

Cezary BACHOWSKI*, Jan KUDEŁKO**

Ocena światowego rynku projektów eksploracyjnych metali nieżelaznych na tle cykli koniunkturalnych cen miedzi

Streszczenie: Postępująca globalizacja w czytelny sposób pokazuje relacje wzajemnego oddziaływania na siebie gospodarek poszczególnych krajów, jak i różnych gałęzi przemysłu. Rynek surowców mineralnych w dobie postępującego rozwoju cywilizacyjnego świata ma dla gospodarki podstawowe znaczenie. Okresowo powtarzające się wahania istotnych składników (przejawów) życia gospodarczego nazywamy cyklem koniunkturalnym. Cykl koniunkturalny jest nieodłączną cechą dynamicznie rozwijającej się gospodarki. Prowadzone przez autorów artykułu wieloletnie obserwacje rynku metali nieżelaznych wskazują na występowanie dodatniej korelacji pomiędzy wysokością nakładów na poszukiwania złóż kopalin nieenergetycznych a fazami cyklu koniunkturalnego ceny Cu, stanowiącej wartościowo 65% rynku metali podstawowych. W długookresowej perspektywie funkcjonowania przedsiębiorstwa wydobywczego, okresy hossy i maksymalizacji zysku, związane z wysokim poziomem cen metali i utrzymującym się zapotrzebowaniem rynku na surowce, są optymalnym czasem realizacji strategii odtwarzania bazy zasobowej poprzez eksplorację. W pracy przeanalizowano wielkość budżetów na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż kopalin nieenergetycznych w relacji do faz cyklu koniunkturalnego cen miedzi w latach 1996–2011. Wykonane zestawienia zostały poddane analizie statystycznej. Opracowane modele zależności liniowej i funkcje korelacji wzajemnych wskazują na silną i wyraźną korelację cyklu budżetów na poszukiwania złóż kopalin nieenergetycznych z cyklem cenowym miedzi.

Słowa kluczowe: Rynek surowców nieenergetycznych, budżet eksploracyjny, cykl koniunkturalny, model zależności liniowej, współczynnik determinacji R^2 , funkcja korelacji wzajemnej, firmy typu *junior*

Evaluation of world market of non-ferrous metals exploration projects on the ground of economic cycles of copper prices

Abstract: Progressive globalization legibly shows the mutual interactions within both the economies of individual countries and various branches of industry. Mineral resources market is of basic importance for the economy during the progressive global civilization growth. Periodical, repeated fluctuations of essential elements (signs)

* Dr, KGHM Polska Miedź S.A., Lubin; e-mail: c.bachowski@kgm.pl

** Dr hab. inż., KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, Wrocław;
e-mail: j.kudelko@cuprum.wroc.pl

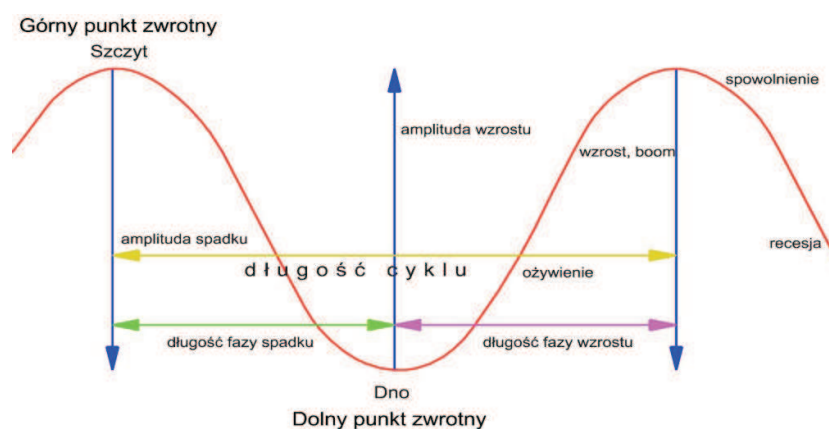
of economic life is called the economic cycle. The situation cycle is an inherent feature of dynamically growing economy. The long-term observations of non-ferrous metals market carried out by authors show the positive correlation between the amount of expenditures on non-fuel mineral deposits prospection and the phases of business cycle of copper price which constitute valuably 65% of base metals market. From the long-term perspective of mining company operation, periods of boom and profit maximization, related to high metal prices and long lasting market demand for raw materials are the optimal time for the implementation of the strategy of reproducing the resource base through exploration. The value of non-fuel mineral deposit prospection and exploration budgets were analyzed in the study in relation to phases of copper economic cycle from 1996 to 2011. The data were analyzed statistically. The models of line relationships and mutual correlation functions show the strong and evident correlation of non-ferrous metals exploration budget cycles with copper price cycle

Key words: Non-fuel minerals market, exploration budget, economic cycle, model of linear dependence, R^2 determination coefficient, function of mutual correlation, junior companies

Wprowadzenie

Koniunktura gospodarcza oraz związana z nią równowaga ekonomiczna i społeczna rynku to jeden z podstawowych działów makroekonomii. Pojęcie koniunktury gospodarczej ma wiele znaczeń. Najczęściej definiowane jest ono jako splot warunków i czynników wywierających znaczący wpływ na sytuację gospodarczą kraju, regionu lub świata (Mankiw, Taylor 2009). Podstawowym zagrożeniem w gospodarce rynkowej jest niedostateczny popyt na dobra konsumpcyjne, którego brak jest pierwszym krokiem do zapaści rynku. Wzrost popytu jest sygnałem poprawy koniunktury, natomiast jego spadek – jej pogorszenia. W literaturze przedmiotu pojęcie równowagi ekonomicznej jest różnie określane. Najpełniejsza definicja mówi o sytuacji, w której przy pełnym wykorzystaniu zasobów produkcyjnych (bogactw i zasobów naturalnych, majątku produkcyjnego i siły roboczej), zachodzi równość między podażą wszystkich dóbr i usług a popytem na nie oraz równość między podażą pieniądza a popytem na ten pieniądz (Marciniak (red.) 1995).

Światowy sektor wydobywania i przetwórstwa kopalin jest dynamicznym układem wzajemnych relacji rynkowych różnych gałęzi gospodarki. Obserwowane w dłuższym okresie czasu zmiany dotyczące popytu i podaży surowców, ich cen, sposobu finansowania inwestycji, zainteresowania rynkami sektora wydobywczego, nakładów na poszukiwania i rozpoznawanie złóż, mają charakter powtarzalny. Periodycznie powtarzające się wahania istotnych składników (przejawów) życia gospodarczego nazywamy cyklem koniunkturalnym. Pionierem hipotezy o periodyczności cyklu ekonomicznego był francuski lekarz J.C. Juglar (1819–1905), uważany za twórcę teorii wahań koniunkturalnych. Przyczyn cyklicznego falowania gospodarczego upatrywał w zjawiskach pieniężno-kredytowych. Kryzys – zdaniem Juglara – był następstwem ograniczenia ekspansji kredytowej banków w okresie prosperity (rozkwitu). Okres jednego cyklu wynosi według niego od 8 do 12 lat. Później, gdy teoria ta zaczęła się rozwijać i ewoluować, cykl o tej długości przyjęto określać mianem cyklu klasycznego albo cyklu Juglara. Przyczyn powstawania cykli koniunkturalnych upatrywano w zjawiskach endogenicznych – związanych bezpośrednio z gospodarką, oraz egzogenicznych – głównie politycznych (Szamałek 2008). Rytmiczność jest zatem najważniejszą cechą cyklu, gdyż decyduje o uznaniu go za prawidłowość rozwoju. Cykl koniunkturalny jest nieodłączną cechą dynamicznie rozwijającej się gospodarki, nie można go zatem traktować jako czegoś anormalnego (rys. 1). Postępująca globalizacja sprawiła, że światowe gospodarki są w mniejszym lub większym stopniu powiązane ze sobą. W związku



Rys. 1. Typowy cykl koniunkturalny
 Źródło: Bureau for Investment and Economic Cycles, 2007

Fig. 1. Typical economic cycle

z tym cykl koniunkturalny w jednym kraju rzutuje na przebieg i fazy cyklu w innych krajach. Bez względu na fazę cyklu w gospodarce zachodzi wiele niekorzystnych zjawisk. Oprócz inflacji i bezrobocia obserwujemy kryzysy finansów publicznych, walutowe czy demograficzne, które zaburzają rytmiczność cyklu.

