

Współczesne trendy w górnictwie światowym

Marek Bergander

Sytuacja ekonomiczna na rynku surowców

Stan górnictwa światowego jest zwykle uwarunkowany bieżącą sytuacją ekonomiczno-gospodarczą. Ostatni rok 2013 nie był szczególnie sprzyjający dla górnictwa z powodu spadku cen zarówno energii, jak i metali, a więc głównych jego produktów. Dla bardziej szczegółowego opisu sytuacji na światowych rynkach surowców skoncentrujemy się na kilku przykładach, które są reprezentatywne dla poszczególnych dziedzin gospodarki związanych z górnictwem. A więc weźmiemy pod uwagę ceny węgla energetycznego, w dużym stopniu odzwierciedlające stan w produkcji energii elektrycznej, która jest z kolei wykładnikiem poziomu produkcji przemysłowej. Wiele najbardziej uprzemysłowionych krajów świata, w tym Chiny i USA, czerpie większość swojej energii elektrycznej właśnie z węgla. Następnym przykładem będzie miedź, jako jeden ze strategicznych metali przemysłowych, reprezentujących stan w budownictwie i przemyśle maszynowym i elektrycznym. Wreszcie jako ostatni przykład autor wybrał złoto, jako metal, który najbardziej ze wszystkich odzwierciedla sytuację na rynkach ekonomicznych i jest często traktowany jako *safe heaven*, czyli bezpieczna przystań, szczególnie w przypadku znacznych spadków inwestycji finansowych, akcji, obligacji i wartości pieniądza.

Na rys. 1 pokazane są wykresy światowych cen na powyższe surowce/metale w ostatnich 12 miesiącach. Jak widać, wykazywały one tendencje spadkowe. I tak cena węgla spadła o 9%, cena miedzi również o 9%, największy jednak spadek zanotowało złoto, bo aż o 29%. Jak widać z poniższych wykresów, fluktuacje cen w przeciągu roku były jednak wyższe niż dane z końca roku. Największe zmiany dotyczyły cen węgla, które wahały się od 51 do 62 USD/t, a więc wahania te były dwukrotnie wyższe (około 18%) niż końcowe ceny roczne.

Spadki cen surowców wiązały się również ze spadkami cen akcji kompanii górniczych i wydobywczych na giełdach światowych. Najlepiej jest to widoczne, jeśli weźmie się pod uwagę tzw. *Exchange Traded Funds*, czyli fundusze inwestycyjne dla poszczególnych surowców i materiałów. I tak dla węgla fundusz KOL, grupujący największe światowe firmy wydobywcze, dla których węgiel stanowi ponad 50% całkowitego dochodu, spadł w ciągu roku 2013 o 21%, z tym że cały spadek miał miejsce w pierwszej połowie roku, natomiast druga połowa zanotowała nieznaczny wzrost. Podobny indeks firm wydobywających miedź (COPX) spadł o 30%, natomiast indeks producentów złota (GDX) zanotował największy spadek, bo aż o 53%. Jak więc widać, spadki cen akcji były o wiele większe niż spadki cen odpowiednich surowców. Należy zwrócić uwagę, że tak znaczące spadki nastąpiły w roku, w którym większość światowych indeksów giełdowych zanotowała wysoki, a w wielu przypadkach nawet rekordowy wzrost, np. Dow Jones Industrial w USA wzrósł o 28% i osiągnął rekord wszechczasów: 16 483.

Streszczenie: Artykuł opisuje obecną sytuację w światowym górnictwie węgla i metali, a także podejmuje próby ustalenia kierunków rozwoju w najbliższej przyszłości. Ponieważ przemysł wydobywczy jest ściśle związany z sytuacją gospodarczą, autor omawia trendy ekonomiczne dla węgla, miedzi i złota jako reprezentatywnych przedstawicieli surowców kopalnych. Następnie dyskutowane są megatrendy w górnictwie światowym, a więc przenoszenie wydobycia do krajów rozwijających się, zmiany w ilości konsumpcji poszczególnych materiałów, a także struktura firm wydobywczych i poszukiwawczych. Na zakończenie autor opisuje kierunki rozwoju technologii wydobycia i przeróbki, które z kolei dyktują cele i zadania przyszłych badań naukowo-wdrożeniowych, a także sposoby kształcenia kadry inżynierskiej.

