

DANIEL SARAMAK*

Analiza efektywności wybranych grup operacji wzbogacania z uwzględnieniem ich kosztochłonności na przykładzie technologii wzbogacania rud miedzi

Słowa kluczowe

Wzbogacanie rud miedzi, ocena procesów wzbogacania, energochłonność operacji

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę efektów pracy OZWR w oparciu o zblokowane układy operacji technologicznych. Zaproponowano wyodrębnienie trzech bloków w całym technologicznym układzie wzbogacania rud miedzi. Przeprowadzona została analiza zapotrzebowania energetycznego poszczególnych bloków, a na podstawie wyników dokonano oceny konkurencyjności trzech rejonów OZWR.

Wprowadzenie

Proces wzbogacania surowców mineralnych jest procesem złożonym pod względem technologicznym i zwykle w jego skład wchodzi wiele operacji technologicznych powiązanych ze sobą (Monografia KGHM, 1996). Ocena efektywności takiego procesu jest więc skomplikowana, ponieważ jakość otrzymanego produktu końcowego zależy od skuteczności wszystkich operacji wchodzących w skład konkretnej technologii wzbogacania. Wyczerpująco przeprowadzona, modelowa analiza efektywności wzbogacania powinna być

* Dr inż. Zakład Przeróbki Kopaliny, Ochrony Środowiska i Utylizacji Odpadów, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii AGH, Kraków

Recenzował prof. dr hab. Tadeusz Tumidajski

zatem oparta na ocenie efektywności pracy albo wszystkich operacji wchodzących w skład procesu technologicznego, bądź też zblokowanych grup operacji wzbogacania (Saramak i in. 2003), które w ramach jednego bloku powinny być ze sobą wzajemnie powiązane ze względu na wspólny charakter, specyfikę lub umiejscowienie ich w ogólnym złożonym technologicznym procesie wzbogacania.

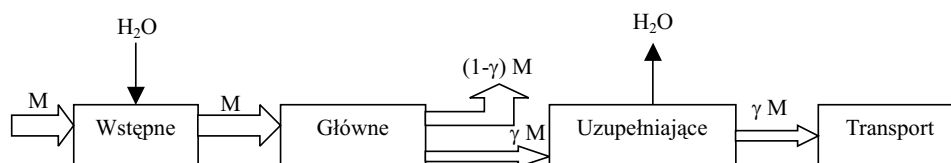
Przedmiotem analizy jest technologia wzbogacania rud miedzi stosowana w trzech rejonach OZWR KGHM „Polska Miedź” S.A. tzn. w Lubinie, Polkowicach oraz Rudnej. W artykule przedstawiona została dekompozycja schematu wzbogacania polegająca na zgrupowaniu operacji w bloki. Na podstawie tak zblokowanych operacji dokonano analizy ich efektywności przede wszystkim pod kątem zapotrzebowania energetycznego oraz zaprezentowano ocenę konkurencyjności poszczególnych rejonów OZWR.

1. Dekompozycja technologicznego układu wzbogacania rud miedzi

Ze względu na specyfikę technologii procesu wzbogacania rud miedzi można zaproponować podział całego procesu technologicznego wzbogacania na następujące grupy operacji:

- blok operacji wstępnych (w jego skład wchodzi następujące operacje: przygotowanie rudy do mielenia, mielenie i klasyfikacja); przez tę grupę operacji przechodzi całość wzbogacanej rudy (o masie M). Masa metalu zawartego w tej rudzie wynosi αM (α — średnia zawartość miedzi w nadawie);
- blok operacji głównych (w skład tego bloku wchodzi następujące grupy operacji flotacji: wstępne, główne, czyszczące); w wyniku wzbogacania w tym bloku następuje rozdzielanie strumienia masy rudy na strumień koncentratu o masie M oraz strumień odpadów o masie $(1 - \gamma) M$. Masy metalu zawartego w koncentracie i odpadach wynoszą odpowiednio: $\gamma \beta M$ oraz $(1 - \gamma) \vartheta M$ (β — średnia zawartość miedzi w koncentracie, ϑ — średnia zawartość miedzi w odpadach);
- blok operacji uzupełniających (składają się na niego operacje zagęszczania, odwadniania i suszenia oraz gospodarka odpadami flotacyjnymi); w wyniku tych operacji następuje zmniejszenie zawartości wody we wzbogaconym koncentracie. Masa koncentratu pomniejsza się o masę odprowadzanej z niego wody, natomiast ilość metalu pozostaje bez zmian. Wyszuszony koncentrat jest transportowany do huty.

