

Elżbieta HYCNAR  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
Agnieszka PEKALA  
Politechnika Rzeszowska

## OPOKA ZE ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO „BEŁCHATÓW” A MOŻLIWOŚCI JEJ PRAKTYCZNEGO WYKORZYSTANIA

Górnictwo węgla brunatnego, z uwagi na odkrywkowy charakter eksploatacji, dostarcza wielu odmian kopalin skalnych i ceramicznych. Istnieje jednak problem związany z utylizacją niektórych kopalin, wynikający z braku rozpoznania możliwości ich praktycznego zastosowania. Przedmiotem prezentowanych badań są opoki występujące w złożu węgla brunatnego „Bełchatów”. W pracy przedstawiono ich charakterystykę mineralogiczno-petrograficzną oraz właściwości fizyko-mechaniczne. Pozwala to ocenić kopaliny jako interesujące pod względem surowcowym.

### 1. Wprowadzenie

Rozwój gospodarczy i cywilizacyjny nieodzownie związany jest z coraz większym zapotrzebowaniem na różnorodne surowce mineralne. Sytuacja ta wymusza konieczność poszukiwania nowych, alternatywnych źródeł ich pozyskiwania. Duże szanse w tym względzie daje górnictwo węgla brunatnego. Odkrywkowy charakter eksploatacji tej kopaliny wiąże się z koniecznością zdejmowania miększych osadów nadkładu, a także dodatkowo powoduje odsłonięcie skał podłoża. W złożu węgla brunatnego „Bełchatów” występują różnorodne kopaliny posiadające cenne właściwości surowcowe. Szczegółowo zostały rozpoznane, zarówno pod względem geologicznym, jak i surowcowym, jedynie skały nadkładu. Wiele z nich spełnia kryteria kopalin towarzyszących, a rzeczywistość niejednokrotnie potwierdziła możliwości ich praktycznego wykorzystania w różnorodnych technologiach [1]. Również w obrębie skał podłoża mezozoicznego występuje wiele ciekawych pod względem surowcowym kopalin, takich jak: wapienie, margle, piaskowce, opoki, gezy czy diatomity. Udokumentowano też występowanie zróżnicowanych litologicznie osadów, określanych mianem zwietrzelin lub regolitów [2, 3]. Wyróżniono wśród nich opoki lekkie, brekcje osadowe oraz ily kaolinowe [4]. W przeciwieństwie do skał nadkładu skały podłoża do tej pory nie zostały poddane szczegółowym badaniom surow-

cowym – zostały tylko wstępnie rozpoznane w trakcie wykonywania robót geologicznych. Spośród wymienionych kopalin jedynie wapienie znajdują zastosowanie jako kruszywo drogowe. Wykonane w warunkach laboratoryjnych badania reaktywności względem  $\text{SO}_2$  sugerują, że mogą one również pełnić rolę sorbentów w suchych metodach obniżania emisji dwutlenku siarki w paleniskach elektrowni [5]. Wydaje się, że perspektywy gospodarczego wykorzystania dotyczą także opok.

Opoki należą do skał przejściowych pomiędzy skałami krzemionkowymi a węglanowymi [6]. W złożu „Bełchatów” ich obecność została odnotowana w strefie kontaktu osadów neogeńskich ze skałami mezozoicznego podłoża w kompleksach węglanowym oraz klastyczno-węglanowym [7]. Skały te odsłaniają się na brzegach Rowu Kleszczowa głównie w jego zachodniej części. Okruchy opok występują również w spągowej części osadów neogeńskich wśród utworów detrytycznych tworzących olistolity [8]. Opoki z Bełchatowa ze względu na właściwości mechaniczne zaliczono do utworów trudno urabialnych.

## 2. Materiał i metodyka badań

Materiał do badań stanowiły próbki opok pochodzące z południowego zbocza wykopu eksploatacyjnego Pola „Bełchatów” oraz z rdzeni wiertniczych wierceń piezometrycznych i rozpoznawczych wyprzedzających front eksploatacji w Polu Szczerców (rys. 1.). Łącznie pobrano 11 próbek, z czego 5 pochodziło ze skarpy eksploatacyjnej, 6 zaś z rdzeni wiertniczych.

