

Marian PONIEWIERA¹
Iwona JELONEK²
Barbara GAŚSIOR³

MODEL ZŁOŻA OPARTY NA PARAMETRACH JAKOŚCIOWYCH WĘGLI KAMIENNYCH – PIERWSZY KOMUNIKAT

Po przeanalizowaniu dostępnych publikacji oraz prowadzonych przedsięwzięć związanych z branżą geodezyjną i geologiczną w Polsce, napotkano na numeryczne modele złóż, które zostały skutecznie wdrożone na kopalniach węgla kamiennego, m.in. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. Jeśli do utworzonych modeli dodać jakość węgla, otrzymamy wówczas Numeryczno-Jakościowy Model Złoża (NJMZ). Uzasadnioną przesłanką, stanowiącą podstawę do podjęcia działań w kierunku wdrożenia wyników badań podstawowych w praktyce gospodarczej, jest innowacyjność rozwiązania jakie proponują autorzy niniejszego artykułu. Oparte jest ono na wykorzystaniu badań petrograficznych i fizykochemicznych, które stanowią podstawę do określenia jakości i przydatności węgla. Ponadto informacje jakie będzie zawierał Numeryczno-Jakościowy Model Złoża (NJMZ) wypełnią lukę, jaka ciągle istnieje w sektorze węglowym pomimo tak wielu opracowań, które w większości dotyczą danych na temat właściwości fizykochemicznych i złożowych węgla.

Słowa kluczowe: górnictwo węgla kamiennego, numeryczny model złoża, litoty-py, wityrynit, liptynit, inertynit, refleksyjność wityrynit

1. Wprowadzenie

Obecnie, biorąc pod uwagę stan technologii i potencjału rynkowego, od-czuwalny jest brak Numeryczno-Jakościowego Modelu Złoża (NJMZ), który zawierałby informacje na temat jakości węgla i byłby oparty na danych petro-

1 Autor do korespondencji: Marian Poniewiera, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geolo-gii, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 2, (32) 237 29 90, Marian.Poniewiera@polsl.pl

2 Iwona Jelonek, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, 41-200 Sosnowiec, Będzińska 60, (32) 368 94 88, iwona.jelonek@us.edu.pl

3 Barbara Gaśsiór, GGS-Projekt Pracownia Geologii i Ochrony Środowiska, 41-503 Chorzów, Narutowicza 3/5, 48 698 957 789, ggsprojekt@ggsprojekt.pl

graficznych. Potwierdza to celowość podjęcia działań w tym kierunku zarówno w Polsce, jak i w skali europejskiej.

Parametry petrograficzne węgla stanowią podstawę systemów międzynarodowej przemysłowej kodyfikacji i geologicznej klasyfikacji węgla, opracowanych w ramach Europejskiej Komisji Gospodarczej Narodów Zjednoczonych [6]. Obowiązująca w Polsce Klasyfikacja Węgla w dalszym ciągu opiera się na parametrach chemicznych, nie wnikając w ich unikalne własności petrograficzne, które są podstawą do określenia jakości węgla. Klasyfikacja ta nie uwzględnia zróżnicowania reaktywności grupy macerałów inertynitu w węglu, w której podział na komponenty inertne i reaktywne uzależniony jest przede wszystkim od zmiennej intensywności refleksyjności tych macerałów. Należy podkreślić, że własności węgla są wynikiem warunków istniejących w początkowej fazie ich powstawania (fazie biochemicznej) oraz procesów uwęglania w fazie geochemicznej. W celu poznania aktualnej przydatności węgla do konkretnych zastosowań przemysłowych, niezbędne jest dokładne określenie ich cech genetycznych, wyrażających się w ustaleniu proporcji między podstawowymi składnikami węgla (analiza macerałów) i ich współwystępowaniem (analiza mikrolitotypów). Najważniejszym parametrem przydatności węgla do poszczególnych zastosowań przemysłowych jest ich stopień uwęglania, którego najbardziej znaczącym wykładnikiem są pomiary zdolności odbicia światła wityryny (refleksyjności). Powyższe parametry (analiza macerałów i pomiary refleksyjności wityryny) stanowią podstawę międzynarodowej klasyfikacji węgla powstałej pod auspicjami Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ. Takie kompleksowe badania, uwzględniające naukowo udokumentowane genetyczne cechy węgla kamiennych, przyczynią się do uściślenia związku między własnościami genetycznymi węgla stosowanych np. w koksownictwie czy energetyce, a zachowaniem tych węgla w warunkach przemysłowych. Ponadto rosnące możliwości obliczeniowe komputerów umożliwiają wykorzystanie wyrafinowanych technik informatycznych i nowych technologii związanych z cyfrową wizualizacją budowy geologicznej, jak i projektowaniem numerycznej przestrzeni górniczej. Nowe możliwości wykorzystujące i łączące różne dziedziny wiedzy – górnictwa, geologii, geodezji, geofizyki czy statystyki, oparte są na bogatych zbiorach danych geologicznych, które są sukcesywnie uzupełniane wynikami aktualnych badań. Stworzenie Numeryczno-Jakościowego Modelu Złoża pozwoli m.in. na systematyzację i stworzenie przestrzennej bazy danych, wspólnej dla całego zakładu górniczego. Dodatkowo Numeryczno-Jakościowy Model Złoża NJMZ będzie wspomagać zarządzanie systemem jakości danego zakładu górniczego, co wpłynie na efektywność i produktywność jednostki. Potencjalnym beneficjentem NJMZ będą kopalnie węgla kamiennego, które dzięki niemu będą mogły z łatwością oceniać jakość wydobywanego surowca. Wiedza na temat możliwości zastosowania danej partii urobku oraz dostęp do informacji, gdzie pozyskać urobek potrzebny do założonych celów, np. koksowniczych, energetycznych, pozwolą na racjonalizację wydobycia wę-