Schemat układu blokowego dla wydzielonych trzech grup operacji oraz przepływy materiałowe przez poszczególne grupy operacji przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Przepływy mas materiału przez wydzielone grupy operacji (bloki)

Fig. 1. Mass material flows through distinguished groups of operations (blocks)

Analizując schemat przedstawiony na rysunku 1 łatwo zauważyć, że przez bloki operacji wstępnych i głównych przechodzi cała masa rudy. W obrębie bloku operacji głównych następuje, w wyniku serii procesów flotacji, oddzielenie i wyprowadzenie poza proces większości skały płonnej tak, że przez blok operacji uzupełniających przechodzi tylko wzbogacony koncentrat i dlatego zdecydowanie większą przepustowość mają dwa pierwsze bloki. Końcowym produktem jest koncentrat o odpowiedniej zawartości składnika użytecznego, który transportowany jest do dalszego etapu przeróbki — zwykle obróbki hutniczej.

2. Analiza kosztów dla wydzielonych bloków operacji

Analiza kosztochłonności wydzielonych w rozdziale 1 bloków zostanie przeprowadzona przy uwzględnieniu całkowitych oraz jednostkowych kosztów wzbogacania. Całkowite technologiczne koszty wzbogacania (definiowane dalej jako koszty całkowite KC) można przedstawić za pomocą wzoru (zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 1):

$$\begin{aligned}
 KC &= M \cdot KJ_w + M \cdot \gamma \cdot KJ_{gl} + M \cdot (1 - \gamma) \cdot KJ_{gl} + M \cdot \gamma \cdot KJ_{uz} = & (1) \\
 &= M [KJ_w + \gamma \cdot KJ_{gl} + (1 - \gamma) \cdot KJ_{gl} \cdot \gamma \cdot KJ_{uz}]
 \end{aligned}$$

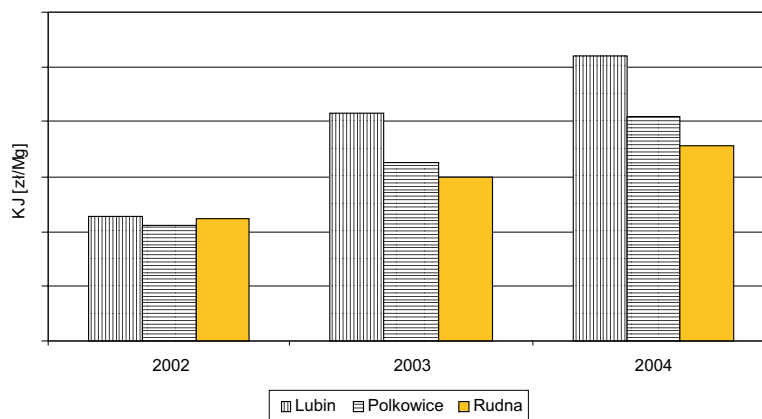
gdzie:

- M — masa nadawy do procesu wzbogacania,
- $M\gamma$ — masa koncentratu,
- $M(1 - \gamma)$ — masa odpadów,
- KJ_w — koszt jednostkowy operacji wstępnych,
- KJ_{gl} — koszt jednostkowy operacji głównych,
- KJ_{uz} — koszt jednostkowy operacji uzupełniających.

Koszty całkowite są ściśle zależne od masy wzbogacanej rudy. W celu określenia rodzaju tej zależności dokonano zestawienia średnich wartości KC dla całego OZWR w okresie 2002—2004 z odpowiadającymi im rzeczywistymi wartościami przerobu nadawy w tym samym okresie. Na podstawie analizy tego zestawienia oczywistym typem zależności okazała się zależność liniowa. Współczynnik korelacji liniowej dla analizowanej zależności wynosi $R = 0,992$.

