	8961	23,80	1,36
Mosty	C	21,74	220,00	73,6	9,1	8,0	9387	18,10	1,56
Na NE od Mostów	D	17,48	332,82	192,4	16,4	11,7	9096	19,28	1,80
Ośno*	D	7,91	92,61	58,1	11,1	7,1	9491	16,98	1,82
Przewóz–Howa–Węgliniec	D	2,01	22,88	81,5	10,0	8,2	8281	28,30	2,14
Rogi–Rudnica	D	11,80	79,46	61,0	5,4	11,3	8319	26,71	1,20
Rzepin	C	20,36	249,53	80,8	12,2	7,9	9060	15,14	1,20
Sądów	C	14,82	226,47	115,3	12,2	10,2	9165	18,80	1,38
Sieniawa IX–XVI*	C	3,32	42,06	20,7	10,4	2,5	9266	17,65	1,48
Sieniawa XVII–XXVIII*	D	10,55	150,68	26,0	11,9	2,5	8470	20,37	0,78
Sulechów–Świebodzin	D	21,55	315,09	147,8	15,4	9,7	9 006	21,09	2,24
Torzym	C	39,27	843,90	159,5	21,4	7,9	9 504	16,80	1,80
Trzebień–Tuplice*	D	4,00	50,00	130,0	10,0	13,0	9 550	16,90	1,52
Ogółem/średnio:		498,23	7223,48	118,4	15,2	8,3	9207	18,30	1,88

* Złoża zaburzone glicitektonicznie

Średnie parametry geologiczno-górnice obliczono jako średnią ważoną przy zastosowaniu jako wagi powierzchni złóż, a parametry chemiczno-technologiczne – przy zastosowaniu jako wagi zasobów złóż

szych problemów sozologicznych. Największa rzeka rejonu, Nysa Łużycka, ogranicza kompleks złóż gubińskich od zachodu, oddzielając go od złóż łużycko-lubuskich, położonych na zachód od granicy polsko-niemieckiej. Rzeka ta w przypadku podjęcia eksploatacji wymaga pozostawienia filara ochronnego. Kolejna rzeka, Lubusza, przebiega przez wschodnią część złóż gubińskich i również powinna (wraz z linią kolejową i drogą wojewódzka nr 286 Gubin–Żary) znaleźć się w obrębie filara ochronnego albo wręcz stanowić północno-zachodnią granicę eksploatacji. Przełożenia wymaga jedynie najmniejsza z tych trzech rzek, Werdawa, na odcinku około 25–40 km.

Wzdłuż zachodniej granicy obszaru, a zarazem granicy państwa, rozciąga się Obszar Chronionego Krajobrazu 27 „Dolina Nysy”, obejmujący zachodnie części pól złożowych Mielno–Brzozów, Sadzarzewice i Strzegów. Południowo-wschodni fragment kompleksu złożowego wchodzi w skład Obszaru Chronionego Krajobrazu 30A „Zachodnie okolice Lubuska”. W północno-wschodniej części kompleksu złożowego (złożo Gubin–Zasieki–Brody) na obszar złóż wkracza kontur obszaru specjalnej ochrony siedlisk (SOO) z listy porządowej (tzw. shadow list) „Smogórze”, a dalej ku północy – obszar specjalnej ochrony ptaków (OSO) „Mierkowskie Wydmy” z tej samej listy. Na obszarze złóż znajduje się po-

Tabela 2

**Parametry chemiczno-technologiczne węgla brunatnego w złożach Gubin i Gubin-Zasieki-Brody
(Jędrzejczak i in., 1969; Różycki, 1992; Dyląg, 1993)**

Chemical/technological lignite parameters in the Gubin and Gubin-Zasieki-Brody deposits
(after Jędrzejczak *et al.*, 1969; Różycki, 1992; Dyląg, 1993)

Parametr	Jednostka	Złoże Gubin															Złoże Gubin-Zasieki-Brody			Średnio
		Mielno-Brzozów			Sadzarzewice			pole Strzegów			pole Węgliny			ogółem			min.	śr.	max.	
		min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.				
Wartość opalowa	O ₁ ^f	7377	995	11705	7201	9380	10375	8600	8770	8971	7129	9180	10726	729	9257	10726	6144	9536	12463	9392
Popielność	A ^d	9,14	15,98	27,09	7,76	13,76	28,80	20,32	21,26	22,36	7,68	17,10	30,24	7,68	15,62	30,24	8,17	16,22	40,30	16,59
Siarka całkowita	S _t ^d	0,72	1,92	6,44	0,44	1,50	7,23	0,89	1,09	1,42	0,53	1,62	4,72	0,44	1,64	7,23	0,45	2,66	5,88	2,22
Siarka palna	S _c ^d	0,10	0,50	1,30	0,02	0,30	0,83	0,72	0,56	0,93	0,05	0,39	1,10	b.d.	b.d.	b.d.	0,17	1,79	5,16	1,30
Siarka popielowa	S _A ^d	0,01	0,14	0,49	0,02	0,13	0,45	0,42	0,49	0,66	0,02	0,24	0,94	b.d.	b.d.	b.d.	0,04	0,84	2,24	0,62
Piasek	P ^d	0,98	4,54	13,92	0,41	3,16	16,41	n.b.	n.b.	n.b.	0,16	4,76	13,89	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	5,35	25,82	4,95
Bituminy	B ^d	2,59	3,84	5,12	1,21	3,35	5,05	3,54	3,68	3,85	2,05	3,62	5,57	b.d.	b.d.	b.d.	1,32	3,13	5,37	3,29
Wydajność prasmoty	T _{sk} ^d	7,29	11,38	14,28	2,53	11,24	13,95	8,68	8,88	8,98	3,66	11,31	13,51	b.d.	b.d.	b.d.	5,30	11,13	15,62	11,10
Zawartość ksyliku	K _c ^s	0,60	5,10	41,80	0,00	8,14	38,50	1,19	1,35	1,46	0,00	6,00	24,00	b.d.	b.d.	b.d.	0,00	2,50	35,50	3,74
Ksylit włóknisty	K _w ^s	0,00	0,79	12,02	0,00	2,04	28,50	n.b.	n.b.	n.b.	0,00	0,69	7,33	b.d.	b.d.	b.d.	0,00	0,05	2,50	0,43
Sód	Na ₂ O ^d	0,03	0,14	0,23	0,04	0,19	0,34	0,04	0,05	0,06	0,07	0,16	0,55	b.d.	b.d.	b.d.	0,03	0,24	0,29	0,19
Potas	K ₂ O ^d	0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	0,08	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,04	b.d.	b.d.	b.d.				0,04
Chlor	Cl ^d	0,01	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02	n.b.	n.b.	n.b.	0,01	0,01	0,02	b.d.	b.d.	b.d.	0,01	0,02	0,07	0,02
Wapń	CaO ^d	0,97	1,13	1,19	1,15	1,28	1,35	1,15	1,23	1,29	n.b.	n.b.	n.b.	b.d.	b.d.	b.d.	0,97	1,73	2,54	1,60

b.d. – brak danych; n.b. – nie badano; średnie parametry chemiczno-technologiczne obliczono jako średnią ważoną przy zastosowaniu jako wagi zasobów złóż