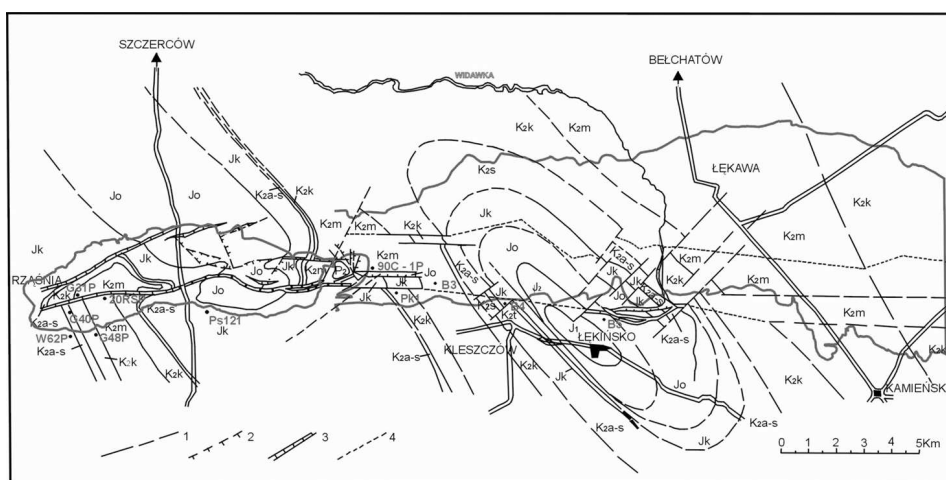
Zastosowana metodyka badań objęła:

- obserwacje mikroskopowe w spolaryzowanym świetle przechodzącym i odbitym przy zastosowaniu mikroskopu Olympus BX-51,
- analizę katodoluminescencyjną przy użyciu aparatury firmy Cambridge Image Technology, model CCL 8200 mk3 oraz mikroskopu polaryzacyjnego Optiphot 2 firmy Nikon,
- dyfraktometrię rentgenowską przy wykorzystaniu dyfraktometru rentgenowskiego PHILIPS X"Pert z monochromatyzatorem refleksyjnym; dyfraktogramy interpretowano za pomocą programu identyfikacyjnego XRAYAN z bazą minerałów ICPDS [9],
- mikroskopię skaningową przy zastosowaniu mikroskopu elektronowego (SEM)FEI Quanta 200FEG z mikroanalizatorem rentgenowskim (EDX).

Wykonano również badania składu chemicznego opok metodą atomowej spektroskopii absorpcyjnej (ASA), przy wykorzystaniu spektrofotometru PHILIPS PU 9100Xi Camera SX-100 oraz atomowej spektroskopii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP AES), przy użyciu spektrometru PLASMA 40.

Badania właściwości fizyko-mechanicznych opok objęły oznaczenia takich parametrów, jak:

- porowatość otwarta i całkowita oznaczona zgodnie z normą PN-EN 1936:2001 [10],
- wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym, przeprowadzona zgodnie z wymaganiami normy PN-EN-1926:2001 [11],
- gęstości objętościowa i właściwa wykonywane zgodnie z normą PN-EN-1936:2001 [10],
- wilgotność oznaczona według normy PN-EN 1925:2001 [12],
- nasiąkliwość materiału kamiennego wykonana zgodnie z normą PN-EN 13755:2002 [13].



Rys. 1. Szkic geologiczny powierzchni podkenozoicznej rowu bełchatowskiego według S. Cieślińskiego i Z. Dąbrowskiej (1980) wraz z zaznaczonym miejscem opróbowania

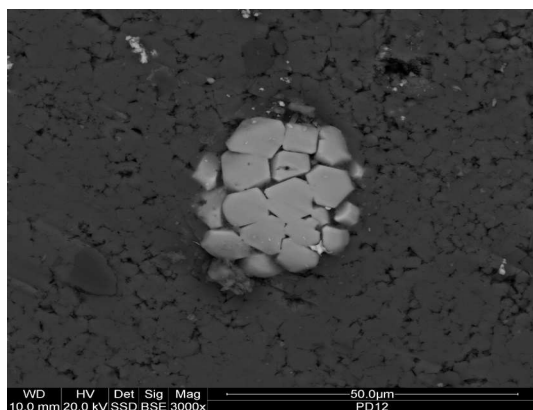
Na rysunku 1. przyjęto następujące oznaczenia: 1 – uskoki pewne i przypuszczalne, 2 – uskoki z kierunkiem zrzutu, 3, 4 – granice rowu, P2 – perm, cechsztyń, J1 – jura dolna-toark, J2 – jura środkowa: kelowa, baton, bajos; jura górna: Jo – oksford, Jk – kimeryd, kreda górna: K2a-s-alb, santon, K2t – turon, K2k – kampan, K2m-mastrycht, B3, G48P – przykładowe numery miejsc opróbowania.

