

*Optymalizacja produkcji koncentratów,
ekonomika eksploatacji złóż, NSR*

Małgorzata KRZEMIŃSKA*

EKONOMIKA PRODUKCJI MIEDZI ZE ZŁÓŻ LGOM W PRACACH NAUKOWO-BADAWCZYCH I PUBLIKACJACH KRAJOWYCH

W artykule omówiono publikacje i opracowania naukowo-badawcze z zakresu optymalizacji produkcji koncentratów miedziowych pod kątem technologiczno-ekonomicznym. Przybliżono szereg informacji dotyczących optymalnych warunków prowadzonych procesów technologicznych mających wpływ na kształtowanie się wyniku finansowego produkcji miedzi ze złóż LGOM. Przedstawiono niektóre z dotychczas powstałych modeli ekonometrycznych mających na celu optymalizację produkcji koncentratów miedziowych pod względem technologiczno-ekonomicznym. Zagadnienie ekonomiki produkcji miedzi przedstawiono głównie w oparciu o formułę dochodową NSR. W konkluzji podkreślono, że identyfikacja tej formuły w cytowanych publikacjach i opracowaniach jako systemu zależności technologiczno-ekonomicznych jest mocno uproszczona i najczęściej zawężona do układu przeróbka-przetwórstwo.

1. WSTĘP

Efektywność produkcji koncentratów miedziowych jest zależna od jakości i cech fizyko-mechanicznych rudy, kosztów jej wydobycia i dostawy, efektywności operacji przygotowawczych do wzbogacania (mielenie i klasyfikacja) oraz od efektywności procesów wzbogacania flotacyjnego. Parametry jakościowe koncentratów miedziowych są przedmiotem szczegółowej umowy z odbiorcą (hutą) co do zawartości metalu głównego i akcesorycznych w koncentracie, ale nie bez znaczenia jest tu także skład mineralny komponentów koncentratu. Z kolei jakość rudy jest uwarunkowana technologią jej wydobycia zależną od aktualnych warunków geomechanicznych eksploatacji górniczej oraz aktualnej koncentracji metalu w przekroju furty eksploatacyjnej.

Prowadzone od wielu lat i wykonane na rzecz KGHM S.A. prace naukowo-badawcze w różny sposób i zakresie koncentrowały się na tym kluczowym zagadnie-

* KGHM Polska Miedź S.A., Oddział Zakłady Wzbogacania Rud

niu produkcyjnym. Celem tego artykułu jest przegląd ważniejszych prac na ten temat realizowanych w różnych ośrodkach naukowo-badawczych na zamówienie KGHM Polska Miedź S.A. lub też z własnej inicjatywy i na własny koszt. Wiedza ta może być przydatna w ewentualnej modernizacji stosowanej technologii produkcji lub w planowaniu działalności badawczo-rozwojowej przedsiębiorstwa górniczego.

2. OPTIMALIZACJA PRODUKCJI KONCENTRATÓW MIEDZIOWYCH

Dotychczasowe prace z zakresu identyfikacji zagadnienia optymalizacji czynników wpływających na efektywność produkcji koncentratów miedziowych, pozwoliły na określenie pewnych wytycznych umożliwiających poprawę uzyskiwanych wyników, ale nie stały się narzędziem pozwalającym na pozyskiwanie odpowiednich informacji, mających wpływ na poprawę jakości procesu decyzyjnego. Rezultaty podjętych na tym polu działań były i nadal są wykorzystywane w określaniu optymalnych warunków prowadzenia procesów, zarówno w oparciu o technologiczne, jak również i ekonomiczne kryteria.

W pracy Jawienia (1992) pt. *Metoda określania optymalnej zawartości miedzi w koncentracie dla poszczególnych ZWR z uwagi na koszty poszczególnych faz produkcyjnych (górnictwej, przeróbczej i hutniczej)* opracowano metodykę wyznaczenia optymalnej jakości koncentratów wg kryterium maksymalnej efektywności produkcji całości spółki. Opierała się ona na sterowaniu produkcją koncentratów miedzi oraz ich odpowiednim rozdziale do dalszego przerobu w poszczególnych hutach KGHM Polska Miedź S.A., w taki sposób aby zminimalizować nakłady związane z procesem przeróbczym urobku na koncentrat oraz jego przerobem w poszczególnych hutach na produkt końcowy.

