



Zeszyty Naukowe

Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk

rok 2017, nr 100, s. 313–328

Krzysztof ZIELIŃSKI*, Stanisław SPECZIK**, Kinga MAŁECKA***

Strategia, instrumenty i rezultaty poszukiwań głębokich złóż miedzi i srebra na monoklinie przedsudeckiej

Streszczenie: W 2011 r. grupa Miedzi Copper Corporation (MCC) rozpoczęła program poszukiwań głębokich złóż Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej. Przyjęto bardzo rozległy obszar badań i zastosowanie szerokiej palety instrumentów badawczych. W latach 2011–2013 badania MCC objęły 21 obszarów koncesyjnych. Lokalizacja koncesji poszukiwawczych i poszukiwawczo-rozpoznawczych opierała się na znanych obszarach prognostycznych i hipotetycznych o stwierdzonym kontakcie facji Rote Fäule z facją redukcyjną, położone w pobliżu cechsztyńskich obszarów wyniesionych. W latach 2012–2013 sprofilowano archiwalne otwory wiertnicze wykonane głównie przez przemysł naftowy, a w przypadkach, kiedy umożliwiał to stan zachowania materiału skalnego, pobrano próby do badań chemicznych. Wykonano także całą gamę badań specjalistycznych w zakresie chemii organicznej, macerałów węgla, zdolności refleksyjnej wityritu, oraz petrograficznych, ze szczególnym naciskiem na metodę Rock Eval. Ta ostatnia pozwala na określenie obecności tzw. mocnego Rote Fäule, z którym powiązane jest występowanie najbogatszych horyzontów zmineralizowanych.

Niemniej istotnym dla poszukiwań okazał się *reprocessing* danych geofizycznych z zastosowaniem nowatorskiej metody efektywnych współczynników odbicia. Umożliwia ona przekształcenie konwencjonalnego obrazu sejsmicznego w impulsową postać zapisów sejsmicznych, czyli czasowy ciąg współczynników, których sekcje można dowiązać do profili archiwalnych wierceń dla śledzenia przebiegu serii litologicznych. Metoda ta pozwala ze znacznie większą niż dotychczas dokładnością określić istotne dla prac poszukiwawczych elementy strukturalne, a także sugerować istotne dla mineralizacji zjawiska tektoniczne.

W efekcie uzyskano bardziej dokładny model rozprzeźnienia mineralizacji i wyznaczono tzw. *sweet spots*, które stały się przedmiotem dalszej eksploracji wiertniczej. Liczbę aktywnych koncesji ograniczono do 6, co w dużej mierze wynikało nie tylko z braku mineralizacji, ale także z przesłanek ekonomicznych.

Program wiertniczy rozpoczęty w roku 2013 i prowadzony do dziś pozwolił na odkrycie i wstępne udokumentowanie trzech złóż miedzi i srebra na monoklinie przedsudeckiej. Są to złoża Mozów i Sulmierzyce, gdzie wcześniej wyróżniono obecność obszarów perspektywicznych, a także złożo Nowa Sól, odkryte na tzw. *green field*, gdzie dotychczas nie prowadzono żadnych badań złożowych. Każde z tych złóż na obecnym etapie rozpoznania posiada zasoby przekraczające 5 mln ton miedzi ekwiwalentnej, a wykonane analizy ekonomiczne

* Mgr, *** Dr, Miedzi Copper Corporation, Warszawa;
e-mail: kzielinski@miedzicopper.com, kmalecka@miedzicopper.com

** Prof. dr hab., Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa; e-mail: s.speczik@uw.edu.pl

wskazują na opłacalność ich eksploatacji przy zastosowaniu nowoczesnych metod głębinienia szybów, klimatyzacji i gospodarki odpadami.

Słowa kluczowe: głębokie złoża miedzi i srebra, monoklina przedsudecka, cechsztyńska mineralizacja kruszcowa, metody poszukiwań złożowych

The strategy, instruments and results of deep copper and silver deposit exploration in the Fore-Sudetic Monocline

Abstract: In 2011, the Miedzi Copper Corporation (MCC) initiated its exploration program involving deep Cu-Ag deposits in the Fore-Sudetic Monocline. A very vast study area was adopted, along with the use of a wide range of research instruments. In the years 2011–2013 the exploration of MCC involved 21 concession areas. The location of concessions for exploration as well as exploration and prospecting was based on the known prognostic and hypothetical areas with confirmed contact of the Rote Fäule facies with the reduced facies, placed in the proximity of the Zechstein elevations. In 2012 and 2013, historical boreholes drilled mainly by the petroleum industry were logged, and in cases where the preservation of rock material allowed, samples were collected for chemical analyses. Moreover, a wide range of specialized examinations was performed, involving organic chemistry, coal macerals, vitrinite reflectance and petrography, with a particular emphasis on the Rock Eval method. The latter allows the presence of the so-called strong Rote Fäule associated with the presence of the richest mineralized horizons to be established.

It was equally important for the purpose of exploration to perform the reprocessing of geophysical data using the innovative method of effective reflection coefficients. This allows transforming a conventional seismic image into an impulse form of seismic records, meaning a temporal sequence of coefficients, whose sections can be correlated with the logs of historical boreholes in order to trace the course of lithological series. This method provides a much higher accuracy for determining structural elements crucial for exploration than before, suggesting the presence of various tectonic phenomena important for mineralization.

As a result, a more detailed mineralization distribution model was obtained and the so-called sweet spots were pinpointed, becoming an object of further drilling exploration. The number of active concessions was reduced to 6, which resulted largely not just from the absence of ore, but also from economic premises.

The drilling program initiated in 2013 and still continued today allowed the discovery and preliminary documentation of three copper and silver deposits in the Fore-Sudetic Monocline. These are the Mozów and Sulmierzyce deposits, where the presence of prospective areas was previously recorded, as well as the Nowa Sól deposit, discovered in the so-called green field, where no ore exploration was previously conducted. At the current stage of identification, each of these deposits contains resources exceeding 5 million tons of equivalent copper, and the performed economic analyses indicate the viability of their extraction using the modern methods of shaft sinking, air conditioning and waste management.

Keywords: deep copper and silver deposits, Fore-Sudetic Monocline, Zechstein ore mineralisation, ore exploration methods

1. Zarys badań głębokiej mineralizacji Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej

W latach pięćdziesiątych XX wieku realizowano w Państwowym Instytucie Geologicznym projekt poszukiwawczy autorstwa Jana Wyżykowskiego, który doprowadził do odkrycia w 1957 r. cechsztyńskiego stratoidalnego złoża rud miedzi i srebra na monoklinie przedsudeckiej (Wyżykowski 1958, 1959). Odkrycie to dało początek kompleksowi wydobywczemu położonemu w południowo-zachodniej części tej jednostki geologicznej. Jednakże, już w 1956 r. stwierdzono przejawy mineralizacji Cu-Ag w centralnej i wschodniej części monokliny na znacznie większych głębokościach, związanych z zapadaniem jej warstw skalnych w kierunku północno-wschodnim. Ze względu na ówczesny stan techniki i możli-

wości eksploatacji podziemnej, a także niską koncentrację Cu-Ag, otwory badawcze uznano za interesujące z punktu widzenia obecności kruszców, lecz niestanowiące podstawy do wyznaczenia obszarów perspektywicznych czy też rozważenia możliwości zagospodarowania.