W świetle wyników badań i analiz cytowanych w światowym piśmiennictwie, sam związek pomiędzy cyklami koniunktury gospodarczej a cyklami cenowymi surowców mineralnych nie budzi wątpliwości i postrzegany jest jako silne sprzężenie zwrotne. Jak stwierdza prof. Szamałek: *Związek między cyklami koniunktury gospodarczej a cyklami cenowymi surowców mineralnych wydaje się być oczywistością* (Szamałek 2008). Ważne jest natomiast dokładne poznanie dynamiki i zależności procesów zachodzących w okresach światowego ożywienia i recesji gospodarczej. Dotyczy to zwłaszcza zmian w wysokości nakładów koncernów surowcowych na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż kopalin oraz adaptacji strategii działania różnych typów przedsiębiorstw o profilu geologiczno-górnictwem do zmieniających się parametrów rynkowych, takich jak podaż i popyt na surowce, poziom ich cen, presja ze strony konkurencji czy otoczenie rynku. Okresy prosperity – hossy przeplatają się fazami recesji na rynku – bessy. Ekonomisci od lat spierają się o rolę i znaczenie dominujących mechanizmów wywołujących wahania koniunkturalne w gospodarce. Interpretacje są różne: czynniki losowe, wahania zyskowności inwestycji, polityka pieniężna, niedoskonałość działania mechanizmów rynkowych, teorie realnego cyklu koniunkturalnego. Wyjaśnień przyczyn ich powstawania może być wiele, ale samo zjawisko występowania cykli koniunkturalnych nie ulega wątpliwości.

Na wyprzedzającą relację ruchu cen giełdowych metali nieżelaznych w stosunku do ogólnej aktywności światowej gospodarki zwracają uwagę J. Cuddington i D. Jerrett (Cuddington, Jerrett 2008). Uważają oni ceny metali notowanych na giełdach światowych za wiodące wskaźniki oceny kondycji globalnej gospodarki. Na przykładzie cen metali podstawowych notowanych na giełdzie londyńskiej (Cu, Al, Pb, Ni, Sn i Zn), tzw. LME6, oraz cen stali, molibdenu i surówki żelaza, analizowanych w długich cyklach korelacyjnych

(35–70 lat), wykazali oni istnienie związku pomiędzy cyklicznymi wahaniami cen, popytu i podaży metali a cyklem PKB światowej gospodarki. Ich zdaniem dynamiczny rozwój gospodarki chińskiej w latach 2003–2008 był ściśle związany ze znaczącymi wzrostami cen metali nieżelaznych. Istotne ograniczenie nakładów inwestycyjnych na nowe projekty surowcowe w latach 1990–1994, wyższe koszty w górnictwie związane ze spadkiem jakości rudy i niedostateczna przepustowość portów w krajach eksporterów, spowodowały ograniczenie mocy produkcyjnych w światowym przemyśle metalurgicznym, a to przełożyło się na zastój w innych sektorach gospodarki konsumujących metale (Cuddington, Jerrett 2008).

Rynkowe wahania cen metali (Cu, Pb, Zn, Ni, Sn, Al) były też przedmiotem analiz W.C Labys'a, A. Achouch'a i M. Terraza (Labys i in. 1999). Szukali oni potwierdzenia związku pomiędzy cykliczną zmiennością skorelowanych cen metali a tendencjami zmian światowego cyklu gospodarki. Stwierdzili istnienie zależności pomiędzy wspólnym cyklem cen metali a czynnikami gospodarki, takimi jak: wielkość produkcji przemysłowej, ceny rynkowe, stopy procentowe, ceny akcji i kursy walut.

Na wyraźny wpływ światowych cen surowców na chiński rynek akcji zwraca uwagę profesor B. Greene z Uniwersytetu w Lund. Opracowany przez niego wskaźnik regresji obrazuje istotne powiązanie nakładów inwestycyjnych i wyników finansowych chińskich firm konsumujących surowce mineralne z globalnymi wahaniami cen miedzi oraz cen złota (Greene 2010).

W literaturze przedmiotu powszechnie cytowana jest praca *The anatomy of three commodity booms*, której autorem jest M. Radetzki, profesor Uniwersytetu Technologii w Lulea (Radetzki 2006). Analizuje on trzy główne boomy gospodarcze jakie miały miejsce po II wojnie światowej. Pierwszy z nich, w latach 1950–1951, spowodowany był dynamicznym rozwojem przemysłu zbrojeniowego i związanym z nim popytem na surowce mineralne w okresie wojny koreańskiej. Drugi, w latach 1973–1974, wywołała światowa klęska nieurodzaju w rolnictwie i trzykrotny wzrost cen ropy naftowej, podyktowany przez OPEC jako retorsja w stosunku do USA i państw Europy zachodniej za poparcie udzielone Izraelowi w czasie wojny z Egiptem i Syrią (*oil shock*). Trzeci boom, który rozpoczął się w 2004 r., był wynikiem gwałtownego rozwoju przemysłów Chin i Indii oraz związanego z nim ogromnego zapotrzebowania na surowce mineralne. Spowodowało to deficyt na rynku surowców energetycznych i metali, wyzwalając lawinowy rozwój sektora górniczego, w tym również wzrost nakładów na poszukiwanie złóż kopalin mineralnych, na niespotykaną dotąd skalę.

Cykle koniunkturalne światowej gospodarki i powiązane z nimi cykle cenowe surowców mineralnych są dodatnio skorelowane z nakładami na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż kopalin.