gła kamiennego. W przyszłości, jeśli NJMZ przyniesie przewidywane korzyści, planuje się tego typu rozwiązania przenieść w struktury kopalń nie tylko do sektora węglowego.

2. Rozkład typów technologicznych i jakość węgla w obrębie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

2.1. Charakterystyka obszaru GZW

Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW) znajduje się w południowo-zachodniej części Polski. Obszar GZW stanowi Niecekę Górnośląską, która tworzy najmłodszy, leżący na wschodzie, fragment struktury śląsko-morawskiej. Górnośląskie Zagłębie Węglowe jest największym ośrodkiem górnictwa węgla kamiennego w Polsce. Pokłady węgla kamiennego występują w ogniwach stratygraficznych karbonu górnego od warstw brzeźnych – Namur A, do warstw libiąskich – Westfal D (Tabela 1). Całe Zagłębie tworzy jeden obszar złożowy, w rejonie którego wyodrębnia się administracyjnie części złóż przypisane poszczególnym kopalniom lub terenom. Budowa geologiczna poszczególnych wydziełów jest różnorodna, co wynika ze skomplikowanych warunków geologicznych. Liczba pokładów występująca na terenie GZW oraz ich sumaryczna miąższość jest różna w granicach poszczególnych kopalń, co zależy od pozycji stratygraficznej udostępnionych do eksploatacji warstw produktywnych. Na dzień 31.12.2014 r., w GZW znajduje się 136 rozpoznanych i udokumentowanych złóż węgla kamiennego, w tym 47 złóż jest eksploatowanych przez 35 kopalnie, a 39 złóż jest w stanie zaniechanej eksploatacji. Pozostałe złoża (50 złóż) są niezagospodarowane [1]. Węglizasobność pokładów karbonu również jest zmienna, zależy od miąższości oraz sposobu ułożenia pokładów, i wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Najbardziej węglizasobne są utwory górnośląskiej serii piaskowcowej (warstwy siodłowe i rudzkie) oraz serii mułowcowej (warstwy załęskie), jednak wiele nakładających się na siebie czynników sprawiło, iż przedstawiający się obraz rozmieszczenia typów węgla, zarówno w pionie, jak i w poziomie, jest zróżnicowany [9].

2.2. Jakość oraz typy technologiczne węgla w GZW

Na terenie GZW węgle kamienne odznaczają się różnym stopniem uwęglenia. Zjawisko to wynika z regionalnego metamorfizmu termicznego i w dalszych konsekwencjach, z różnych wpływów termicznych zależnych od stopnia geotermicznego (im głębiej ulokowany pokład tym wyższy wpływ temperatury i wyższy stopień uwęglenia). Największe zmiany uwidaczniają się wzdłuż osi głębokości zalegania poszczególnych pokładów, które są odmienne w różnych rejonach zagłębia. Strefy jednakowej jakości węgla występują w zagłębiu na różnej głębokości.

Oprócz temperatury pewien wpływ miały również warunki facjalne, m.in. skład petrograficzny węgla (materiał budujący) czy rodzaj skał otaczających sam pokład. Od południa obszar GZW graniczy z Karpatami, dlatego zaznacza się też wpływ fliszu karpackiego, natomiast w zachodniej części widoczne jest silne sfałdowanie utworów karbońskich [14]. Zróznicowanie typów węgla zależy przede wszystkim od głębokości, natomiast pozycja stratygraficzna ma znaczenie zupełnie podrzędne.

Tabela 1. Podział litostratygraficzny karbonu produktywnego GZW (wg Dembowskiego [3], ze zmianami Jureczka [8] i Kotasa [10])

Table 1. Lithostratigraphic division of productive carbon of the Upper Silesian Basin, according to Dembowski [3], modified by Jureczka [8] and Kotas [10]

WIEK		LITOSTRATYGRAFIA (SERIE I WARSTWY)	
STEFAN		ARKOZA KWACZALSKA	
WESTFAL	D	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA	luka. str. warstwy libiąskie p110
	C		luka. str. warstwy łaziskie s.l. p119
	B	SERIA MULOWCOWA	warstwy orzeskie s.s. tufit p201
	A		warstwy załęskie p209
			warstwy orzeskie s.s. tufit p301
NAMUR	C	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA	warstwy rudzkie s.s. p.st.Hubert p407
	B		warstwy siodłowe p419
	A	SERIA PARALICZNA	luka. str. warstwy jejkowickie p501
			luka. str. warstwy jejkowickie p510
			luka. str. warstwy grodzieckie* p601
			warstwy porębskie p.m.Gaebler p630
			warstwy jakłowieckie p701
			warstwy florowskie* p723
			warstwy florowskie* p.m.Enna p801
			warstwy sarnowskie* łupek szlifierski p848
warstwy pietrkowickie p.m.Nanetta p901			
		warstwy pietrkowickie p915	
WIZEN			WARSTWY MALINOWICKIE p.m.Stur górne
			WARSTWY ZAŁASKIE dolne