🇬🇧 CURRENT TRENDS IN WORLD MINING

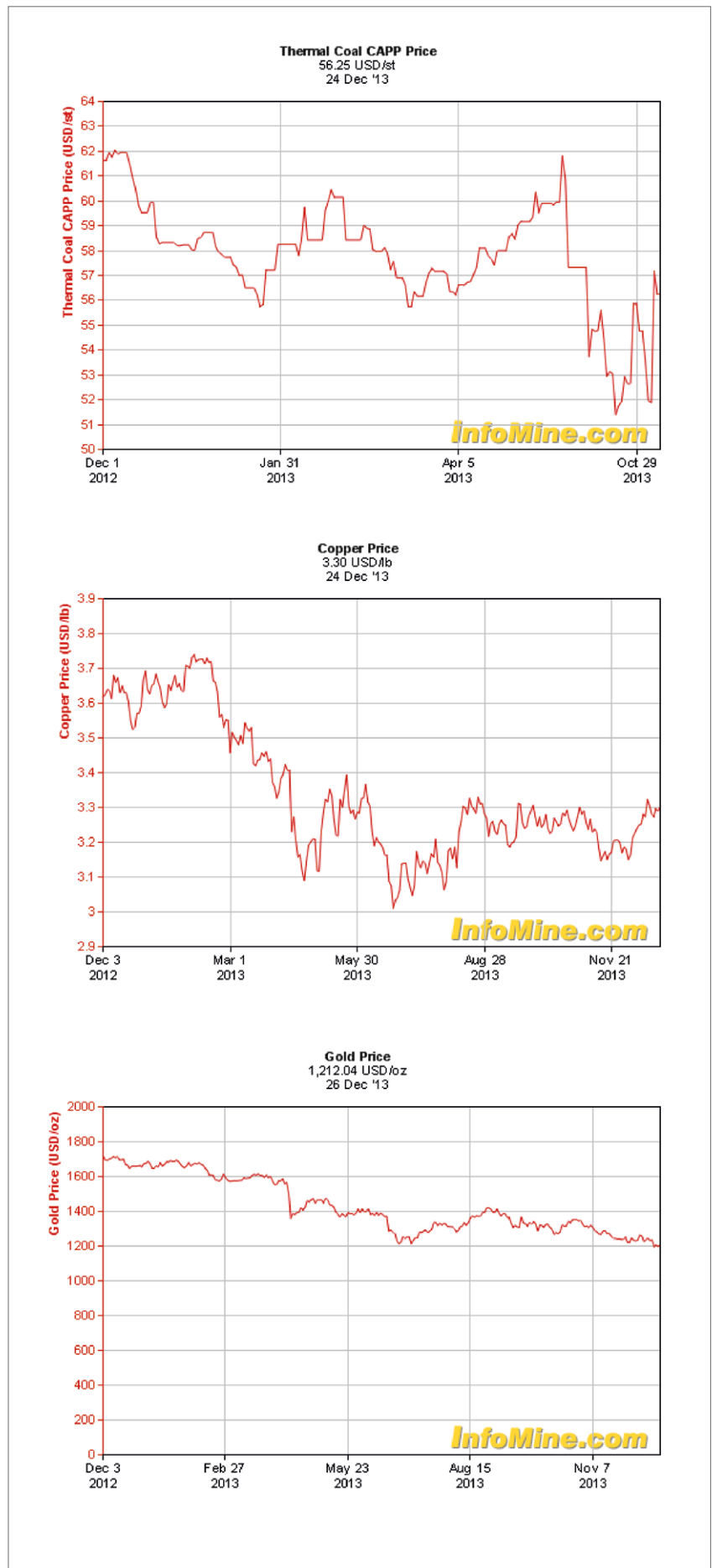
Abstract: The article describes current situation in world coal and metal mining and in addition, it makes an attempt to forecast the trends for the near future. Even though the long term demand for coal and metals remain strong, the world mining is still facing many problems, such as inflation, falling commodity prices, supply-demand imbalances and shortage of qualified labor. The author discusses those challenges on the example of few strategic products, namely coal, copper and gold. The megatrends in world mining are then presented: moving mining activities to undeveloped countries and remote regions, changes in demand structure as well as new organizational and financial requirements for mining companies. The technological advances in recent years resulted in productivity increases and gave the industry the ability to mine and process lower grade ores through more efficient mineral processing and use of larger equipment. Those advances, however, are implemented very slowly due to relatively small level of expenditures to research and development dedicated by mining industry. In conclusion, author gives an outlook for future prices and mining costs and formulates the industry demands for research and training activities. Especially important will be developing new study programs for mining engineers and professionals, which will include not only pure technical knowledge but also social, cultural and language skills.