Temat został ponownie podjęty przez Instytut Metali Nieżelaznych (1997) w sprawozdaniach pt. *Ekonomiczna optymalizacja jakości koncentratu w KGHM Polska Miedź S.A. w zależności od zmiennej charakterystyki eksploatowanych rud* opracowanych dla Rejonu Rudna i Rejonu Polkowice. Ograniczono się w nich do optymalizacji technologiczno-ekonomicznych parametrów pozyskiwanych koncentratów z punktu widzenia Zakładów Górniczych (w strukturze których był wówczas również zakład przeróbki mechanicznej). Optymalną jakość koncentratu wyznaczono na podstawie zależności umownych wartości sprzedaży pomiędzy hutą, a zakładami górnictwymi. Kryteria technologiczno-ekonomiczne były ściśle powiązane z ówczesnie funkcjonującymi zasadami rozliczeń pomiędzy zakładami górnictwymi a hutami.

Prognozowanie wartości rud i koncentratów ocenione metodą dochodową przy użyciu formuły NSR przedstawili Krzak M. i in. (1997) w publikacji *Ekonomiczna optymalizacja koncentratów miedziowo-srebrowych*. Dochód kopalni uzależniono od parametrów przeróbczych oraz od cen giełdowych metali. Obliczono go zgodnie

z wzorami (1,2) zależnymi od warunków cenowych, ilości i jakości koncentratu, a także od możliwości techniczno-produkcyjnych metalurgii.

$$NSR = a \cdot \frac{P}{CF} - (DC + TC + RC) \quad \text{za 1 Mg rud} \quad (1)$$

$$NSR = a P - (TC + DC + RC) - K + W \quad \text{za 1 Mg koncentratu} \quad (2)$$

gdzie: a – płatna ilość metalu w koncentracji

P – cena giełdowa metali

CF – współczynnik koncentracji

DC – koszty transportu koncentratu

TC – opłaty hutnicze

RC – opłaty rafinacyjne

K – kary za domieszki szkodliwe w koncentracji

W – premie za domieszki pożyteczne w koncentracji.

Ponadto, w referacie określono wskaźnik opłacalności zakładu górniczego czyli koszt pozyskiwania miedzi w koncentracji (3,4). Przybliżone zależności (1,2,3,4) posłużyły do określenia opłacalnej strategii eksploatacji i przeróbki rud Cu-Ag.

$$K_{ef} = \frac{\alpha \varepsilon P - (NSR - K_{op})}{\alpha \varepsilon} \quad (3)$$

lub

$$K_{ef} = P - \frac{OP}{\alpha \varepsilon} \quad (4)$$

gdzie: K_{ef} – koszt efektywny pozyskiwania miedzi

α – zawartość miedzi w nadawie

P – cena miedzi

NSR – dochód z 1 Mg rudy

ε – uzysk przeróbczy

K_{opc} – koszty operacyjne

OP – zysk operacyjny.

Paulo i Strzeleska-Smakowska (2000) w publikacji *Rudy metali nieżelaznych i szlachetnych* dokonali oceny wartości rud i koncentratów. Podjęli temat rozliczeń pomiędzy zakładami górniczymi a hutami, określili zwłaszcza udział kopalni (NF) w podziale przychodu ze sprzedaży metalu pozyskanego wspólnie z zakładem metalurgicznym. Zmienność rynku koncentratów scharakteryzowali jako procentowy wskaźnik odzwierciedlający zmiany cen metalu w dłuższym okresie czasu, tzw. *net smelter return factor* (NF) (5) – dla i składników waloryzujących.

$$NF = \frac{NSR}{\sum_{i=1}^n P_i \beta_i} \quad (5)$$

gdzie β – zawartość składnika użytecznego w koncentracji, pozostałe oznaczenia jak we wzorach 1–4.