■ karbon produktywny

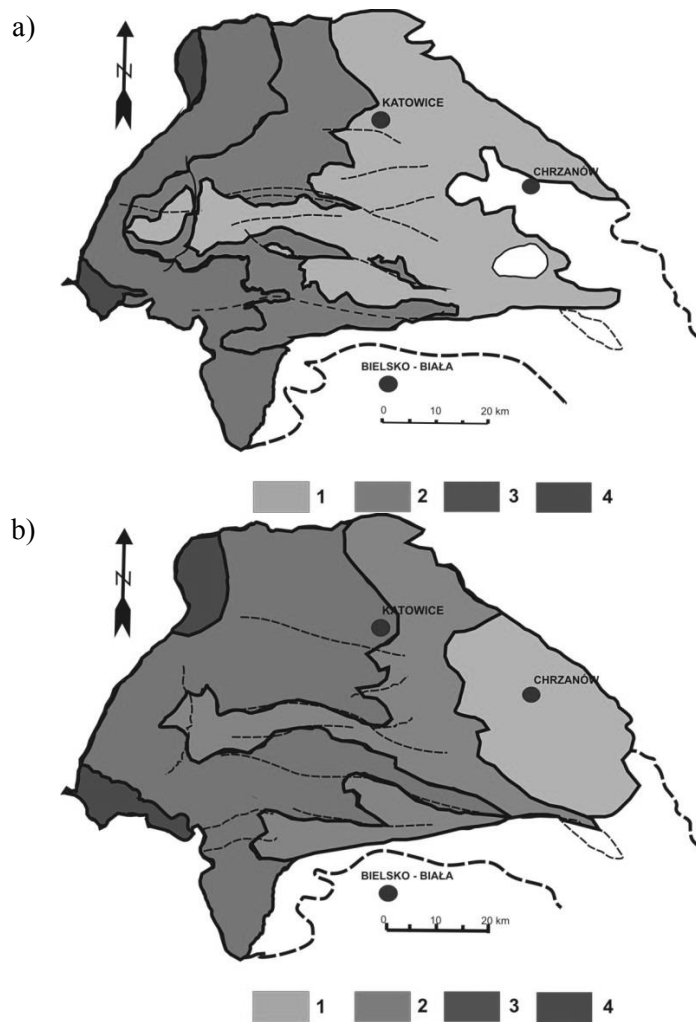
* wg. podziału Doktorowicza-Hrebnińskiego (1935)

W pionowym profilu utworów produktywnych zmienność stopnia uwęglenia tworzy charakterystyczny, strefowy układ jakości, który stanowi odbicie w następstwie typów węgla, zdefiniowanych zgodnie z polską klasyfikacją i w wartościach podstawowych wskaźników jakości w każdej strefie. Obserwowane zmiany mają charakter ciągły [9].

Poszczególne parametry jakościowe mają określony wpływ na wartość użytkową węgla, tym samym przekroczenie pewnych norm może obniżać ich przydatność. Węgłe energetyczne mogą być użytkowane w bardzo dużym przedziale jakościowym, w wielu przypadkach nie wytycza się norm względem danego parametru, danego typu węgla. Do jakości węgla dostosowywane są odpowiednie urządzenia przygotowujące węgiel do spalania [7].

Zróznicowanie stopnia uwęglenia (typu węgla) wyraża się w zmiennej zawartości części lotnych, wilgoci, czy zdolności odbicia światła. Stopień uwęglenia wyraźnie wzrasta ku zachodowi. Węgłe typu 31-32 (energetyczne), występują na znacznym obszarze GZW, a w niecce głównej występują one nawet do głębokości 1000 m. Po obu stronach tego pasa zaznaczają się pewne anomalie w stopniu uwęglenia – w części północnej występują węgłe typu 33-34, w rejonie Gliwic węgłe typu 36-41, a na południu w rejonie Jastrzębia węgłe typu 33-35 oraz w rejonie Olzy węgłe typu 36-41 (Rys. 1). Na obszarze występowania węgla niskich typów zaznaczają się lokalne anomalie, a na większej głębokości (poniżej 700 m p.p.t) występują węgłe typu 33-35, np. teren Halemby czy Mikołowa. Takie anomalie również zaznaczają się w skrzydłach uskoków. Ogólną tendencją jest występowanie węgla koksowych (typ 34-36) w zachodnim obszarze GZW, natomiast w bardziej centralnej części, węgłe te występują na większych głębokościach (Rys. 1) [14]. Na terenie całego GZW stwierdza się występowanie wszystkich typów węgla kamiennego z dominującym udziałem węgla energetycznych typu 31-32, płomiennych i gazowo-płomiennych, w mniejszym stopniu węgla koksujących, a także węgla chudych i antracytów. Węgłe te (nisko i średnio uwęglone), charakteryzowane są jako dobrej jakości surowiec energetyczny, i cechuje je ogólnie niska zawartość siarki i popiołu, jednocześnie ze zróżnicowaną wartością opałową i dobrym przebiegiem procesu spalania [2].