Wahania cen surowców tłumaczy się głównie sytuacją ekonomiczną, można jednak zaobserwować pewne trendy, które pomagają wytłumaczyć ubiegłoroczne spadki, przynajmniej w pewnym stopniu.

Węgiel. W przypadku węgla energetycznego, spadek cen wiąże się głównie z sytuacją w Chinach i w USA. Chiny spalają więcej węgla dla produkcji energii elektrycznej niż cała reszta świata, ponieważ prawie 69% chińskiej energii pochodzi właśnie z węgla. Bieżące roczne zapotrzebowanie wynosi 3,5 mld ton, z planowanym wzrostem do 4,8 mld ton w roku 2020. Obserwuje się jednak inicjatywy rządu w kierunku ochrony środowiska, mające na celu redukcję udziału węgla w całkowitym bilansie energetycznym. Będzie się to wiązało z mniejszym wzrostem zapotrzebowania i zmniejszeniem eksportu, głównie z Indonezji i Australii. Kraje te już obecnie wykazują nadprodukcję węgla. Przykładowo największa australijska firma wydobywca BHP zaprzestała nowych inwestycji w górnictwo węgla, koncentrując się na innych, bardziej opłacalnych surowcach. Jeśli chodzi o sytuację w USA, to zapotrzebowanie na węgiel energetyczny będzie znacząco spadać, ponieważ do 2016 roku planuje się zamknięcie elektrowni węglowych produkujących 28 000 MW energii i zastąpienie ich zakładami wykorzystującymi paliwa bardziej przyjazne dla środowiska.

Miedź. Ceny metali przemysłowych, a szczególnie ceny miedzi, kierują się prawami popytu i podaży. Spowolnienie gospodarki w Chinach, która zużywa ponad 40% światowej produkcji miedzi, a także ogłoszenie Rezerwy Federalnej w USA o gradualnej redukcji programu ekspansywnej polityki fiskalnej (*Quantitative Easing*) spowodowało spadek cen i gwałtowną wyprzedaż miedzi na rynkach inwestycyjnych. Wg artykułu w „Financial Times”, tylko w II kwartale 2013 r. inwestorzy zmniejszyli inwestycje w surowce o ponad 63 mld \$. Organizacja International Copper Study Group opublikowała, że obecnie występuje nadmiar produkcji rafinowanej miedzi o 265 000 ton kwartalnie w stosunku do zapotrzebowania. Mimo iż nie ma zgodności danych podaży vs popytu w różnych źródłach, to jest jasne, że nastąpiła zmiana jakościowa od wieloletniego niedoboru do nadprodukcji. Jest to prawdopodobnie związane z ogromnymi inwestycjami w rozwój górnictwa miedzi w ostatnich latach, budową i uruchomieniem wielu nowych kopalni. W związku z tym analitycy z Barclay Bank przewidują, że ceny miedzi spadną w 2014 roku do poziomu nawet \$6000 za tonę z obecnego poziomu \$6600/t.