Rozbudowa bazy danych w późniejszych latach doprowadziła do powstania Atlasu metalogenicznego cechsztyńskiej serii miedzionośnej w Polsce (Oszczepalski i Rydzewski 1997).

Zasadnicza synteza zgromadzonych informacji ukazała się w Bilansie perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31 XII 2009 r., opublikowanym przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy na zlecenie Ministerstwa Środowiska (Oszczepalski i Speczik 2011). Przedstawione w nim obszary o potencjale złożowym wyznaczone zostały izoliniami zasobności Cu_e (lub Cu w przypadku braku analiz zawartości srebra), wynoszącej 35 kg/m^2 zgodnie z wartością brzezną określoną w kryteriach bilansowości, które obowiązywały do końca 2011 r. (tab. 1). Łączne zasoby tych obszarów oszacowano na około 68 mln ton miedzi i ponad 80 tys. ton srebra, z czego 22,3 mln ton Cu to zasoby prognostyczne, 4,84 mln ton Cu – zasoby perspektywiczne oraz 40,8 mln ton Cu – zasoby hipotetyczne. Ponadto w północnej części monokliny wyznaczono siedem obszarów hipotetycznych, gdzie głębokość zalegania serii rudnej przekracza 2000 m (rys. 1). Sumaryczne zasoby tych obszarów oszacowano na około 186 mln ton Cu (Oszczepalski i Speczik 2011).

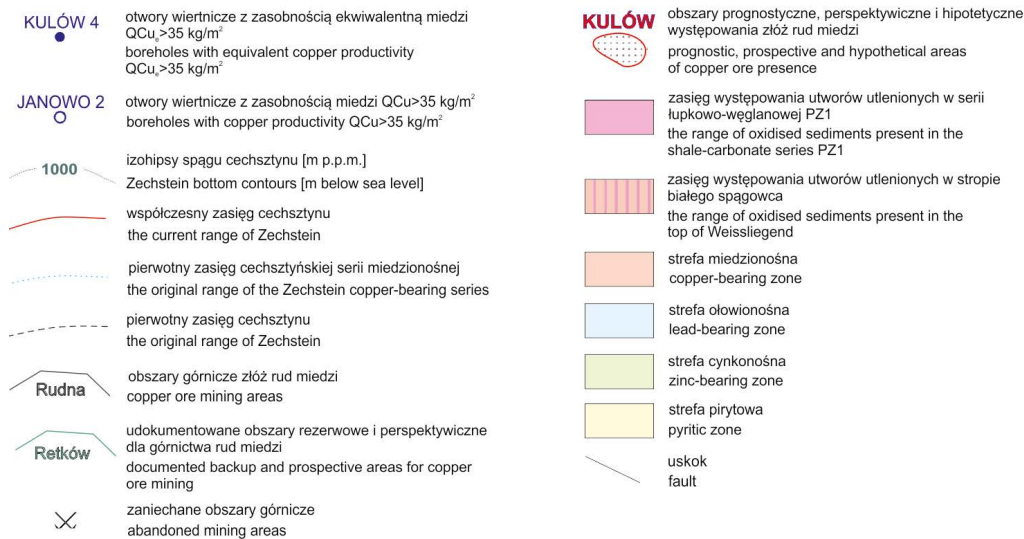
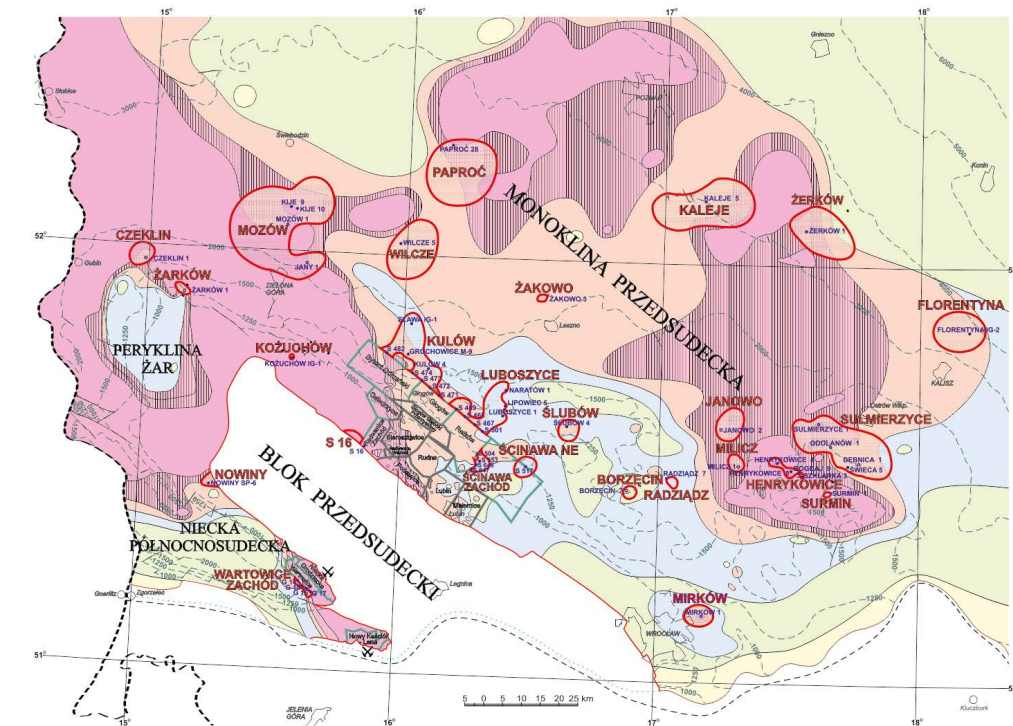
TABELA 1. Kryteria bilansowości dla pokładowych stratoidalnych złóż rud miedzi obowiązujące do roku 2011

TABLE 1. The reserve criteria for bed-hosted stratiform copper ore deposits valid until 2011

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1.	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	1250 (1500)*
2.	Minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złożo	%	0,7
3.	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoża wraz z przerostami $Cu_e = (\%Cu) + 0,01 \text{ (g/t Ag)}$	%	0,7
4.	Minimalna zasobność złoża (Cu_e)	kg/m^2	50 (35)*

* Wartość dopuszczalna dla zasobów pozabilansowych.