Ogólny charakter zmian jakości węgla na całym obszarze jest stały, a poszczególne zmiany są ze sobą sprzężone. Wraz z głębokością i ze zmieniającymi się typami węgla, zmieniają się niektóre parametry. Zawartość części lotnych maleje wraz z głębokością, przy wzroście zawartości pierwiastka węgla. Podobnie wraz z głębokością maleje zawartość wilgoci, natomiast ciepło spalania, wskaźnik Rogi i zawartość wodoru rosną. Na temperaturę topliwości popiołu ma wpływ skład chemiczny popiołu. Większa zawartość takich składników popiołu, jak: SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O powoduje wzrost temperatury topnienia popiołu [17].



1 – węgle energetyczne 2 – węgle energetyczne typy 32-33,
 3 – węgle koksowe typy 34- 37, 4 – węgle specjalne, antracytowe i antracyt typy 38, 41, 42

Rys. 1. Zróżnicowanie jakości węgla: a) w stropie karbonu, b) na głębokości ok. 1000 m (na podstawie Kotas [11])

Fig. 1. Differentiation of coal quality; a) in the top of the Carboniferous, b) at a depth of about 1000 m (according to Kotas, [11])

Silne zasiarczenie wykazują pokłady warstw łaziskich i libiąskich, natomiast wzrost zawartości popiołu w węglu odnotowuje się głównie w warstwach orzeskich i rudzkich [7].

Bardziej skomplikowany wpływ na tę temperaturę mają: Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Mn_3O_4 . W miarę wzrostu zawartości tych składników następuje

najpierw obniżenie, a następnie wzrost temperatury topnienia popiołu. W miarę wzrostu zawartości popiołu wzrasta nieznacznie temperatura topnienia popiołu [17]. Odmiennie wpływała na tę temperaturę obecność siarki popiołowej, wzrost jej zawartości powoduje obniżenie temperatury topnienia popiołu.

Udział poszczególnych pierwiastków w węglach jest różny i zależy głównie od stopnia uwęglenia. Zawartość C, H i O zależy od stopnia zaawansowania metamorfizmu. Wraz ze wzrostem stopnia metamorfizmu rośnie zawartość C, maleje ilość O i nieznacznie spada udział H. Udział N i S w praktyce nie zależy od stopnia metamorfizmu. Zawartość popiołu w węglach GZW waha się w szerokim zakresie, w granicach od kilku do kilkudziesięciu procent. Średni skład chemiczny popiołu jest charakterystyczny dla poszczególnych grup pokładów w profilu stratygraficznym (Tabela 2). Należy podkreślić, iż skład chemiczny popiołów nie wiąże się ze stopniem uwęglenia, a więc typami technologicznymi węgla. Najniższą zawartość popiołu wykazuje węgiel z pokładów warstw siodłowych ($A = 9,45\%$), a najwyższe zapopielenie dotyczy warstw orzeskich (średnio $A = 17,91\%$). Podobieństwo składu chemicznego popiołów wykazują warstwy porębskie i siodłowe (duży udział CaO i MgO), natomiast warstwy łęgowe wyróżniają się odrębnym składem chemicznym o charakterze glinokrzemianowym (Al_2O_3 , SiO_2).

Tabela 2. Średni skład chemiczny popiołów węglowych w ujęciu % (wg Mieleckiego [13])

Table 2. The average chemical composition of coal ash (%) (on the basis of Mielecki [13])

Składniki chemiczne popiołów [%]	GRUPA POKŁADÓW					
	W-wy porębskie	W-wy siodłowe	W-wy rudzkie	W-wy orzeskie	W-wy łaziskie	W-wy libiąskie
SiO ₂	30,87	28,65	38,55	40,45	37,85	32,81
Al ₂ O ₃	16,75	17,66	25,92	28,99	26,22	17,40
Fe ₂ O ₃	21,72	18,31	13,74	14,74	18,72	30,00
CaO	12,35	13,38	8,08	6,31	6,70	7,83
SO ₃	11,10	12,60	7,19	4,31	5,80	7,35
MgO	5,10	7,24	4,34	3,45	3,41	4,00

3. Właściwości petrograficzne węgla kamiennych

Skład węgla, jako skały organicznej, determinowany jest m.in. poprzez budujący go materiał wyjściowy czy zmieniające go procesy uwęglenia [4, 5]. Terminologia i klasyfikacje petrograficzne węgla kamiennego zostały opracowane i zatwierdzone w ramach działalności Międzynarodowego Komitetu Petrologii Węgla (International Committee for Coal and Organic Petrology ICCP)

i obecnie obowiązują w skali międzynarodowej. Zgodnie z tą ogólnie przyjętą nomenklaturą, w petrografii węgla wyróżnia się: litotypy, mikrolitotypy, mace-rały, karbomineryty oraz minerały i skały. W celu odpowiedniej klasyfikacji użytkowego zastosowania węgla kamiennych, pod uwagę brane są przede wszystkim cechy petrograficzne, uzupełnione parametrami fizykochemicznymi.