Tabela 3

Zasoby bilansowe [w mln Mg] w poszczególnych pokładach gubińskich złóż węgla brunatnego (Jędrzejczak i in. 1969, Marciniak, Pudło, 1986; Różycki, 1992; Dyląg, 1993, uzupełnione)

Economic (measured+indicated+inferred+reconnaissance) resources in the individual seams of the Gubin lignite deposits [bill. Mg] (after Jędrzejczak *et al.*, 1969; Marciniak, Pudło, 1986; Różycki, 1992; Dyląg, 1993, uzupełnione)

Pokład	Złoże Gubin					Złoże Gubin–Zasieki–Brody	Złoże Lubsko	Ogółem złoża gubińskie
	Mielno–Brzozów	Sadzarszewice	Strzegów	Węgliny	razem:			
II/1	80,31	76,75	b.d.	76,36	248,97	b.d.	b.d.	>248,97
II/2	115,93	220,33	b.d.	169,14	533,74	b.d.	b.d.	>533,74
II (II/1+II/2)	19,30	39,41	78,56	142,09	202,85	1 010,19	b.d.	>202,85
IV	0,72	32,29	43,10	32,76	65,77	924,15	b.d.	>65,77
razem:	216,26	368,78	121,66	420,35	1172,99	1934,34	152,83	3214,22

b.d. – brak danych

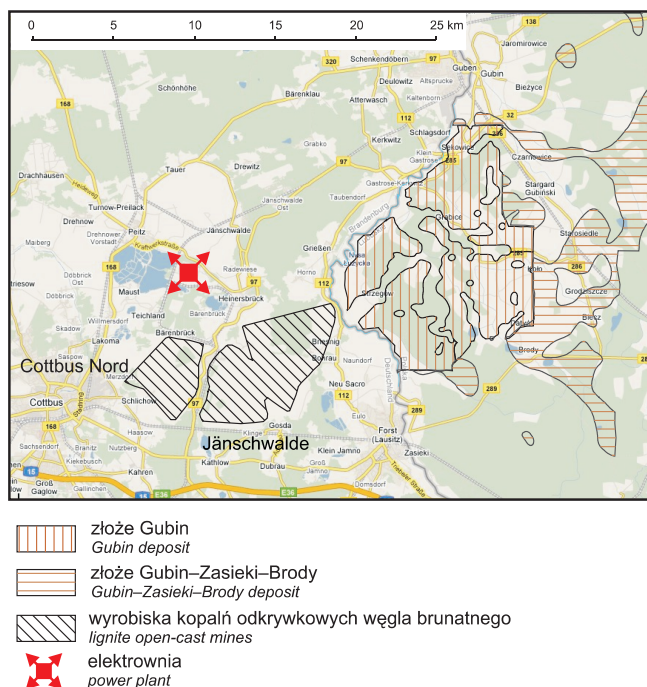


Fig. 3. Pola eksploatacyjne kompleksu złóż gubińskich

Coalfields of the complex of the Gubin lignite deposits

nadto leśny rezerwat przyrody w okolicy miejscowości Węgliny oraz kilka użytków ekologicznych.

Teren kompleksu złożowego jest w znacznej części (około 35%) porośnięty lasem sosnowym. Pozostała część terenu złoża pozostaje w użytkowaniu rolniczym i znaczną jego część pokrywają gleby wyższych klas bonitacyjnych (I–IVa). W okolicach miejscowości Marianka i w dolinie rzeki Werdawy występują łąki na glebach pochodzenia organicznego.

OCHRONA ZŁÓŻ GUBIŃSKICH

Pomimo dość znacznego poziomu konfliktu potencjalnej eksploatacji ze środowiskiem, złoża kompleksu gubińskiego na tle polskiej części masywu łużycko-lubuskiego jawią się jako najbardziej wartościowe. W rankingach ekonomiczno-geologicznych (Ney red., 1983; Piwocki, Kasiński, 1994) złożo Gubin zawsze utrzymywało wysoką pozycję, a w najnowszej kompleksowej waloryzacji (Kasiński i in., 2006) zajęło zdecydowanie pierwsze miejsce. Wysoką piątą pozycję ma w tej klasyfikacji także złożo Gubin–Zasieki–Brody. Bardzo znaczne zasoby pozwolą w przyszłości na objęcie eksploatacją tylko wybranych części kompleksu złożowego w tych partiach, gdzie poziom konfliktu potencjalnej eksploatacji ze środowiskiem będzie możliwy do przyjęcia. Możliwe jest także zmniejszenie oddziaływania eksploatacji na wody powierzchniowe i podziemne za pomocą szczelnych ekranów, co od lat stosuje niemiecki koncern Laubag w położonym na przedłużeniu złoża Gubin złożo Jänschwalde, gdzie front eksploatacji dochodzi dziś niemal do koryta Nysy Łużyckiej (fig. 3). Kompleks złóż gubińskich mógłby zatem stanowić bazę paliwową dla tak potrzebnego nowego zagłębia górnictwo-energetycznego.

Wysoka wartość kompleksu złóż gubińskich wskazuje, że złoża te powinny być poddane konsekwentnej ochronie przewidzianej w „Prawie geologicznym i górnictwym” i umieszczone w regionalnych planach zagospodarowania przestrzennego. Powinno to uchronić powierzchnię złóż przed rozbudową infrastruktury w sposób uniemożliwiający podjęcie w przyszłości eksploatacji, taką jak budownictwo mieszkaniowe, budowa szlaków komunikacyjnych o charakterze ponadlokalnym itp. Nie można z tym zwlekać. Pamiętajmy, że mimo ogromnych zasobów węgla brunatnego w Polsce złóż o wartości porównywalnej ze złożami gubińskimi mamy w kraju naprawdę bardzo niewiele.