Od początku 2012 r. zamiast dotychczasowych kryteriów bilansowości (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r.) zaczęły obowiązywać graniczne wartości parametrów definiujących złożo i jego granice, wprowadzone Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, a następnie podtrzymane obowiązującym dziś Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, z wyłączeniem złoża węglowodorów (tab. 2). Według tych rozporządzeń, w przypadku wystąpienia szczególnych warunków geologicznych możliwe jest stosowanie własnych wartości granicznych, wyma-



Rys. 1. Obszary o zasobach prognostycznych, perspektywicznych i hipotetycznych występowania rud miedzi przedstawione w Bilansie perspektywicznych zasobów kopalin Polski według stanu na 31 XII 2009 r. (Oszczepalski i Speczik 2011)

Fig. 1. The areas of prognostic, prospective and hypothetical copper ore resources presented in the Balance of prospective mineral resources of Poland as of 31 December 2009

TABELA 2. Graniczne wartości parametrów definiujących złoża i jego granice dla pokładowych stratoidalnych złóż rud miedzi, obowiązujące od roku 2012

TABLE 2. The threshold values of parameters defining an ore deposit and its boundaries for bed-hosted stratiform copper ore deposits, valid since 2012

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1.	Maksymalna głębokość spągu złoża	m	1 500
2.	Minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złoża	%	0,5
3.	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoża wraz z przerostami $Cu_e = (\%Cu) + 0,01$ (g/t Ag)	%	0,5
4	Minimalna zasobność złoża (Cu_e)	kg/m ²	35

gające uzasadnienia w części tekstowej sporządzanej dokumentacji geologicznej. Tym samym możliwe jest udokumentowanie złoża położonego na głębokości większej niż 1500 m, o ile zostanie to właściwie uzasadnione. W takim przypadku wskazane byłoby zaostrenie pozostałych kryteriów, które dotyczą jakości złoża, tak by zapewnić jego opłacalną ekonomicznie eksploatację.

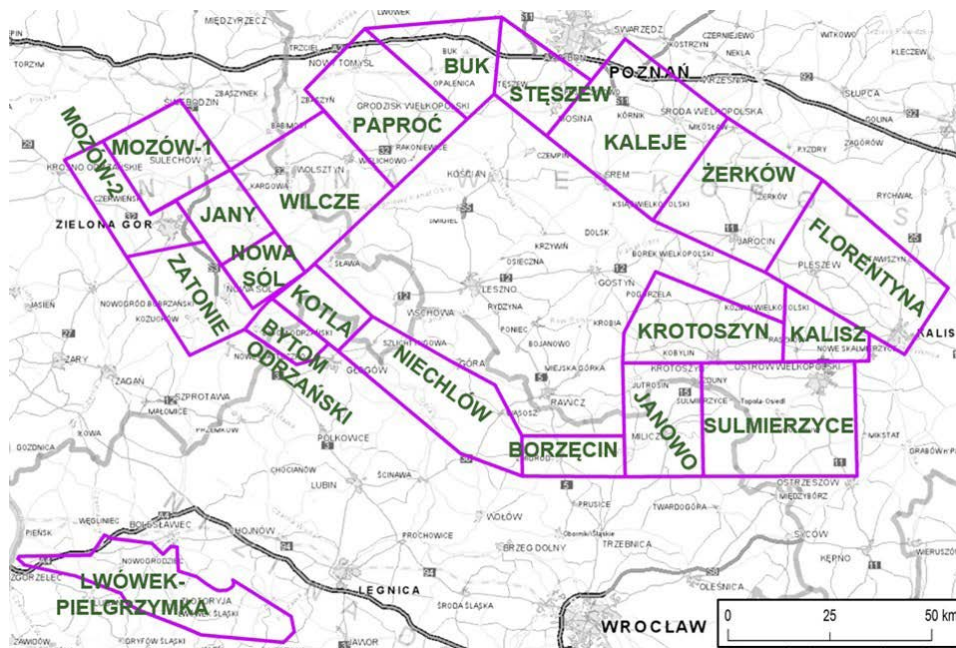
W kolejnym opracowaniu wykonanym przez Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy (Oszczepalski i in. 2012a) zbadano 46 archiwalnych otworów przemysłu naftowego, co pozwoliło na sprecyzowanie przebiegu granic obszarów perspektywicznych z ich podziałem na trzy kategorie. Do obszarów z zasobami prognostycznymi zaliczono przylegające bezpośrednio do udokumentowanych złóż Cu-Ag i rozpoznane więcej niż jednym otworem wiertniczym, ze spągiem interwału złożowego leżącym płycej niż 2000 m. Do obszarów z zasobami perspektywicznymi włączono tereny występujące w oddaleniu od złóż udokumentowanych, również ze spągiem interwału złożowego na głębokości do 2000 m oraz rozpoznane więcej niż jednym otworem. Natomiast do obszarów z zasobami hipotetycznymi zaliczono te, gdzie spąg interwału złożowego leży na głębokości większej niż 2000 m, a także izolowane obszary o płytszym występowaniu serii złożowej, jednak zbadane tylko jednym otworem.

Według nowszej wersji oceny (Oszczepalski i in. 2016) wyznaczono sześć obszarów o zasobach prognostycznych, cztery o zasobach perspektywicznych, 16 o zasobach hipotetycznych położonych płycej niż 2000 m oraz 12 o zasobach hipotetycznych położonych głębiej niż 2000 m. Zasoby prognostyczne w łącznej ilości 10,30 mln ton Cu i 37,340 tys. ton Ag policzono dla obszarów: Białółka, Grochowice I, Krępa, Kulów, Luboszyce i Raciborowice, o sumarycznej powierzchni 131,82 km². Zasoby perspektywiczne o wielkości 15,67 mln ton Cu oraz 27,722 tys. ton Ag wyznaczono na obszarach: Dębica, Henrykowice, Janowo, Sulmierzyce, o łącznej powierzchni 198,65 km². Zasoby hipotetyczne położone płycej niż 2000 m zajęły łączną powierzchnię 163,84 km² i wyniosły 8,20 mln ton Cu oraz 17,917 tys. ton Ag. Ich szacowana wielkość to 144,58 mln ton Cu i 263,008 tys. ton Ag, przy łącznej powierzchni wynoszącej 1250,23 km².

2. Strategia poszukiwań i metody badań

Jednym z podstawowych założeń kompleksowego projektu poszukiwawczego Grupy Miedzi Copper Corporation (MCC) było skoncentrowanie się na obszarach o głębokim zaleganiu serii miedzionośnej, zlokalizowanych w północnej części monokliny przedsudeckiej, które nie były dotąd przedmiotem zainteresowania innych przedsiębiorców. Ze względu na rozwój nowych technologii górniczych, w tym przeróbki kopaliny, chłodzenia i klimatyzacji, a także automatyki wydobywania, złoża występujące w takich warunkach są możliwe do zagospodarowania przy zastosowaniu nowoczesnych technologii górniczych (Addison i in. 2012; Bellas i Tassou 2005; Solik-Heliasz i Małolepszy 2001; Solik-Heliasz 2002; Zieliński i Speczik 2017).