Z uwagi na to, że niniejszy artykuł stanowi pierwszy komunikat na temat parametrów określających jakość węgla kamiennych opartych na międzynarodowych standardach, w kolejnych dwóch podrozdziałach przedstawiono makroskopowe oraz petrograficzne (mikroskopowe) cechy węgla w zawężeniu do składu macerałowego.

3.1. Makroskopowe cechy węgla

Węgiel kamienny w pokładzie tworzy zwykle pasemka różniące się pomiędzy sobą połyskiem, barwą i innymi cechami zewnętrznymi. Połysk węgla kamiennego jest jego najistotniejszą cechą zewnętrzną. Intensywność połysku jest ściśle związana ze stopniem uwęglenia oraz ze składem petrograficznym. Barwa węgla kamiennego jest odzwierciedleniem przede wszystkim jego składu petrograficznego, a także stopnia uwęglenia. Ze względu na skład petrograficzny węgla można wyróżnić jego barwę smolistoczną, czarną, szarą, szaroczną. Zaś ze względu na stopień uwęglenia, węgiel przechodzi od barwy brunatnoczarnej poprzez czarną, szaroczną do ołowianoszarej a nawet do żółtawoszarej. Pod względem makrostrukturalnym wyróżnia się węgiel pasemkowy, smugowy i pasemkowo-smugowy [18]. W zależności od grubości pasemek i smug, węgiel można podzielić na:

- węgiel smugowy o grubość smug i pasemek do 1 mm,
- węgiel drobnopasemkowy o grubości pasemek od 1-3 mm,
- węgiel średniopasemkowy o grubości pasemek od 3-7 mm,
- węgiel grubopasemkowy o grubości pasemek powyżej 7 mm.

Pod względem teksturalnym wyróżnia się zwykle węgiel o teksturze ławicowej i masywnej. Węgiel kamienny charakteryzuje się występowaniem oddzielności. W zależności od budowy petrograficznej i stopnia uwęglenia węgla charakterystyczny jest przełam – muszlowy, nierówny lub włóknisty. W związku z otrzymaniem przełamu, można wyróżnić węgiel zwięzły lub kruchy oraz węgiel twardy lub miękki. Na podstawie cech zewnętrznych w międzynarodowej terminologii petrograficznej, wyróżniono cztery odmiany petrograficzne humusowego węgla kamiennego, czyli tzw. litotypy: [12]

- Węgiel błyszczący (witryn, vitrain) – charakteryzujący się intensywnym połyskiem i smolistoczną barwą. Ten rodzaj węgla tworzy w pokładzie smugi i pasemka o grubości od kilku mm (1-13 mm) do rzadziej kilku cm (2-5 cm). Zawartość węgla błyszczącego w pokładach węgla nisko uwęglonego wynosi średnio 5-20%. Zawartość popiołu w węglu błyszczącym jest nieznaczna i zmienna w zakresie 2-6%.

- Węgiel półbłyszczący (klaryn, clarain) – charakteryzujący się obecnością naprzemianlegle ułożonych drobnych pasemek węgla matowego i błyszczącego (niekiedy także soczewek węgla włóknistego). Jest to węgiel drobnopasemkowy, gdzie grubość poszczególnych pasemek wynosi poniżej 3 mm. Jego połysk zawiera się pomiędzy połyskiem węgla błyszczącego a matowego, i jest to najbardziej rozpowszechniony litotyp humusowego węgla kamiennego. W pokładach tworzy często grubsze pasemka lub ławice powyżej 1 m.
- Węgiel matowy (duryn, durain) – który, może posiadać barwę szarą lub barwę brunatnoczarną. Ten rodzaj węgla występuje rzadziej niż węgiel błyszczący lub półbłyszczący. Jego matowy połysk uwarunkowany jest zawartością maceratów inertynitowych (węgiel matowy szary) lub liptynitowych (węgiel matowy czarny). Jest to węgiel twardy i stosunkowo trudno urabialny, jego przełam jest ziarnisty lub muszlowo-ziarnisty. Tworzy pasemka o grubości od kilku mm do kilku dm.
- Węgiel włóknisty (fuzyn, fusain) – który, przypomina w dużym stopniu węgiel drzewny, ponieważ tworzą go fragmenty zwęglonych łodyg roślinnych o charakterystycznym jedwabistym połysku i barwie od szaroczarnej do czarnej. W węglach humusowych tworzy soczewki o grubości kilku mm i długości kilku cm. Charakteryzuje się dużą kruchością i ścieralnością.

3.2. Mikroskopowe cechy węgla

Litotypy nie są jednolitymi składnikami petrologicznymi, ponieważ są zbudowane z mniejszych składników petrograficznych – mikrolitotypów, które również nie są jednorodne petrograficznie gdyż zbudowane są z macerałów. Macerały węgla kamiennego to podstawowe, wyróżnialne mikroskopowo składniki węgla, analogiczne do minerałów w skałach nieorganicznych, nie mają jednak charakterystycznej formy krystalicznej i stałego składu chemicznego [12].

Obowiązująca klasyfikacja ICCP wyróżnia trzy główne grupy: wityritu, liptynitu i intertyritu, w obrębie, których wydziela się kilkanaście podstawowych macerałów węgla kamiennego.