Nośnikiem bardziej wartościowych informacji dla analizy efektywności w przedsiębiorstwie jest jednak jednostkowy koszt produkcji (liczony na jednostkę masy, np. na tonę przerabianego surowca). Bazując na kosztach jednostkowych nie trzeba uwzględniać dodatkowych warunków związanych ze zmianami wielkości produkcji, co upraszcza analizę zagadnienia.

Na podstawie rzeczywistych wyników pracy OZRW w latach 2002—2004 obliczono jednostkowe koszty wzbogacania (KJ) dla całego OZWR (rys. 2). Nie podano wartości liczbowych dla tych kosztów, ponieważ celem było tutaj pokazanie tendencji ich zmian.



Rys. 2. Jednostkowe koszty przerobu (KJ) dla poszczególnych rejonów w latach 2002—2004

Fig. 2. Unit processing costs (KJ) for individual districts during the period 2002—2004

Jednostkowy koszt wzbogacania KJ w kolejnych latach wykazuje zdecydowaną tendencję wzrostową, przy czym największe koszty jednostkowe są ponoszone w przypadku rejonu Lubin. Jest to związane ze wzrostem cen jednostkowych energii i materiałów, a także ze spadkiem jakości wzbogacanej rudy (Lubin).

Jednostkowe koszty wzbogacania dla wydzielonych grup operacji można zapisać jako następującą sumę:

$$KJ = KJ_w + KJ_{gl} + KJ_{uz} \quad (2)$$

gdzie oznaczenia jak we wzorze (1)

Na podstawie kalkulacji średnich kosztów jednostkowych dla wydzielonych bloków operacji dla całego OZWR w latach 2002—2004 otrzymano następujące wyniki:

- blok operacji wstępnych: 8,19 zł na Mg przerabianej rudy;
- blok operacji głównych: 4,02 zł na Mg przerabianej rudy;
- blok operacji uzupełniających: 6,04 zł na Mg przerabianej rudy.

Z kolei średnie procentowe zestawienie kosztów wzbogacania dla wybranych grup operacji w latach 2003—2004 dla OZWR przedstawia tabela 1. Z zestawienia wynika, że ponad 45% kosztu całkowitego stanowią koszty ponoszone na operacje wstępne, a w ostatnim, 2004 roku, nastąpił ich wzrost o 1,7%.

Widać zatem, że to bloki operacji wstępnych i uzupełniających w decydującej mierze są nośnikami kosztów całego procesu, a więc ewentualna względna zmiana kosztocłonności tych bloków o 1 procent wywiera największy wpływ na zmianę całkowitego kosztu wzbogacania. W przypadku podjęcia działań optymalizacyjnych mających na celu ograniczenie kosztów wzbogacania najsensowniej jest zająć się blokami operacji, które generują największą część kosztu całkowitego, czyli operacjami wstępnymi, potem uzupełniającymi. Dodatkowym argumentem potwierdzającym sensowność podejmowania działań badających

TABELA 1

Procentowy udział kosztów wydzielonych grup operacji w całkowitym koszcie wzbogacania

TABLE 1

Percentage cost participation for distinguished groups of operations in total enrichment cost

Grupy operacji	2003	2004
Operacje wstępne	44,4%	46,1%
Operacje główne	19,7%	18,3%
Operacje uzupełniające	35,9%	35,6%
	100%	100%

czynnikami kosztocłonności bloku operacji wstępnych jest fakt, że przez te operacje przechodzi całość wzbogacanej rudy. Można powiedzieć, że grupy operacji wstępnych niejako determinują wstępnie efektywność całego procesu wzbogacania.

Dla procesów wzbogacania rud miedzi głównym składnikiem kosztów w układzie rodzajowym (czyli w zestawieniu ze względu na pierwotne czynniki kosztotwórcze) jest koszt energii elektrycznej (Saramak 2004; Saramak i in. 2003), zatem przy podejmowaniu działań optymalizacyjnych mających na celu minimalizację kosztów przerobu szczególną uwagę trzeba zwrócić na zużywaną energię w procesie. Należy przeanalizować jej zużycie oraz zapotrzebowanie dla poszczególnych operacji procesu wzbogacania.