W swojej pierwotnej wersji koncesje poszukiwawcze udzielone MCC obejmowały olbrzymi obszar położony w pobliżu rokitnickiego, czeszewskiego i zielonogórskiego pola utlenionego. Na początku skupiono się na pracach geofizycznych i dokumentacyjnych. W celu wstępnego rozpoznania terenu przed przystąpieniem do programu wierzeń przeprowadzono analizy danych historycznych oraz wykonano badania rdzeni z otworów archiwalnych. Łącznie pozyskano 21 koncesji (rys. 2). Kryterium o największym znaczeniu przy wyznaczaniu tak rozległych obszarów koncesyjnych była bliskość cechsztyńskich rejonów wyniesionych, w pobliżu których przebiegają linie kontaktu facji redukcyjnej z utlenioną facją Rote Fäule, z którą na ogół związana jest ekonomiczna mineralizacja kruszcowa



Rys. 2. Mapa koncesji poszukiwawczych i wniosków koncesyjnych grupy Miedzi Copper w Polsce – 2012 rok

Fig. 2. The map of prospecting concessions and concession applications of the Miedzi Copper Group in Poland – 2012

(Oszczepalski i Rydzewski 1997; Oszczepalski 2007; Kucha i Pawlikowski 2010). Lokalizację wyselekcjonowanych obszarów wyznaczono na terenach o zasobach prognostycznych, perspektywicznych i hipotetycznych znanych z wcześniejszych publikacji.

W ramach prac przygotowawczych do programu wierceń w latach 2012–2013 sprofilowano archiwalne otwory wiertnicze wykonane głównie przez przemysł naftowy. Prace te prowadzono w magazynach rdzeni wiertniczych Narodowego Archiwum Geologicznego oraz Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. W przypadkach, kiedy umożliwiało to stan zachowania materiału skalnego, pobierano próby do badań chemicznych, petrograficznych i mineralogicznych. Łącznie sprofilowano 411 otworów. Dla 216 z nich wykonano analizy petrologiczne, mineralogiczne, chemiczne oraz badania terenowe za pomocą przenośnego spektrometru XRF. Do badań chemicznych pobrano 2559 próbek bruzdowych i 147 punktowych. Kolejne 1081 próbek poddano badaniom petrograficznym i mineralogicznym (Zieliński i Speczik 2017). Były to pierwsze badania tych rdzeni przeprowadzone pod kątem eksploracji Cu-Ag, a ich wyniki zawarto w opracowaniach eksperckich sporządzonych na zlecenie MCC (Speczik i in. 2011a i b; Oszczepalski i in. 2012b; Chmielewski i Oszczepalski 2013; Oszczepalski i Chmielewski 2013).

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono bliskie relacje między występowaniem ciał kruszcowych i stopniem przeobrażenia substancji organicznej. Dotychczasowe badania wykazały, iż w kierunku facji utlenionej stopniowo spadają zawartości węgla organicznego i wskaźnika wodorowego, natomiast rosną wartości wskaźnika tlenowego, refleksyjności wityrynytu i dojrzałości termicznej (Oszczepalski i Speczik 2009). Badania przeprowadzone na utworach łupka miedzionośnego dowiodły, iż podstawowymi macerałami rejestrowanymi w łupku miedzionośnym są macerały z grupy liptynytu z niewielkimi domieszkami wityrynytu i inertynyty (Speczik i Pütmann 1987; Speczik 1988 i 1994; Wolf i in. 1989; Speczik i in. 2007).

Na podstawie szczegółowych badań wykazano także, iż macerały grupy liptynytu stanowią zasadniczy składnik materii organicznej łupka miedzionośnego w strefie redukcyjnej, stanowiąc od 53 do 94% obj., w przeciwieństwie do łupków utlenionych, w których ich udział nie przekracza 10% obj. Ponadto, w wyniku analizy regionalnego rozkładu macerałów stwierdzono spadek zawartości materiału liptynitowego, począwszy od łupków pirytowych, cynkonośnych i ołowionośnych w stronę łupków miedzionośnych, utworów strefy przejściowej i utlenionych (tab. 3) (Speczik i in. 2007).

W rejonach występowania utworów utlenionych spadkowi zawartości liptynytu towarzyszy wzrost udziału materiału wityrynitopodobnego i matrycy bitumiczno-mineralnej. Bardzo istotną rolę w określeniu strefy geochemicznej odgrywa zawartość substancji organicznej. Łupki redukcyjne zawierają 2% wag. TOC i ponad 0,1% wag. bituminów, a utwory strefy przejściowej cechują się wartościami pośrednimi (Oszczepalski 1999; Oszczepalski i in. 2002).

Widoczna korelacja między tymi zmianami, wielkoskalową strefowością mineralizacji metalami a odległością od granicy facji Rote Fäule wskazuje, że roztwory odpowiedzialne za mineralizację wywołały lateralnie rozciągające się przeobrażenia hematytowe i różnicowanie dojrzałości termicznej. Jest to powiązane z intensywnością ascenzyjnej cyrkulacji utleniających solanek i ich interakcją z osadami facji redukcyjnej. Dodatkowo, typ i stopień

TABELA 3. Wybrane parametry substancji organicznej (zawartości średnie), ukazujące zróżnicowanie pomiędzy strefą zmineralizowaną a utlenioną strefą Rote Fäule (wg Sawłowicz 1993; Speczik 1994)

TABLE 3. Selected parameters (average amounts) of organic substance, presenting the difference between the mineralised zone and the oxidised Rote Fäule zone

Łupki miedzionośne	TOC [%]	HC/TOC	Nasyc. HC/arom. HC	Siarka w bituminach [%]	Ph/ΣMePh	Rw [%]	H/C w kerogenie	O/C w kerogenie
Strefy zmineralizowane	12,6	0,015	0,71	2,1	0,9	0,7	0,89	0,16
Strefy utlenione (RF)	4,6	0,004	0,29	3,1	2,2	1,1	0,44	0,12

TOC – węgiel całkowity, HC – węglowodory, Ph/ΣMePh – stosunek fenantrenu do sumy metylofenantrenów, Rw – refleksyjność wityrnytu.

przeobrażenia kerogenu wchodzącego w skład łupków ilastych świadczy o środowisku fałajnym (Oszczepalski i in. 2012b).

Na pobranym materiale przeprowadzono także badania w zakresie pirolizy Rock Eval. Pozwoliły one na potwierdzenie obecności tzw. mocnego Rote Fäule, z którym powiązane jest występowanie najbogatszych horyzontów zmineralizowanych. Wyniki tych badań wykazały, że na wytypowanych obszarach koncesyjnych materię organiczną cechują znaczna destrukcja oraz wysoka dojrzałość termiczna, co świadczy o aktywnym systemie działania utlenionych, zasobnych w metale roztworów hydrotermalnych (Oszczepalski i Speczik 2009). Uzyskane rezultaty pokryły się z wynikami wyżej wymienionych badań organo-geochemicznych. Stanowiły one przesłankę wskazującą na możliwość występowania bogatej mineralizacji, a co za tym idzie – dowiodły zasadności dalszych prac poszukiwawczych.