1. Wydatki na poszukiwanie złóż kopalin nieenergetycznych

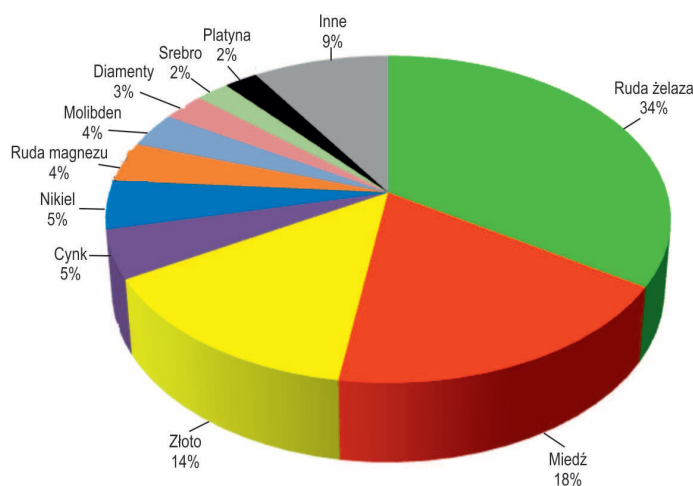
Konsekwentny, utrzymujący się od lat wzrost globalnego popytu na tzw. metale podstawowe (*base metals*), a w szczególności na miedź, stanowiącą wartościowo około 65% tego rynku, związany jest z dynamicznym rozwojem cywilizacyjnym i industrializacją świata (ze szczególnym uwzględnieniem dużych, rozwijających się krajów Azji, Ameryki Łacińskiej i Afryki). Wieloletni trend wzrostowy nakładów na prospekcję i eksplorację nie

ma prostego przełożenia na ilość odkryć nowych złóż. Malejąca podaż ze złóż „łatwo” dostępnych, przy wciąż rosnącym popycie na miedź, już dzisiaj wymusza sięganie przez światowych producentów do obszarów złożowych położonych w trudnych warunkach geograficznych, geologicznych, politycznych i infrastrukturalnych. Rozwój cywilizacyjny i globalizacja powodują gwałtowny wzrost kosztów pracy, przede wszystkim w krajach będących głównymi producentami czerwonego metalu, w których koszt ten był dotąd relatywnie niski (np. Peru, Rosja, Meksyk, Chile, Chiny, Argentyna, Brazylia). Rosnący popyt na surowce mineralne jest kompensowany podażą, a zachowanie równowagi pomiędzy nimi rzutuje na rynek produkcji i poszukiwań kopalni. Podstawową rolę odgrywają tu koszt produkcji i cena sprzedawanego surowca (Bachowski 2013).

W długookresowej perspektywie funkcjonowania przedsiębiorstwa wydobywczego, okresy hossy i maksymalizacji zysku – związane z wysokim poziomem cen metali i utrzymującym się zapotrzebowaniem rynku na surowce – są optymalnym czasem realizacji strategii odtwarzania bazy zasobowej poprzez eksplorację. Dotyczy to polityki w zakresie zwiększania nakładów na poszukiwania nowych złóż kopalni (projekty podstawowe typu *grassroots greenfield*). Jest to sytuacja odwrotna do pozyskiwania zasobów kopalni poprzez nabywanie/akwizycję istniejących kopalni i projektów górniczych, typową dla okresów niższych cen takich złóż, tj. czasu *bessy*.

Wartość światowej produkcji górniczej surowców nieenergetycznych, wynosząca w 2011 r. około 630 mld USD, była podobnie jak w latach ubiegłych zdominowana przez rudy żelaza. Miedź i złoto plasowały się niezmiennie na drugiej i trzeciej pozycji (rys. 2).

Opracowania analityczne dotyczące światowego rynku budżetów eksploracyjnych metali nieżelaznych, traktując rudy żelaza jako odrębny segment rynku metali, koncentrują się na spółkach sektora metali szlachetnych: złoto, platynowce (*PGM*); sektora metali podstawowych (*base metals*): miedź, ołów, nikiel, cynk; oraz wybranych, innych metali o dużym



Rys. 2. Procentowy rozkład wartości produkcji górniczej surowców nieenergetycznych w 2011 r.

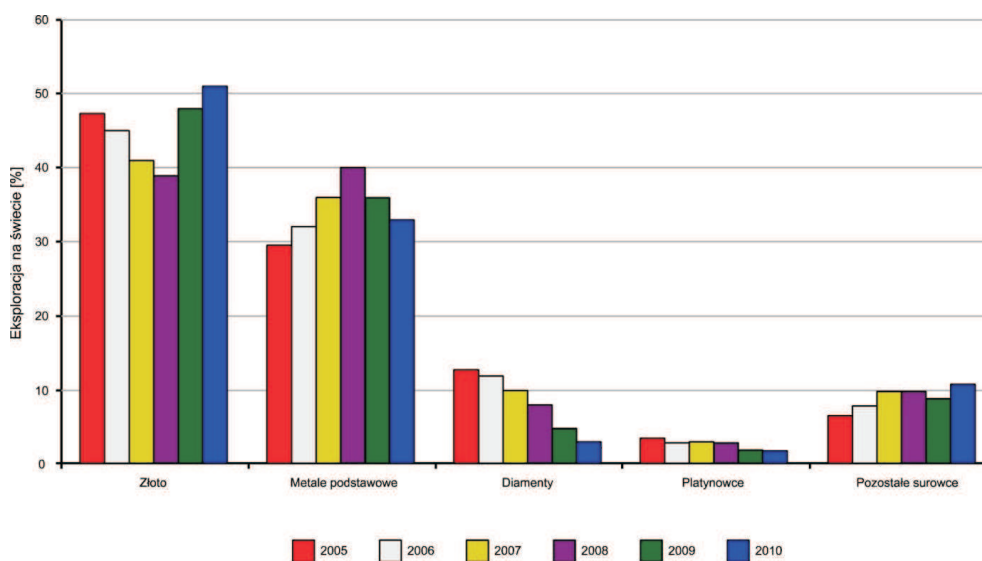
Źródło: Raw Materials Group 2012

Fig. 2. Percentage distribution of the value of mine production of non-energy raw materials (nonfuel) in 2011

znaczeniu przemysłowym, takich jak: srebro, cyna, aluminium, wanad, ren, wolfram, molibden, chrom czy tytan (Bachowski i in. 2011). Z uwagi na rosnące w ostatnich latach znaczenie uranu, litu, niobu, tantalumu i potasu, oraz pierwiastków ziem rzadkich, *Metals Economics Group* (MEG 2011), uwzględnił dane dotyczące tych surowców w swoich opracowaniach za rok 2010. Informacje dotyczące poszukiwania uranu zostały podane w przeglądzie MEG po raz pierwszy już w roku 2007. Metale te razem z surowcami chemicznymi i skalnymi zgrupowane zostały w bazach danych firm analitycznych w osobnej grupie pod wspólną nazwą – pozostałe/inne surowce. Analizowane bazy danych MEG zawierają szacunkowe budżety spółek górniczych, przeznaczane na światowe prace poszukiwawcze i rozpoznawcze do roku 2011 (analizowanych jest ponad 20 surowców nie-metalicznych).

Rysunek 3 opracowany na podstawie baz danych MEG, przedstawia procentowy udział w rynku poszukiwań złóż poszczególnych grup surowców nieenergetycznych (bez rud żelaza) w latach 2005–2010. W zestawieniu tym niezmiennie dominuje złoto, które stanowi około połowy rynku. W latach boomu surowcowego 2005–2008, zwykłą tendencją udziału w rynku eksploracji miały metale podstawowe, a nakłady na złoto ulegały systematycznemu obniżeniu, jednak zapas ekonomiczny na światowym rynku gospodarczym, która nastąpiła w 2008 r., odwróciła tę tendencję i w ślad za spekulacyjną ucieczką w bezpieczne lokaty w złoto, spowodowała gwałtowny wzrost budżetów eksploracyjnych związanych z żółtym metalem.