Złoto. Jest postrzegane o wiele bardziej w kategoriach inwestycyjnych niż jako metal przemysłowy, jest więc mniej narażone na



Rys. 1. Światowe ceny wybranych materiałów w 2013 roku, od góry: węgiel, miedź, złoto [Courtesy of InfoMine.com]

rynkowe prawa, popytu i podaży. Rekordowa cena \$1886 za uncję w 2011 roku została osiągnięta z wielu powodów, m.in. zmniejszenie wiarygodności inwestycji papierowych, inflacja, obniżenie kursu dolara, masowe zakupy wyrobów jubilerskich w Chinach i Indiach, a także pojawienie się na rynku nowych instrumentów, tzw. ETF (*Exchange Traded Funds*), ułatwiających inwestycje w złoto i inne surowce bez konieczności ich fizycznego zakupu i magazynowania. Od tego czasu cena spadła o 36%, ale pojawiają się znów przesłanki na możliwość ponownego wzrostu. Po pierwsze, światowa produkcja (podaż) złota jest mniej więcej stała i wynosi około 2600–2700 ton rocznie. Rynek jest więc na tyle mały, że nawet nieznaczne zwiększenie popytu może spowodować gwałtowny wzrost cen. Oprócz tego rządy Unii Europejskiej, jak i USA, stają się coraz bardziej opresyjne w stosunku do obywateli posiadających jakiegokolwiek zasoby finansowe, ściągając ciągle wzrastające podatki i różnego rodzaju opłaty, a nawet uciekając się wręcz do konfiskaty, tak jak ostatnio na Cyprze. Poza tym powody, dla których cena złota wzrosła poprzednio, nie tylko nie ustąpiły, ale nawet się nasiliły. Wydaje się więc, że inwestorzy będą coraz bardziej unikać inwestycji papierowych, a przestawiać się na instrumenty, które nie muszą być raportowane do organizacji rządowych, np. dzieła sztuki, artykuły kolekcjonerskie, metale szlachetne.

Dyskusja o trendach we współczesnym górnictwie musi uwzględnić, po pierwsze, megatrendy związane z ekonomią i gospodarką światową, a po drugie, zmiany technologiczne uwarunkowane postępowaniem technicznym. Jednakowoż należy uwzględnić, że obie te grupy łączą się ściśle ze sobą. Materiał zawarty w tym sprawozdaniu przedstawia jedynie punkt widzenia autora i w żadnym przypadku nie rości sobie pretensji do bycia pełnym i wyczerpującym przedstawieniem obecnych trendów. W dyskusji megatrendów autor skoncentrował się na pytaniach: „gdzie?”, „co?” i „kto?”, więc konsekwentnie dalsza część będzie próbą odpowiedzi na nie. Natomiast oczywiste pytanie „jak?”, zaadresujemy w części artykułu zajmującej się trendami technologicznymi.

Makrotrendy i trendy ekonomiczne w górnictwie światowym

Wydaje się, iż jednym z najważniejszych kierunków rozwoju górnictwa jest przeniesienie centrów wydobycia z krajów rozwiniętych do krajów rozwijających się. W ostatnich latach można zaobserwować rozpoczęcie i kontynuację wielkich inwestycji górniczych w Ameryce Łacińskiej, Afryce i częściach Azji. Trend ten jest spowodowany stopniowym wyczerpywaniem się łatwo dostępnych zasobów w Europie, Ameryce Płn. i Australii, a także postępowaniem technologicznym pozwalającym na wydobycie i przeróbkę mniej bogatych złóż, położonych w trudno dostępnych regionach świata. Pojawiły się większe możliwości dla transportu, a przez to dla wymiany handlowej, dzięki dużym statkom transoceanicznym, zaprojektowanym i budowanym w końcu XX wieku początkowo do przewozu ropy naftowej, a dostosowanych również do przewozów materiałów sypkich, jak ruda żelaza, węgiel czy boksyty.