### 3. Wyniki badań

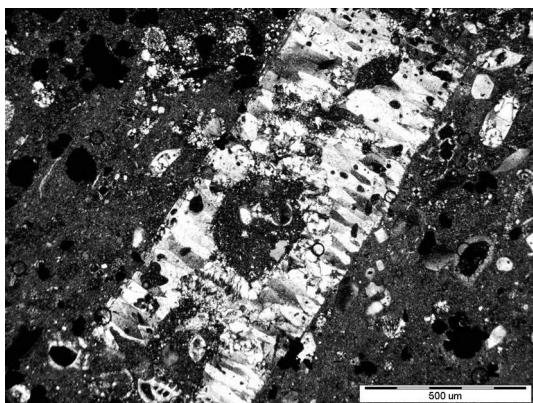
#### 3.1. Badania mineralogiczne

Opoki ze złoża „Bełchatów” są skałami o strukturze mikrokrystaliczno-organogenicznej bądź mikrokrystaliczno-detrytycznej. Ich tekstura jest zbita,

z reguły bezładna. Tło skalne ma charakter węglanowo-krzemionkowy. Tworzy je kalcyt o mikrokryształicznym wykształceniu z domieszką bezpostaciowego opalu. W tle skalnym występują liczne bioklasty o charakterze węglanowym, reprezentowane głównie przez skorupki otwornic, fragmenty mięczaków i szkarłupni. Lokalnie występują niewielkie nagromadzenia minerałów węglanowych, będące najprawdopodobniej pozostałościami po otwornicach aglutynujących, oraz igły gąbek, zbudowane z chalcedonu bądź opalu. Wśród materiału detrytycznego, oprócz bioklastów, zidentyfikowano ziarna kwarcu, glaukonitu, skaleń, minerałów ciężkich, głównie cyrkonu, a także relikty hydromuskowitu. W obrazach mikroskopowych zaobserwowano ponadto skupienia niewielkich kryształów pirytu (poniżej 0,05 mm) o idiomorficznych zarysach (rys. 2.).



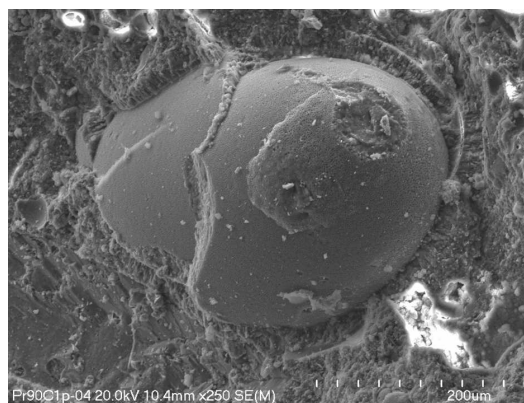
Rys. 2. Kryształy pirytu o zarysach idiomorficznych, SEM/EDX



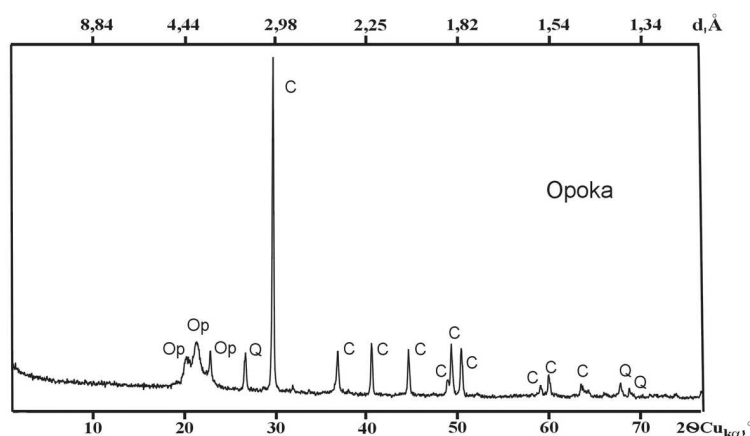
Rys. 3. Zastępowanie węglanów w szczątkach organicznych przez krzemionkę; światło przechodzące  $X_p$