LITERATURA

- ARNIM H. graf von, BOELCKE W.A., 1978 – Muskauer Standesherrschaft zwischen Spree und Neiße. Ullstein, Frankfurt.
- AHRENS H., LOTSCH D., 1963 – Marines Miozän in Südo-stbrandenburg. *Zeitschr. angew. Geol.* **9**: 3: 135–137.
- CIUK E., 1974 – Schematy litostratygraficzne paleogenu Polski poza Karpatami i zapadliskiem przedkarpackim. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **281**: 7–48.
- CIUK E., PIWOCKI M., 1990 – Map of brown coal deposits and prospect areas in Poland, scale 1:500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- CIUK E., PORZYCKI J., WERNER Z., 1960 – Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego w okolicy Gubina, kategoria C. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- DYJOR S., 1968 – Poziomy morskie w obrębie serii ilów poznańskich. *Kwart. Geol.*, **12**, 4: 941–957.
- DYLAĞ J.K., 1993 – Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego Gubin–Zasieki–Brody w kategorii D. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- GACEK K., 1965 – Orzeczenie z prac geologiczno-rozpoznawczych za węglem brunatnym w rejonie Marianka. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- GIENTKA M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2007 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce według stanu na 31.12.2006. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- GRZYBOWSKA-HACH, 1961 – Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego Gubin, kategoria C. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- ILLNER F., jun. (red.), 1936 – Der schlesische Braunkohlenbergbau. *W: Schlesien Bodenschätze und Industrie*: 217–273. Amt für Technik NSDAP, Verlag für Wirtschaftspropagande Rytze, Breslau.
- JAROS J., 1985 – Słownik historyczny kopalń węgla na ziemiach polskich. Śląski Inst. Nauk., Katowice.
- JĘDRZEJCZAK B., ENGEL W., PATRZYK J., CINCIO Z., GŁADYSZ R., KASZA H., 1969 – Kompleksowa dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego Gubin w kategorii C, C i B. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- KASIŃSKI J.R., 2005 – Zapis sedymentacyjny wpływów morskich w mioceńskiej asocjacji brunatnowęglowej w rejonie łuku Mużakowa. *W: 28. Symp. Geologia formacji węglonośnych Polski* (red. I. Lipiarski): 39–46. AGH. Kraków.
- KASIŃSKI J.R., 2006 – Złoża węgla brunatnego na obszarze łuku Mużakowa – budowa geologiczna, dawne górnictwo, stan obecny, przyszłość. *W: 29. Symp. Geologia formacji węglonośnych Polski* (red. I. Lipiarski): 43–56. AGH. Kraków.
- KASIŃSKI J.R., MAZUREK S., PIWOCKI M., 2006 – Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **187**: 1–79.
- KASIŃSKI J.R., PIWOCKI M., 2003 – Dawne górnictwo węgla brunatnego na obszarze polskiej części łuku Mużakowa. *W: Konf. Polsko-Niemiecka „Geopark Łuk Mużakowa – transgraniczny obszar ochrony georóżnorodności”* (red. J. Koźma, M. Gawlikowska): 13–18. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- MAGALOWSKI G., 1988 – Ein Beitrag zum marinen Miozän der Niederlausitz. *Zeitschr. angew. Geol.*, **34**: 206.
- MARCINIAK B., PUDŁO A., 1986 – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych za węglem brunatnym na obszarze województwa zielonogórskiego; rejon: Sulechów–Świebodzin, Stary Kisielin–Trzebiechów, Otyń–Siedlisko, Lubsko. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NEY R. (red.), 1983 – Określenie kolejności udostępnienia i kompleksowego wykorzystania złóż węgla brunatnego w Polsce. Arch. Komit. Gosp. Sur. Miner. PAN, Kraków.
- NOWEL W., 1989. Geologische Übersicht: Niederlausitzer Braunkohlenrevier. „Laubag“ – Lausitzer Braunkohle AG, Senftenberg.
- OSIJUK D., 1979 – Cechy sedymentacji mioceńskich osadów węglonośnych na podstawie wybranych przykładów z obszarów zachodniej i środkowej Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **320**: 56–131.
- PIWOCKI M., 1995 – Tertiary lignites of the Żary Pericline. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **150**: 77–95.
- PIWOCKI M., BADURA J., PRZYBYLSKI B., 2004a – Niż Polski i jego południowe obrzeżenie. Neogen *W: Budowa geologiczna Polski. Stratygrafia. Kenozoik – Paleogen i neogen* (red. T.M. Peryt, M. Piwocki): 71–133. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PIWOCKI M., KASIŃSKI J.R., 1994 – Mapa waloryzacji ekonomiczno-środowiskowej złóż węgla brunatnego w Polsce, skala 1:750 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PIWOCKI M., KASIŃSKI J.R., SATERNUS A., DYLAĞ J.K., GIENTKA M., WALENTEK I., 2004b – Aktualizacja bazy zasobów złóż węgla brunatnego w Polsce. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1995 – Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, **43**, 11: 916–927.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1997 – Neogene of the Polish Lowlands – lithostratigraphy and pollen-spore zones. *Kwart. Geol.*, **41**, 1: 21–40.
- RÓŻYCKI Z., 1988 – Sprawozdanie z prac geologicznych za węglem brunatnym w rejonie na NE od Mostów. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RÓŻYCKI Z., 1992 – Sprawozdanie z prac geologicznych w kategorii C na złożu węgla brunatnego Gubin. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- STANDKE G., 1996 – Stratygrafia i facje dolnołużyckiej serii trzeciorzędowej. *Prz. Geol.*, **44**, 12: 1223–1228.
- STANDKE G., RASCHER J., STRAUSS C., 1993 – Relative sea-level fluctuations and brown-coal formation around the Early/Middle Miocene boundary in the Lusatian Brown-Coal District. *Geol. Rundsch.*, **82**, 2: 295–305.
- SUHR P., 1989 – Beiträge zur Ichnologie des Niederlausitzer Miozäns. *Freib. Forschungshf. C*, 436: 93–101.
- SUHR P., SCHNEIDER W., LANGE J.-M., 1992 – Facies relationships and depositional environments of the Lausitzer (Lusatic) Tertiary. 13th Intern. Ass. Sediment. Reg. Meeting on Sedimentology – excursion guide-book: 229–260. Jena Univ. Jena.
- WO NY E., 1964 – Macrofaune du Paleogene de Pologne, non compris les Carpathes. *Mem. BRGM*, **28**, 2: 555–563.
- ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., WAŻYŃSKA H., 1981 – A palynological subdivision of the Neogene in Western Poland. *Bull. Acad. Pol., Sc. Terre*, **2**, 1: 29–43.
- ŻABA J., 1977 – Historia eksploatacji węgla brunatnego na terenie środkowego Nadodrza. *Pr. Nauk. UŚl., Geologia*, **169**, 1: 108–142.