Dla przykładu można podać, że procentowy udział Europy (bez Rosji) i USA w światowym wydobyciu rud metali spadł do 7,7%, podczas gdy udział krajów rozwijających się wynosi obecnie 22%. Z drugiej strony, łączny udział Australii i Kanady

wyniósł 16%, wskazując na Australię jako jednego z głównych producentów metali, szczególnie z powodu szybko rosnącego wydobycia rud żelaza. W dyskusji tej nie można zapominać o Chinach, z ich 12,7% światowego wydobycia rud metali, chociaż wydaje się, że osiągnięty tam został szczyt możliwości. Każdy z krajów grupowanych obecnie pod nazwą BRIC (Brazylia, Rosja, India, Chiny) jest klasyfikowany w pierwszej dziesiątce największych producentów i użytkowników surowców mineralnych. O ile rzeczywiście środek ciężkości wydobycia surowców został przeniesiony, to jednak ich produkcja nie została całkowicie wstrzymana w Europie, która nadal wydobywa 775 000 ton miedzi i 31 mln ton rud żelaza. W ostatnich 15 latach produkcja miedzi zmniejszyła się tylko o 7%, ale produkcja rud żelaza utrzymuje się na stałym poziomie. Kraje skandynawskie tradycyjnie były centrum europejskiego wydobycia rud i nadal dominują w tej dziedzinie.

Mimo przenoszenia się wydobycia do krajów rozwijających się, przeróbka i produkcja metali pozostaje w dalszym ciągu domeną krajów rozwiniętych, gdzie znajduje się większość zakładów przerobczych i hut. Sytuacja ta jednak powoli zmienia się, a to głównie za sprawą szybkiego wzrostu produkcji miedzi i aluminium w Chinach.

Obserwując inwestycje w górnictwie w ciągu ostatnich lat, można przewidzieć z dużą dozą prawdopodobieństwa, gdzie będą ulokowane centra wydobycia surowców w następnej dekadzie. Wynika z tego, że procentowy udział Ameryki Płn. i Afryki będzie wzrastał, podczas gdy w Ameryce Płd., Australii, Europie (włącznie z Rosją) i Chinach produkcja będzie się utrzymywała na mniej więcej takim samym poziomie jak obecnie. Należy wspomnieć o regionach, które do tej pory były mniej eksploatowane, np. Arktyka, Alaska, Grenlandia, a które na pewno staną się obiektem większego zainteresowania w niedalekiej przyszłości. Istnieją również możliwości wydobywania minerałów spod dna morskiego, np. ostatnio rozpoczęto prace wydobywcze w Papui Nowej Gwinei pod wodą na głębokości 1500 m.

Następne pytanie, to jakie minerały są wydobywane w największych ilościach. Można zaobserwować pewną skalę wydobycia, od węgla, którego wydobywa się na świecie 7,7 mld ton rocznie, poprzez 2 mld ton rud żelaza, 20 mln ton miedzi, 2000 ton złota, po 200 ton metali, grupy platynowców. Jeśli porównać wydobycie rud metali, to jest ono zdominowane przez rudy żelaza, miedzi i złota, które stanowią łącznie 68% całej wartości produkcji metali. Pozostałe 32% metali, mimo że ekonomicznie nie jest tak ważne z perspektywy globalnej, ma jednak duże znaczenie strategiczne. Dla przykładu nikiel, mangan, chrom i inne dodatki stopowe nadają szczególnych właściwości (wytrzymałość, twardość) stalom nierdzewnym i stopowym, zaś metale z grupy platynowców są powszechnie używane w konwertorach katalitycznych do zmniejszenia emisji spalin w silnikach. Wiele innych metali jest produkowanych w małych ilościach, a przykładem są metale ziem rzadkich. Ponieważ wystarczy tylko kilka małych kopalni dla wydobycia znaczącej części światowej produkcji, przestoje takich zakładów mogą powodować niedobory w podaży albo wysokie ceny.