3. Energochłonność poszczególnych bloków operacji

Dalsza analiza dotyczyć będzie głównie zużycia energii elektrycznej, dla wydzielonych w rozdziale 1, bloków operacji. Generalnie procesy wzbogacania rud są procesami bardzo energochłonnymi, a dodatkowo energia stanowi dużą część kosztów produkcji w ujęciu rodzajowym. Przykładowo, koszt energii elektrycznej jest dominującym składnikiem kosztów także w procesie wzbogacania cynku i ołowiu, gdzie stanowi około 33% kosztów wzbogacania (Saramak, Tora 2005). Dla miedzi koszt energii elektrycznej wynosi średnio nieco ponad 30 lub 50%, w zależności od odniesienia się tylko do kosztów zmiennych lub do sumy kosztów zmiennych i stałych. Prezentuje to tabela 2.

TABELA 2

Procentowy udział kosztów zużycia energii elektrycznej w latach 2003 i 2004 dla OZWR

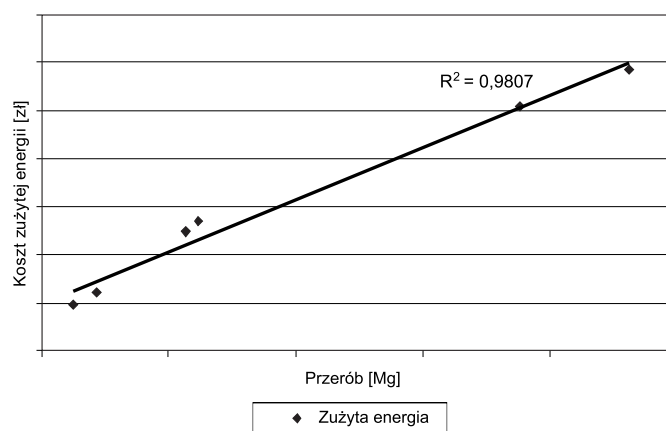
TABLE 2

Percentage participation of energy costs in the years 2003 and 2004 for OZWR

	2003	2004
Koszt zużytej energii w stosunku do całości kosztów [%]	32,96%	34,19%
Koszt zużytej energii w stosunku do kosztów zmiennych [%]	54,57%	51,05%

Orientacyjne średnie jednostkowe zużycie energii elektrycznej dla całego OZWR w latach 2002—2003 dla operacji wstępnych wyniosło 14,72 kW·h/Mg, a dla głównych 9,12 kW·h/Mg (Saramak 2004). Jednakże dla poszczególnych rejonów OZWR koszty jednostkowe KJ dla wybranych operacji znacznie różnią się od siebie, co jest związane z wieloma czynnikami, np. ze zmienną jakością i składem litologicznym przerabianych rud, stosowaną technologią wzbogacania, rodzajem maszyn pracujących na danym ciągu technologicznym (Wieniewski i in. 2000).

Na podstawie danych dotyczących ilości przerabianej rudy oraz zużytej energii elektrycznej można wyznaczyć zależność opisującą relacje pomiędzy tymi dwiema wielkościami. Przedstawia to rysunek 3.



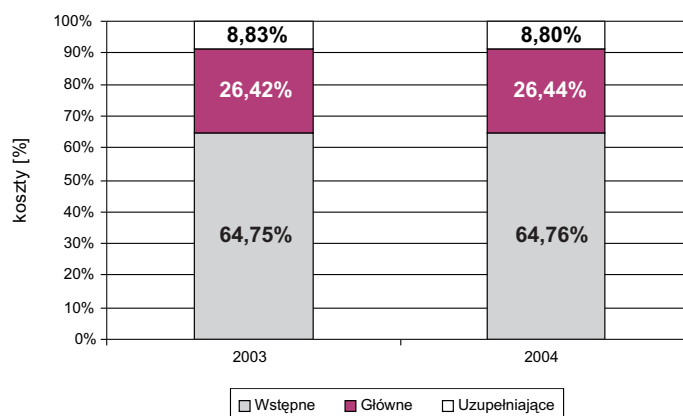
Rys. 3. Zależność pomiędzy przerobem a ilością zużywanej energii

Fig. 3. Dependence between ore processing and amount of consumed energy

Jak łatwo zauważyć (rys. 3), koszt zużytej energii jest wprost proporcjonalny do przerobu rudy, a zależność tę dobrze opisuje funkcja liniowa. Współczynnik korelacji liniowej jest wysoki, $R = 0,990$.

