

Zasoby przewidywane surowców metalicznych Polski na mapie w skali 1 : 200 000 – miedź, srebro, złoto, platyna i pallad w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej

Sławomir Oszczepalski¹, Andrzej Chmielewski¹



S. Oszczepalski



A. Chmielewski

Predicted metallic resources in Poland presented on the prospective maps at scale 1 : 200 000 – copper, silver, gold, platinum and palladium in the Kupferschiefer ore series. Prz. Geol., 63: 534–545.

Abstract. The most significant copper reserves in Poland are confined to sediment-hosted stratiform Kupferschiefer-type deposits that occur at the Zechstein/Rotliegend transition. Gradual depletion of shallow reserves in the Fore-Sudetic Monocline results in exploration of deeper beds, and the long-term challenges require new solutions for mining industry of the future and industrial market within the EU, to enable the reindustrialization of Europe. Latest studies of numerous drillhole cores strongly indicate that the Kupferschiefer series in SW Poland (outside the Lubin–Sieroszowice Copper District) contains a very large volume of prognostic, prospective and hypothetical resources. Thirty Cu-Ag prospects have been delineated (including six areas with prognostic resources, six with prospective resources, and 18 areas with hypothetical resources). Among the prospective areas, particular attention is paid to the areas with prognostic resources (Białolęka, Grochowice, Krepa, Kulów, Luboszyce), adjacent to the existing mines of the Lubin–Sieroszowice copper district. The areas of Nowiny, Mirków, Raciborowice and Żarków are also interesting due to accessible depths, and the Bogdaj, Henrykowice, Janowo and Sulmierzyce areas due to considerable resources and reasonable depth. Extremely interesting is the possibility of extension of the Bytom Odrzański deposit towards the Jany, Mozów and Wilcze prospective areas. Studies of archival drillhole cores taken outside the documented Cu-Ag Lubin–Sieroszowice deposit revealed Rote-Fäule-related Au-Pt-Pd mineralization in many localities of SW Poland. Fifteen Au prospective areas, accompanied by Pt-Pd mineralization, have been delineated. However, due to relatively low thickness and content, Au-Pt-Pd mineralization can be considered only as associated with the overlying Cu-Ag ores. It can be estimated that approximately 166 million Mg Cu and 269 thousand Mg Ag concentrated as predicted resources in prospects of SW Poland for future mining, which will be possible, when geological and technological barriers (depth, temperature, oil and gas) will meet economic trends in the world market.

Keywords: Cu-Ag, Au-Pt-Pd, prospective areas, predicted resources, Kupferschiefer, SW Poland

Baza zasobowa polskiego przemysłu miedziowego jest związana ze złożami rud miedzi i srebra monokliny przed-sudeckiej (Nowe Zagłębie Miedziowe) i niecki północno-sudeckiej (Stare Zagłębie Miedziowe). Złoża te należą do typu stratoidalnego (ang. *sediment-hosted stratabound deposits*) i stratyfikowanego (ang. *sediment-hosted stratiform copper deposits*), gdyż są przywiązane do serii osadowej o nieznacznym zakresie stratygraficznym, obejmującej utwory kontaktu cechsztynu i czerwonego spagowca, tworzące tzw. cechsztyńską serię miedzionośną. Są to złoża typu polimetalicznego, gdyż srebro – obok miedzi – jest równorzędnym składnikiem, a z nimi w znaczących ilościach współwystępują: złoto, platynowce, ołów, cynk, kobalt, molibden, nikiel, selen i ren.

Po zaprzestaniu eksploatacji złóż rud miedzi w niecce północnosudeckiej, przemysł miedziowy wykorzystuje jedynie rudy zawarte w złożu Nowego Zagłębia Miedziowego. Chcąc utrzymać obecny poziom wydobywania i produkcji z zasobów przemysłowych monokliny przedsudeckiej, KGHM Polska Miedź SA uzupełnia wsad własny zakupem koncentratów, realizuje wydobywanie surowców znajdujących się poza granicami kraju, a także projekty eksploracyjne w Niemczech oraz w niecce północnosudeckiej i na monoklinie przedsudeckiej. Wobec możliwości prowadzenia eksploatacji na znacznych, nieosiągalnych dotąd w polskim górnictwie miedziowym głębokościach, sięgających

1500 m, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) prowadzi wyprzedzającą analizę perspektyw występowania mineralizacji Cu-Ag, Au, Pt i Pd oraz innych metali, nie tylko w najbliższym otoczeniu udokumentowanych złóż rud Cu-Ag, ale także na pozostałym obszarze Polski, w celu wyznaczenia obszarów perspektywicznych dla górnictwa miedziowego. Wobec reindustrializacyjnego trendu w strategii gospodarczej UE, predykcja racjonalnego zagospodarowania perspektywicznych nagromadzeń surowców mineralnych jest kluczowa dla przyszłej możliwości ich eksploatacji przy zachowaniu zasad zrównoważonego rozwoju i może mieć istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa surowcowego nie tylko Polski, lecz także Unii Europejskiej, wpływając pozytywnie na wzrost gospodarczy i zasobność lokalnych społeczności (Galos i in., 2012).

Materiały kartograficzne, obrazujące perspektywy występowania rud metali w cechsztyńskiej serii miedzionośnej, zapoczątkowane sporządzeniem atlasu metalogenicznego (Oszczepalski & Rydzewski, 1997), w następnych latach uległy znacznemu uzupełnieniu (Oszczepalski & Rydzewski, 2007; Speczik i in., 2007, 2013, 2014; Mikulski i in., 2011; Oszczepalski i in., 2011, 2012; Oszczepalski & Speczik, 2011a, b, 2014; Zientek i in., 2015). Obecnie przygotowane mapy perspektyw występowania miedzi (wraz z Ag), złota i platynowców na obszarze SW Polski, wykonane

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; slawomir.oszczepalski@pgi.gov.pl; andrzej.chmielewski@pgi.gov.pl.