Saramak (2003) w pracy doktorskiej pt. *Optymalizacja uzysku metali w Zakładach Wzbogacania Rud w KGHM Polska Miedź S.A.* podjął próbę analizy efektywności pracy zakładu przerobczego KGHM Polska Miedź S.A. przy założeniu istnienia formuł sprzedażnych koncentratu. Wspomniane formuły, określające przychód ze sprzedaży dla zakładów wzbogacania funkcjonowały w zakładzie do 2000 roku (6). Korzystając z nich autor zbudował model ekonometryczny oparty na maksymalizacji funkcji zysku.

$$C_k = (T3 - 1) \cdot P3 \cdot 0,01 + T4 \cdot U4 \cdot P4 - TC - RCCu - RCAG + \text{premie} - \text{kary} \quad (6)$$

gdzie: C_k – cena za 1 Mg koncentratu, zł

$T3$ – analityczna procentowa zawartość miedzi w koncentracji, %

$T4$ – analityczna zawartość srebra w koncentracji, g/Mg

$U4$ – wskaźnik obniżenia zawartości srebra w koncentracji, wyrażony wartością 0,94; obniżenie nie może być niższe niż 30 g srebra na Mg

$P3$ – cena 1 Mg miedzi (liczona według wewnętrznej ceny KGHM), zł

$P4$ – cena 1 grama srebra (według ceny wewnętrznej KGHM) zł

TC – opust z tytułu hutniczego 1 Mg koncentratu wagi suchej, ustalony według ceny wewnętrznej KGHM, wskaźnik bezwymiarowy

$RCCu$ – opust z tytułu przerobu rafinacyjnego liczony na 1 Mg miedzi wyrażonej wzorem, ustalony według ceny wewnętrznej KGHM

$RCAG$ – opust z tytułu przerobu srebra liczony na 1 gram srebra, wyrażony wzorem, ustalony według ceny wewnętrznej KGHM

Premie i kary – za zawartość ołowiu i arsenu w koncentracji miedzi: premie – zwiększające cenę, liczone za każde 0,1% zawartości łącznie obu pierwiastków, mniejszej niż 1,6% (zawartość Pb + As), kary – zmniejszające cenę, liczone za każde 0,1% zawartości łącznie obu pierwiastków, większej niż 1,6% (zawartość Pb + As).

Saramak (2003) przyjął, że koszty wzbogacania dotyczą tylko Oddziału Zakłady Wzbogacania Rud, a produktem końcowym jest koncentrat miedzi sprzedawany do hut. Przychód ze sprzedaży koncentratu obliczony jest ze względu na miedź i srebro, a całkowity przychód ze sprzedaży koncentratu to suma przychodów ze sprzedaży ze względu na miedź i srebro.

Skorupska (2006) w rozprawie doktorskiej pt. *Kształtowanie jakości koncentratu w zmiennych warunkach rynku metali nieżelaznych i właściwości wzbogaczanych rud* uwzględnia odmienność wzbogaczalności rud pochodzących z różnych rejonów oraz