Równoległe do badań materiału skalnego prowadzono *reprocessing* archiwalnych danych geofizycznych: grawimetrycznych i sejsmicznych. Przy tym drugim typie analiz zastosowano nowatorską metodę efektywnych współczynników odbicia (EWO). Umożliwia ona przekształcenie falowego (konwencjonalnego) obrazu sejsmicznego w impulsową postać zapisów sejsmicznych, czyli czasowy ciąg współczynników odbicia. Wykorzystuje się w tym celu jedną z najważniejszych cech zapisu sejsmicznego – amplitudę, której wielkość przyjmuje się za proporcjonalną do współczynnika odbicia dla określonej granicy geologicznej (Speczik i in. 2012). Współczynnik ten określany jest przez prędkości warstwowe oraz gęstość ośrodka nad i pod daną sejsmiczną granicą odbijającą. Zakładając, że zmiany gęstości są stosunkowo niewielkie w porównaniu ze zmianami prędkości uznaje się, że współczynnik zależy w głównej mierze od zmian prędkości. Dowiązanie sekcji czasowej EWO do profilu otworu pozwala na śledzenie przebiegu serii litologicznych. Rozdzielczość pionowa metody jest większa w porównaniu ze standardowymi sekcjami sejsmicznymi. Pozwala ona ze znacznie większą niż dotychczas dokładnością określić istotne dla prac poszukiwawczych elementy strukturalne, a także sugerować znaczące dla mineralizacji zjawiska tektoniczne. W wielu miejscach odnotowano znaczne przesunięcia związane z tektoniką alpejską, które

spowodowały konieczność istotnych zmian w Projektach Robót Geologicznych na wielu koncesji położonych na północ od zielonogórskiego pola utlenionego.

Reprocessing danych geofizycznych objął łącznie 24 000 punktów grawimetrycznych oraz prawie 1700 km profili sejsmicznych. Dodatkowo, dla dwóch obszarów koncesyjnych, wykonano także własne geofizyczne prace terenowe. Były to eksperymentalne badania powierzchniowe z zastosowaniem metody magnetotellurycznej, o łącznej długości profilowań przekraczającej 27 km. Ich wyniki nie udzieliły jednoznacznych odpowiedzi na temat występowania obszarów zmineralizowanych (Stefaniuk i in. 2011a i b). Wysokie koszty oraz znaczne skomplikowanie realizacji tego typu profilowań spowodowały, iż zrezygnowano z ich wykonania na pozostałych koncesjach.

3. Program eksploracji Miedzi Copper Corporation – etap wiertniczy

Realizację własnego programu wiertniczego spółki z grupy MCC zainicjowały na początku roku 2013, po zakończeniu analiz materiałów archiwalnych. Jego rozpoczęcie poprzedzono zmianami koncesji, tak by dopuszczały one wykonywanie wierceń. Jednocześnie, w świetle mniej korzystnych wyników uzyskanych dla pewnych obszarów, zrezygnowano z części koncesji. Dotyczyło to przypadków, gdzie przeanalizowane dane wskazywały na zbyt małe koncentracje rud miedzi i srebra i/lub zbyt dużą głębokość ich występowania, co przy dzisiejszym stanie techniki przekreśla podjęcie ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji.

Do rezygnacji z niektórych koncesji przyczyniło się także wejście w życie Ustawy z dnia 2 marca 2012 r. o podatku od wydobycia niektórych kopalin (Dz.U. z 2012 r., poz. 362 z późn. zm.). Dotyczy to zwłaszcza rejonów północnych, gdzie głębokość zalegania serii rudnej sięga lub przekracza 3000 m poniżej poziomu terenu, i gdzie rozważano możliwość budowy w przyszłości kopalni eksperymentalnej, wydobywającej metale metodą otworową. Jednakże wprowadzenie podatku wymusiło reinterpretację rezultatów wcześniejszych analiz ekonomicznych, w wyniku czego obszary te w aspekcie dostępnych obecnie technologii przestały być interesujące z ekonomicznego punktu widzenia.

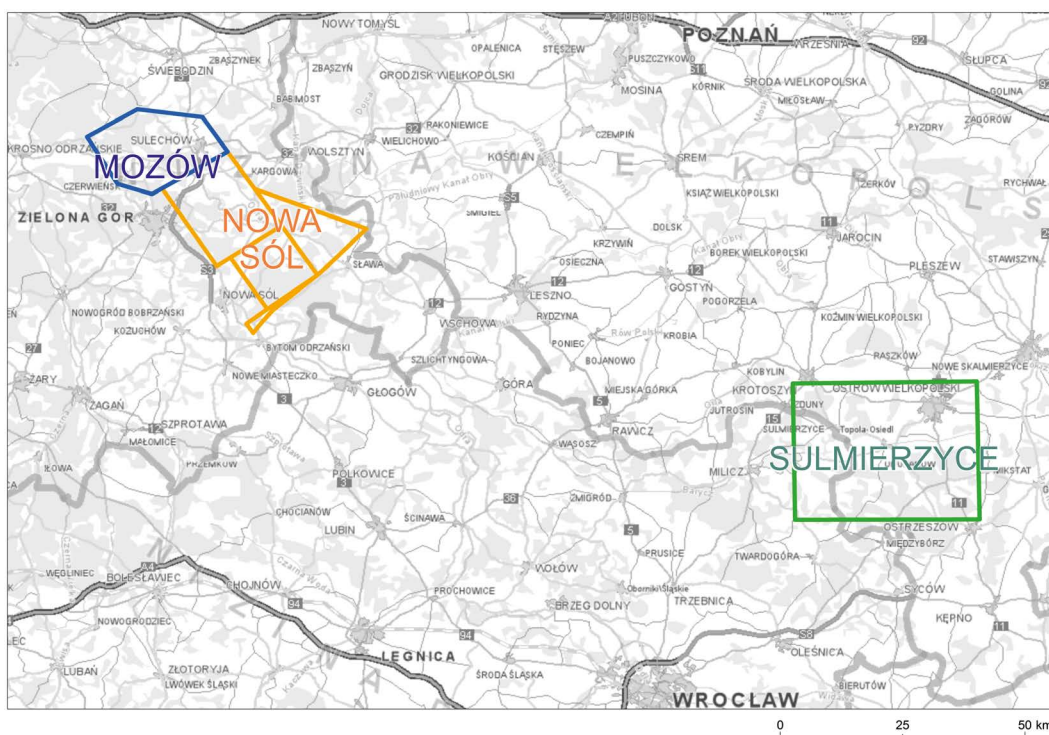
Należy podkreślić, iż historyczne otwory przemysłu naftowego, będące głównym źródłem danych archiwalnych wykorzystanych na wstępnym etapie eksploracji, charakteryzowały się nierównomiernym rozmieszczeniem, a w przypadku części obszarów koncesyjnych ich liczba była bardzo niewielka lub wręcz zerowa. Co za tym idzie, obecny program wierceń można zakwalifikować jako działalność na obszarach, gdzie tego typu zorganizowane poszukiwania złóż miedzi i srebra nie były wcześniej prowadzone – w odróżnieniu od częstej strategii innych firm, polegającej na rozwiercaniu obszarów już wstępnie rozpoznanych dla ich dokładniejszego udokumentowania lub poszerzenia.