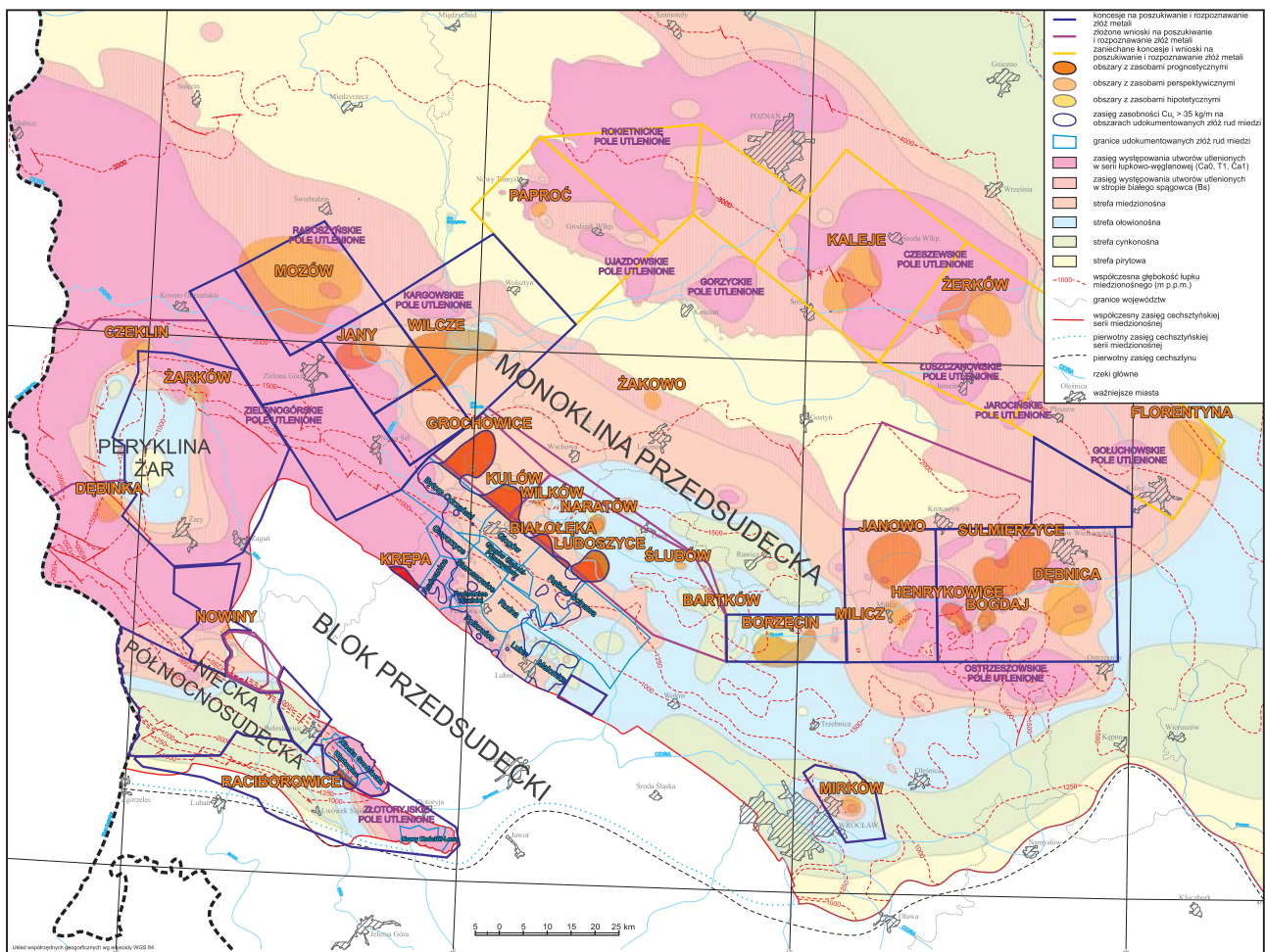
w ramach projektu: „Mapy obszarów perspektywicznych wystąpień rud metali i surowców chemicznych w Polsce w skali 1 : 200 000 wraz z ich oceną surowcową i ograniczeniami środowiskowymi i zagospodarowania przestrzennego” (Mikulski i in., 2015), stanowią kolejny etap realizowanej przez PIG-PIB analizy prognostycznej, zmierzającej do określenia perspektywicznej bazy zasobowej kraju oraz wytyczenia kierunków dalszych prac poszukiwawczo-badawczych, z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych i stopnia zagospodarowania przestrzennego w wyznaczonych obszarach perspektywicznych (Czapowski i in., 2015; Koźma, 2015; Mikulski, 2015; Mikulski & Sadłowska, 2015; Sikorska-Maykowska i in., 2015; Sztromwasser i in., 2015).