W przypadku bloku operacji wstępnych główny składnik kosztotwórczy — zużycie energii elektrycznej — zależy od rodzaju przerabianej rudy. Występują trzy główne typy litologiczne wzbogacanej rudy: piaskowce, węglany i dolomity. Najlepszą podatność na rozdrabnianie posiadają rudy piaskowcowe, nie wymagają one też głębokiego mielenia, ponieważ minerały miedzionośne występują w lepisczu pomiędzy ziarnami kwarcu i łatwo się uwalniają podczas samego procesu. Ruda węglanowa wymaga natomiast głębszego zmielenia ze względu na to, że minerały miedzionośne występują w postaci bardzo drobnych wprysnień (Tumidajski i in. 2004).

Na podstawie rzeczywistych wyników pracy OZWR obliczono procentowy podział zużycia kosztów energii na wydzielone bloki operacji (rys. 4). Największy udział w kosztach energii elektrycznej ma blok operacji wstępnych, tendencja ta kształtuje się podobnie dla 2003 i 2004 roku i wynosi ponad 60% ogólnego kosztu energii.



Rys. 4. Udział poszczególnych grup operacji w zużyciu procentowym energii elektrycznej w latach 2003 i 2004

Fig. 4. Participation of individual groups of operations in percentage consumption of energy in years 2003 and 2004

Istotnym wskaźnikiem może być ilość energii elektrycznej zużywanej na wzbogacenie tony nadawy bądź na wyprodukowanie tony koncentratu. Wskaźniki takie dla poszczególnych rejonów przedstawione są w tabeli 3. W roku 2004 wskaźniki jednostkowego zużycia energii elektrycznej w Polkowicach oraz w Rudnej poprawiły się zarówno w stosunku do przerabianej rudy, jak i masy koncentratu. W przypadku Lubina wskaźnik zużycia energii na tonę nadawy uległ nieznacznemu pogorszeniu, ale jego wartość jest lepsza od analogicznego wskaźnika dla Polkowic.

Energia elektryczna jest największym w ujęciu rodzajowym składnikiem kosztów i stanowi około 30% ich łącznej wartości. Należy pamiętać, że oprócz energii elektrycznej także szereg innych składników kosztów ma duży wpływ na efektywność procesu wzbogacania rud miedzi. Dla operacji wstępnych (kruszenie i mielenie) dodatkowo ponosi się koszty mielników.

Zawartość składnika użytecznego (głównie miedzi i srebra) w koncentracie oraz w odpadach ma wpływ na koszty operacji głównych (flotacje). Produkcję np. bogatszy kon-

TABELA 3

Jednostkowe zużycie energii elektrycznej na tonę nadawy oraz na tonę koncentratu w OZWR w latach 2003 i 2004

TABLE 3

Energy consumption per ton of feed and per ton of concentrate in OZWR in years 2003 and 2004

Energia jednostkowa [kW·h/Mg]	2003			2004		
	L	P	R	L	P	R
Na tonę nadawy	6,11	6,74	5,97	6,13	6,61	5,79
Na tonę koncentratu	87,90	97,43	81,56	87,22	89,17	79,51

centrat z rudy o określonej jakości, na zmianę której raczej nie ma się wpływu, trzeba odpowiednio dobrać technologię wzbogacania. W wyniku zmiany jakościowej koncentratu zmienia się, zgodnie z równaniem bilansu masy, jego wychód, a także zawartość składnika użytecznego w odpadach. Zmienia się zatem koszt tych operacji poprzez dostosowanie technologii do zadanych warunków (bogatszy koncentrat — dodatkowe operacje flotacji) oraz zmienia się zawartości metalu w koncentracie i odpadach (są to dodatkowe straty w postaci metalu wysyłanego na staw osadowy). Dla operacji uzupełniających dochodzą koszty zużycia gazu ziemnego (operacje suszenia) oraz koszty transportu koncentratu do huty.