ich zmienny udział we wsadach stanowiących nadawę na poszczególne ciągi produkcyjne. Przyjęty kierunek rozumowania posłużył autorce do realizacji głównego celu pracy, tj. określenia strategii produkcyjnej KGHM Polska Miedź S.A. pozwalającej maksymalizować jego zyski, w zależności od koniunktur cen miedzi i srebra na rynkach światowych oraz właściwości omawianych rud. W pracy opracowywano model ekonometryczny, w którym uwzględniono uwarunkowania technologiczne oraz ekonomiczne. Uwarunkowania technologiczne procesu produkcji oparto na zależności jakości koncentratu od jego ilości $\beta = f(\gamma)$. Parametry kosztowe, technologiczne, produkcyjne i cenowe, które posłużyły do odzwierciedlenia sytuacji KGHM Polska Miedź S.A. stały się podstawą do sformułowania funkcji będącej kryterium opłacalności. Zagadnienie optymalizacyjne polegało na określeniu ilości i jakości produkowanego koncentratu w każdym z rejonów O/ZWR, oraz określeniu składów mieszanek koncentratów wysyłanych do poszczególnych hut, przy uwzględnieniu istniejących ograniczeń technicznych i technologicznych (możliwości przerobowe hut) oraz własności przerabianej rudy i sytuacji na rynku metali nieżelaznych. Model oparty na prostym wzorze (zysk = przychód – koszty) po uwzględnieniu rzeczywistych warunków okazał się skomplikowanym równaniem o wielu zmiennych. Autorka przeprowadziła symulacje, na podstawie których dokonała analizy wpływu kosztów produkcji na kształtowanie się jakości koncentratu, wpływu wzbogacalności rudy na optymalne jakości koncentratów. Stworzony przez nią model matematyczno-ekonomiczny został oparty na pracy w układzie zakład przeróbca-huta. We wspomnianym modelu brak rozróżnienia jakości rudy z poszczególnych zakładów górniczych, oraz kosztów hut wynikających z jakości koncentratów.

Z modelem optymalizującym pracę KGHM Polska Miedź S.A. w fazie wzbogacania rud mamy również do czynienia w artykule Skorupskiej i Saramaka, (2005) pt. *Methods of determination the optimal quality of the concentrate according to chosen technological and economic criteria*. Ocenę technologiczną procesu zdefiniowano wskaźnikiem Hancocka (K_a), Taggarta (T), wskaźnikiem określającym straty metalu na przyrost zawartości składnika użytecznego w koncentracie (G_w) oraz wskaźnikiem efektywności w oparciu o uzysk w rozdzielanych produktach (E). Wymienione wskaźniki oceny technologicznej odnoszą się do rud jedno i wielometalicznych. W przypadku tych ostatnich zakładają równowartość wszystkich komponentów. Analizując ekonomiczne wskaźniki oceny efektywności procesu przyjęto oczywistą zależność, że efektywność ekonomiczna zakładów przeróbczych jest funkcją jakości i ilości przerabianej nadawy oraz produkowanego koncentratu, co przedstawiono ze znanej zależności (Stępiński, 1964) $E = f(\alpha, \beta, Q_p, Q_k, C_k, k_j)$, w której α, β – zawartość miedzi w nadawie i koncentracie; Q_p, Q_k – przerób masy nadawy i produkcja koncentratu, C_k – cena 1 Mg koncentratu, k_j – jednostkowe koszty wzbogacania.

Prognozowanie wartości rud i koncentratów to temat publikacji Foszcza i in. (2010). Podniesione zostały w niej znane postulaty, że ilość i jakość urobku z poszczególnych kopalni jest wielkością zdeterminowaną, nie podlegającą optymalizacji,

a technologie wzbogacania rud miedzi są uzależnione od ich składu litologicznego, oraz wymogów stawianych koncentratorom. Wobec tego niezbędna jest znajomość zależności jakości rudy i jej podatności na wzbogacanie. Do pozyskania tego typu informacji zastosowano cztery różne aproksymacje zależności $\gamma = \gamma(\beta)$. Omówiono również metodę bazującą na uzależnieniu parametrów opisujących określoną krzywą wzbogalności od udziałów typów litologicznych w nadawie. Otrzymane wyniki poddano ocenie stwierdzając, że pełna prognoza wyników jest w zasadzie niemożliwa, gdyż zależy od zbyt wielu czynników. W związku z tym wymagany byłoby przeprowadzenie dodatkowych badań mających na celu wprowadzenie odpowiednio dobranych procedur i krzywych wzbogacania służących do oceny przebiegu procesu wzbogacania przemysłowego.