MIEDŹ I SREBRO

W pierwszym okresie powojennego rozwoju górnictwa miedzi działało pięć zakładów górniczych w niecce północnosudeckiej: Lena (do 1973 r.), Nowy Kościół (do 1967 r.), Upadowa Grodziec (do 1963 r.), Lubichów (do 1976 r.) i Konrad (do 1989 r.). Do czasu odkrycia nowych złóż na monoklinie przedsudeckiej, złoża te stanowiły jedyną bazę surowcową, zaspokajającą ok. 20% rocznego zapotrzebowania kraju na miedź. Dopiero odkrycie przez Państwowy Instytut Geologiczny w 1957 r. złoża Lubin–Sieroszowice na monoklinie przedsudeckiej (Wyżykowski, 1958) stało

się impulsem do intensyfikacji poszukiwań i prac badawczych, które umożliwiły sformułowanie regionalnych prawidłowości rozkładu mineralizacji w SW Polsce (Rydzewski, 1969; Wyżykowski, 1971). Najistotniejsza z tych prawidłowości – występowanie bogatej mineralizacji miedziowo-srebrnej w najbliższym otoczeniu utworów utlenionych *Rote Fäule* (Rydzewski, 1978; Oszczepalski & Rydzewski, 1983) – stanowi do chwili obecnej podstawę strategii poszukiwawczej złóż miedzi w obrębie cechsztyńskiej serii miedzionośnej. Równoległe do prowadzonych poszukiwań realizowano kolejne dokumentacje w obszarach planowanych kopalń (ryc. 1).

Systematycznie prowadzone badania otworów wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego i przemysłu naftowego, umożliwiły prezentację kolejnych wyników prac poszukiwawczych (Preidl, 1971; Gospodarczyk, 1978) oraz opracowanie pierwszych ocen perspektyw zasobowych dla SW Polski (Bossowski, 1982; Gospodarczyk & Metlerski, 1986; Oszczepalski & Rydzewski, 1993). Wraz ze stopniowym przyrostem informacji uzyskanych dzięki zintensyfikowaniu badań rdzeni otworów wiertniczych na całym obszarze występowania polskiego cechsztynu (Oszczepalski, 1989, 1999; Oszczepalski & Rydzewski, 1991, 1995), możliwe stało się podsumowanie wyników badań w formie atlasu map metalogenicznych (Oszczepalski & Rydzewski, 1997) oraz doprecyzowanie zasięgów



Ryc. 1. Obszary perspektywiczne występowania mineralizacji Cu-Ag i koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż metali na tle rozmieszczenia utworów utlenionych i strefowości metalicznej w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej SW Polski

Fig. 1. Cu-Ag prospects and exploration concessions in relation to *Rote Fäule* areas and metal zonation patterns in the Kupferschiefer copper-bearing series of SW Poland

obszarów perspektywicznych i szacunków zasobowych w kolejnych ocenach (Oszczepalski & Rydzewski, 2007; Speczik i in., 2007; Wirth i in., 2007; Bachowski i in., 2011). W ostatnich latach nastąpił znaczący przyrost danych, umożliwiającą konstrukcję kolejnych wersji mapy występowania utworów utlenionych oraz dokonanie nowych ocen perspektyw zasobowych (Oszczepalski & Speczik, 2011a, b, 2014; Oszczepalski i in., 2012; Speczik i in., 2013, 2014; Zientek i in., 2015). Pojawiające się różnice w zasięgach i szacunkach zasobowych, odnośnie obszarów perspektywicznych wyznaczanych w kolejnych opracowaniach, wynikają nie tylko ze zmian kryteriów wyznaczania tych obszarów, lecz przede wszystkim ze stałego wzrostu liczby zbadanych otworów wiertniczych.

Konstrukcja map i kryteria szacowania zasobów

Podstawą niniejszej oceny perspektywiczności dla obszaru SW Polski (z wyłączeniem udokumentowanych złóż rud Cu-Ag) są wyniki badań analitycznych, przedstawione na tle najnowszej wersji rozkładu utworów utlenionych (Oszczepalski & Speczik, 2014) oraz mapy rozkładu metali (Mikulski i in., 2015) wykonanej na podstawie danych uzyskanych w PIG-PIB do 2012 r. z ponad 460 otworów wiertniczych zbadanych poza udokumentowanymi złożami Cu-Ag. Część wykorzystanych w tej analizie wyników uzyskano dzięki współpracy PIG-PIB z KGHM PM S.A., KGHM CUPRUM, Miedzi Copper, PGNiG, AGH oraz Przedsiębiorstwami Geologicznymi we Wrocławiu (PROXIMA), Krakowie i Warszawie (Polgeol).

Do 2011 r., decydujące znaczenie dla oceny złożowej badanej mineralizacji miały kryteria bilansowości zatwierdzone Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r. (Rozporządzenie, 2005), które były podstawą dokumentowania złóż rud miedzi w kat. C₂ lub wyższej, z zasobami gromadzonymi w corocznych wydaniach Bilansu zasobów kopalni w Polsce. W obecnej ocenie,

Tab. 1. Graniczne wartości parametrów definiujących złożę i jego granice dla pokładowych stratoidalnych złóż rud miedzi (Rozporządzenie, 2011)

Table 1. Threshold values of parameters defining a mineral deposit and its boundaries for sediment-hosted stratabound copper deposits (Rozporządzenie, 2011)

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Wartość brzeżna Threshold value
Maksymalna głębokość spągu złoża Maximum base depth of the ore deposit	m	1500
Minimalna zawartość miedzi (Cu) w próbce konturującej złożę Minimum copper content (Cu) in a sample delineating the ore deposit	%	0,5
Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna miedzi (Cu) z uwzględnieniem zawartości srebra (Ag) w profilu złoża wraz z przerostami Minimum weighted mean equivalent copper content (Cu) taking into account the silver content (Ag) in the profile of the ore deposit along with gangue interlayers $Cu^e = (\%Cu) + 0,01 (g/t Ag)$	%	0,5
Minimalna zasobność złoża (Cu _e) Minimum productivity of the ore deposit (Cu _e)	kg/m ²	35

Tab. 2. Kryteria podziału zasobów przewidywanych Cu-Ag na obszarach perspektywicznych

Table 2. Criteria for estimating of predicted Cu-Ag resources in the prospective areas

Kategoria zasobów Category of resources	Położenie obszaru względem udokumentowanych złóż miedzi Location of the area in relation to documented copper deposits	Głębokość serii złożowej Depth of the ore-bearing series [m]	Liczba otworów o zasobności Cu _e ≥ 35 kg/m ² Number of boreholes with Cu _e productivity ≥ 35 kg/m ²
Prognostyczne Prognostic	obszar proksymalny proximal area	<2000	≥1
Perspektywiczne Prospective	obszar dystalny distal area		>1
Hipotetyczne Hypothetical			1
		>2000	≥1

zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 r. (Rozporządzenie, 2011), zastosowano graniczne wartości parametrów definiujących złożę i jego granice (tab. 1), z wyłączeniem parametru głębokościowego, który uniemożliwiłby wyznaczenie obszarów perspektywicznych na głębokości poniżej 1500 m.