Opoki z Bełchatowa objęte zostały procesem silifikacji. Przejawem tego procesu jest zastępowanie minerałów węglanowych przez minerały z grupy  $\text{SiO}_2$ . Proces silifikacji najbardziej widoczny jest w obrębie szczątków organicznych (rys. 3.). Niskokryształiczna krzemionka zastępuje kalcyt w bioklastach, jak

również wypełnia ich wnętrza. Proces silifikacji bioklastów nie powoduje zatarcia czy deformacji ich biogenicznej struktury, co sugeruje, że krzemionka krystalizowała z roztworu. Procesem silifikacji objęte zostało również tło skalne. Jednoznacznie świadczy o tym jego niebiesko-różowa barwa w analizie katodoluminescencyjnej [14]. Krzemionka krystalizuje ponadto w różnego rodzaju pustkach skalnych, powstałych w wyniku zjawisk krasowych czy procesów tektonicznych, zabliźnia pęknięte bioklasty oraz ziarna kwarcu detrytycznego (rys. 4.).



Rys. 4. Pęknięte ziarno kwarcu zabliźnione krzemionką SEM/EDX



Rys. 5. Dyfraktogram opoki ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu „Bełchatów” (próbka 90C-1P); C – kalcyt, Op – opal typu CT (kryształitowo-trydymitowy), Q – kwarc

Minerały z grupy krzemionki biorące udział w procesie silifikacji reprezentowane są przez chalcedon oraz opal typu CT (cristobalitowo-trydymitowy) (rys. 5.). Chalcedon wykształcony jest w postaci krótkich włókien tworzących skupienia o budowie promienistej, pozorujących drobnoziarnistą mozaikę.

### 3.2. Badania chemiczne

Z przedstawionego w tab. 1. uśrednionego składu chemicznego opok pochodzących ze strefy kontaktu osadów trzeciorzędowych ze skałami mezozoicznego podłoża w złożu „Bełchatów” wynika, że ich dominującym składnikiem jest krzemionka [15]. Zawartość  $\text{SiO}_2$  w badanych skałach zawiera się w przedziale od 40,20 do 66,90% wagowych i wynosi średnio 49,33% wagowych. Wartości te należy traktować jako wysokie. Dla porównania zawartość krzemionki w opokach wieku kredowego z okolic Łodzi ze złóż Roźniatów i Poddebice zawiera się w przedziale 30,49-32,0% wagowych. [16]. Zawartość  $\text{CaO}$  wynosi od 16 do 30,5% wagowych przy średnim udziale 24% wagowych.

Tabela 1. Skład chemiczny opok pochodzących ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego „Bełchatów”

Składnik chemiczny	Zawartość, % wagowy		
	minimalna	maksymalna	średnia
$\text{SiO}_2$	40,20	66,90	49,33
$\text{TiO}_2$	–*	0,22	0,06
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,72	4,50	3,10
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,59	1,68	0,90
$\text{CaO}$	16,00	30,5	25,14
$\text{MgO}$	0,13	1,99	0,40
$\text{MnO}$	0,004	0,02	0,01
$\text{Na}_2\text{O}$	0,050	0,12	0,07
$\text{K}_2\text{O}$	–*	0,70	0,43
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,003	0,09	0,03

\* zawartość poniżej granicy wykrywalności.

### 3.3. Badania fizyko-mechaniczne

Wyniki badań mineralogiczno-chemicznych analizowanych skał pozwoliły na podjęcie próby wykazania możliwości ich praktycznego zastosowania. Wydaje się, że perspektywy takie są stymulowane głównie ilością i charakterem fazowym obecnych w nich minerałów z grupy  $\text{SiO}_2$ . Występowanie w opokach krzemionki w formie opalowo-chalcedonowej wpływa korzystnie na możliwości ich zastosowania m.in. w produkcji cementu portlandzkiego jako składnik klinieru [17].