Specjalistyczna baza danych *Corporate Exploration Strategies* – CES (MEG, 2010), będąca wiarygodnym, zweryfikowanym przez autorów artykułu źródłem informacji o świa-

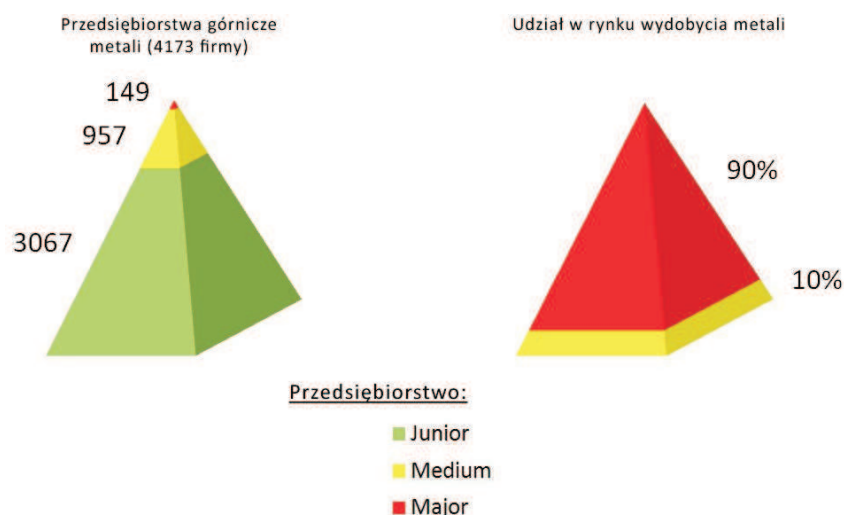


Rys. 3. Rozkład procentowy wydatków na poszukiwania złóż surowców nieenergetycznych, bez rud żelaza, w latach 2005–2010

Źródło: Bachowski, Kudełko, 2012 za: MEG 2011

Fig. 3. The percentage of expenditures on exploration of non-energy raw materials, excluding iron ore, 2005–2010

towych wydatkach na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż kopalin nieenergetycznych, jest opracowywana corocznie według tych samych założeń i reguł, co sprawia, że dane analizowane w kolejnych latach są porównywalne. Pojawiają się ograniczenia przy porównywaniu szacunków lub ocenie wielkości zmian zachodzących w poszczególnych regionach w relacji rok do roku, ponieważ wraz ze wzrostem nakładów na prace prospekcyjne następuje również wzrost kosztów energii, robocizny, usług oraz materiałów. W konsekwencji ten sam budżet przeznaczony na prace poszukiwawcze w roku 2010 przełożyłby się na znacznie mniejszą liczbę tych prac np. w roku 2000. Relację ilości trzech głównych typów przedsiębiorstw górniczych na rynku metali: *major*, *junior* i *medium*, w stosunku do ich udziału w wielkości globalnego wydobycia metali, pokazano na rysunku 4. Spośród 4173 firm tej branży funkcjonujących na rynku w 2008 r. spółki *junior* stanowiły 3067, firmy *medium* 957, natomiast potentatów rynku – koncernów typu *major* – było tylko 149 (Raw Materials 2008). Jednak udział w wydobyciu metali przez koncerny *major* wyniósł 90%, podmiotów sklasyfikowanych jako *medium* zaledwie 10%, a małe spółki *junior* praktycznie nie zaistniały w tym zestawieniu.



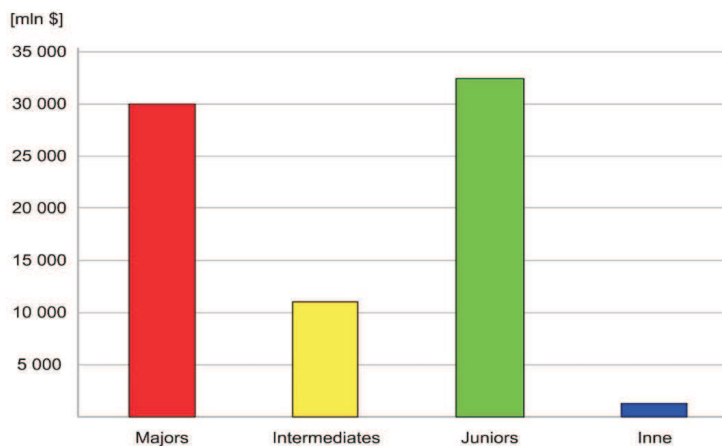
Rys. 4. Ilość i udział w rynku wydobycia rud metali poszczególnych typów przedsiębiorstw górniczych w 2008 r.

Fig. 4. Number and market share of various types of metal ores mining companies, 2008

Zupełnie inaczej wygląda natomiast relacja udziału firm typu *junior*, będących typowymi przedsiębiorstwami prospekcyjnymi, w rynku eksploracji złóż. Przeprowadzona na podstawie baz danych MEG analiza (rys. 5) wskazuje, że sumaryczny udział budżetów eksploracyjnych firm *junior* w latach 1998–2010 wynosi ponad 32 mld \$ i przewyższa nakłady, jakie przeznaczyły na ten cel koncerny z grupy *major*.

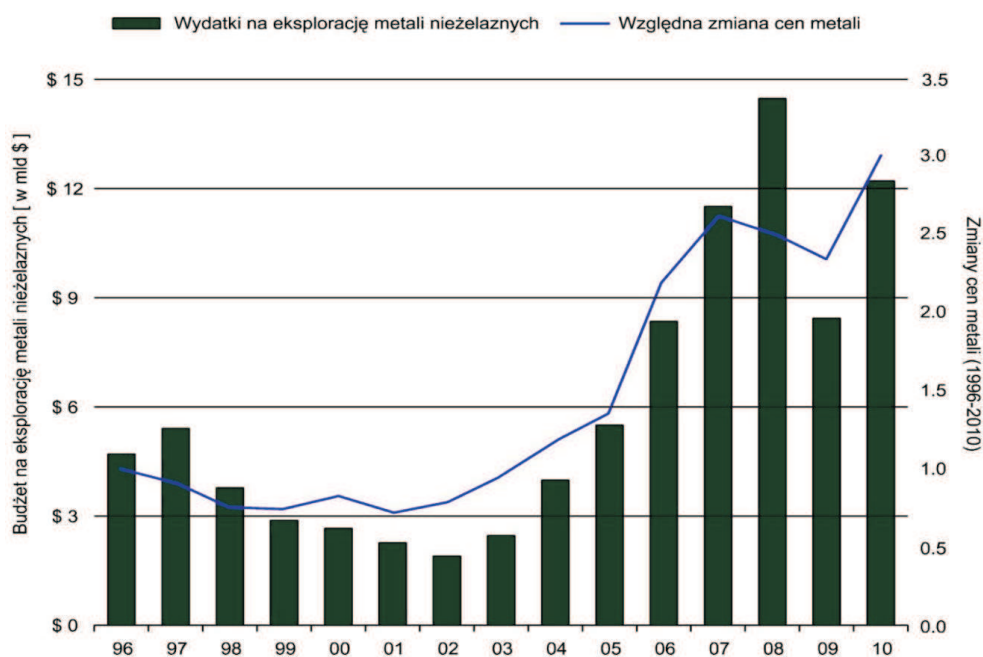
W analizach ekonomicznych ceny metali i wielkości budżetów eksploracyjnych w poszczególnych latach są podawane w wartościach nominalnych.