Wyróżnienia obszarów perspektywicznych na grupy dokonano zgodnie z kryteriami podziału przypuszczalnych zasobów na zasoby prognostyczne, perspektywiczne i hipotetyczne (Smakowski & Szamałek, 2009). Kryteriami tymi są: położenie obszarów względem rozpoznanych złóż miedzi, głębokość zalegania oraz zakres poznania złóż mierzone liczbą otworów pozytywnych (tab. 2). Do zasobów prognostycznych zaliczono zasoby bezpośrednio przylegające do udokumentowanych złóż miedzi, do perspektywicznych – zasoby oddalone od udokumentowanych złóż, poznane więcej niż jednym otworem na głębokości <2000 m, a do hipotetycznych – zasoby poznane jednym otworem na głębokości do 2000 m oraz zasoby na głębokości poniżej 2000 m, bez względu na liczbę otworów pozytywnych. Zgodnie z granicznymi wartościami parametrów definiujących złożę i jego granice przyjęto, że izolacje zasobności Cu_e (lub Cu w przypadku braku oznaczeń Ag) 35 kg/m² wyznaczają granice obszarów perspektywicznych.

Obszary perspektywiczne i zasoby

Wyznaczono 30 obszarów perspektywicznych mineralizacji Cu-Ag (ryc. 1; tab. 3), w tym 6 z zasobami prognostycznymi, 6 z zasobami perspektywicznymi oraz 18 z zasobami hipotetycznymi. Na podstawie granicznych wartości parametrów definiujących złożę i jego granice, dokonano szacunku przypuszczalnych zasobów miedzi i srebra dla poszczególnych obszarów perspektywicznych, w podziale na rodzaje zasobów.

W bezpośrednim otoczeniu złoża Lubin–Sierszowice wyznaczono 5 obszarów perspektywicznych z zasobami prognostycznymi: Białoleka, Grochowice, Krępa, Kulów, Luboszyce, natomiast w niecce północnosudeckiej wyróżniono obszar Raciborowice, przylegający do złoża rud Cu-Ag Wartowice. Sumarycznie, na obszarach tych o łącznej powierzchni 180,17 km² może znajdować się 11,203 mln t Cu

Tab. 3. Zasoby prognostyczne, perspektywiczne i hipotetyczne miedzi i srebra na obszarach perspektywicznych SW Polski
Table 3. Predicted copper and silver resources of the prospective areas in SW Poland

Kategoria zasobów <i>Category of resources</i>	Obszar perspektywiczny <i>Prospective area</i>	Zakres głębokości <i>Depth</i> [m]	Powierzchnia <i>Area</i> [km ²]	Średnia miąższość <i>Average</i> <i>thickness</i> [m]	Średnia zawartość Cu <i>Average Cu</i> <i>content</i> [%]	Zasoby Cu [mln t] <i>Cu resources</i> [mln Mg]	Średnia zawartość Ag <i>Average Ag</i> <i>content</i> [ppm]	Zasoby Ag [t] <i>Ag resources</i> [Mg]
Prognostyczne <i>Prognostic</i>	Białoleka	1500–1600	13,80	1,80	1,08	0,671	51	3167
	Grochowice	1600–2000	70,54	1,12	2,54	5,017	153	30 219
	Krepa	400–500	9,61	3,32	0,72	0,574	16	1276
	Kulów	1500–1800	42,25	1,86	1,64	3,222	62	12181
	Luboszyce	1400–1600	36,19	1,42	0,89	1,143	54	6938
	Raciborowice	900–1500	7,78	3,75	0,79	0,576	24	1937
Razem prognostyczne <i>Total prognostic</i> <i>resources</i>			180,17			11,203		55 718
Perspektywiczne <i>Prospective</i>	Bogdaj	1400–1600	11,56	1,15	1,69	0,562	31	1281
	Borzęcin	1400–1700	70,69	1,08	2,92	5,573	7	2041
	Henrykowice	1400–1700	23,30	1,24	1,97	1,423	38	2745
	Janowo	1700–1900	94,04	1,12	1,65	4,345	37	9743
	Naratów	1400–1600	12,51	0,54	3,03	0,512	203	3428
	Sulmierzyce	1500–1900	126,79	2,52	2,37	18,931	–	–
Razem perspektywiczne <i>Total prospective</i> <i>resources</i>			338,89			31,346		19 238
Hipotetyczne <i>Hypothetical</i>	Bartków	1300–1400	0,99	0,32	4,18	0,033	71	56
	Czeklin	1600–1800	23,75	0,23	10,54	1,439	–	–
	Dębinka	1400–1600	25,64	2,30	0,69	1,017	44	6487
	Dębica	1500–1800	92,27	0,83	4,30	8,233	–	–
	Florentyna	3200–4400	104,05	1,00	2,66	6,919	33	8584
	Jany	2000–2200	44,43	1,34	2,13	3,170	–	–
	Kaleje	2800–3600	113,58	2,95	2,32	19,434	–	–
	Milicz	1500–1700	21,08	1,86	0,89	0,872	26	2549
	Mirków	1100–1300	12,84	1,17	1,56	0,023	–	–
	Mozów	2100–2700	370,03	2,33	2,73	58,843	51	43 971
	Nowiny	400–600	5,70	0,47	2,64	0,177	100	670
	Paproć	2500–2700	7,45	0,10	17,27	0,322	421	784
	Ślubów	1300–1400	2,34	0,20	9,08	0,106	164	192
	Wilcze	2000–2500	167,56	0,49	5,16	10,591	538	110 430
	Wilków	1500–1600	2,20	0,25	10,62	0,146	208	286
	Żakowo	2100–2300	10,29	0,40	3,36	0,346	45	463
Żarków	1000–1500	13,76	3,01	1,34	1,387	22	2278	
Żerków	3100–3700	114,55	2,29	1,54	10,108	22	17 656	
Razem hipotetyczne <i>Total hypothetical</i> <i>resources</i>			1132,51			123,166		194 406
Razem prognostyczne, perspektywiczne i hipotetyczne <i>Total prognostic,</i> <i>prospective and</i> <i>hypothetical</i>			1651,57			165,715		269 362