WYSTĘPOWANIE PŁYTKIEJ STREFY WYSOKOMETANOWYCH POKŁADÓW WĘGLA W REJONIE PAWŁOWIC (GÓRNOŚLĄSKIE ZAGŁĘBIE WĘGLOWE)

THE GEOLOGICAL ASPECT OF THE OCCURRENCE OF HIGH COALBED METHANE ZONE IN PAWŁOWICE AREA (UPPER SILESIA COAL BASIN)

SIAWOMIR KĘDZIOR¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono rozmieszczenie i zasięg występowania płytkiej strefy metanowych pokładów węgla, wyznaczonej na podstawie danych metanonośności pokładów węgla pochodzących z powierzchniowych otworów wiertniczych, zlokalizowanych w rejonie Pawłowic. Na występowanie tej strefy znaczny wpływ ma ukształtowanie stropu utworów karbonu.

Słowa kluczowe: metan, metanonośność, strop karbonu, Górnośląskie Zagłębie Węglowe.

Abstract. The article presents the distribution and extent of the shallow coalbed methane zone based on the methane bearing capacity data, obtained from surface bore-holes drilled in the Pawłowice area. The results of the analysis show that the relief of the top-Carboniferous surface strongly influenced the presence and layout of the shallow methane bearing zone in the study area.

Key words: coalbed methane, methane bearing capacity, top-Carboniferous surface, the Upper Silesian Coal Basin.

WSTĘP

Metan występujący w pokładach węgla (MPW), obok zagrożeń, jakie niesie podczas eksploatacji górniczej węgla kamiennego, stanowi cenny surowiec energetyczny i chemiczny. Obecnie przedmiotem ekonomicznego zainteresowania jest tzw. płytka strefa pokładów metanowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) o miąższości do 250 m, znajdująca się bezpośrednio pod szczelnym nadkładem mioceńskim i charakteryzująca się wyższą przepuszczalnością oraz nasyceniem pokładów metanem w stosunku do głębszych pokładów metanowych (do 100%; Hadro, Urban red., 2006). Omawiana strefa występuje na południu GZW w rejonie dyslokacji Bzie–Czechowice oraz dyslokacji jawiszowickiej i obejmuje m.in. rejon Pawłowic.

Rejon Pawłowic znajduje się w południowej części nieckii głównej GZW i od północy przylega do regionalnej w skali

GZW dyslokacji Bzie–Czechowice. Utwory węglonośne karbonu stanowią monotony kompleks osadów piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowych oraz pokładów węgla. Strop karbonu jest bardzo urozmaicony morfologicznie. Znaczna część obszaru badań leży w obrębie tzw. grzbietu Pawłowic o rzędnej stropu karbonu –50 do +50 m n.p.m. Dyslokacji Bzie–Czechowice towarzyszy raptowne obniżenie stropu do rzędnej –600 m n.p.m. na południu – wymycie Czechowice–Karwina (Bogacz i in., 1984).

Karbon produktywny przykrywają na całym obszarze piaszczysto-ilaste osady miocenu zapadliska przedkarpackiego o zmiennej miąższości od kilkudziesięciu do ponad 700 m oraz osady plejstocenu i holocenu, wykształcone w postaci utworów wodnolodowcowych, najbardziej miąższych w dolinach rzecznych.

¹ Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; slawekkedzior@poczta.onet.pl

METODYKA

W opracowaniu wykorzystano dane metanonośności pokładów węgla, czyli objętości metanu i jego gazowych homologów zawartej w 1 Mg bezwodnej i bezpopiołowej substancji węglowej (mCH/Mg C), pochodzących z powierzchniowych otworów wiertniczych wykonanych na przełomie lat 70. i 80. oraz w latach 90. ubiegłego wieku. Dane te udostępniło Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie (Krzanowska, 2002). Oznaczenia metanonośności wykonano metodą opracowaną w Katowickim Przedsiębiorstwie Geologicznym (KPG), powszechnie stosowaną w otworach GZW (Niemiński, 1984).

Spośród 36 otworów wyselekcjonowano 19 z w pełni wykształconą płytką strefą gazonośną, spełniających następujące kryteria (Kędzior, 2006):

- brzeżna metanonośność stanowiąca spąg strefy – 4,5 m CH/Mg C;
- strop strefy stanowi strop karbonu;
- metanonośność średnia w obrębie strefy – 2,5 m CH/Mg C;
- minimalna miąższość pokładu – 0,6 m;
- maksymalna głębokość spagu strefy – 700 m (ok. –450 m n.p.m.).

Dane otworowe posłużyły również do wykreślenia mapy stropu karbonu i następnie skojarzenia ukształtowania powierzchni utworów węglonośnych z rozmieszczeniem