W badaniach petrograficznych macerały charakteryzują się następującymi cechami: [18]

- morfologią,
- barwą w świetle odbitym i przechodzącym,
- zdolnością refleksyjną wityritu,
- anizotropią w świetle odbitym i przechodzącym,
- ciężarem właściwym (gęstością rzeczywistą),
- reliefem,
- mikrotwardością,
- występowaniem i praktycznym zastosowaniem.

3.2.1. Grupa wityrynit

Maceraty grupy wityrynit powstały z tkanek drewna i parenchymy pochodzących z pni, korzeni i liści zbudowanych z ligniny i celulozy. Wityrynit stanowi dominujący macerał w wielu węglach GZW. Struktury komórkowe grupy mogą być zachowane w różnym stopniu, widoczne lub niewidoczne. Powodem tego zjawiska są różnice w procesach dekompozycji, natężenia żelifikacji oraz uwęglenia. Barwa jest od szarej do jaskrawobiałej, przy czym jest zawsze jaśniejsza od barwy macerałów z grupy liptynit, a ciemniejsza w porównaniu z barwami macerałów grupy inertynit. Refleksyjność grupy wityrynit (Rr) oscyluje w przedziale od 0,5 do 7%. Zarówno barwa jak i refleksyjność zmienia się wraz ze stopniem uwęglenia. Własności optyczne wityrynit zostały uznane za wzorcowe w stosunku do pozostałych macerałów [18]. Grupa wityrynit jest w całości reaktywna (zaczyna się na poziomie 0,5% Rr, a max. osiąga przy wartościach 1,0-1,2% Rr). Jeśli chodzi o znaczenie praktyczne to w węglach o średnim stopniu uwęglenia stosunkowo łatwo przechodzi w stan plastyczny w czasie koksowania i może być głównym źródłem naturalnego gazu [12]. Maceraty grupy wityrynit przedstawia Tabela 3.

3.2.2. Grupa liptynit

Liptynit może zawierać egzyny (naskórki), sporynę, kutyne, suberynę, terpeny, estry, fenole, alkohole wyższe oraz oleje roślinne o złożonym składzie chemicznym [18]. Jest najbogatszy w części lotne (>40% w nisko uwęglonych węglach kamiennych), stąd też jest najłżejszy ze wszystkich grup macerałów [12]. Grupa liptynit jest w całości reaktywna. Barwa grupy zawiera się w zakresie od pomarańczowo-brązowej do ciemnobrązowej w węglach kamiennych nisko uwęglonych, w węglach koksujących przybiera różne odcienie szarości. Po przekroczeniu drugiego skoku uwęglenia liptynit staje się nierozpoznawalny pod mikroskopem. Refleksyjność jest najniższa ze wszystkich grup macerałów w tym samym węglu. Fluorescencja jest zmienna – od silnej o barwach od złotej do jasnopomarańczowej i słabej o barwach od ciemnopomarańczowej do brunatnej; zanika na poziomie 1,3% Rr. Relief w węglach słabo uwęglonych jest silny, w miarę wzrostu stopnia uwęglenia zbliża się do reliefu wityrynit [18]. Liptynit jest ważnym, również technologicznie, składnikiem nisko i średnio uwęglonych węgli. W węglach karbońskich występuje regularnie w ilości około 15% [12]. Maceraty grupy liptynit przedstawia Tabela 3.

3.2.3. Grupa inertynit

Grupę inertynit stanowią maceraty o niższej do zerowej reaktywności technologicznej. Inertynit zawiera wysoką zawartość pierwiastka C oraz niskie zawartości wodoru i tlenu. Barwa macerałów grupy jest szara, szarawo-biała do żółtawobiałej. Cechuje się reliefem wysokim do bardzo wysokiego. Posiada wysoką twardość i niską elastyczność, jest cięższy od wityrynit.

Tabela 3. Macerały węgla kamiennego (na podstawie Kruszewska [12], wg. ICCP)

Table 3. Macerals of hard coal (according to Kruszewska [12] after ICCP)

Grupa macerałów	Macerał i jego symbol	Submacerał	Odmiana macerału
WITRYNIT	telinit	telinit 1 i 2	kordaitotelinit
			fungotelinit
			ksylotelinit
			sigillariotelinit
	kolinit	telokolinit	zelokolinit
			desmokolinit
			corpokolinit
witrodetrynit	.	.	
LIPTYNIT (EGZYNIT)	sporynit	.	makrosporynit
		.	mikrosporynit
	kutynit	.	tenuikutynit
			krassikutynit
	rezynit	.	rezynit terpenowy
			rezynit lipidowy
			rezynit wtórny
	alginit	.	pila-alginit
			reinschia-alginit
	suberynit	.	.
bituminit	.	.	
liptodetrynit	.	.	
INERTYNIT	fuzynit	pirofuzynit	
			degardofuzynit
			fuzynit metamorficzny
			fuzynit pierwotny
	semifuzynit	.	
	makrynit	.	
	sklerotynit	fungosklerotynit	plektenchyminit
			korposklerotynit
			pseudokorposklerotynit
inertodetrynit	.		
mikrynit	.		