Światowy przemysł górniczy i metalowy jest wielką siecią powiązanych ze sobą zakładów, zarówno w formalnych, jak i nieformalnych strukturach. Najważniejszą częścią są oczy-

wiecie wielkie firmy prywatne, akcjonerskie lub znacjonalizowane. W sumie zatrudniają one 2,5 miliona pracowników i zajmują się głównie dużymi przedsięwzięciami i projektami z perspektywą co najmniej 20 lat. Z utrzymywaniem się stalego albo zwiększonego popytu firmy średniej i małej wielkości będą zdobywały rosnący udział w rynkach światowych. Należy wspomnieć o układzie „nieformalnym” – są to na ogół mniejsze zakłady, większość z nich nigdzie niezarejestrowana i działająca na zewnątrz istniejących układów prawnych i finansowych. Zakłady te powstają w krajach Trzeciego Świata i zatrudniają setki tysięcy ludzi. Ponieważ pracują one nielegalnie, więc same zakłady, jak również ich pracownicy są stale narażeni na wyzysk, korupcję i eksploatację przez elementy kryminalne. Wg szacunków Banku Światowego, ponad 25% produkcji złota, cyny i tantalu pochodzi właśnie z takich nieformalnych zakładów.

Jednym z „wąskich gardeł” w górnictwie jest niedobór kadry menedżerskiej, inżynierskiej, a także wykwalifikowanych pracowników fizycznych. Przemysł górniczy musi konkurować z innymi dziedzinami, często postrzeganymi jako bardziej atrakcyjne. O ile w skali światowej jest wystarczająca ilość wykwalifikowanej kadry, a również obserwuje się mobilność między poszczególnymi projektami, to jednak górnictwo jest bardzo specyficzną dziedziną, wymagającą odpowiedniej „kultury pracy”. Inżynier lub inny pracownik górnictwa wykształcony i doświadczony w jednym kraju, może nie mieć odpowiedniego przygotowania kulturowego, socjalnego i językowego, aby efektywnie pracować w innym kraju. Oprócz tego rosną wymagania, aby pracownicy, szczególnie na wysokim szczeblu, charakteryzowali się nie tylko wysokimi kwalifikacjami technicznymi, ale również byli zdolni do budowania więzi z lokalnymi władzami, co jest podstawą do uzyskania odpowiednich licencji i pozwoleń. W związku z tym należy opracować nowe programy kształcenia na poziomie uniwersyteckim, które oprócz wiedzy technicznej wyrobią w studentach również tzw. *soft skills*, czyli umiejętności socjalne, wystąpienia publiczne, zarządzanie projektami, przygotowywanie ofert i sprawozdań, planów biznesowych i artykułów do publikacji.

Kluczem do utrzymania obecnego poziomu wydobycia surowców jest ilość nowo odkrytych złóż. Prace poszukiwawcze są najczęściej podejmowane przez małe firmy, używające w tym celu *risk capital* z nadzieją na odkrycie nowych, bogatych złóż, co w efekcie może przynieść albo znaczną zwyżkę cen akcji takiej firmy na giełdzie, albo możliwość fuzji z większą firmą. Finansowanie takich przedsięwzięć zależy więc od rynku akcji, dlatego też w czasie kryzysu finansowego 2008/2009 dostęp do kapitału był utrudniony i większość prac poszukiwawczych ustała. Wydatki na poszukiwania ulegają znacznym wahaniom z roku na rok i zależą głównie od aktualnej ceny surowca, a nie od przewidywanego popytu w przyszłości. W obecnej chwili można mieć wiele obaw związanych z przyszłym zapewnieniem dostępu do surowców. Po pierwsze, wiele krajów Trzeciego Świata ma niesprecyzowane i niepewne prawo górnicze, które nie daje wiarygodności dla podejmowania nowych inwestycji, po drugie, obecna niepewność na rynkach finansowych powoduje zmniejszony dostęp do kapitału poszukiwawczego, a wreszcie oba te czynniki razem nie zachęcają młodej kadry do wyboru górnictwa jako kariery.