Saramak (2007) w artykule pt. *Symulacja efektów pracy układów technologicznych przeróbki rud miedzi z wykorzystaniem kryteriów technologicznych i ekonomicznych* za podstawowe kryterium służące do oceny wybranego procesu przyjął funkcje trzech zmiennych niezależnych, α, β oraz \mathcal{G} (ε – wielkość uzysku, gdzie γ – wychód):

$$\varepsilon = \frac{\alpha - \mathcal{G}}{\beta - \mathcal{G}} \frac{\beta}{\alpha} = \gamma \frac{\beta}{\alpha} \quad (7)$$

Wyprowadził znane skądinąd wnioski, że z technologicznego punktu widzenia najlepiej jest produkować uboższe koncentraty ($\beta \downarrow, \mathcal{G} \downarrow, \varepsilon \uparrow$) przy uwzględnieniu ograniczeń jakościowych koncentratów wynikających z specyfiki procesów hutniczych.

Wszystkie przybliżone kierunki działań mające na celu optymalizację produkcji zarówno procesów przerobczych jak i całej działalności Spółki opierają się przede wszystkim na rozliczeniu dochodów uzyskanych ze sprzedaży metali oraz kosztów poniesionych na ich wyprodukowanie.

Tumidajski i in. (2004) w artykule pt. *Problemy optymalizacji odzysku metali w układzie kopalnia – zakład wzbogacania – huta, na przykładzie KGHM Polska Miedź S.A.* zbudowali modele ekonometryczne procesów wzbogacania rud miedzi. Uwzględniają one realia procesów wzbogacania, odnoszące się do jakości rudy oraz związków pomiędzy wielkościami charakteryzującymi produkcję, czyli między wychodami produktów i zawartościami składników użytecznych. Zagadnienie optymalizacji odzysku metali scharakteryzowano wykorzystując równanie bilansu, dokonując oceny podatności rudy na wzbogacanie oraz przeprowadzając analizę stopnia uwolnienia minerałów miedzionośnych.

W referacie dokonano również ekonomicznej analizy pracy układu: kopalnie-zakłady wzbogacania-huty. Do tego celu posłużono się rachunkiem ciągnionym kosztów, kosztami w obszarze zakładów wzbogacania i hut. Dokonano także oceny efektywności procesu produkcji miedzi za pomocą wskaźnika NSR.

Przytoczona literatura wskazuje, że formuła NSR stanowi popularny środek analizy danych technologiczno-finansowych. Analiza parametrów technologicznych, kosztowych i ekonomicznych związanych z cenami giełdowymi metalu, ma istotne znaczenie dla prawidłowej oceny funkcjonowania zakładu. Prezentowane koncepcje optymalizacji produkcji oparte na kryterium NSR mają pewne niedostatki, głównie w zakresie ekonomiki. W kontekście istniejącego stanu rzeczy, należałoby rozszerzyć stopień rozpoznania tematu od strony ekonomicznej.

3. EKONOMIKA EKSPLOATACJI ŻŁÓŻ I PRZEDSIĘBIORSTWA GÓRNICZEGO

Monografia Strzeleskiej-Smakowskiej (2003) pt. *Ocena ekonomiczna złóż rud* to zbiór informacji o rynkach i giełdach. Zawarto w niej opisy procesów przygotowania projektów inwestycyjnych i oceny ich rentowności, opisy strumieni finansowych, zagadnienia podejmowania decyzji w warunkach ryzyka i niepewności. Przybliżono pojęcie struktury pionowej kosztów (suma kosztów poszczególnych faz procesu produkcji) omówionej na przykładzie KGHM Polska Miedź S.A.

W monografii dokonano oceny wartości koncentratów metali nieżelaznych za pomocą formuły NSR (*Net Smelter Return*). Omówiono również etap rozpoznania złoża, a przede wszystkim przydatność określenia wartości złoża przy wykorzystaniu zależności $R = \alpha C \varepsilon NF$ (NF – wskaźnik udziału kopalni w wartości koncentratu, C – cena metalu).