W tabeli 2. przedstawiono wartości parametrów fizyko-mechanicznych oznaczonych dla opok wieku górnokredowego, pochodzących ze złoża węgla brunatnego „Bełchatów” oraz z nagromadzeń z terenu niecki mogileńsko-łódzkiej, takich jak: Roźniatów i Poddebice. Z przedstawionych danych wynika, że opoki z Bełchatowa charakteryzują się znacznie większą wytrzymałością mechaniczną oraz gęstością pozorną. Posiadają natomiast niższą porowatość

całkowitą i nasiąkliwość [18]. Odmienne wartości wymienionych parametrów związane są z procesem silifikacji, któremu podlegały opoki z Bełchatowa.

Tabela 2. Parametry fizyko-mechaniczne opok ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego „Bełchatów”

Parametry fizyko-mechaniczne	Opoki z Bełchatowa	Opoki z niecki mogileńsko-lódzkiej*
Gęstość pozorna, g/cm <sup>3</sup>	1,89÷1,97	1,3÷1,5
Gęstość właściwa, g/cm <sup>3</sup>	2,45÷2,47	brak danych
Porowatość całkowita, % obj.	22,5÷24,3	44,4÷50,7
Wilgotność, % wagowy	1,5÷1,9	brak danych
Nasiąkliwość, % wagowy	10,98÷10,92	28,7÷35,1
Wytrzymałość na ściskanie, MPa – na sucho	49÷52	18,2÷26,8

\* ze złóż Rożniatów i Poddębice, według danych S. Kozłowskiego (1986)

Badane skały ze względu na niskie parametry wytrzymałościowe nie nadają się do budowy dróg i obiektów inżynierskich o długotrwałym okresie eksploatacji. Niemniej jednak pokruszony materiał skalny mógłby być wykorzystany do utwardzania podłoża dróg i placów remontowych funkcjonujących najwyżej kilka miesięcy. Szacunkowe zasoby opok zalegające w skarpach odkrywki, które mogłyby zostać selektywnie wyeksploatowane ze złoża „Bełchatów”, wynoszą kilka milionów ton. Biorąc pod uwagę zdolności wydobywcze kopalni, eksploatację opok można szacować na poziomie 100÷150 m<sup>3</sup>/rok [19].

#### 4. Podsumowanie

Opoki występujące w złożu węgla brunatnego „Bełchatów”, ze względu na ich właściwości mechaniczne, a przede wszystkim na wysoką twardość i zwięzłość, określane są mianem utworów trudno urabialnych. Wzrost twardości i zwięzłości tych skał jest wynikiem procesu silifikacji. Proces ten należy łączyć przede wszystkim z przemianami późnodiagenetycznymi i migracją roztworów bogatych w krzemionkę. Źródłem krzemionki mogły być wody meteoryczne. W paleogenie miała bowiem miejsce przerwa sedymentacyjna. Skały mezozoiczne, w tym również osady górnej kredy, uległy intensywnej penepłenizacji, która doprowadziła do niemal zupełnego zrównania obszaru. Źródłem krzemionki w procesie silifikacji należy również upatrywać w przemianach diagenetycznych, zachodzących w osadach zalegających w bezpośrednim sąsiedztwie opok. Były nimi m.in. trzeciorzędowe skały ilaste występujące w obrębie serii powęglowej. Z ilów w procesie kompaktacji mechanicznej wyciskana była woda bogata w krzemionkę. Niewielkie ilości krzemionki mogły także pochodzić z transformacji materiału terygenicznego, obecnego w obrębie tła skalnego opok, głównie

skaleni. Świadczą o tym kolumnowe agregaty kaolinitu, które powszechnie są uznawane jako wynik wietrzenia glinokrzemianów.

Proces silifikacji opok, interesujący z poznawczego punktu widzenia, ma także aspekt praktyczny. Tak duża zawartość krzemionki nie pozostaje bez wpływu na ich parametry wytrzymałościowe. Istnieją realne przesłanki, aby opoki traktować jako potencjalne źródło surowców. Aspekt ten wymaga jednak poszerzenia dotychczasowych prac badawczych.

Praca powstała w ramach działalności statutowej Katedry Mineralogii, Petrografii i Geochemii AGH (numer umowy 11.11.140.158).