Refleksyjność inertynitu jest najwyższa spośród grup macerałów w danym węglu. Do całkowicie inertnych macerałów grupy zaliczamy fuzynit oraz częściowo makrynit, semifuzynit i funginit – mają one negatywny wpływ na zachowanie się węgla w procesie spalania. Termin inertynit oznacza, że macerały tej grupy są obojętne w procesie koksowania – bardziej obojętne niż grupa liptynitu i witynitu [18]. Reaktywny inertynit, charakteryzuje się podatnością na procesy technologiczne, w tym spalanie; należy tu zaliczyć mikrynit, część semifuzynitu oraz inertodetrynitu. Reaktywny inertynit w miarę wzrostu uwęglenia (w węglach chudych i antracytowych) staje się całkowicie inertny [12]. Macerały inertynitu zostały przedstawione w Tabeli 3.

4. Planowana metodologia badań przy tworzeniu NJMZ

Prace przy tworzeniu NJMZ polegać będą na rozeznaniu możliwości rynku potencjalnych odbiorców produktu i ocenie popytu na produkt oraz na opracowaniu efektywnych metod badań jakościowych i ilościowych. Otrzymane analizy posłużą nie tylko do określenia atrakcyjności rynku ale też do oceny możliwości i zagrożeń w odniesieniu do silnych i słabych stron danego zakładu górniczego. Zostanie określona wielkość rynku (obecna i w odniesieniu do wdrożenia produktu), tempo rozwoju rynku, jego rentowność i trendy rozwoju.

NJMZ powstaną w oparciu o dokumenty kartograficzne oraz wyniki pomiarów geodezyjnych i geologicznych, udokumentowanych w dziennikach pomiarowych [15]. W związku z powyższym zostanie opracowana koncepcja określająca ilość i jakość danych potrzebnych do stworzenia NJMZ. Opracowanie koncepcji będzie bazowało na informacjach uzyskanych przez władze i pracowników w trakcie przeprowadzanych rozmów i wywiadów z wytypowanymi, w drodze analizy rynku, ich doświadczeń i umiejętności, członkami zespołu badawczego.

Projekt zakłada również weryfikację dotychczasowych prac związanych z tworzeniem modeli i realizowaniem pokrewnych zadań. Zostanie ona przeprowadzona na podstawie dostępnej literatury naukowej, czasopism, opracowanych raportów oraz wywiadów eksperckich ze specjalistami w swojej dziedzinie, pracownikami jednostek naukowych itp. Zasób informacji pozyskany od ekspertów daje pogląd na panujące realnie praktyki handlowe, oczekiwania i zachowania odbiorców na analizowanym rynku branży węglowej. Weryfikacja rynku i sfery działania odbiorców produktu pozwoli m.in. na dopasowanie NJMZ do potrzeb i gustu nabywców, udoskonalenie i dopracowanie szczegółów. Uczyni to produkt bardziej konkurencyjnym i atrakcyjnym.

Niezbędna jest również analiza potencjalnych nabywców produktu oraz zidentyfikowanie ich preferencji, potrzeb i oczekiwań związanych z NJMZ. Badanie nabywców zostanie uzupełnione o analizę otoczenia zewnętrznego, czy-

li czynników makroekonomicznych. Mają one wpływ na otoczenie działania zainteresowanego nabywcy, jego stabilność ekonomiczną, warunki technologiczne i charakter potencjału wdrożeniowego produktu.

Baza danych stanowi podstawę tworzenia NJMZ i umożliwia utrzymanie jednego modelu złoża i jednego zestawu danych. NJMZ pozwala na równoczesną pracę wielu użytkowników. Dostęp do bazy możliwy jest z dowolnego komputera, wchodzącego w skład systemu. Podczas tworzenia NJMZ zostanie więc przeprowadzona analiza możliwości funkcjonowania przykładowych plików i zbiorów danych, w celu ustalenia najbardziej funkcjonalnego modelu połączenia bazy danych do środowiska graficznego istniejących programów i systemów. Zostaną również zaproponowane metody i narzędzia do najlepszego zabezpieczenia przed przypadkową lub celową ingerencją w jej zawartość [16]. Powyższe działania i metodyka ukierunkowane są na stworzenie ogólnej koncepcji wykorzystania i wdrożenia gospodarczego produktu, jakim jest NJMZ, w struktury zakładów górniczych. Wykonanie opisanych wyżej działań i szczegółowych analiz pozwoli na wyeliminowanie wielu błędnych założeń, zmniejszy nakłady środków materialnych, ludzkich i finansowych, zarówno po stronie wykonawcy NJMZ, jak i potencjalnego odbiorcy.

5. Podsumowanie

Współcześnie jakość węgla ocenia się na podstawie badań chemicznych i petrograficznych. Pod uwagę bierze się klasę, typ węgla i stopień uwęglenia. Pobieranie próbek odbywa się według wytycznych określonych w normach, najczęściej są to próby bruzdowe. Prawidłowy sposób pobrania próbki gwarantuje jak najmniejsze wahania wartości parametrów. Największe wahania obserwuje się w węglach energetycznych, gdyż węgle koksowe wymagają przed dostarczeniem do procesu przetwórczego, wcześniejszego wzbogacenia. Różnice w parametrach jakościowych dotyczą również poszczególnych pokładów w obrębie kilku kopalni.