Szczegółową metodę wyceny złóż i ich zasobów w przemyśle metali nieżelaznych zawiera monografia Wirtha (2011) *Wieloczynnikowa wycena złóż i ich zasób na przykładzie przemysłu metali nieżelaznych*. Przybliżono w niej aktualny stan wiedzy w zakresie wyceny zasobów złóż, a następnie przedstawiono charakterystykę opracowanej metody obliczania wartości złóż i zasobów rudy w złożach. Szczegółowo omówiono kolejne elementy metody, a mianowicie algorytmy obliczeń wydatków inwestorów i kosztu kapitału, wartości zasobów rudy w złożu, wartości opcyjnej złoża i współczynnika atrakcyjności złoża.

Ponadto w monografii przeanalizowano zagadnienie rocznego zysku ekonomicznego, podkreślając, że w przypadku eksploatacji złóż rud mamy do czynienia z kilkoma przypadkami, a mianowicie:

1. zakres procesów górniczych – produktem finalnym jest ruda/urobek,
2. zakres procesów górniczo-przeróbczych – produktem finalnym jest jeden koncentrat,
3. zakres procesów górniczo-przeróbczych – produktem finalnym jest dwa lub więcej koncentratów,
4. zakres procesów górniczo-przeróbczych i hutniczo-metalurgicznych – produktem finalnym jest metal podstawowy i ewentualnie produkty towarzyszące,

5. zakres procesów górniczo-przeróbczych i hutniczo-metalurgicznych – produktem finalnym są dwa lub więcej metali odzyskiwanych w odrębnych procesach technologicznych.

Przy szczegółowej charakterystyce każdego z wyżej wymienionych przypadków, zwrócono uwagę, że na rynku metali rzadkim przypadkiem jest sytuacja kiedy produktem finalnym jest ruda/urobek. Jej przychód określono zależnością (8).

$$P_{rud} = W F_{rud} \quad (8)$$

gdzie: P_{rud} – przychody ze sprzedaży rudy, zł/rok,

W – roczne wydobycie kopaliny (rudy) Mg/rok,

F_{rud} – formuła sprzedażna rudy, zł/Mg rudy.

W przypadku przychodu z działalności operacyjnej, w której produktem sprzedaży jest koncentrat mamy do czynienia z zależnością (9), w której formułę sprzedażną koncentratu F_{kon} przedstawiono na przykładzie rozliczeń międzyzakładowych w KGHM Polska Miedź S.A.

$$P_{kon} = Q_{kon} F_{kon} \quad (9)$$

gdzie: P_{kon} – przychody ze sprzedaży koncentratu, zł/rok,

Q_{kon} – projektowana ilość koncentratu, Mg koncentratu/rok.

Analizując temat ekonomiki złóż nie sposób pominąć ocenę ekonomiczną przedsiębiorstwa. Zagadnienie to bardzo szeroko omówili Butra, Kicki, Kudelko, Wanieliśta i Wirth (2009) w publikacji *Podstawy rachunku ekonomicznego w przedsiębiorstwach górniczych*. Opisują w niej sprawozdania finansowe. Zwracają uwagę na rachunek zysków i strat, w którym podstawowymi elementami są przychody (określone przez poziom produkcji, a ściślej poziom sprzedaży oraz ceny surowców) i koszty. W opracowaniu podjęto także temat mierników efektywności przedsiębiorstwa. Podano mierniki ukierunkowane na gospodarkę złóżami (m.in. straty zasobów i zubożenia kopaliny) na przykładzie rud miedzi, jak również sklasyfikowano zubożenie kopaliny na poszczególnych etapach procesu wydobywczego. Te informacje posłużyły do określenia progu rentowności efektywności ekonomicznej.

Szeroko rozumiana ekonomika złóż w przypadku rud metali nieżelaznych jest ściśle związana z jakością eksploatowanych rud oraz z wpływem rosnących wymagań dotyczących spełnienia coraz ostrzejszych norm i przepisów odnośnie ochrony środowiska. W związku z tym istotne w zarządzaniu produkcją są koncepcje metodyczne oraz rozwiązania praktyczne ukierunkowane na wzrost efektywności systemów i procesów zarządzania.