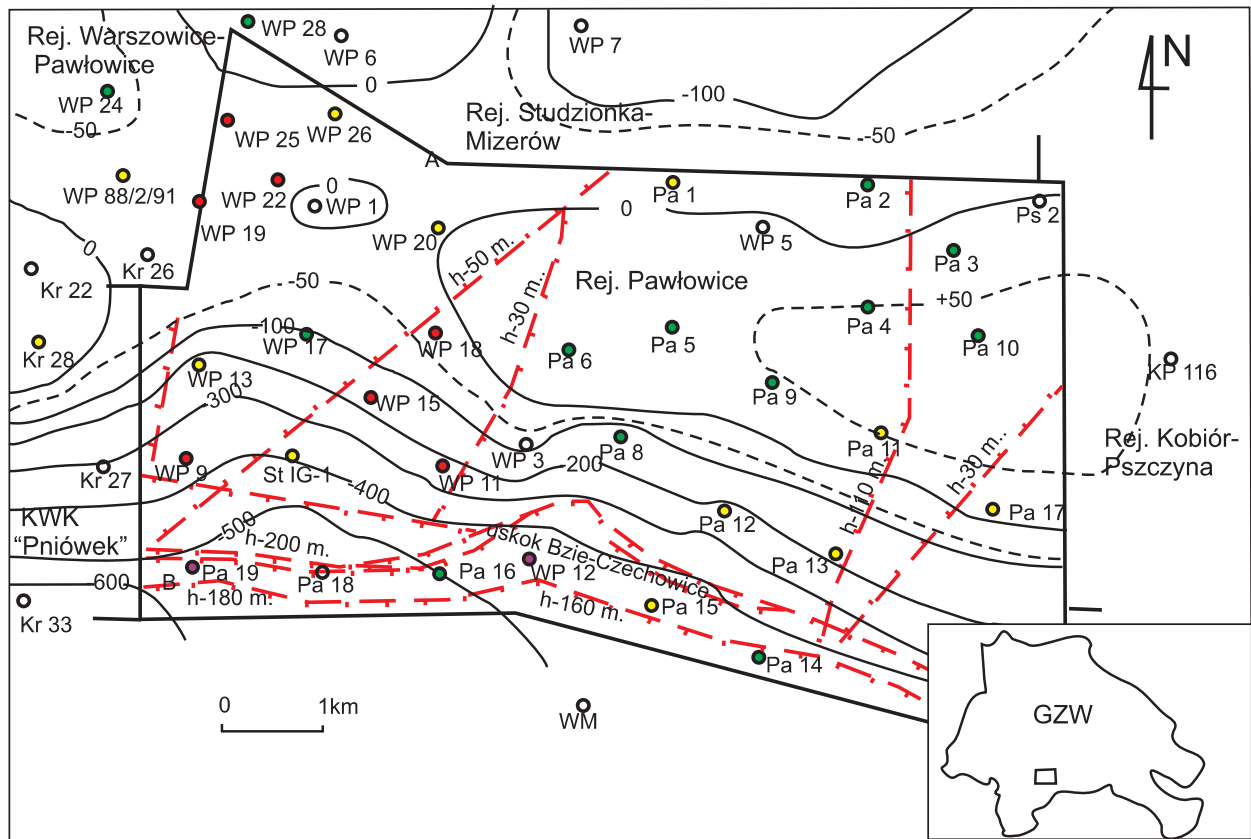
Tabela 1

Zestawienie otworów zlokalizowanych w badanym obszarze z wybranymi parametrami płytkiej strefy pokładów metanowych (źródło danych: Krzanowska, 2002)

The list of bore-holes located in the researched area with the selected parameters of the shallow coalbed methane zone (source of data: Krzanowska, 2002)

Otwór wiertniczy <i>Borehole</i>	Rzędna stropu karbonu <i>Altitude of the Carboniferous roof</i> [m n.p.m./a.s.l.]	Miąższość nadkładu <i>Overburden thickness</i> [m]	Miąższość płytkiej strefy metanonośnej <i>Thickness of the shallow methane-bearing zone</i> [m]	Liczba pokładów w płytkiej strefie <i>Quantity of coal seams in the shallow zone</i>	Metanonośność <i>Methane-bearing capacity</i>	
					średnia w płytkiej strefie <i>average in the shallow zone</i> [m/Mg C]	maksymalna <i>maximum</i> [m/Mg C]
Pa 1	-29,41	285,70	250	1	5,708	5,708
Pa 11	67,39	187,60	170	1	5,679	5,679
Pa 12	-223,39	481,16	40	3	3,922	4,999
Pa 13	-172,64	434,40	270	3	4,611	6,096
Pa 15	-423,52	682,60	50	2	4,977	6,282
Pa 17	25,33	232,00	200	2	4,622	7,582
WP 9	-372,68	646,80	70	1	10,477	10,477
WP 11	-223,56	479,67	210	4	12,500	20,202
WP 13	-229,09	496,90	połączenie	4	7,521	7,995
WP 15	-175,28	437,50	220	4	8,695	13,359
WP 18	-14,67	276,00	połączenie	4	9,929	18,346
WP 19	-26,15	288,00	110	3	8,381	11,427
WP 20	-3,32	261,20	>10	1	4,721	4,721
WP 22	-14,72	272,97	50	2	8,145	8,351
WP 25	-23,70	285,30	115	4	8,056	12,761
WP 26	-39,85	298,60	55	2	7,378	9,044
WP 88/2/91	-49,32	308,81	połączenie	4	5,682	8,444
Kr 28	7,72	264,60	200	2	7,573	9,576
St IG 1	-398,99	669,06	55	3	5,977	8,744

Otwory wiertnicze/boreholes: Pa – Pawłowice, WP – Warszowice-Pawłowice, Kr – Krzyżowice, St – Studzionka.



□ obszar badań
study area

— -600 — izohipsa stropu karbonu [m n.p.m.], linią przerywaną zaznaczono izohipsy o wartościach zagęszczonych w stosunku do cięcia
the line of Carboniferous top altitude [m a.s.l.], the dotted line marked the line about more density than on the map

h-200 m uskoki; h – wielkość zrzutu
faults; h – throw value

otwory wiertnicze:
boreholes:

- WP 9 z płytką strefą pokładów metanowych o metanonośności średniej $> 8 \text{ m}^3/\text{Mg Cdaf}$
with the shallow coalbed methane zone about the average methane bearing capacity $> 8 \text{ m}^3/\text{Mg Cdaf}$
- Pa 15 z płytką strefą pokładów metanowych o średniej metanonośności $2,5\text{--}8 \text{ m}^3/\text{Mg Cdaf}$
with the developed shallow coalbed methane zone about the average methane bearing capacity $2,5\text{--}8 \text{ m}^3/\text{Mg Cdaf}$
- Pa 19 z przystropową strefą metanonośną na głębokości $> 700 \text{ m}$
with the near roof coalbed methane zone on the depth more than 700 m
- Pa 8 o braku płytkiej strefy pokładów metanowych
without the shallow coalbed methane zone
- Pa 18 bez badań gazowych lub z niewystarczającą ich liczbą
without or with few quantity of the gas researches

Fig. 1. Wykształcenie płytkiej strefy pokładów metanowych na tle ukształtowania stropu karbonu w rejonie Pawłowice

The development of the shallow coalbed methane zone in comparison with the Carboniferous roof configuration in Pawłowice area

płytkiej strefy metanonośnej (fig. 1). Podstawowe parametry omawianej strefy w każdym z otworów zestawiono w tabeli 1.