4. Ocena konkurencyjności

Na podstawie przedstawionej analizy łatwo zauważyć, że najbardziej kosztochłonnymi operacjami dla procesu wzbogacania rud miedzi jest blok operacji wstępnych, zarówno pod względem udziału w globalnych kosztach wzbogacania (tab. 1), jak i pod względem zużytej energii elektrycznej (rys. 4). Dodatkowo z dużą dokładnością można przyjąć, że zużycie energii w zależności od masy przerobionej rudy opisuje funkcja liniowa. Okazuje się także (tab. 1), że koszty wzbogacania generowane przez blok operacji uzupełniających stanowią większy udział w KC niż koszty bloku operacji głównych co powoduje, że w przypadku podejmowania działań mających na celu zwiększenie efektywności pracy OZWR poprzez obniżenie kosztów wzbogacania, zwrócenie uwagi także na ten blok operacji może okazać się istotne. W analizowanym okresie, tj. w latach 2002—2004, nastąpił wzrost kosztów jednostkowych procesu wzbogacania (rys. 2), pomimo że zużycie jednostkowe energii elektrycznej oraz udział kosztów energii elektrycznej w globalnych kosztach wzbogacania ponoszonych przez OZWR zmniejszyły się. Wskazuje to na wzrost innych składników kosztów, a dla określenia miejsc tych wzrostów wymagana jest szczegółowa analiza wszystkich składników kosztów, co będzie celem oddzielnych prac.

Dzięki wydzieleniu trzech bloków operacji w całym technologicznym układzie wzbogacania możliwa była do przeprowadzenia dokładniejsza analiza efektywności pracy. Analiza efektywności pracy całego układu technologicznego wzbogacania mogłaby być zbyt ogólna, natomiast szczegółowe analizowanie każdej operacji wzbogacania jest zadaniem skomplikowanym ze względu na stopień złożoności samego procesu, zawroty materiału itp. Dekompozycja uwzględnia ponadto podobieństwa operacji w ramach bloku i ich umiejscowienie w całym procesie wzbogacania rud miedzi.

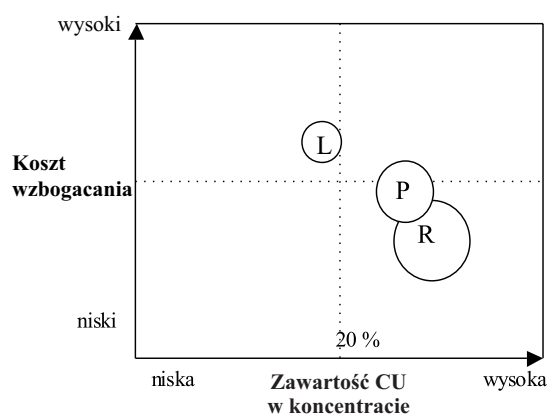
Analiza przedstawiona w artykule dotyczy głównie całkowitego kosztu wzbogacania dla OZWR. Przeprowadzenie pogłębionej analizy dla poszczególnych rejonów, tj. Lubina, Polkowic i Rudnej, pozwala na dokonanie ich oceny porównawczej. W ocenie konkurencyjności rejonów wykorzystane zostały metody analizy portfelowej stosowane powszechnie przy ocenie potencjału przedsiębiorstwa oraz jego otoczenia (Kotler 1994). Zasada tej analizy polega na tym, że porównuje się czynniki, które są uważane za istotne z punktu widzenia i potrzeb analizy i czynnikom tym przypisuje się przedziały wartości, a porównanie przed-

stawia się za pomocą odpowiednio zbudowanej macierzy. W analizowanym przypadku utworzona została tzw. mapa konkurencyjności rejonów ze względu na relacje: poziom poniesionych kosztów wzbogacania a wyniki wzbogacania. Poszczególne rejony zostały umieszczone na wykresie, na którym na osi pionowej zaznaczony został poniesiony jednostkowy koszt wzbogacania, na osi poziomej zaś jakość wyprodukowanego koncentratu (zawartość miedzi). Pole koła przedstawiającego dany rejon informuje o masie wyprodukowanego przez ten rejon koncentratu. Na tak skonstruowanej mapie prawa dolna część wykresu to obszar najwyższej konkurencyjności (wysoka jakość wyrobu i niskie koszty jego wyprodukowania). Kwadraty lewy dolny oraz prawy górny to obszary o średniej pozycji konkurencyjnej (sytuacja: dobra jakość produktu — wysokie koszty produkcji albo niska jakość produktu — niskie koszty produkcji), natomiast obszarem o najniższej konkurencyjności jest lewy górny kwadrat (niska wartość wyprodukowanego wyrobu — wysokie koszty jego wyprodukowania). Najlepiej sytuacja przedstawia się dla Rejonu Rudna, nieco gorzej natomiast dla Lubina.