Kierunki rozwoju technologicznego w przemyśle wydobywczym i przeróbczym

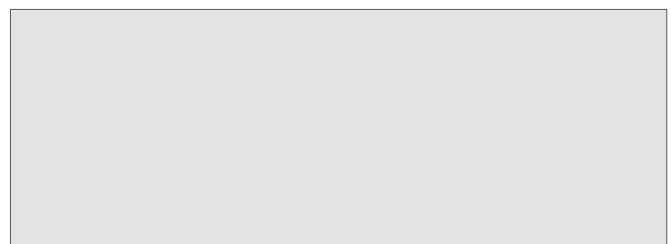
Dominującym trendem technologicznym w górnictwie wydaje się być zwiększony udział kopalni odkrywkowych kosztem kopalni głębinowych. Obecnie 52% wszystkich kopalni to kopalnie odkrywkowe, a jeśli wziąć pod uwagę ilość ton przerobionego materiału, to 85% pochodzi z kopalni odkrywkowych. Główne powody powolnej ekspansji kopalni odkrywkowych to potrzeba eksploatacji mniej bogatych złóż w związku z wyczerpywaniem się istniejących, bogatszych złóż, a również postęp technologiczny, pozwalający na efektywną przeróbkę większej ilości materiału i nowe, „ciągłe” metody wydobycia, np. hydrometalurgiczna metoda SX-EW (*Solvent Extraction/Electrowinning*) dla wydobycia miedzi lub HPAL (*High Pressure Acid Leach*) metoda wydobycia niklu.

W odróżnieniu od wielu innych dziedzin przemysłu, górnictwo wydaje znacznie mniejszą część swojego dochodu na badania naukowe i wdrożeniowe. Przykładowo, w Wielkiej Brytanii nakłady na badania dla firm wydobywczych wynoszą niespełna 0,25% wartości ich rocznej sprzedaży, w porównaniu do nawet 20% dla firm elektronicznych i farmaceutycznych. Dlatego też nowe technologie i innowacje są wprowadzane niezwykle wolno i w ogóle postęp jest inkrementalny, tzn. krok po kroku. Niemniej jednak można zauważyć pewne kierunki rozwoju: 1) sprzęt o większych gabarytach i możliwościach przerobu; 2) automatyzacja procesów; 3) ciągłe metody wydobycia oparte głównie na procesach chemicznych.

Większy sprzęt jest wprowadzany głównie w kopalniach odkrywkowych rud miedzi. I tak w ciągu 20 lat pojemność ciężarówek zwiększyła się od 200 t do 350 t, a wielkość naczynia koparek z 25 m³ do 40 m³.

Automatyzacja procesów wynika z potrzeby zmniejszenia kosztów, zwłaszcza w górnictwie podziemnym w krajach o wysokich kosztach robocizny, np. w Szwecji. Progres jest powolny, ale widoczny. I tak np. większość czynności wydobywczych w kopalni rudy żelaza w Kirunie może być całkowicie zdalnie sterowana. Górnictwo węgla również wprowadza zautomatyzowane ściany ze zdalnym sterowaniem kombajnu, przenośników i obudowy. Takie innowacje wymagają jednak określonych parametrów złoża, a także wysokich kwalifikacji obsługi. Kompanie górnicze coraz bardziej zdają sobie sprawę z korzyści wynikających z zastosowania nowoczesnych metod IT. Dzięki możliwości gromadzenia i przetwarzania wielkiej ilości danych metody te pozwalają firmom górniczym na lepszą alokację kapitału i inwestycji, przewidywanie efektów nowych projektów, ocenę indeksów ekonomicznych, zarządzanie ryzykiem czy określanie przyczyn wypadków górniczych. Największe trudności we wprowadzaniu takich metod można zaobserwować w wypadkach fuzji dwóch lub więcej firm.

reklama



W wielu przypadkach obie firmy pozostają z niekompatybilnymi systemami, z różnymi językami programowania, duplikacją danych i komplikacją sprawozdawczości, także finansowej. To powoduje, że wg Deloitte firmy wydobywcze nie realizują do 15% oszczędności wynikłych z zastosowania IT.