WYKSZTAŁCENIE PŁYTKIEJ STREFY METANONOŚNEJ

Rejon Pawłowic charakteryzuje się wysoką metanonośnością pokładów węgla, sięgającą kilkunastu m³/Mg Cdaf, a w skrajnych przypadkach nawet dochodzącą do 20 m³/Mg

C. Pionowy rozkład metanonośności w obszarze ukazuje figura 2. Widoczne są dwie strefy metanonośne w profilu: płytką, umiejscowioną bezpośrednio pod szczelnym nad-

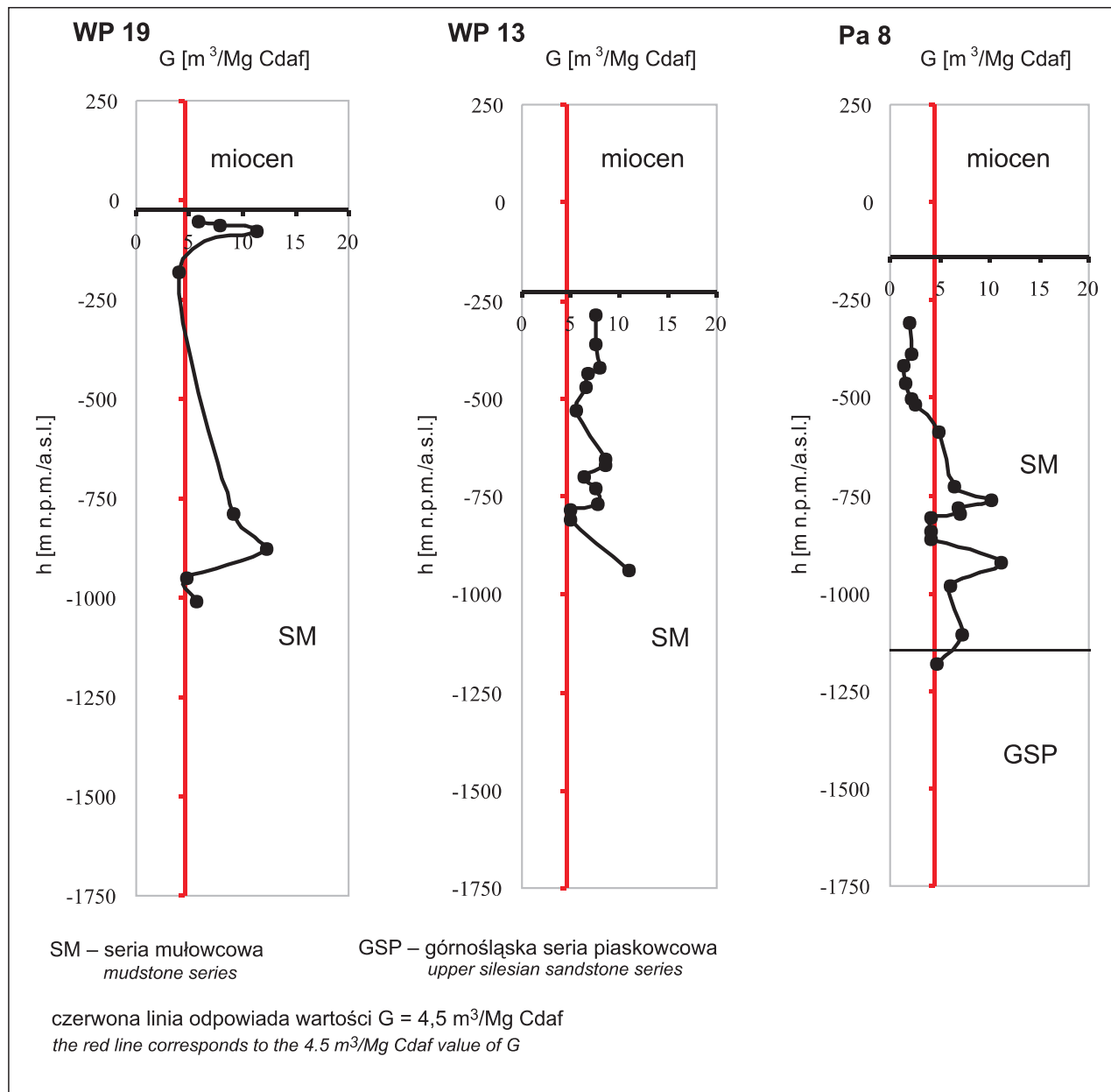


Fig. 2. Zmienność metanonośności (G) z głębokością (h) w wybranych otworach wiertniczych w badanym obszarze (na podstawie Krzanowska, 2002, zmodyfikowane). Przecięcie osi X z osią Y stanowi rzędna stropu karbonu (na osi Y)

The variability of methane bearing capacity (G) with the depth (h) in selected bore-holes in the area of research (based on Krzanowska, 2002, modified). An intersection of X and Y axis denotes the altitude of the Carboniferous roof

kładem miocenijskim, oraz głęboka, zalegająca na głębokości od 500 lub 700 m o nierozpoznanym zasięgu głębokościowym. Obie strefy rozdziela interwał obniżonych metanonośności, który miejscami zanika i wówczas dochodzi do połączenia strefy płytkiej z głęboką, wskutek czego cały profil jest metanonośny.

Płytką strefą metanonośną występuje w obrębie serii mułowcowej karbonu, wykształconej głównie w postaci ilowców i mułowców, co obok ilastego nadkładu miocenijskiego stanowi dobre uszczelnienie pokładów.

Najpełniejsze wykształcenie płytkiej strefy metanonośnej obserwuje się w zachodniej i południowej części obszaru w rejonie skłonu powierzchni stropu karbonu towarzyszącego dyslokacji Bzie–Czechowice oraz lokalnego obniżenia („przełęcz”) w grzbiecie Pawłowic (fig. 1). Zwraca uwagę wysoka metanonośność (powyżej 8 m/Mg C) w obrębie doliny wciosowej w skłonie stropu karbonu (otwory WP 9, 11, 15, 18) oraz w obrębie „przełęcz” ponad doliną (otwory WP 19, 22, 25). Najbardziej wyniesiona powierzchnia stropu karbonu w obrębie grzbiecia Pawłowic (środkowa i wschodnia część badanego obszaru – otwory Pa 2–9) charakteryzuje się zanikiem płytkiej strefy metanonośnej. Podobną tendencję w rozkładzie płytkiej strefy metanonośnej, polegającą na dużym nagromadzeniu metanu w obrębie

skłonów powierzchni karbońskiej, zaobserwowano także na sąsiednim obszarze Warszowice–Pawłowice Północ (Kędzior, 2006).

Przyczyn omówionego rozkładu płytkiej strefy metanonośnej należy doszukiwać się głównie w historii geologicznej obszaru badań, zwracając w szczególności uwagę na przedmiocenijską infiltrację wód opadowych w odsłonięty i silnie urozmaicony morfologicznie górotwór karboński i towarzyszący temu rozwój bakterii metanowych. W konsekwencji doprowadziło to do wytwarzania metanu mikrobiologicznego i następnie jego adsorpcji w pokładach węgla (por. Hadro, Urban red., 2006). Proces ten najsilniej musiał się zaznaczyć w obrębie skłonów i dolin w powierzchni karbońskiej, z uwagi na wzmożony spływ wód po stokach i zarazem ich infiltrację. Po osadzeniu się nieprzepuszczalnych dla gazu utworów miocenijskich zaistniały dogodne warunki akumulacji gazu przy stropie karbonu. Mikrobiologiczna geneza gazów w przystropowych partiach karbonu w powiązaniu z warunkami paleohydrogeologicznymi została zaproponowana przez Plutę i Kotarbę (2007) na podstawie przeprowadzonych badań izotopowych wód kopalnianych oraz gazów towarzyszących pokładom węgla w obrębie złoża Morcinek.