i 55 718 t Ag na głębokościach 400–2000 m, w tym większość tych zasobów (11 mln t Cu i prawie 54 tys. t Ag) występuje na łącznej powierzchni 172 km² wokół Nowego Zagłębia Miedziowego, a tylko ok. 0,6 mln t Cu i niecałe 2 tys t Ag można spodziewać się na obszarze Raciborowice. Ze względu na występowanie w najbliższym otoczeniu udokumentowanych złóż, obszary z zasobami prognostycznymi

można zaklasyfikować do najbardziej perspektywicznych. Wymagają one dalszego szczegółowego rozpoznania, gdyż stanowią rezerwę zasobową dla rozwijającego się na coraz większych głębokościach górnictwa miedziowego.

Oprócz obszarów z zasobami prognostycznymi, wyznaczono sześć obszarów z zasobami perspektywicznymi. Jeden z nich (Naratów) znajduje się w otoczeniu obszarów

z zasobami prognostycznymi, natomiast pozostałe obszary (Bogdaj, Borzęcin, Henrykowice, Janowo, Sulmierzyce) występują we wschodniej części monokliny przedsudeckiej. Na obszarach z zasobami perspektywicznymi, o łącznej powierzchni ok. 339 km², znajduje się ok. 31 mln t Cu i 19 tys. t Ag na głębokości 1400–1900 m.

Ponadto, zdefiniowano 18 obszarów perspektywicznych z zasobami hipotetycznymi. W tej grupie, 10 obszarów (Bartków, Czeklin, Dębinka, Dębica, Milicz, Mirków, Nowiny, Ślubów, Wilków i Żarków) wyznaczonych na podstawie pojedynczych otworów o zasobności (Cu_c) ponad 35 kg/m², posiada zasoby znajdujące się w zakresie głębokości do 2000 m. Pozostałych 8 obszarów (Florentyna, Jany, Kaleje, Mozów, Paproć, Wilcze, Żakowo, Żerków) cechują głębokości w granicach 2000–4400 m, przy czym cztery z nich (Kaleje, Mozów, Wilcze, Żerków) zbadano co najmniej dwoma pozytywnymi otworami, a pozostałe (Florentyna, Jany, Paproć, Żakowo) zostały wyznaczone pojedynczymi otworami. Na wszystkich obszarach z zasobami hipotetycznymi można łącznie spodziewać się obecności ok. 123 mln t Cu i 269 tys. t Ag na powierzchni ok. 1132 km², przy czym ok. 56 mln t Cu i 86 tys. t Ag występuje na dość korzystnej głębokości do 2000 m, natomiast na większej głębokości, poniżej 2000 m, znajdują się ogromne ilości metali, ok. 110 mln t Cu i ponad 180 tys. t Ag na łącznej powierzchni ok. 930 km².

Rekomendacje dalszych prac

Utrzymanie w przyszłości obecnego poziomu wydobycia rud Cu-Ag będzie wymagać udokumentowania i eksploatacji głęboko zalegających złóż w obszarach perspektywicznych. O znacznym zainteresowaniu inwestycjami w tych obszarach świadczą przyznane koncesje poszukiwawcze oraz wnioski na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż rud metali (ryc. 1). Do najistotniejszych obszarów perspektywicznych, rekomendowanych w pierwszej kolejności do prowadzenia dalszych prac poszukiwawczo-badawczych, należą przede wszystkim te o zasobach prognostycznych: Białółka, Grochowice, Kulów i Luboszyce, przylegające do złoża Lubin–Sieroszowice. Na tych obszarach o łącznej powierzchni 163 km² może znajdować się ok. 10 mln t Cu i 52 tys. t Ag na głębokości 1400–2000 m, w interwale o miąższości 1,12–1,86 m oraz średniej zawartości w zakresie 0,89–2,54% Cu i 51–153 ppm Ag. Uwzględniając trend wzrostu koncentracji metali w stronę złoża Lubin–Sieroszowice oraz znaną prawidłowość występowania ciał rudnych w otoczeniu pól utlenionych, należy spodziewać się przedłużania się złóż Bytom Odrzański, Głogów i Retków w kierunku północno-zachodnim, a zwłaszcza w strefie oczekiwanego zazębienia się utworów utlenionych pola zielonogórskiego z utworami redukcyjnymi. W strefie tej jest przewidywana kontynuacja złoża Bytom Odrzański, nie tylko na teren obszaru perspektywicznego Grochowice (w obecnych przypuszczalnych granicach), lecz także w kierunku północno-zachodnim, w stronę dalej położonych obszarów perspektywicznych: Wilcze, Jany i Mozów.