Na rysunku 6 przedstawiono szacunkowe wydatki na eksplorację rud metali nieżelaznych, w relacji do ich względnej, indeksowanej ceny, w latach 1996–2010. Indeksowana



Rys. 5. Budżet eksploracyjny związany z rudami metali nieżelaznych w podziale na rodzaje firm, łącznie lata 1998–2010

Fig. 5. Non-ferrous metals ores exploration budget by type of business, over 1998–2010 in the total



Rys. 6. Szacunkowe wydatki na eksplorację kopalin nieenergetycznych w relacji do ich względnej, indeksowanej ceny, lata 1996–2010

Źródło: MEG 2011

Fig. 6. The estimated expenditure on the exploration of non-energy minerals in relation to their relative, indexed price, 1996–2010

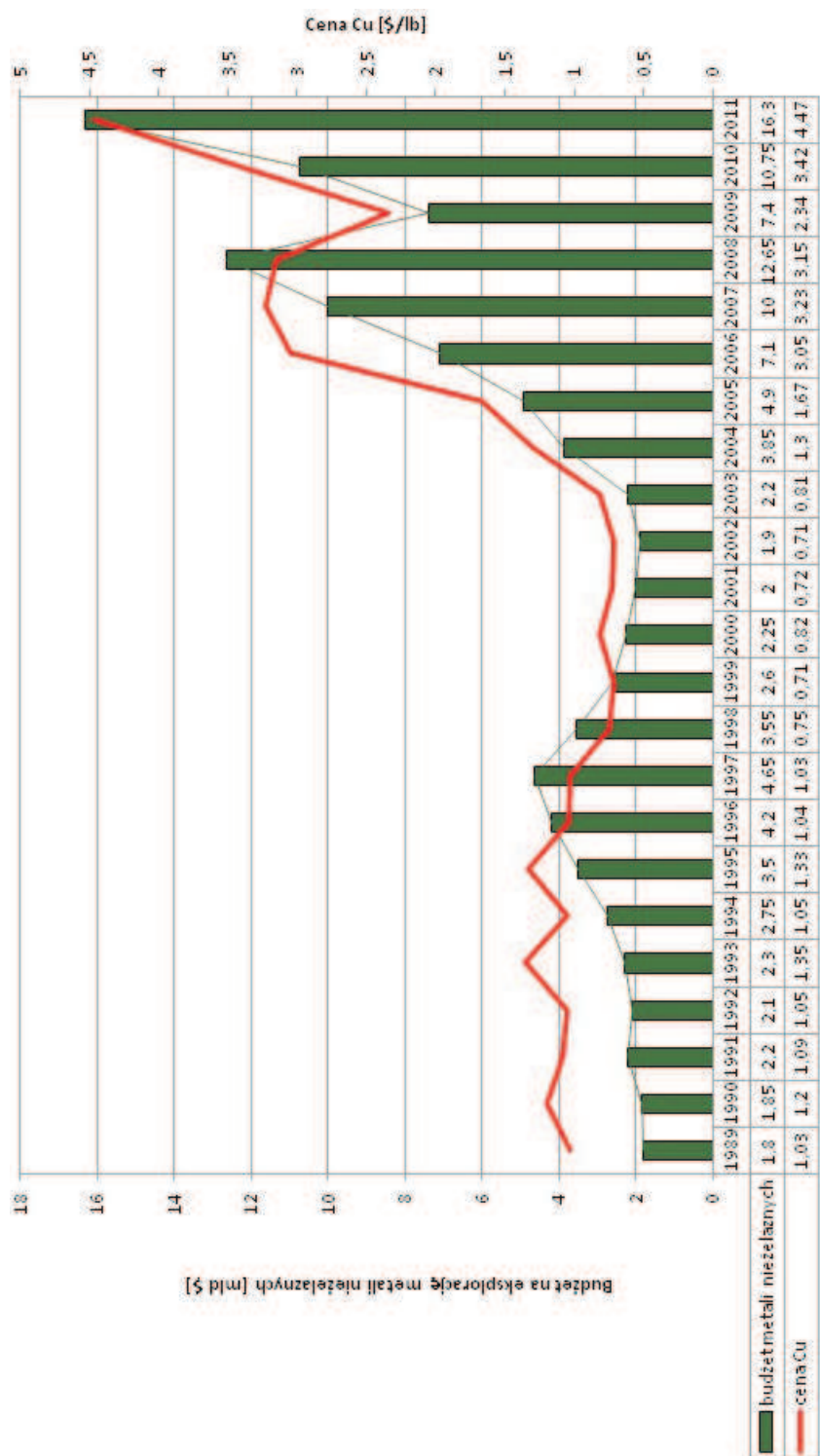
cena surowców stanowi w studiach CES średni ważony udział procentowy w wydatkach eksploracyjnych, przeznaczonych na każdą kopalinę, oddając względną rangę każdej z nich w danym czasie. Widoczny jest cykliczny charakter inwestycji w eksplorację i ogólna korelacja pomiędzy ceną surowców a wielkością wydatków na poszukiwania. Zgodnie z definicją i kryteriami cyklu koniunkturalnego, nakłady na poszukiwania złóż kopalin niemetalicznych, w analizowanym okresie czasu objęte są typowym 11 letnim cyklem Juglara (lata 1997–2008). Mamy tu do czynienia z cyklem progresywnym, w którym faza ożywienia (*recovery*) kończy się w 2005 r., a faza rozkwitu (*prosperity*) w roku 2008. W drugim półroczu 2008 r. nastąpiło gwałtowne załamanie światowej gospodarki, które w odniesieniu do rynku surowców mineralnych trwało do połowy roku 2009. Tym samym spełniony został formalny warunek definiujący rozpoczęcie fazy kryzysu nowego cyklu koniunkturalnego jako spadek światowego PKB przez dwa kolejne kwartały roku.

W odniesieniu do względnej, indeksowanej ceny surowców jedenastoletni cykl koniunkturalny rozpoczyna się szczytem w 1996 r. a kończy szczytem w roku 2007. Cykl budżetów eksploracyjnych zaczyna się natomiast szczytem w 1997 r. i kończy szczytem w 2008 r. Występuje tu zjawisko przesunięcia w czasie fazy wzrostu a potem fazy spadku cyklu nakładów na poszukiwania w stosunku do faz wzrostu i spadku cyklu cen surowców (Bachowski 2013).

W analizach wykresów ilustrujących relacje cen surowców do wielkości odpowiadających im budżetów eksploracyjnych utrzymano zaproponowane przez K. Szamałkę (Szamałek 2008) oznaczenie literą **L** opóźnienia czasowego pomiędzy najwyższym poziomem uzyskiwanych cen surowców w cyklu a maksymalnymi nakładami na poszukiwania geologiczne, wynikającego z czasu niezbędnego na wykonanie analiz rynku oraz uzyskania pewności co do trwałości trendu wzrostu cen i utrzymywania się przez dłuższy czas wysokiego poziomu cen sprzedawanych surowców, przed podjęciem decyzji inwestycyjnych. Literą **m** oznaczono czas jaki upływa pomiędzy spadkiem cen surowców i zysku przedsiębiorstwa a decyzją jego kierownictwa o ograniczeniu nakładów na poszukiwania złóż w fazie recesywnej cyklu. W omawianym przypadku, zilustrowanym rysunkiem 6, wartości wskaźników wynoszą: **L** = 1 (1996–1997 i 2007–2008) i **m** = 1 (2001–2002).