PODSUMOWANIE

Rozmieszczenie i zasięg płytkiej strefy pokładów metanowych w rejonie Pawłowic są silnie powiązane z ukształtowaniem stropu karbonu, ze szczególnym uwzględnieniem takich elementów jak skłony stropu, doliny wciosowe oraz „przełęcz”, w obrębie których nagromadzenie metanu jest

największe. Projektując ewentualną otworową eksploatację gazu z płytkiej strefy pokładów metanowych należy wziąć pod uwagę zarówno współczesne ukształtowanie stropu karbonu, jak i rozwój geologiczny badanego obszaru.

LITERATURA

- BOGACZ W., KOTARBA M.J., KRACH J., 1984 – Cechy strukturalne serii węglonośnej południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **54**, 3/4: 361–377.
- HADRO J., URBAN J. (red.), 2006 – Wyjaśnienie warunków występowania i zróżnicowania metanonośności pokładów węgla na tle budowy geologicznej GZW, LZW i DZW w porównaniu z innymi zagłębiami węglowymi na świecie. Arch. Ministerstwa Środowiska, Warszawa.
- KĘDZIOR S., 2006 – Charakterystyka występowania płytkiej strefy wysokometanowych pokładów węgla w złożu Warszowice–Pawłowice Północ w aspekcie możliwości zagospodarowania metanu. *Górn. Odkryw.*, 1–2: 161–165.
- KRZANOWSKA A., 2002 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego Pawłowice w kat. C1, C2. CAG Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- NIEMCZYK B., 1984 – Rozpoznanie gazonośności złóż węglowych otworami wiertniczymi i praktyczne potwierdzenie wyników badań na przykładzie kopalni Krupiński. *Tech. Posz. Geol.*, 4: 54–59.
- PLUTA I., KOTARBA M.J., 2007 – Pochodzenie wód i gazów z karbonu KWK Morcinek oraz miocenu w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Mat. XXX Symp. „Geologia formacji węglonośnych Polski”*: 109–116. Kraków.

WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ SKŁADU MINERALNEGO KREDY JEZIORNEJ I GYTII W ŚWIELE NOWOCZESNYCH METOD BADAWCZYCH

PRELIMINARY RESULTS OF THE MINERAL COMPOSITION OF LACUSTRINE CHALK AND GYTJA IN RELATION TO MODERN INVESTIGATION METHODS

ROKSANA MAĆKOWSKA¹

Abstrakt. Kreda jeziorna i gytie to węglanowe osady słodkowodne powszechnie stosowane w rolnictwie do wapnowania kwaśnych gleb oraz jako dodatek do pasz. Występują przede wszystkim w północnej Polsce, na obszarach objętych ostatnim zlodowaceniem. Głównym składnikiem tych osadów jest kalcyt oraz substancja organiczna pochodzenia roślinnego. Do oznaczenia składu mineralnego oprócz metod klasycznych (analiza derywatograficzna) zastosowano nowoczesne metody badawcze. Wykorzystano między innymi analizę chemiczną w mikroobszarze (tzw. mikrosonda elektronowa), analizę składu za pomocą mikroskopu elektronowego oraz analizę rentgenostrukturalną. Badane próbki pochodziły ze stanowisk Tarda (Pojezierze Iławskie) oraz Suliszewo (Pojezierze Choszczeńskie). Celem przeprowadzonych badań było określenie jakościowego składu mineralnego kredy jeziornej i gytii, a także sposobu wykształcenia poszczególnych składników. Kreda jeziorna i gytie wykazują budowę dwufazową, składają się z dwóch równorzędnych części: płynnej – czyli zmineralizowanej wody, oraz stałej, w której wiodącą rolę odgrywa kalcyt i substancja organiczna. Składniki stałe tworzące kredę jeziorną i gytie można podzielić na trzy grupy: składniki główne (kalcyt, fitogenetyczna substancja organiczna), składniki akcesoryczne autigeniczne (piryt), składniki akcesoryczne allogeniczne (kwarc, skalenie, minerały ilaste, łyszczyki, glaukonit, epidot).

Słowa kluczowe: kreda jeziorna, gytia, nawozy naturalne, mikroskopia elektronowa, mikrosonda.

Abstract. Lacustrine chalk and gytja are carbonate freshwater sediments, applied in agriculture as an addition to feeds and for liming acidic soils. In Poland, they occur mainly in its northeastern part; in the regions involved in the last glacial maximum. The main compounds are calcite and organic matter, which originate from various types of plants. Besides the classical methods (e.g. derivatographic analysis), modern analytical techniques, i.e. electron microprobe analysis (EMPA), scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD) were also used to determine the mineral composition. The investigated samples were collected from the localities of Tarda (Iława lake district) and Suliszewo (Choszczno lake district). The purpose of the study was to determine the qualitative mineral composition of both the sediments, as well as the mode of generation of each compound. The analysis shows that the lacustrine chalk and gytja reveal a biphasic structure and consist of two equal phases: a liquid phase which stands as mineralised water; and a constant phase, in which calcite and organic matter are the major components. The constant compounds of the sediments can be divided into three groups: main compounds (calcite, fitogenic organic matter) and subsidiary autogenic compounds (pyrite), subsidiary allogenic compounds (quartz, feldspars, clay minerals, micas, glauconite and epidote).

Key words: lacustrine chalk, gytja, natural fertilizers, electron microscopy, microprobe.

Kreda jeziorna i gytie to węglanowe osady słodkowodne powszechnie stosowane w rolnictwie do wapnowania kwaśnych gleb oraz jako dodatek do pasz dla zwierząt hodowlanych

(Kociszewska-Musiał, 1988). Dodatek mączki wapiennej sprawia, że gleby ciężkie stają się lepiej przepuszczalne, a gleby lekkie zwięźlejsze. Węglan wapnia wpływa dodatnio

¹ Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa.

na przebieg procesów biologicznych, obniża zakwaszenie gleb, przyspiesza rozkład materii organicznej, a także umożliwia pobieranie innych składników, m.in. potasu (Szczepkowski, 1978). Kreda jeziorna może być także nośnikiem nawozowej siarki. Woda zawarta w kredzie jeziornej jest zmineralizowana głównie jonami SO_4^{2-} . Rośliny pobierają siarkę w formie siarczanowej z roztworów zawartych w glebie (Wyrwicki, 2002).