Po zakończeniu procedury zmian koncesji rozpoczęto roboty wiertnicze. Lokalizację wierceń wytypowano głównie na podstawie badań własnych i analiz, w niewielkim stopniu posiłkując się ogólnodostępnymi publikacjami dotyczącymi obszarów perspektywicznych. Do września 2017 roku wykonano 24 otwory, a kolejne dwa są w realizacji.

4. Program eksploracji Miedzi Copper Corporation – rezultaty

Zdecydowana większość wierceń przyniosła pozytywne wyniki, natrafiając na bogatą lub bardzo bogatą mineralizację miedziową. Ponadto uzyskano bardziej dokładny obraz rozprzestrzenienia stref utlenionych i redukcyjnych. W miarę postępu prac powierzchnia obszarów koncesyjnych została zredukowana, tak by móc skoncentrować się na strefach najbardziej perspektywicznych, o najbogatszej mineralizacji – tzw. *sweet spots*. Tym samym, liczbę aktywnych koncesji poszukiwawczych i poszukiwawczo-rozpoznawczych ograniczono do sześciu.

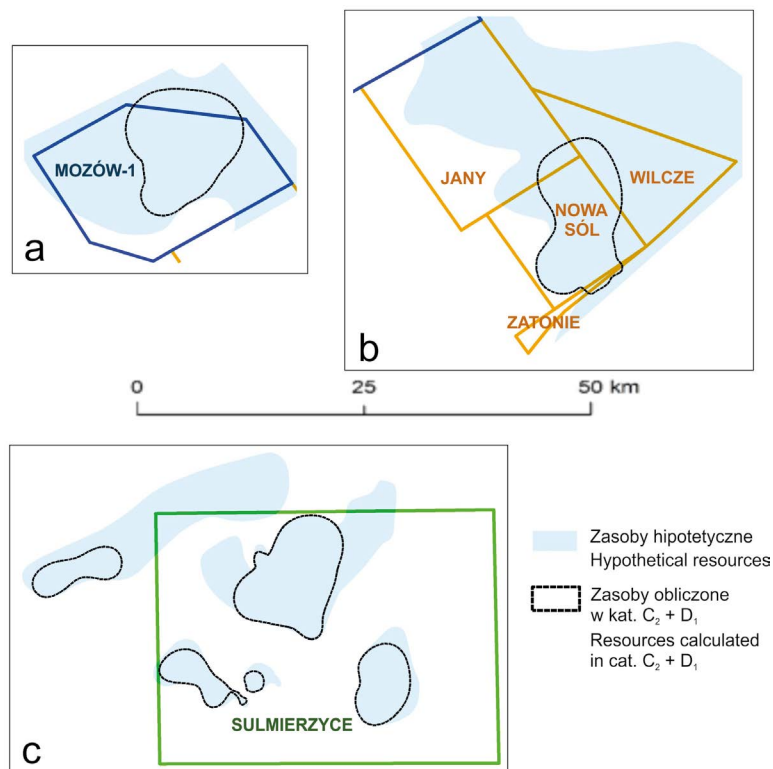
W efekcie przeprowadzonych prac odkryto trzy nowe złoża miedzi i srebra na monoklinie przedsudeckiej (Krzeminski i Speczik 2013; Oszczepalski i in. 2017), różniące się lokalizacją oraz głębokością występowania serii rudnej (rys. 3). Są to złoża Mozów i Sulmierzyce, zlokalizowane na obszarach perspektywicznych wcześniej wstępnie rozpoznanych i uwzględnianych w publikacjach archiwalnych, oraz złożo Nowa Sól, odkryte na terenie, gdzie dotychczas nie prowadzono żadnych badań złożowych i w przeszłości nie wyznaczono obszarów potencjalnie miedzionośnych (tzw. *green field*).



Rys. 3. Mapa aktywnych koncesji grupy Miedzi Copper oraz trzech odkrytych złóż miedzi i srebra: Mozów, Nowa Sól i Sulmierzyce

Fig. 3. The map of active concessions and boreholes drilled to date by the Miedzi Copper group and three discovered copper and silver deposits: Mozów, Nowa Sól and Sulmierzyce

Złoże Mozów charakteryzuje się znaczną głębokością występowania horyzontu zmineralizowanego, wynoszącą 2100–2700 m. Na obecnym etapie rozpoznania zasoby obliczone z dokładnością odpowiadającą kategorii C_2 wynoszą 4,4 mln ton Cu oraz 7,3 tys. ton Ag, przy średniej miąższości 2,45 m oraz średniej zawartości Cu_e równej 2,42%. Dodatkowo zasoby prognostyczne wyznaczone w kategorii D_1 to około 8,4 mln ton Cu i 11,9 tys. ton Ag. Na podstawie wyników wierceń wykonanych przez MCC oraz własnych analiz rdzeni archiwalnych szacuje się, iż zasoby hipotetyczne policzone dla wyznaczonej powierzchni około 420 km² mogą wynosić aż 40 milionów ton miedzi i około 60 tysięcy ton srebra (rys. 4a). Pomimo tak dużej głębokości, ekonomicznie opłacalna eksploatacja rudy na tym obszarze jest możliwa. Studium wykonalności wykonane w 2017 r. przez RungePincocckMinarco na zlecenie MCC wykazało, że koszt operacyjny produkcji jednego funta miedzi wyniesie 1254 USD w wariantcie bez podziemnego zakładu przerobczego lub 1227 USD przy wybudowaniu podziemnego zakładu przerobczego (Goodell i in. 2017). Wyliczenia te wykonano dla obecnego stanu rozpoznania zasobów i przy założeniu stałych cen miedzi wynoszących 3 USD za funt przez najbliższe 10 lat. Oczywiście taka efektywność może



Rys. 4. Sześć obszarów koncesyjnych MCC podzielonych na trzy złoża
 a – złożo Mozów, b – złożo Nowa Sól, c – złożo Sulmierzyce

Fig. 4. Six concession areas of MCC divided into three deposits
 a – the Mozów deposit, b – the Nowa Sól deposit, c – the Sulmierzyce deposit

być osiągnięta jedynie przy zastosowaniu najnowszych technologii wydobywczych, gdyż koszty samej budowy zakładu górniczego będą wyższe o około 1 mld USD w porównaniu do technologii klasycznych.

Złoże Nowa Sól położone jest na czterech obszarach koncesyjnych: Nowa Sól, Jany, Wilcze i Zatonie. Obecnie sporządzana jest dokumentacja geologiczna, mająca służyć zagospodarowaniu złoża, przy jednoczesnej kontynuacji prac wiertniczych, których celem jest lepsze rozpoznanie obszaru badań. Na obecnym etapie rozpoznania zasoby obliczone w kategorii C_2 wynoszą 7 mln ton Cu oraz 17,8 tys. ton Ag, przy średniej miąższości 3,4 m i średniej zawartości Cu_e równej 1,4%. Dodatkowo, zasoby prognostyczne wyznaczone w kategorii D_1 wynoszą 4,5 mln ton Cu i 11 tys. ton Ag. Głębokość serii miedzionośnej to od 1500 do 2400 m. Łączne szacowane zasoby hipotetyczne występujące w strefie o powierzchni około 450 km² wynoszą około 50 milionów ton miedzi i około 100 tysięcy ton srebra (rys. 4b). Według obliczeń wykonanych na zlecenie MCC, koszt operacyjny produkcji jednego funta miedzi wyniesie 1224 USD bez podziemnego zakładu przerobczego lub 1211 USD w wersji z podziemnym zakładem przerobczym (Goodell i in. 2017). Przyjęto tu także stałe ceny miedzi równe 3 USD za funt przez okres co najmniej 10 lat. Zdecydowana większość złoża położona jest na koncesji Nowa Sól, gdzie w przeszłości nie przewiercono horyzontu miedzionośnego, a zatem prace wykonywane przez MCC mają charakter pionierski.