2. Wydatki na poszukiwania złóż rud metali nieżelaznych

Zmiany w czasie wielkości sumarycznych budżetów eksploracyjnych w odniesieniu do samych metali nieżelaznych i szlachetnych na tle cyklu cenowego cen miedzi obrazuje rysunek 7. Podobnie jak w przypadku analizowanego wcześniej rynku surowców nieenergetycznych (bez żelaza), jedenastoletni cykl budżetów eksploracyjnych rozpoczyna się i kończy odpowiednio w 1997 i 2008 r. Jest to zrozumiałe w sytuacji zdominowania tego rynku przez złoto i metale podstawowe. Faza ożywienia trwa do 2005 r., a faza rozkwitu do 2008 r. Inaczej niż w poprzednio analizowanym przypadku wyglądają cykle cenowe Cu i Au. Miedź rozpoczyna fazę kryzysu w 1995 r., osiągając dno cyklu w 2002 r.; faza ożywienia trwa do 2004 r., a rozkwitu do roku 2008. Wartość wskaźnika **L** w odniesieniu do miedzi w fazie rozkwitu poprzedzającej szczyt cyklu budżetów w 1997 r. wynosi 2 lata, a w fazie rozkwitu poprzedzającej szczyt w 2008 r. wynosi 1 rok. Wielkość czasowego przesunięcia wskaźnika **m** przyjmuje wartość 0, zarówno dla dna w 2002 r., jak i dna w roku 2009.



Rys. 7. Światowy budżet eksploracyjny firm metali nieżelaznych w relacji do ceny miedzi, lata 1989–2011

Źródło: Opracowanie własne na podstawie MEG 2005, MEG 2011

Fig. 7. The global exploration budget of non-ferrous metals companies in relation to the price of copper, 1989–2011

Ze względu na fakt, że złoto stanowi około 50% rynku budżetów surowców nieenergetycznych (rys. 3), w artykule podjęto również próbę przeanalizowania korelacji cyklu budżetów z cyklem cen złota, jednak drastyczny spadek wielkości budżetów eksploracyjnych dla kopalin nieenergetycznych, obserwowany na przełomie lat 2008/2009 całkowicie rozminął się z dynamiczną fazą rozkwitu cyklu cenowego żółtego metalu. Sytuacja taka była spowodowana chęcią ucieczki inwestorów z zagrożonych kryzysem rynków surowcowych w postrzegane jako bezpieczne lokaty w złoto. Wzrost popytu na złoto spowodował kontynuację dynamicznego wzrostu jego cen. W 2009 roku cena złota przekroczyła poziom 1000 USD/uncję, zbliżając się do historycznego rekordowego poziomu 1033 USD/uncję z 17.03.2008 r. Ten spekulacyjny aspekt cen złota powoduje, że pomimo ogromnego udziału w rynku nie jest ono dobrym wskaźnikiem oceny tego rynku. Na uwagę zasługuje fakt ponad dwukrotnie większej dynamiki fazy wzrostu cyklu budżetów metali nieżelaznych w latach 2002–2008 w stosunku do tej samej fazy cyklu w latach 1989–1997 (Bachowski 2013).

3. Statystyczne badania zależności cykli budżetów eksploracyjnych od cyklu cenowego Cu

Ilustracją statystycznych zależności badanych zmiennych (cykli budżetów metali nieżelaznych i cyklu cenowego miedzi) są wykresy 8, 9, 11, 12, 13. Autorzy wykorzystali specjalistyczne oprogramowanie *Statgraphics* do wyznaczenia:

1. Modeli zależności liniowych – modele te, uzyskiwane metodą najmniejszych kwadratów, określane są jako funkcje regresji II rodzaju.
2. Funkcji korelacji wzajemnych, ukazujących siłę liniowego związku pomiędzy wartościami zmiennych (za pomocą współczynników korelacji liniowej Pearsona) dla kolejnych przesunięć czasowych (lat), między pomierzonymi wartościami zmiennych (wartości przesunięcia czasowego oznaczone są symbolem *lag*). Jako miarę dobroci dopasowania modeli teoretycznych do danych empirycznych przyjęto *współczynnik determinacji* R^2 wyznaczany ze wzoru:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} 100\%,$$

gdzie:

- y_i – wartość stwierdzona zmiennej zależnej,
- \hat{y}_i – wartość zmiennej zależnej odczytana z równania modelu,
- \bar{y} – średnia arytmetyczna wartości pomierzonych zmiennej zależnej y_i .

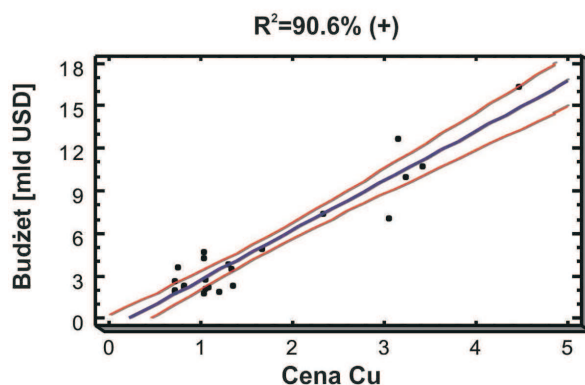
Wyrażenie zawarte w liczniku równania reprezentuje zróżnicowanie zmiennej zależnej wyjaśnione funkcją modelu teoretycznego, natomiast wyrażenie zawarte w mianowniku reprezentuje całkowite zróżnicowanie zmiennej zależnej w zbiorze danych wykorzystanych

do wyznaczenia liniowej funkcji regresji. Współczynnik determinacji R^2 może przyjmować wartości z przedziału 0–1 lub w ujęciu procentowym z przedziału 0–100%. Określa on, w jakim stopniu obserwowana zmienność jednego parametru jest wyjaśniana przez zmienność drugiego z nim skorelowanego. Współczynnik determinacji jest najlepszą miarą siły współzależności w przypadku regresji liniowej. Wartość 0% oznacza brak jakiegokolwiek korelacji między zmiennymi, natomiast wartość 100% oznacza idealną, funkcyjną zależność zmiennych. W sposób przybliżony siłę korelacji można scharakteryzować opisowo (Mucha 1994), kierując się poniższym podziałem wartości współczynnika determinacji R^2 :

- $R^2 > 80\%$ – korelacja silna,
- $50\% < R^2 < 80\%$ – korelacja wyraźna,
- $25\% < R^2 < 50\%$ – korelacja słaba,
- $10\% < R^2 < 25\%$ – korelacja bardzo słaba,
- $R^2 < 10\%$ – brak korelacji.

Statystyczną istotność korelacji weryfikowano za pomocą wyznaczanego komputerowo, empirycznego poziomu istotności „p” (prawdopodobieństwa błędu I rodzaju), który w praktyce może być traktowany jako miara wiarygodności sprawdzanej hipotezy o braku korelacji, najczęściej gdy $p < 0,05$ lub $p < 0,01$, korelację przyjmuje się jako statystycznie istotną, z ryzykiem błędu nie większym niż odpowiednio: 5% i 1% (na wykresach znak „+”). Określone modele zależności opisano matematycznie za pomocą odpowiednich równań i zilustrowano wykresami, do których dołączono linie wyznaczające przedziały ufności dla modelu, przy poziomie prawdopodobieństwa 95%. Należy zawsze mieć na uwadze, że stwierdzona korelacja i regresja obowiązują tylko w obrębie badanego zbioru danych. Ekstrapolacja poza ten zbiór nie jest uprawniona jako wnioskowanie statystyczne.

Pierwszym z analizowanych jest rysunek 7 ilustrujący korelację pomiędzy cyklem budżetów eksploracyjnych metali nieżelaznych a cyklem cenowym Cu w latach 1989–2011. Statystyczną analizę zależności ilustrują rysunki 8 i 9.