Obszar perspektywiczny Krępa, usytuowany w obrębie zielonogórskiego pola utlenionego przy granicy z blokiem przedsudeckim, wyznaczony geometryzacją danych na podstawie trendu na złożu Radwanice, cechuje obecność mineralizacji miedziowej sięgającej wysoko w utwory wa-

pienia cechsztyńskiego. Oznacza to, że szanse na udokumentowanie tu bogatego złoża nie są znaczne, mimo bardzo korzystnej głębokości zalegania serii złożowej (400–500 m) i możliwości występowania mineralizacji Au-Pt-Pd.

Interesującym obszarem perspektywicznym jest obszar Raciborowice w niecce północnosudeckiej. Zgodnie z kryteriami bilansowości obowiązującymi do 2011 r., otwory znajdujące się na południowy zachód od złoża Wartowice, uznano za negatywne, nie spełniające kryteriów bilansowości. Jednak obecnie, zgodnie z zalecanymi wartościami granicznymi parametrów definiujących złożę i jego granice, otwory wchodzące w skład obszaru Raciborowice spełniają parametr minimalnej zasobności Cu_c. W tym niewielkim obszarze, o powierzchni poniżej 8 km², można spodziewać się 0,576 mln t Cu i 1937 t Ag w średnim interwale o miąższości 3,75 m oraz średniej zawartości 0,79% Cu i 24 ppm Ag. Z uwagi na podwyższone zasobności (w granicach 8,22–18,72 kg/m² Cu_c) otworów otaczających ten obszar oraz prawdopodobieństwo jego kontynuacji w kierunku południowo-wschodnim, można przewidywać powiększenie obszaru perspektywicznego w stronę udokumentowanego złoża Nowy Kościół, w formie pasa miedzianego o przypuszczalnej szerokości w granicach 5–10 km, z serią złożową na głębokości 900–1500 m. Jest prawdopodobne, że hipoteza ta zostanie w przyszłości zweryfikowana, ponieważ omawiany obszar znajduje się na pograniczu dwóch koncesji poszukiwawczych.

Spośród obszarów perspektywicznych znacznie oddalonych od udokumentowanych złóż rud miedzi, lecz zalegających na względnie dogodnych głębokościach, na szczególną uwagę zasługują przede wszystkim obszary: Nowiny (400–600 m), Żarków (1000–1500 m) i Mirków (1100–1300 m). Obszar Nowiny (Bachowski i in., 2011), ulokowany na pograniczu niecki północnosudeckiej i perykliny Żar, w obecnych granicach nie cechuje się wielkim potencjałem, jednak istnieje możliwość jego powiększenia w przypadku przedłużania się w stronę bloku przedsudeckiego oraz w kierunku udokumentowanego w Niemczech złoża Spremberg–Weisswasser, co dałoby wzrost przypuszczalnych zasobów do kilku mln t Cu. Ponieważ obszar ten znajduje się na pograniczu przyznanych koncesji poszukiwawczych, jest spodziewana weryfikacja tej prognozy. Obszar perspektywiczny Żarków (na pograniczu perykliny Żar i monokliny przedsudeckiej) tworzy zatokę w zielonogórskim polu utlenionym, otwartą w kierunku południowym. Z kolei obszar Mirków (SE część monokliny przedsudeckiej) jest otoczony otworami o mineralizacji ołowiuo-cynkowej.

Z pozostałych obszarów perspektywicznych z zasobami do 2000 m głębokości, wymienić należy przede wszystkim: Sulmierzyce, Janowo, Henrykowice i Bogdaj, cechujące się bogatą mineralizacją miedziową, stowarzyszoną z ostrzeszowskim oraz innymi polami utlenionymi w jego otoczeniu, co sprawia, że stwierdzone tu okruszczenie jest porównywalne (zarówno stopniem koncentracji, jak i pozycją względem granicy redoks w rozmieszczeniu poziomym i pionowym) z mineralizacją złożową, znaną z zachodniej części złoża Lubin–Sieroszowice. Pomimo wciąż słabego ich rozpoznania 9 otworami, szacunki zasobowe wskazują na bardzo znaczny potencjał, bowiem na tych czterech obszarach, o łącznej powierzchni ok. 250 km², znajdować się może ok. 25 mln t Cu i co najmniej 14 tys. t

Ag na głębokościach w granicach 1400–1900 m. Istnieje możliwość złączenia się niektórych obszarów ze sobą, a także połączenia z sąsiednim obszarem Milicz. W celu precyzyjnego wyznaczenia granic, obszary te zostały objęte koncesjami poszukiwawczymi, w których rozpoczęto realizację programu prac wiertniczych.

Oprócz obszarów perspektywicznych o płytkim zaleganiu spągu cechsztynu, bogate okruszcowanie stwierdzono także na większych głębokościach w obszarach (Jany, Kaleje, Mozów, Wilcze i Żerków) z ogromnymi hipotetycznymi (ze względu na głębokość poniżej 2000 m) zasobami miedzi i srebra. Najpłytsze z nich (Jany, Mozów i Wilcze) wydają się najbardziej interesujące dla poszukiwań złóż Cu-Ag, ze względu na możliwość ich kontynuacji w stronę złoża Bytom Odrzański. Obecnie na tych obszarach oraz na południe od nich trwa prospekcja wiertnicza, realizowana w ramach przyznanych koncesji poszukiwawczych (Krzemiński & Speczik, 2013). Natomiast w odniesieniu do obszarów Kaleje i Żerków (ryc. 1) (podobnie, jak do pozostałych obszarów perspektywicznych z zasobami ulokowanymi na dużych głębokościach) była planowana realizacja prac poszukiwawczych, jednakże ostatnio odstąpiono od prawa do przyznanych koncesji.