Złoże Sulmierzyce położone jest ponad 100 km na wschód od dwóch pozostałych złóż i charakteryzuje się najmniejszymi głębokościami zalegania serii miedzionośnej (1400–2000 m). Na osiągniętym etapie badań zasoby obliczone w kategorii C_2 wynoszą 4,7 mln ton Cu i 10,5 tys. ton Ag, przy średniej miąższości 1,87 m i średniej zawartości Cu_e równej 2,93%. Dodatkowo, zasoby prognostyczne wyznaczone w kategorii D_1 to 5,4 mln ton Cu i 13,2 tys. ton Ag. Szacowane zasoby hipotetyczne na łącznej powierzchni około 530 km² wynoszą około 40 milionów ton miedzi i 100 tysięcy ton srebra (rys. 4c). Dla tego złoża również sporządzono raport techniczny, oparty na stanie obliczenia zasobów uwzględniającym istniejące otwory rozpoznawcze, przyjmując niezmiennie ceny miedzi na poziomie 3 USD za funt przez najbliższe 10 lat. Według tego opracowania koszt operacyjny produkcji 1 funta miedzi to 1102 USD (Bohnet 2017). W obszarze koncesji Sulmierzyce, z uwagi na jego powierzchnię wynoszącą około 1000 km², istnieją przesłanki możliwego powiększenia zasobów.

Podsumowanie

Reasumując, wykonane dotychczas badania oraz opracowania techniczne przygotowane na zlecenie MCC przez światowej klasy ekspertów zajmujących się projektowaniem kopalń, takich jak Tom Goodell i Ernie Bohnet, wykazały, że zagospodarowanie wszystkich trzech złóż jest możliwe i ekonomicznie opłacalne. Jest to jednak uwarunkowane wdrożeniem nowoczesnych metod głębienia szybów, klimatyzacji i gospodarki odpadami wydobywczymi (Addison i in. 2012; Bohnet 2017; Goodell i in. 2017; Zieliński i Speczik 2017). Drugim warunkiem jest koncentracja prac na obszarach o najwyższej jakości rudy, co osiągnięto przez odpowiednią modyfikację granic obszarów koncesyjnych oraz siatek wierceń.

Odkrycie trzech nowych złóż miedzi i srebra było możliwe dzięki wykorzystaniu materiałów archiwalnych, wykonaniu analiz geofizycznych obejmujących metodę EWO, badaniom historycznych rdzeni wiertniczych, w tym z wykorzystaniem metod uwzględniających analizę organo-geochemiczną i mikroskopową materii organicznej rozproszonej w utworach łupku miedzionośnego. Badania objęły m.in.: refleksyjność wityryny, stosunek węglowodorów nasyconych do aromatycznych, stosunek fenantrenu do sumy metylofenantrenów, zawartość węgla całkowitego (TOC), analizę wskaźników geochemicznych otrzymywanych za pomocą metody Rock-Eval oraz wdrożenie własnego kompleksowego programu wierceń poszukiwawczo-rozpoznawczych.

Prace wiertnicze na omówionych wcześniej obszarach złożowych są kontynuowane, a równolegle trwa opracowywanie pierwszej dokumentacji geologicznej złoża rud miedzi i srebra Nowa Sól. W planach są kolejne dokumentacje, które zostaną przedłożone organowi koncesyjnemu celem zatwierdzenia, co w przyszłości doprowadzi do wystąpienia z wnioskami o koncesje wydobywcze.

Literatura

- Addison i in. 2012 – Addison, R., Bohnet, E. i Haptonstall, J. 2012. *Conceptual Mine Planning for Underground Extraction of Polish Kupferschiefer Copper Deposits*. Pincock, Allen & Holt dla Miedzi Copper Corporation, Lakewood. Materiały niepublikowane, archiwum MCC.
- Bellas, I. i Tassou, S.A. 2005. Present and future applications of ice slurries. *Int. J. Refrigeration* 28, s. 115–121.
- Bohnet, E. 2017. *Technical Report on Miedzi Copper's Sulmierzyce Project, Poland*. Materiały niepublikowane, archiwum MCC.
- Chmielewski, A. i Oszczepalski, S. 2013. *Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Szamotuł, Nowego Tomyśla, Grodziska Wielkopolskiego, Wolsztyna i Kolska*. Temat: 45-2800-1119-49-2. Warszawa: PIG-PIB.
- Goodell i in. 2017 – Goodell, T., Jorgensen, M. i Bohnet, E. 2017. *Technical Report of the Miedzi Copper Project, Poland*. Materiały niepublikowane, archiwum MCC.
- Krzemiński, P. i Speczik, S. 2013. Prognostyczne złożo rud Cu-Ag w województwie lubuskim (SW Polska). *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* nr 85, Kraków: IGSMiE PAN, s. 231–240.
- Kucha H. i Pawlikowski M. 2010. Badania genezy cechsztyńskich złóż miedzi w Polsce. *Geologia, Akademia Górniczo-Hutnicza* t. 36, z. 4, s. 513–538.
- Oszczepalski, S. 1999. Origin of the Kupferschiefer polymetallic mineralization in Poland. *Mineral. Deposita* 34, s. 599–613.
- Oszczepalski, S. 2007. Mineralizacja Au-Pt-Pd w cechsztyńskiej serii miedzionośnej na obszarach rezerwowych górnictwa miedziowego. *Biuletyn PIG* 423, s. 109–124.
- Oszczepalski i in. 2002 – Oszczepalski, S., Nowak, G.J., Bechtel, A. i Zák, K. 2002. Evidence of oxidation of the Kupferschiefer at Lubin-Sieroszowice deposit: Implications for Cu-Ag and Au-Pt-Pd mineralization. *Geological Quarterly* 46(1), s. 1–23.
- Oszczepalski i in. 2012a – Oszczepalski, S., Chmielewski, A., Sowuła, W., Boratyn, J., Pikuła, K. i Zieliński, K. 2012. *Ocena możliwości występowania cechsztyńskiej mineralizacji Cu-Ag na obszarze województw lubuskiego i wielkopolskiego na podstawie archiwalnych materiałów wiertniczych, w tym wierceń naftowych*. Narodowe Archiwum Geologiczne. Warszawa: PIG-PIB.
- Oszczepalski i in. 2012b – Oszczepalski, S., Speczik, S., Marks, L. i Chmielewski, A. 2012. *Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Żmigród, Milicz, Sulmierzyce i Kalisz*. Warszawa: PIG-PIB.