Do dzisiaj przebadano i wykonano setki analiz petrograficznych i fizykochemicznych zarówno węgla jak i koksów. Zostały one zebrane w formie bazy danych działającej w systemie on-line. Baza ta, aktualizowana na bieżąco, stanowi doskonałą podstawę do dalszego wykorzystania w przemyśle węglowym przez kopalnie. Nadrzędnym celem, jaki postawili sobie i planują zrealizować autorzy niniejszego artykułu, jest zainteresowanie sektora węglowego opracowaniem i wdrożeniem narzędzia jakim jest Numeryczno-Jakościowy Model Złoża (NJMZ), oparty na badaniach petro-fizycznych.

Literatura:

- [1] Bilans zasobów kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2014. Praca zbiorowa pod redakcją Szuflickiego M., Malon A., Tymińskiego M. Wyd. Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, 2015, s. 41-51.
- [2] Czaplinski A.: Węgiel kamienny. Kraków: Wydawnictwo AGH, 1994, s. 210.
- [3] Dembowski Z.: Ogólne dane o Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Państw. Inst. Geol. Tom LXI, Warszawa, 1972, s. 9-16.
- [4] Diessel, C.F.K. 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments, in *Advances in the study of the Sydney basin: Proceedings of the 20th Newcastle Symposium*, Newcastle, N.S.W., The University of Newcastle, Publication 246, p. 19-22.
- [5] Diessel C.F.K. 1992. *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag, Berlin. 721 pp.
- [6] International Classification of Seam Coals, Final Version. Economic Commission For Europe, Committee On Energy, Working Party On Coal, Fifth session, 1995.
- [7] Jasieńko S.: *Chemia i fizyka węgla*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Śląskiej, 1995, s. 14 – 52.
- [8] Jureczka J.: Nowe dane o charakterystyce litostratygraficznej kontaktu serii paralicznej i górnośląskiej serii piaskowcowej karbonu zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Materiały XI Sympozjum Geologia Formacji Węglonośnych Polski*. Wyd. AGH, 1988, Kraków.
- [9] Konstantynowicz E.: *Geologia surowców mineralnych: T.11 Surowce energetyczne*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 1984, s. 357.
- [10] Kotas A., Buła, Z. & JURECZKA, J.: Problematyka podziału litostratygraficznego Górnośląskiej serii piaskowcowej karbonu GZW w świetle zasad kodeksu stratygraficznego, 55-61. *XI Sympozjum – Geologia formacji węglonośnych Polski*. Wydawnictwo AGH, 1988, Kraków.
- [11] Kotas A., Gądek S., Buła Z., Kwarciański J., Malicki, J.: *Atlas geologiczny GZW. Mapy jakości węgla (1:100 000)*. Warszawa, 1983, Państwowy Instytut Geologiczny.
- [12] Kruszewska K., Dybowa-Jachowicz S.: *Zarys petrologii węgla*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 1997, s. 166 – 18.
- [13] Mielecki T., Krzyżanowska W.: Charakterystyka chemiczna popiołów węgla górnośląskich (próbki pokładowe). *Pr. GIG, Seria M, Monografia Polskich Węgli*, 1961 z. 7, komunikat nr 273.
- [14] Ney R.: *Surowce mineralne Polski – surowce energetyczne*. Kraków, Wydawnictwo Centrum PPGSMiE PAN, 1996, s. 387.
- [15] Poniewiera M.: Model numeryczny złoża węgla kamiennego i jego praktyczne zastosowania. *Wiadomości Górnicze*, 2010, 61 nr 7/8, s. 458-465.
- [16] Poniewiera M., Zientek D.: Technologia generowania map pochodnych, w różnych skalach, na podstawie numerycznej mapy podstawowej. *Materiały konferencji naukowo-technicznej „VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych”*. Ustroń 15-17 czerwiec 2005, s. 465 – 473.
- [17] Róg L.: Wpływ budowy petrograficznej i chemicznej węgla kamiennego na temperaturę topliwości popiołu. *Prace naukowe GIG*, nr 1, 2003, s.73 – 96.
- [18] Taylor G.H., Teichmüller M., Davis A., Diessel C.F.K., Littke R., Robert P.: *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger. 1998. Berlin. Stuttgart. 704 pp.

**NUMERICAL MODEL OF BITUMINOUS COAL DEPOSIT
CONSTRUCTED ON THE BASE OF COAL QUALITY PARAMETERS
– PART I****S u m m a r y**

Based on the available publications and ongoing projects in the geodetic and geological industry, it has been found that the so-called numerical models of deposits are effectively implemented at hard coal mines e.g. in JSW S.A. If the coal quality is taken into account, the Numerical and Qualitative Model of the Deposit (NQMD) is obtained. The innovativeness of the proposed solution forms the basis to take actions aimed at implementing the results of basic research in business practice. The aforementioned innovativeness is based on the use of petrographic and physico-chemical studies that form the basis for determining the quality and suitability of coal. What is more, the data included in the Numerical and Qualitative Model of the Deposit will fill the gap that still exists in the coal sector despite numerous studies, usually focusing on both the physicochemical and reservoir properties of coal.

Keywords: coal mining, numerical mineral deposit models, lithotypes, vitrinite, liptinite, inertinite, vitrinite reflectance

Przesłano do redakcji: 30.05.2015

Przyjęto do druku: 10.01.2016

DOI: 10.7862/rb.2015.203