ZŁOTO, PLATYNA I PALLAD

W początkowej fazie badań utworów cechsztyńskiej serii miedzionośnej w SW Polsce, ze względu na ówczesny brak odpowiedniej aparatury analitycznej, nie wykonywano oznaczeń zawartości złota, platyny i palladu, dlatego brak ich w dokumentacjach geologicznych złóż rud miedzi, mimo że lokalnie w obrębie złóż rud miedzi stwierdzono bogate okruszcowanie złotem i platynowcami (np. Kucha i in., 1982; Kucha, 1983).

Zasadnicze znaczenie dla dalszego rozpoznawania mineralizacji Au-Pt-Pd w utworach cechsztynu miało stwierdzenie podwyższonych koncentracji złota w utlenionych odmianach łupku miedzionośnego złoża miedzi Lubin-Sieroszowice (Sawłowicz, 1993, 1994; Piestrzyński i in., 1996), którego następstwem stała się realizacja prac poszukiwawczych w rejonie kopalni Polkowice-Sieroszowice (ryc. 2), skutkująca rozpoznaniem w latach 1995–1996 mineralizacji Au-Pt-Pd w utworach utlenionych, zalegających poniżej horyzontu miedzionośnego (Oszczepalski i in., 1997; Piestrzyński i in., 1997; Oszczepalski & Rydzewski, 1998; Pieczonka i in., 1998; Kucha & Przybyłowicz, 1999; Oszczepalski i in., 1999; Piestrzyński & Sawłowicz, 1999). Najbogatszą mineralizację metalami szlachetnymi stwierdzono w rejonie Polkowic, gdzie wyodrębniono 9 bloków o średniej miąższości 0,23 m i średniej zawartości 2,37 ppm Au (w granicach 0,90–5,25 ppm Au, przy brzeżnej zawartości 0,5 ppm Au w próbce), z zasobami udokumentowanymi w wysokości 34,33 t Au oraz zasobami perspektywicznymi w ilości 51,56 t Au (Piestrzyński i in., 1997; Pieczonka i in., 1998). Uwzględnienie optymalnych cen złota pozwala uznać jego odzysk w wydzielonych blokach o koncentracjach przekraczających 2,1 ppm Au za ekonomicznie uzasadniony (Pieczonka i in., 2008).

Uzyskane wyniki uzasadniły konieczność kontynuacji badań nie tylko na obszarach udokumentowanych złóż rud miedzi, lecz także poza ich granicami. Wstępne wyniki tych badań przedstawiono zarówno dla południowo-wschod-

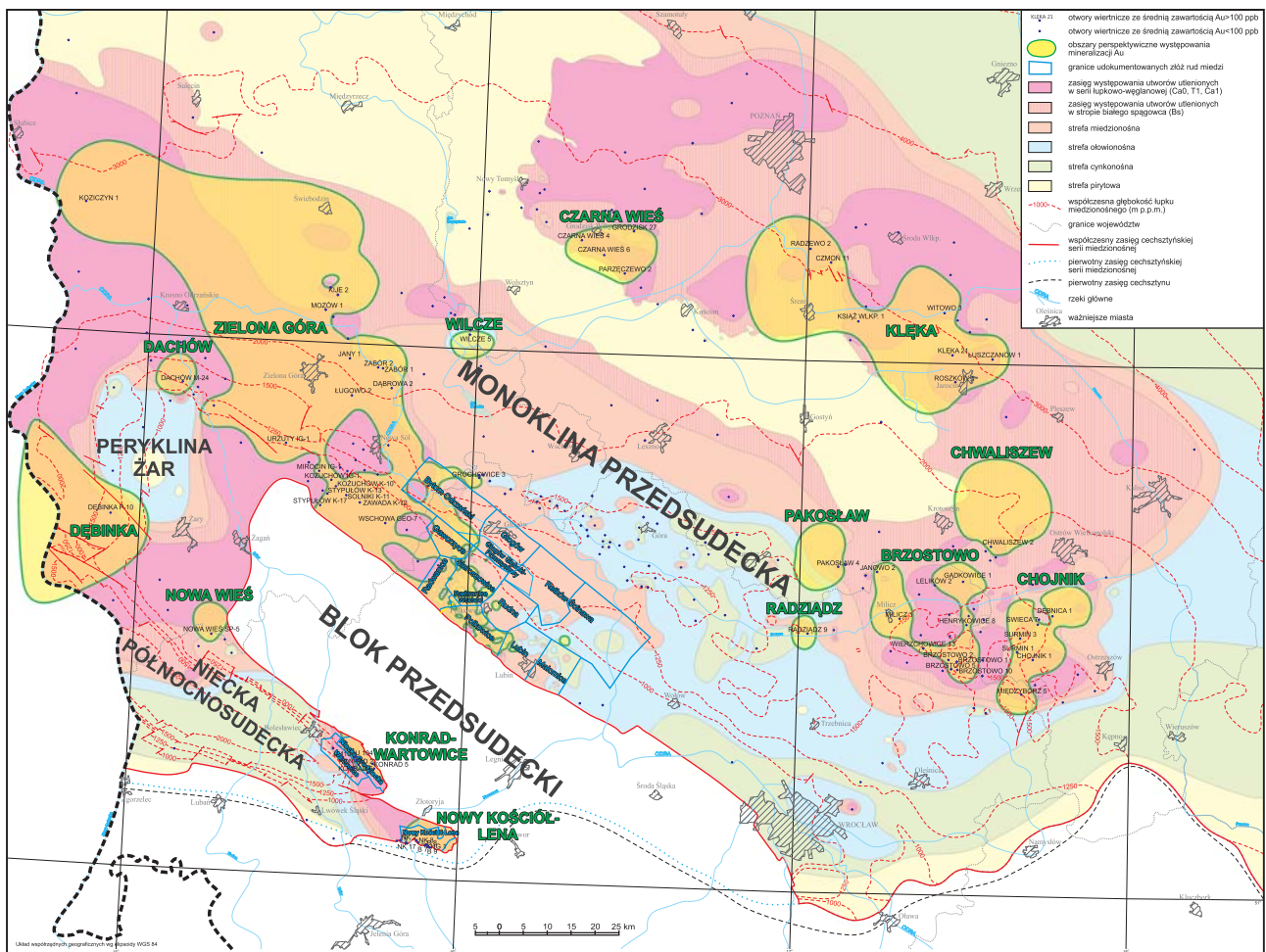
niej części niecki północnosudeckiej (Speczik & Wojciechowski, 1997; Speczik i in., 1999; Wojciechowski, 2001), jak i dla kilku rejonów monokliny przedsudeckiej i perykliny Żar (Speczik i in., 1997; Oszczepalski i in., 1999, 2002; Bechtel i in., 2001). Późniejsze badania prowadzone w otoczeniu rejonu Polkowic wykazały, że największe koncentracje złota występują w brzeżnych partiach obszarów utlenionych (korespondując ściśle z przebiegiem zasięgu strefy utlenionej) w pasie od Bytomia Odrzańskiego, przez centrum Gaworzyc, do obszaru Radwanic, Sieroszowic i Polkowic, aż do zachodnich krańców obszaru górniczego Lubina (ryc. 2). W rejonach tych dominuje piaskowcowy (na wschodzie) lub piaskowcowo-łupkowy (na zachodzie) typ mineralizacji. Największe przypuszczalne zasoby złota znajdują się na obszarze Gaworzyc, gdzie oszacowano ok. 130 t Au w interwale złotoñośnym, o średniej miąższości 1,39 m, na głębokości powyżej 1250 m (przy brzeżnej zawartości 100 ppb Au w próbce). Mniejszych jego ilości można spodziewać się na obszarze Radwanice (ok. 75 t Au w interwale 1,26 m) i Bytom Odrzański (ok. 51 t Au w interwale 1,05 m). Ogółem w obszarze o łącznej powierzchni 184 km², znajduje się ok. 256 t złota. W sumie w utworach utlenionych całego obszaru dokumentacyjnego Cu-Ag Lubin-Sieroszowice występuje ok. 400 t Au na łącznej powierzchni 310 km² (Oszczepalski, 2007).