## Literatura

- [1] Ratajczak T., Hycnar E., Jończyk W.: Złoże węgla brunatnego Bełchatów a problem eksploatacji surowców skalnych i ceramicznych, *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, nr 429, Warszawa 2008, s. 157÷161.
- [2] Cieśliński S., Dąbrowska Z.: Budowa podłoża trzeciorzędu oraz stratygrafia permu i mezozoiku w rowie bełchatowskim, *Przewodnik LII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Bełchatów, Wydawn. Geologiczne, Warszawa 1980.
- [3] Ratajczak T., Kosk I., Pabis J.: Osady zwietrzelinowe ze strefy kontaktowej trzeciorzędu mezozoik w złożu węgla brunatnego „Bełchatów” – ich litologia, charakter surowcowy i możliwości wykorzystania, Wydawn. PAN, Kraków 2002.
- [4] Gilarska A., Hycnar E.: Wpływ procesów wietrzenia na charakter mineralogiczno-petrograficzny skał ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów, *Górnictwo Odkrywkowe*, XLIX, nr 7, Wrocław 2007, s. 24÷29.
- [5] Hycnar E., Gilarska A., Sikorska M.: Wapienie ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego Bełchatów (pole Szczerców) i możliwości ich wykorzystania jako sorbentów do obniżania emisji dwutlenku węgla, *Górnictwo Odkrywkowe*, XLIX, nr 7, Wrocław 2007.
- [6] Manecki A., Muszyński A. (red.): *Przewodnik do petrografii*, Wydawn. AGH, Kraków 2008.
- [7] Ratajczak T., Szewczyk E., Muszyński M., Wyszomirski P.: Wstępne wyniki badań utworów krzemionkowych ze strefy kontaktowej trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego w Bełchatowie, *Górnictwo Odkrywkowe*, nr 39(1÷2), 2001.
- [8] Biernat S.: Problem tektoniki i morfologii stropu mezozoiku między Bełchatowem a Działoszynem, *Kwartalnik Geologiczny*, nr 12, z. 2, 1968.
- [9] Diduszko R., Marciniak H.: *XRAYAN – program do rentgenowskiej analizy fazowej*, Warszawa 1995.
- [10] PN-EN 1936:2001: Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.
- [11] PN-EN-1926:2001: Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczenie wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym.
- [12] PN-EN 1925:2001: Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie współczynnika nasiąkliwości kapilarnej.



- [13] PN-EN 13755:2002: Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym.
- [14] Sikorska M.: Badania katodoluminescencyjne minerałów, Wydawn. PIG, Warszawa 2005.
- [15] Gilarska A., Stachura E.: Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna skał krzemionkowych ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w złożu węgla brunatnego „Bełchatów”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Górnictwo, nr 269, 2005, s. 97÷107.
- [16] Kozłowski S.: Surowce skalne Polski, Wydaw. Geologiczne, Warszawa 1986, s. 216÷222.
- [17] Tchórzowska D., Piekarski K.: Opoka – nowym surowcem dla przemysłu cementowego, Przegląd Geologiczny, t. 19, nr 1, 1971, s. 7÷9.
- [18] Stachura E., Gilarska A.: Charakter mineralogiczno-petrograficzny a własności surowcowe skał krzemionkowych ze strefy kontaktu trzeciorzęd–mezozoik w Złożu Węgla Brunatnego „Bełchatów”, XXIX Sympozjum „Geologia Formacji Węglonośnych Polski”, Kraków 2006.
- [19] Wiśniewski W.: Zagospodarowanie kopalin towarzyszących w złożu węgla brunatnego Bełchatów, Górnictwo Odkrywkowe, nr 1, Wrocław 2000.

## **THE OPOKA FROM LIGNITE DEPOSIT „BEŁCHATÓW” AND POSSIBILITIES OF HER PRACTICAL USE**

### **S u m m a r y**

The mining of lignite with attention on opencast character of exploitation delivers many changes of rocky and ceramic materials. Connected with utilization of some of them problem exists to today, resulting with lack of recognition of possibility their practical use. The opokas occurring in the lignite deposit „Bełchatów” are the object of presented studies. In study was showed detailed mineralogical – petrographic analysis. Mineral and chemical composition as well as physical – mechanical properties of these rocks seem to be interesting under raw material regard.

*Złożono w Oficynie Wydawniczej w maju 2010 r.*