- Oszczepalski i in. 2016 – Oszczepalski, S., Speczik, S., Małecka, K. i Chmielewski, A. 2016. Prospective copper resources in Poland. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 32, z. 2, s. 5–30.
- Oszczepalski i in. 2017 – Oszczepalski, S., Chmielewski, A., Speczik, S. i Krzemiński, P. 2017. The northwest-trending extension of the Lubin-Sieroszowice Cu-Ag deposit. *Proceedings of the 14th SGA Biennial Meeting*, 20–23 August 2017, Québec City, Canada, s. 1159–1162.
- Oszczepalski, S. i Chmielewski, A. 2013. *Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Pleszewa, Kalisza, Śremu, Wrześni i Florentyny*. Warszawa: PIG-PIB.
- Oszczepalski, S. i Rydzewski, A. 1997. *Atlas metalogiczny cechsztyńskiej serii miedzionośnej w Polsce*. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa: Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej SA.
- Oszczepalski, S. i Speczik, S. 2009. Maturity assessment by Rock-Eval pyrolysis as an exploration tool, Kupferschiefer, Poland [W:] *Smart Science for Exploration and Mining* (P.J. Williams et al. eds). Proceedings of the Tenth Biennial SGA Meeting, Townsville 2009, s. 734–736.
- Oszczepalski, S. i Speczik, S. 2011. Rudy miedzi i srebra [W:] *Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31 XII 2009 r.* (red. S. Wołkowicz, T. Smakowski, S. Speczik), s. 76–93. Warszawa: NAG.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalin (Dz.U. Nr 116, poz. 978).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny (Dz.U. Nr 291, poz. 1712).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny, z wyłączeniem złoża węglowodorów (Dz.U. z 2015 r., poz. 987).
- Sawłowicz Z. 1993. Organic matter and its significance for the genesis of the copper-bearing shales (Kupferschiefer) from the Fore-Sudetic monocline (Poland) [W:] Parnell J. et al. eds., *Bitumens in Ore Deposits*. Springer-Verlag, Berlin, s. 431–446.
- Solik-Heliasz, E. 2002. Ocena możliwości odzysku ciepła z wód pompowanych z kopalń węgla kamiennego. *Pr. Nauk. Gl. Inst. Gór. Ser. Gór. i Środ.* 2, s. 17–24.
- Solik-Heliasz, E. i Małolepszy, Z. 2001. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej z wód kopalnianych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Proceedings of International Scientific Conference „Geothermal Energy in Underground Mines”* November 21–23, 2001, Ustroń, s. 81–88.
- Speczik, S. 1988. Relation of Permian Base Metal Occurrences to the Variscan Paleogeothermal Field of the Fore-Sudetic Monocline (Southwestern Poland) [W:] Friedrich G. H., Herzig P. M. eds., *Base Metal Sulfide Deposits*. Springer Verlag Berlin, s. 12–23.
- Speczik, S. 1994. Kupferschiefer mineralization in the light of organic geochemistry and coal petrology studies. *Geological Quarterly* vol. 38, No. 4, s. 639–650.
- Speczik i in. 1998 – Speczik, S., Rydzewski, A. i Oszczepalski, S. 1998. Badania cechsztynu miedzionośnego w SW Polsce: strategia i perspektywy poszukiawcze. *PTMin. – Prace Spec.* 10, s. 93–104.
- Speczik i in. 2007 – Speczik, S., Oszczepalski, S., Nowak, G.J. i Grotek-Karwasiecka, M. 2007. Cechsztyński łupek miedzionośny – poszukiwania nowych rezerw. *Biuletyn PIG-PIB* 423, s. 173–188.
- Speczik i in. 2011a – Speczik, S., Marks, L., Oszczepalski, S. i Chmielewski, A. 2011. *Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Zielonej Góry, Czerwieńska i Sulechowa*. Warszawa: PIG-PIB.
- Speczik i in. 2011b – Speczik, S., Marks, L., Oszczepalski, S., Chmielewski, A. i Krzemiński, P. 2011. *Litologia, petrografia i cechsztyńska mineralizacja kruszcowa w wybranych profilach wiertniczych z rejonu Nowa Sól, Zabór, Trzebiechów*. Warszawa: PIG-PIB.
- Speczik i in. 2012 – Speczik, S., Dziewińska, L., Pepel, A. i Józwiak, W. 2012. Analiza i przetwarzanie danych geofizycznych jako instrument poszukiwań złóż Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej. *Biuletyn PIG* 452, s. 257–286.
- Speczik, S. i Püttmann, W. 1987. Origin of Kupferschiefer mineralization as suggested by coal petrology and organic geochemical studies. *Acta Geol. Pol.* 37, s. 167–187.
- Stefaniuk i in. 2011a – Stefaniuk, M., Wojdyła, M. i Gajewski, A. 2011. *Sprawozdanie z prac naukowo-badawczych dla tematu: Eksperymentalne badania: metodą magnetotelluryczną (MT/AMT) i metodą polaryzacji wzbudzonej (IP) w celu rozpoznania struktury geologicznej i zróżnicowania litologicznego kompleksów podcechsztyńskich w rejonie Mozowa*. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o., Warszawa.
- Stefaniuk i in. 2011b – Stefaniuk, M., Wojdyła, M., Gajewski, A. 2011. *Sprawozdanie z prac naukowo-badawczych dla tematu: Eksperymentalne badania: metodą magnetotelluryczną (MT/AMT) i metodą polaryzacji wzbudzonej (IP) w celu rozpoznania struktury geologicznej i zróżnicowania litologicznego kompleksów podcechsztyńskich w rejonie Mozowa*. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o., Warszawa.

- dzonej (IP) w celu rozpoznania struktury geologicznej i zróżnicowania litologicznego kompleksów podchsztyńskich w rejonie Sulmierzyc. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o., Warszawa.*
- Ustawa z dnia 2 marca 2012 r. o podatku od wydobycia niektórych kopalin (Dz.U. z 2012 r., poz. 362 z późn. zm.).
- Wolf i in. 1989 – Wolf, M., David, P., Eckardt, C.B., Hagemann, H.W. i Püttmann, W. 1989. Facies and rank of the Permian Kupferschiefer from the Lower Rhine Basin and NW Germany. *International Journal of Coal Geology* 14, s. 119–136.
- Wyżykowski, J. 1958. Poszukiwania rud miedzi na obszarze strefy przedsudeckiej. *Przegląd Geol.* 6 (1), s. 17–22.
- Wyżykowski, J. 1959. *Dokumentacja geologiczna złoża rud miedzi „Sieroszowice-Lubin” w rejonie Głogowa i Legnicy.* Narodowe Archiwum Geologiczne. Warszawa: PIG-PIB.
- Zieliński, K. i Speczik, S. 2017. Głębokie złoża miedzi i srebra szansą dla górnictwa metali w Polsce. *Biuletyn PIG* 468, s. 153–164.