Na terenie Polski najliczniej występują złoża kredy jeziornej i gytii wieku holoceniowego – jest ich blisko 150. Liczba złóż plejstoceńskich, zgrupowanych głównie w środkowowschodniej Polsce, blisko Białej Podlaskiej, nie przekracza 10 (Wyrwicki, 1999). Znane są także trzeciorzędowe złoża kredy jeziornej i gytii, występujące w rowie tektonicznym Kleszczowa. Stanowią one kopalinę towarzyszącą złożu węgla brunatnego Bełchatów. Są składowane na wierzchołku zwałowiska wewnętrznego, stanowiącego antropogeniczne złożo wtórne (Kuszneruk, 1994).

Celem badań było określenie szczegółowego, jakościowego składu mineralnego za pomocą nowoczesnych metod badawczych: obserwacji w SEM, analizy chemicznej w mikrosondzie (mikrosondy elektronicznej) i analizy rentgenostrukturalnej. Badane próbki pochodziły ze stanowisk Tarda (Pojezierze Iławskie) oraz Suliszewo (Pojezierze Choszczeńskie). Oba złoża są wieku holoceniowego. Badania przeprowadzono na 99 próbkach (34 z Suliszewa i 63 z Tarda), pobranych za pomocą sondy wbijanej „Instorf”. Głębokość otworów wynosiła od ok. 5 do 11 m.

Kreda jeziorna i gytie wykazują budowę dwufazową, składają się z dwóch równorzędnych części: płynnej – czyli zmineralizowanej wody, oraz stałej, w której wiodącą rolę odgrywa kalcyt i substancja organiczna (Wyrwicki, 2001). Średnia zawartość wody w osadach złoża Suliszewo wynosi 80,16%, natomiast w osadach złoża Tarda 59%. Najwięcej wody zawierają skały o dużej ilości substancji organicznej. Woda zawarta w kredzie jeziornej i gytii wykazuje wysoką mineralizację siarczanową, w przypadku złoża Suliszewo sięga ona nawet do 6,5 g/dm. Składniki stałe tworzące kredę jeziorną i gytie można podzielić na trzy grupy: składniki główne (kalcyt, fitogenetyczna substancja organiczna), składniki akcesoryczne autigeniczne (piryt, wodorotlenki żelaza oraz gips i halit) oraz składniki akcesoryczne allogeńne (kwarc, skalenie, minerały ilaste, łuszczyki, glaukonit, epidot).

Jednym z najważniejszych komponentów suchej masy kredy jeziornej i gytii jest węglan wapnia. Jego średnia zawartość w obu złożach wynosi w przybliżeniu 45%. Związek ten w opisywanych osadach występuje wyłącznie w postaci kalcytu.

Aragonit uległ rekryształizacji, a ślady po nim widoczne są jedynie w bioklastach. Kalcyt występujący w kredzie jeziornej i gytii jest bardzo drobnokrystaliczny, tworzy zarówno pojedyncze kryształy, jak i polikrystaliczne agregaty. Na podstawie analizy EDS stwierdzono, że jest on niskomagnezowy, co świadczy o krystalizacji w warunkach słodkowodnych.

Na podstawie zdjęć wykonanych za pomocą mikroskopu elektronowego można wyróżnić trzy generacje kalcytu. Pier-

wsza generacja to pierwotny kalcyt mikrytowy, tworzący spoiwo węglanowe. Druga generacja to kalcyt pierwotny, tworzący kryształy większe niż 20 μm . Kryształy te noszą często ślady roztrawiania (fig. 1). Natomiast trzecią generację stanowi kalcyt wtórny, tworzący stosunkowo duże, automorficzne kryształy (fig. 2). Pierwsze dwie generacje kalcytu powstały we wczesnej fazie tworzenia się osadu. Dokładny czas powstania kalcytu wtórnego jest trudny do określenia na obecnym etapie badań.

Kolejnym ważnym składnikiem kredy jeziornej i gytii jest substancja organiczna, która występuje we wszystkich próbkach. Dominuje substancja organiczna pochodzenia roślinne-

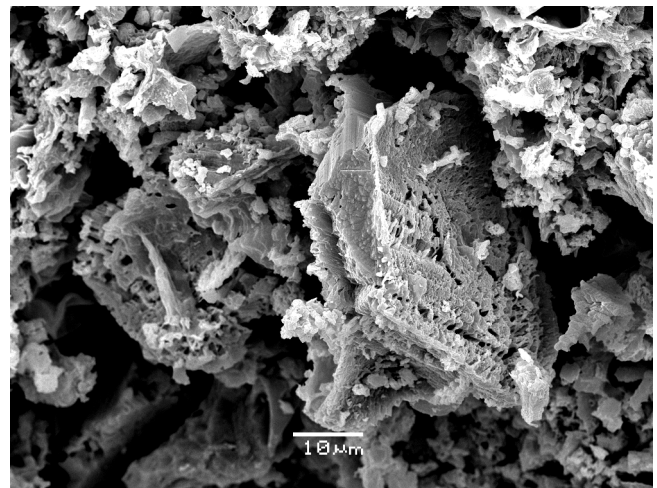


Fig. 1. Kryształy kalcytu pierwotnego noszące ślady roztrawiania. Obraz z mikroskopu skaningowego (SEM)

SEM image of primary calcite crystals showing etching tracks

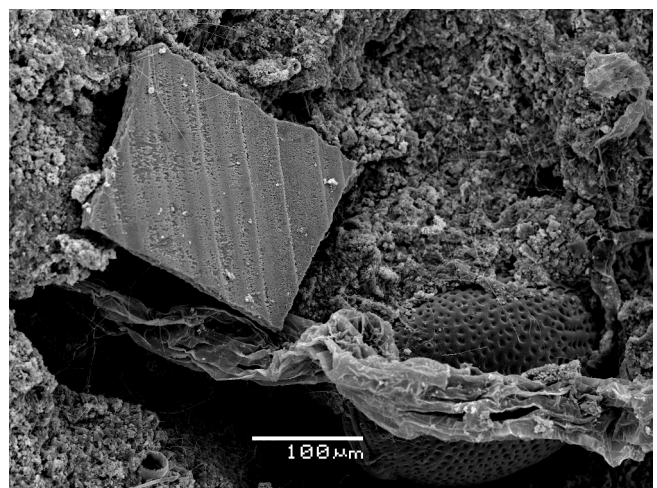


Fig. 2. Automorficzny kryształ kalcytu, prawdopodobnie wtórnego, w otoczeniu fragmentów flory oraz mikrytowego spoiwa węglanowego. Obraz z mikroskopu skaningowego (SEM)