Wartości graniczne dzielące obszar na mapach konkurencyjności obliczone zostały jako średnie wartości przy uwzględnieniu kosztów poszczególnych rejonów, średnich wartości produkowanych koncentratów oraz wymagań technologicznych.

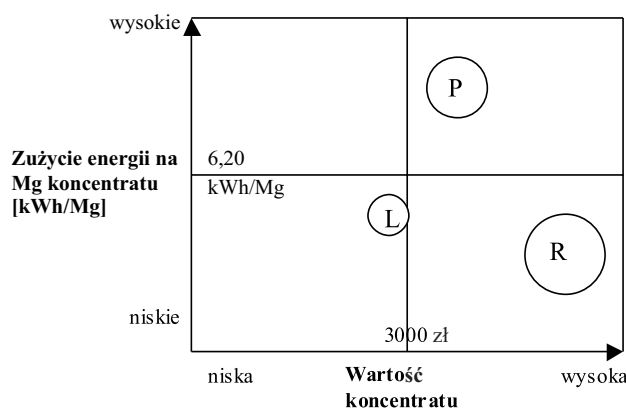
Mapa konkurencyjności przedstawiona na rysunku 5 uwzględnia tylko zawartość miedzi w produkowanym koncentracie. Konkurencyjność rejonów można również ocenić przyjmując za kryterium wartość wyprodukowanego koncentratu, z uwzględnieniem w nim miedzi i srebra, w zależności od zużycia energii na jego wyprodukowanie. W koncentracie produkowanym w Rejonie Lubin znajdują się duże zawartości srebra, co ze względu na wysoką jego cenę giełdową może podnieść konkurencyjność tego rejonu.

Rysunek 6 przedstawia mapę konkurencyjności dla wariantu, w którym uwzględnione jest srebro. Przy kalkulacji zostały uwzględnione średnie wyniki produkcyjne uzyskane przez KGHM w 2004 roku (cena miedzi, srebra oraz dolara USD wzięta została z końca 2005 roku). W takim zestawieniu zdecydowanie najlepiej prezentuje się rejon Lubin, którego konkurencyjność poprawiła się w tym ujęciu (przesunięcie w kierunku prawej dolnej części



Rys. 5. Mapa konkurencyjności poszczególnych rejonów OZWR ze względu na koszty wzbogacania

Fig. 5. A map of competitiveness of individual OZWR districts as regards processing costs



Rys. 6. Mapa konkurencyjności poszczególnych rejonów OZWR ze względu na energochłonność produkcji

Fig. 6. A map of competitiveness of individual OZWR districts as regards energy-consumption of production

obszaru). Konkurencyjność rejonu Polkowice pogorszyła się (przesunięcie do prawej górnej części obszaru). Przy ocenie sytuacji zyskał szczególnie rejon Lubin, który umiejscowił się w lewym dolnym obszarze, przesuwając się z najgorszego pod względem konkurencyjności, lewego górnego obszaru. Ocena konkurencyjności dla drugiego wariantu jest bliższa rzeczywistości. Różnice w położeniu poszczególnych rejonów na mapie konkurencyjności będą powodowane zmianą warunków ekonomicznych na rynkach metali (wahania cen miedzi i srebra) oraz zmiennymi parametrami rudy miedzi (zmiana, modyfikacja technologii w celu dostosowania się do wzbogacanego surowca).