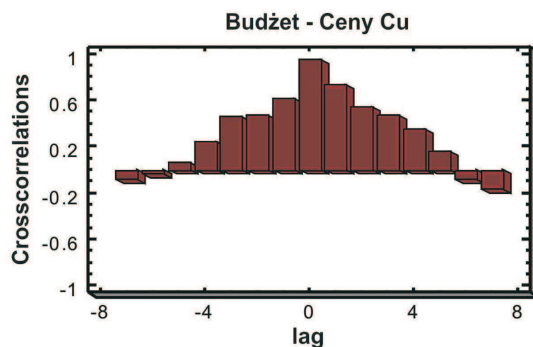
Rys. 8. Korelacja: cena Cu [\$/lb] – budżet eksploracyjny dla metali nieżelaznych, lata 1989–2011

Znak (+) oznacza w tym przypadku statystyczną istotność korelacji ($p < 0,05$).

Równanie modelu liniowego dla tego przypadku przedstawia się następująco:

$$\text{Budżet} = -0,78 + 3,50 \cdot \text{Cena Cu} \quad (p = 0,00).$$

Fig. 8. Correlation: Cu price [\$/lb] versus non-ferrous metals exploration budget, 1989–2011

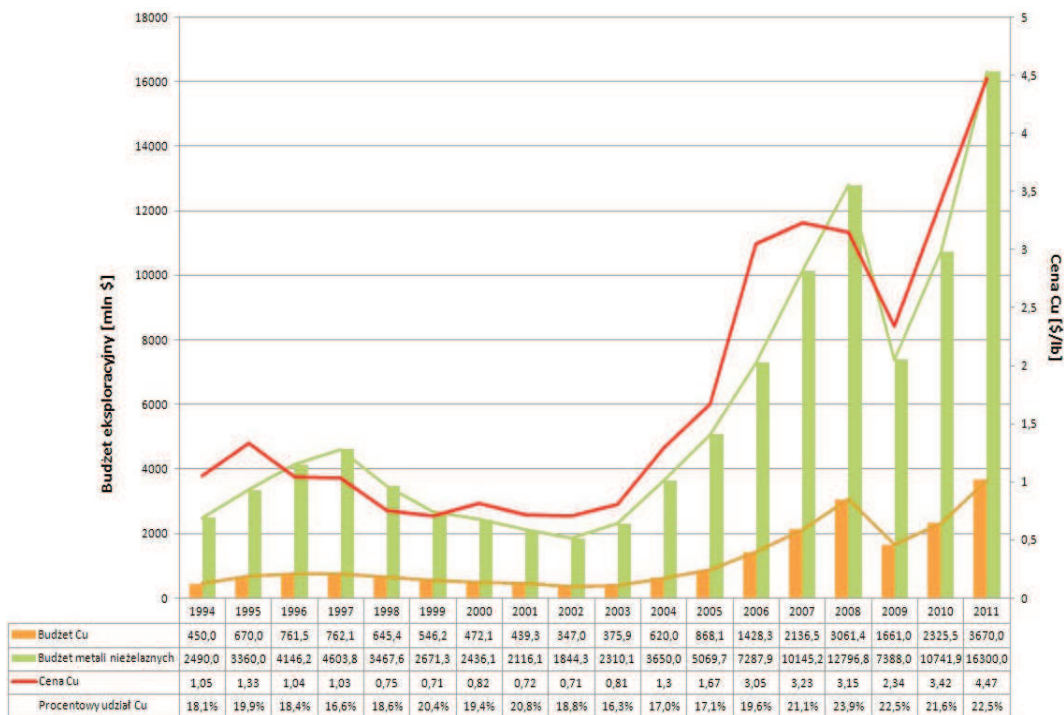


Rys. 9. Wykres funkcji korelacji wzajemnej pomiędzy budżetem na eksplorację rud metali nieżelaznych a ceną Cu, lata 1989–2011

Fig. 9. Cross-correlation graph, copper price versus non-ferrous metals ores exploration budget, 1989–2011

Jak widać, maksymalny współczynnik korelacji liniowej jest dla przesunięcia czasowego lag = 0 lat (rys. 9).

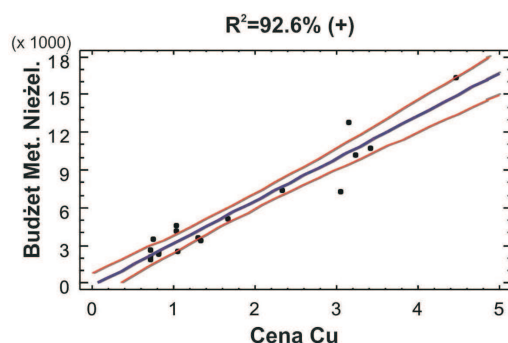
Na rysunku 10 przedstawiono cykle sumarycznych budżetów eksploracyjnych firm z branży metali nieżelaznych w porównaniu z cyklami budżetów dla samej tylko miedzi, na tle cyklu cen Cu. Analizowany okres obejmuje lata 1994–2011. W poszczególnych latach



Rys. 10. Budżety na poszukiwania rud metali nieżelaznych i samej miedzi, w relacji do ceny Cu, lata 1994–2011

Fig. 10. The non-ferrous metals and copper (alone) ores exploration budgets in relation to Cu price, 1994–2011

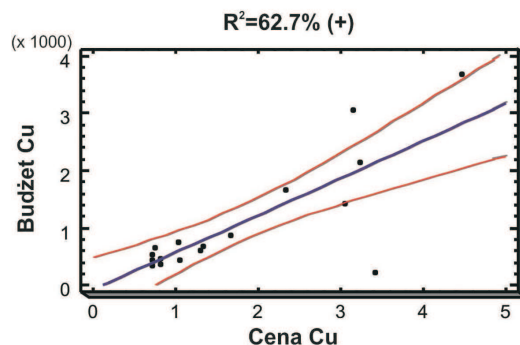
policzono również procentowy udział miedzi w całkowitych budżetach na poszukiwania rud wszystkich analizowanych metali. Daje się zauważyć prawidłowość, polegającą na większym udziale Cu w sumarycznych budżetach na poszukiwania rud metali w okresach spadku cen czerwonego metalu – lata 1999 do 2002 i 2007 do 2009. Świadczy to o większej inercji rynku miedzi i mniejszej podatności sektora poszukiwań Cu na krótkookresowe, negatywne sygnały płynące z rynku. Może to być podyktowane świadomością nieuniknionej potrzeby dostaw tego surowca, niezbędnego do rozwoju podstawowych gałęzi gospodarki światowej, ze szczególnym naciskiem na ogromne, rozwijające się dynamicznie gospodarki Azji, Ameryki łacińskiej i Afryki. Dodatkowym atutem miedzi jest znikome prawdopodobieństwo rozwoju jej substytucji, co wynika z wyjątkowych, specyficznych cech fizycznych i chemicznych tego metalu. Analiza statystyczna zależności cykli budżetów eksploracyjnych metali nieżelaznych i budżetów na poszukiwania rud miedzi od cyklu cen Cu w latach 1994–2011 została przedstawiona na rysunkach: 11, 12 i 13.