Malewski (2008) w publikacji *Spoleczne i technologiczne aspekty racjonalnej gospodarki złóżem na przykładzie górnictwa rud miedzi* problem zarządzania produkcją potraktował jako zagadnienie społeczne i technologiczne. W sensie społecznym mamy do czynienia z racjonalną gospodarką złoża. Pojęcie to zdeterminowane jest aktualnymi przepisami prawnymi, ale też stosowaną technologią i techniką produkcji mie-

dzi. W artykule szczegółowo omawia się uwarunkowania złożowe, technologiczne i techniczne produkcji górniczej na przykładzie rodzimego i światowego przemysłu miedziowego. W konkluzji autor zwraca uwagę na fakt sprzeczności interesów przedsiębiorcy i właściciela złoża, a w takich wypadkach potrzebna jest obiektywna wiedza o złożu i sposobie jego wykorzystania, która w interesie społecznym powinna być oparta na niezależnych od przedsiębiorcy studiach i pracach badawczych. W pracy przedstawiono w skrócie koncepcję traktowania tego problemu opartą na zaawansowanych metodach modelowania i analizy złożonych systemów operacji technologicznych.

W innej publikacji tego samego autora (Malewski, 2008), pt. *Zarządzanie produkcją – kluczową technologią rozwoju przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących* problem efektywności produkcji miedzi w całym cyklu życia produktu potraktowany jest jako zagadnienie zarządzania w sensie funkcjonalnym (operacyjnym).

Autor omówił na przykładzie polskiego przemysłu górniczego stosowany model zarządzania (budżetowanie), zasugerował potrzebę zmiany funkcjonującego modelu, którego główną wadą jest brak ścisłego związku między technologią i ekonomią. Przedstawił koncepcję modelu informacyjnego technologii górniczej i przykłady jej realizacji. Systemy operacji zidentyfikował jako technologiczny „fraktal” i zaproponował informacyjny model takiej operacji jako funkcję przejścia informacji wejściowych do wyjściowych, zależnej jednocześnie od sprawności i kosztu tej operacji. Ponadto w artykule przedstawiono przykłady realizacji tych koncepcji na przykładach analizy rzeczywistych systemów technologicznych KGHM.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyżej publikacje i opracowania naukowo-badawcze koncentrują się na efektywności produkcji górniczej i przetwórczej, korzystając w tym celu z formuły dochodowej NSR jako wygodnego i praktycznego kryterium oceny tej efektywności. Jednakże sposób identyfikacji tej formuły w cytowanych publikacjach i opracowaniach jako systemu zależności technologiczno-ekonomicznych jest mocno uproszczony i najczęściej zawężony do układu przeróbka-przetwórstwo. Biorąc pod uwagę fakt, że rodzime złoża miedzi są polimetaliczne o złożonej strukturze litologicznej jest sens lepszego rozpoznania tego zagadnienia i budowy bardziej zaawansowanych modeli zarządzania produkcją w oparciu o kryteria technologiczno-ekonomiczne. Ten kierunek badawczy jest ważny zarówno dla rozwoju technologii jak i optymalizacji procesów produkcyjnych.