Podsumowanie

Zaprezentowana analiza ma charakter statyczno-statystyczny i została dokonana na podstawie istniejącego stanu rzeczy, bez wprowadzania modyfikacji i usprawnień w funkcjonującym technologicznym układzie wzbogacania rud miedzi. Możliwe jest jednak określenie warunków pracy całego układu podnoszące jego efektywność rozpatrywaną z techniczno-technologicznego lub ekonomicznego punktu widzenia (Saramak, Tumidajski 2004; Wieniewski 2002). W tym celu trzeba zaprojektować odpowiedni model pracy całego układu i następnie poprzez zmiany wyjściowych parametrów charakteryzujących proces technologiczny poszukiwać sytuacji, w której osiągane są optymalne efekty. Optymalne efekty można rozumieć tutaj dwojako: jako określenie warunków pracy, w których układ wzbogacania pracuje stabilnie, bądź też jako osiąganie możliwie najlepszych efektów produkcyjnych (koncentraty o żądanej zawartości miedzi, uzysk na założonym poziomie) poprzez odpowiednio dobraną technologię wzbogacania. Można też połączyć technologię z ekonomiką poprzez zaprojektowanie modelu, który w wyniku określa jak zmienią się koszty produkcji, jeżeli jakość koncentratu zostanie odpowiednio zwiększona bądź zmniejszona. W tym celu wykorzystać można popularne ostatnio algorytmy genetyczne (Tu-

midajski i in. 2005; Svedensten, Evertsson 2005). Temat ten będzie kontynuowany w następnych pracach.

Artykuł jest efektem pracy statutowej nr 11.11.100.238.

LITERATURA

- Kotler P., 1994 — Marketing: analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola. Wyd. Gebethner i Sk-a, Warszawa. Monografia KGHM. Wyd. CUPRUM, Lubin 1996.
- Saramak D., 2004 — Optymalizacja uzysku metali w Zakładach Wzbogacania Rud w KGHM „Polska Miedź” S.A. Praca doktorska, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii AGH, Kraków.
- Saramak D., Tora B., 2005 — Efektywność ekonomiczna wzbogacania cynku i ołowiu. ZN Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 266, nr 1689, s. 205—213.
- Saramak D., Tumidajski T., Gawenda T., 2003 — Dekompozycja układów wzbogacania rud miedzi i jej efekty na przykładzie Oddziału Zakłady Wzbogacania Rud KGHM „Polska Miedź” S.A. Wisznik Technologicznego Uniwersytetu Podilla, cz. 1, tom 1, Chmielnickij, s. 206—212.
- Saramak D., Tumidajski T., 2004 — Wpływ sterowania jakością koncentratu na efektywność procesu wzbogacania rud miedzi na podstawie OZWR KGHM „Polska Miedź” S.A. Gos. Sur. Min. z. 3, t. 20, s. 55—65.
- Svedensten P., Evertsson C.M., 2005 — Crushing plant optimisation by means of genetic evolutionary algorithm. Minerals Engineering 18, 473—479.
- Tumidajski T., Mączka W., Saramak D., Foszcz D., 2004 — Problemy optymalizacji odzysku metali w układzie kopalnia–zakład wzbogacania–huta, na przykładzie KGHM Polska Miedź S.A. ZN AGH, Górnictwo i Geoinżynieria z. 2/1, str. 147—158.
- Tumidajski T., Saramak D., Foszcz D., Niedoba T., 2005 — Methods of modeling and optimization of work effects for chosen mineral processing systems. Acta Montanistica Slovaca, Koszyce, 1, s. 115—120.
- Wieniewski A., 2003 — Analiza wskaźników produkcyjnych procesów przemysłowych i ekonomiczna ocena zadań modernizacyjnych. Rudy i Metale Nieżelazne R. 47, nr 3, UKD 669.2/8.003.
- Wieniewski A., Żymalski G., Ziomek M., Kowalska M., Spalińska B., 2000 — Stan technologii wzbogacania rud miedzi w oddziale Zakładu Wzbogacania rud KGHM „Polska Miedź” S.A. Seminarium naukowe nt. „Współczesne problemy przeróbki rud miedzi w Polsce”, Polkowice, 16 listopad 2000.

DANIEL SARAMAK

ANALYSIS OF EFFICIENCY FOR CHOSEN GROUPS OF ENRICHMENT OPERATIONS WITH RESPECT THEIR COST-CONSUMPTION ON EXAMPLE OF COPPER ORE ENRICHMENT TECHNOLOGY

Key words

Copper ore enrichment, assessment of enrichment processes, energy-consumption of operations

Abstract

In the article there are presented analysis of work effects of OZWR on the basis of blocks of technological operations. It was proposed a distinction of three blocks in all technological copper enrichment system. There was carried out an analysis of demands for energy for individual blocks and on the basis of results obtained a competitiveness assessment of three OZWR districts was also made.