Metody urabiania za pomocą wiercenia albo materiałów wybuchowych są najszerzej stosowane, ale innowacje wchodzą i w tę dziedzinę. Używane są nowe metody fragmentacji urabianych skał tak, aby ich wielkość i kształt bardziej odpowiadały następnym etapom przeróbki/wzbogacania. Uzyskuje się to przez właściwy dobór narzędzi urabiających i materiałów wybuchowych, sposobów ich uzbrajania i odpalania. W obszarach zainteresowania są również zupełnie nowe metody urabiania: hydrauliczne, elektryczne, ultradźwiękowe, generacja plazmy wewnątrz skał przy pomocy impulsów wysokonapięciowych. W dziedzinie wzbogacania i przeróbki główny nacisk kładzie się na podwyższenie sprawności energetycznej tych procesów, a także na zmniejszenie strat surowca w odpadach flotacyjnych.

Badania naukowe i wdrożeniowe są prowadzone głównie przez szkoły górnicze, a w mniejszym stopniu przez same zakłady wydobywcze. Ważne kierunki badań to: 1) możliwości wydobywania złóż głęboko położonych i o złożonej geometrii; 2) przystosowanie technologii wydobywania do danych geologicznych; 3) minimalizacja ilości odpadów i skały płonej; 4) stabilność obudowy górniczej. Badania naukowe koncentrują się również na ochronie środowiska i na sposobach odwadniania, transportu i składowania odpadów.

Podsumowanie

Mimo znacznych wahań cen surowców w ostatnich kilku latach większość ekspertów przewiduje, że obecne wysokie ceny utrzymają się również w najbliższej przyszłości. Powodem jest ciągłe zwiększanie się popytu na surowce, a także długi cykl uruchomienia produkcji w nowych kopalniach. Tworzy się przez to luka między popytem a podażą, która jest w stanie spowodować nawet dramatyczny wzrost cen. Koszty wydoby-

cia i produkcji surowców również wzrastają z następujących powodów:

- ponieważ łatwo dostępne złoża, położone blisko odbiorców, zostały wyczerpane, kopalnie ulokowane w trudno dostępnych i odległych częściach świata stają się bardziej opłacalne ekonomicznie. Wiąże się to z wyższymi kosztami energii, transportu, wody i siły roboczej;
- zawartość surowca w złożu jest coraz mniejsza, ponieważ bogatsze złoża zostały już wyczerpane;
- płytko zalegające złoża zostały zastąpione głębszymi, o wyższych kosztach wydobywania;
- złoża prostsze pod względem mineralogicznym są zastępowane przez bardziej złożone chemicznie, wymagające trudniejszych i kosztowniejszych metod wzbogacania i przeróbki;
- zwiększone wymagania rządów i społeczeństw, aby górnictwo stało się bardziej odpowiedzialne pod względem ochrony środowiska oraz standardów kulturowych i socjalnych;
- zwiększone nakłady kapitałowe na nowe procesy technologiczne, sprzęt o lepszych parametrach roboczych i wyżej kwalifikowaną siłę roboczą.

Literatura

- [1] ALBANESE T., MCGAGH J.: *Future trends in mining*, Rozdz. 1.3 (pp. 21–38) [w:] DARLING P. (red.), *SME Mining Engineering Handbook*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2011.
- [2] Polinares (EU policy on natural resources), Final report Work Package 2, Henrike Sievers ed. Hannover 2012.
- [3] Randolph M.: *Current trends in mining*. Rozdz. 1.2 (pp. 11–20) [w:] DARLING P. (red.), *SME Mining Engineering Handbook*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2011

 Dr hab. Marek J. Bergander, P.E.
Magnetic Development, Inc., Madison, CT, USA

artykuł recenzowany