Rys. 11. Zależność budżetu firm metali nieżelaznych od ceny Cu, lata 1994–2011

Znak (+) oznacza w tym przypadku statystyczną istotność korelacji ($p < 0,05$). Równanie modelu liniowego dla tego przypadku przedstawia się następująco: $\text{Budżet MN} = -241,2 + 3391,4 \cdot \text{Cena Cu}$

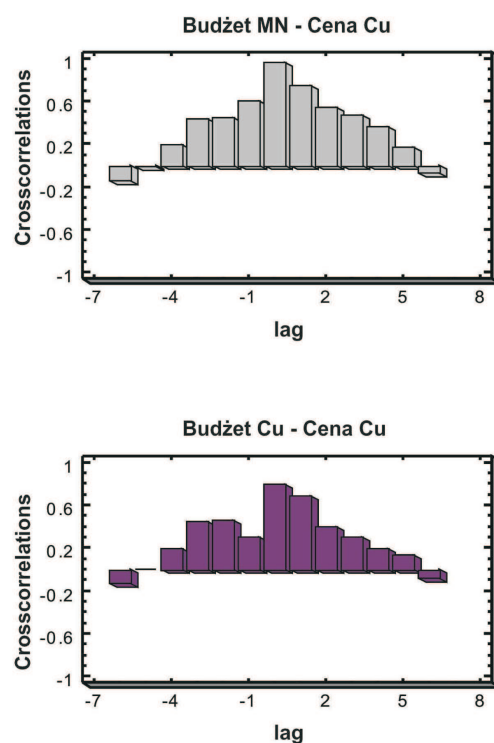
Fig. 11. Relation between the budget of non-ferrous metal companies and Cu price, 1994–2011



Rys. 12. Zależność budżetu firm górnictwa rud miedzi na eksplorację od ceny Cu, lata 1994–2011

Znak (+) w tym przypadku oznacza statystyczną istotność korelacji ($p < 0,05$). Równanie modelu liniowego dla tego przypadku przedstawia się następująco: $\text{Budżet Cu} = -72,93 + 647,57 \cdot \text{Cena Cu}$ ($p = 0,00$).

Fig. 12. Relation between copper mining companies budget and copper price, 1994–2011



Rys.13. Wykresy funkcji korelacji wzajemnej pomiędzy budżetami eksploracyjnymi firm metali nieżelaznych (w tym miedzi) a ceną Cu, 1994–2011

Fig. 13. Cross-correlation graphs between non-ferrous metals companies' budgets (including copper) and Cu price, 1994–2011

Jak widać, maksymalny współczynnik korelacji liniowej dla przesunięcia czasowego $\text{lag} = 0$ lat (rys. 13).

Dodatnia korelacja zależności budżetu firm metali nieżelaznych od ceny Cu dla modelu liniowego jest silna i wynosi ponad 90%. Nieco słabsza, ale również wyraźna, jest korelacja budżetu samych tylko firm miedziowych w stosunku do cyklu cenowego Cu. W obydwu przypadkach funkcje korelacji wzajemnej mają najlepsze dopasowanie dla wartości $\text{lag} = 0$.

Podsumowanie

Utrzymujący się od lat wzrost globalnego popytu na metale podstawowe, a w szczególności na miedź, związany jest z dynamicznym rozwojem cywilizacyjnym i industrializacją świata. Malejąca podaż ze złóż „łatwo” dostępnych, przy wciąż rosnącym popycie na surowce mineralne, wymusza sięganie przez światowych producentów do obszarów złożowych zlokalizowanych w trudnych warunkach geograficznych, geologicznych, politycznych i infrastrukturalnych. Powoduje to gwałtowny wzrost kosztów eksploatacji, które bezpośrednio wpływają na wzrost cen metali.

Cykle koniunkturalne są nieodłączną cechą dynamicznie rozwijającej się gospodarki. W świetle wyników badań autorów artykułu i analiz cytowanych w światowym piśmiennictwie, związek pomiędzy cyklami koniunktury gospodarczej a cyklami cenowymi surowców mineralnych nie budzi wątpliwości i postrzegany jest jako silne sprzężenie zwrotne.

W długookresowej perspektywie funkcjonowania koncernu surowcowego okresy koniunktury i maksymalizacji zysku, związane z wysokim poziomem cen metali i utrzymującym się zapotrzebowaniem rynku na surowce, są optymalnym czasem realizacji długofalowej strategii odtwarzania bazy zasobowej poprzez eksplorację.

Wykonane przez autorów analizy rynku metali nieżelaznych, ze szczególnym naciskiem położonym na miedź, wskazują na występowanie potwierdzonej statystycznie silnej i wyraźnej korelacji (równania modeli liniowych, funkcje korelacji wzajemnych) pomiędzy wysokością nakładów na poszukiwania złóż kopalin nieenergetycznych, w tym rud metali podstawowych (z miedzią na czele), a fazami cyklu koniunkturalnego ceny Cu. Kolejne fazy wzrostu cykli budżetów eksploracyjnych są bardziej dynamiczne. Rosnący popyt na surowce mineralne musi zostać skompensowany podażą, a zachowanie równowagi pomiędzy nimi rzutuje na rynki produkcji i poszukiwania złóż oraz na ceny surowców.

Literatura

- Bachowski C., 2013 – Wpływ cykli koniunkturalnych na światowy rynek geologicznych poszukiwań złóż rud miedzi. Rozprawa doktorska, materiały niepublikowane PWr, Wrocław.
- Bachowski C., Kudełko J., 2012 – Analiza trendów na rynku zasobowych projektów metali nieżelaznych. Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud Cuprum, nr 1(62)/2012, Wrocław, Wyd. KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe.
- Bachowski i in. 2011 – Bachowski C., Kudełko J., Wirth H., 2011 – Ocena światowego rynku górniczych projektów zasobowych metali nieżelaznych. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN nr 81.
- BIEC (Bureau for Investments and Economic Cycles) – Podstawowe pojęcia, tryb dostępu [<http://www.biec.org/main.php?display=pojecia>], dostęp 10.04.2007.
- Cuddington J., Jerrett D., 2008 – Super Cycles in Real Metals Prices? IMF Staff Papers.
- Greene B., 2010 – The Basic Ingredients vs. Chinese Equities, Impact of Global Commodity prices on the Chinese stock market, Lund University Seminar.
- Labys i in. 1999 – Labys W.C., Achouch A., Terraza M., 1999 – Metal prices and the business cycle. Resources Policy 25/4, 229–238.
- Mankiw G.N., Taylor M.P., 2009 – Makroekonomia. Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Marciniak S. (red.), 1995 – Makro- i mikroekonomia. Praca zbiorowa, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Metals Economics Group, 2011 – Strategies for copper reserves replacement. The Costs of Finding and Acquiring Copper.
- Metals Economics Group, 2010 – A Special Report from Metals Economics Group for the PDAC International Convention 2010. World Exploration Trends. Halifax, Nova Scotia.
- Metals Economics Group, 2005 – Strategies for Copper Reserves Replacement.
- Mucha J., 1994 – Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż. Wyd. AGH, Kraków.
- Radetzky M., 2006 – The anatomy of three commodity booms. Resources Policy 31 (2006) 56–64
- Raw Materials Group, 2012 – Challenges and Opportunities in the Mining Industry. SSF, Stockholm.
- Raw Materials Group, 2008 – Trade and Raw Materials – Looking Ahead. Brussels.
- Szamałek K., 2008 – Cykle koniunkturalne a strategie działania w sektorze mineralnym. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 24, z. 2/4, s. 51–63.