LITERATURA

- BUTRA J., KICKI J., KUDELKO J., WANIELISTA K., WIRTH H., *Podstawy rachunku ekonomicznego w przedsiębiorstwach górniczych*, Wydawnictwo: Instytutu GSMiE PAN, Kraków 2009.
- CHODYNICKA L., GABZDYŁ W., KAPUŚCIŃSKI T., *Mineralogia i petrografia dla górników*, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1993.
- FOSZCZ D., NIEDOBA T., TUMIDAJSKI T., *Analiza możliwości prognozowania wyników wzbogacania polskich rud miedzi uwzględniającego stosowaną technologię*, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 34, zeszyt 4/1, s. 25–36, 2010.
- JAWIEŃ M., *Metoda Określania optymalnej zawartości miedzi w koncentracie dla poszczególnych ZWR z uwagi na koszty poszczególnych faz produkcyjnych (górnictwej, przeróbczej i hutniczej)*, Zakład Usług Geologiczno-Górnictwowych (1992) (niepubl.).
- KRZAK M., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., PAULO A., *Ekonomiczna optymalizacji koncentratów miedziowo-srebrnych*, IV Międzynarodowa Konferencja przeróbki rud metali nieżelaznych ICNOP '97", s. 121–132, 1997.
- KUBACZ N., WIENIEWSKI N., *Ekonomiczna optymalizacja jakości koncentratu w KGHM Polska Miedź S.A. w zależności od zmiennej charakterystyki eksploatowanych rud*, Instytut Metali nieżelaznych (Zakład Przeróbki Surowców Mineralnych i Utylizacji Odpadów), Gliwice (1997) (niepubl.).
- MALEWSKI J., *Spoleczne i technologiczne aspekty racjonalnej gospodarki złożem na przykładzie górnictwa rud miedzi*, *Miesięcznik WUG* nr 5/2008, s. 3–9, 2008.
- MALEWSKI J., *Zarządzanie produkcją – kluczową technologią rozwoju przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących. Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce*, *Czasopismo naukowo-badawcze, KGHM Cuprum* sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, s. 93–107, Wrocław 2008.
- PAULO A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., *Rudy metali nieżelaznych i szlachetnych*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2000.
- SARAMAK D., *Optymalizacja uzysku metali w Zakładach Wzbogacania Rud w KGHM Polska Miedź S.A.*, praca doktorska AGH, Kraków 2004.
- SARAMAK D., *Symulacja efektów pracy układów technologicznych przeróbki rud miedzi z wykorzystaniem kryteriów technologicznych i ekonomicznych*, *Górnictwo i Geoinżynieria* Rok 31, s. 73–80, Zeszyt 4, 2007.
- SKORUPSKA B., *Kształtowanie jakości koncentratu w zmiennych warunkach rynku metali nieżelaznych i właściwości wzbogaczanych rud*, praca doktorska AGH, Kraków 2006.
- SKORUPSKA B., SARAMAK D., *Methods of determination the optimal quality of the concentrate according to chosen technological and economic criteria*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, Tom 21, zeszyt 4, s. 5–20, 2005.
- SKORUPSKA B., WIENIEWSKI A., ZIENKIEWICZ S., *Ekonomiczna optymalizacja jakości koncentratu w KGHM Polska Miedź S.A. w zależności od zmiennej charakterystyki eksploatowanych rud*, Instytut Metali nieżelaznych (Zakład Przeróbki Surowców Mineralnych i Utylizacji Odpadów), Gliwice (1997) (niepubl.).
- STĘPIŃSKI W., *Wzbogacanie grawitacyjne*, Łódź-Warszawa-Kraków, 1964.
- STRZELSKA-SMAKOWSKA B., *Ocena ekonomiczna złóż rud*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2003.
- TUMIDAJSKI T., MAŃCZKA W., SARAMAK D., FOSZCZ D., *Problemy optymalizacji odzysku metali w układzie kopalnia – zakład wzbogacania – huta, na przykładzie KGHM Polska Miedź S.A.*, ZN AGH *Górnictwo i Geoinżynieria*, 2004, zeszyt 2/1, s. 147–158.
- WIRTH H., *Wieloczynnikowa wycena złóż i ich zasób na przykładzie przemysłu metali nieżelaznych*, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2011.

THE ECONOMY OF COPPER PRODUCTION ON LGOM RESOURCES ON BASIS OF RESEARCH
AND DEVELOPMENT PROJECTS AS WELL AS OTHER PUBLISHED DOMESTIC PAPERS

In presented article some of previous papers and R&D publication regarding to optimization the copper concentrate production have been discussed on technology and economy approach. The author focused on crucial information on technology processes which influence on economy results of copper production based on LGOM copper basin. There have been presented some econometric models dedicated to optimization copper production concentrates. The economy of copper production has been discussed as based on NSR income formula. In conclusions it has been underlined that assumption this formula as the system describing economic and technology relations is very simplified and limited to only mineral processing – metallurgy system.