W utlenionych utworach ze złotem współwystępują platynowce. Miąższość interwału zmineralizowanego platyną (na ogół w granicach 0,2–0,8 m) i palladem (0,1–0,4 m) przeważnie jest nieco mniejsza niż interwału złotoñośnego. Średnia zawartość platyny i palladu w badanych interwałach utworów utlenionych (przy brzeżnej zawartości 100 ppb Pt i Pd w próbce) zmienia się przeważnie w granicach 20–300 ppb Pt i 20–400 ppb Pd, jedynie w kilku profilach rejonu Polkowic i Sieroszowice średnia zawartość Pt i Pd sięga 600 ppb, a miąższość przekracza nieznacznie 1 m.

Konstrukcja map

Niepełne informacje na temat występowania metali szlachetnych nie pozwalały do niedawna na uchwycenie regionalnych prawidłowości w ich rozmieszczeniu na obszarach poza udokumentowanymi złożami rud miedzi. Dopiero badania prowadzone w ostatnich latach umożliwiły stwierdzenie występowania najwyższych koncentracji złota, platyny i palladu (podobnie, jak w pasie od Lubina do Bytomia Odrzańskiego) wzdłuż kontaktu stref utlenionych z redukcyjnymi, przy czym zdecydowanie zasobniejsze są utwory utlenione. Jest to potwierdzenie znanej wcześniej prawidłowości o przestrzennym i genetycznym związku występowania polimetalicznej mineralizacji cechsztyńskiej z obszarami facji utlenionej. Uwzględnienie wszystkich danych zgromadzonych do 2009 r., nie tylko z obszarów złóż Cu-Ag, lecz także poza nimi, pozwoliło na dokonanie regionalnej oceny perspektywiczności mineralizacji Au-Pt-Pd w SW Polsce (Mikulski i in., 2011; Oszczepalski i in., 2011, 2012; Wojciechowski, 2011; Mikulski, 2015).

W celu dokonania obecnej oceny stopnia mineralizacji Au, Pt i Pd w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej, wykonano obliczenia miąższości i średniej zawartości tych metali w analizowanych profilach o ciągłym opróbowaniu, przy minimalnej zawartości w próbce konturującej interwał metalonośny 100 ppb Au, Pt i Pd. W konsekwencji,



Ryc. 2. Obszary perspektywiczne występowania mineralizacji Au na tle rozmieszczenia utworów utlenionych i strefowości metalicznej w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej SW Polski

Fig. 2. Au prospective areas in relation to Rote Fäule areas and metal zoning patterns in the Kupferschiefer copper-bearing series of SW Poland

obszary ograniczone izoliną średniej zawartości metali – 100 ppb – uznano za perspektywiczne (ryc. 2, 3 i 4).

W analizie zasobów złota wykorzystano zbiór danych z 559 zbadanych otworów wiertniczych oraz profili kopalnianych i danych z odsłoneń powierzchniowych, który umożliwia dokonanie oceny zmienności występowania złota na całym obszarze SW Polski. Na ten zbiór składają się: 247 profili usytuowanych poza obszarami udokumentowanych złóż rud Cu-Ag, a także 287 profili z Nowego oraz 25 profili ze Starego Zagłębia Miedziowego.

Obszary perspektywiczne

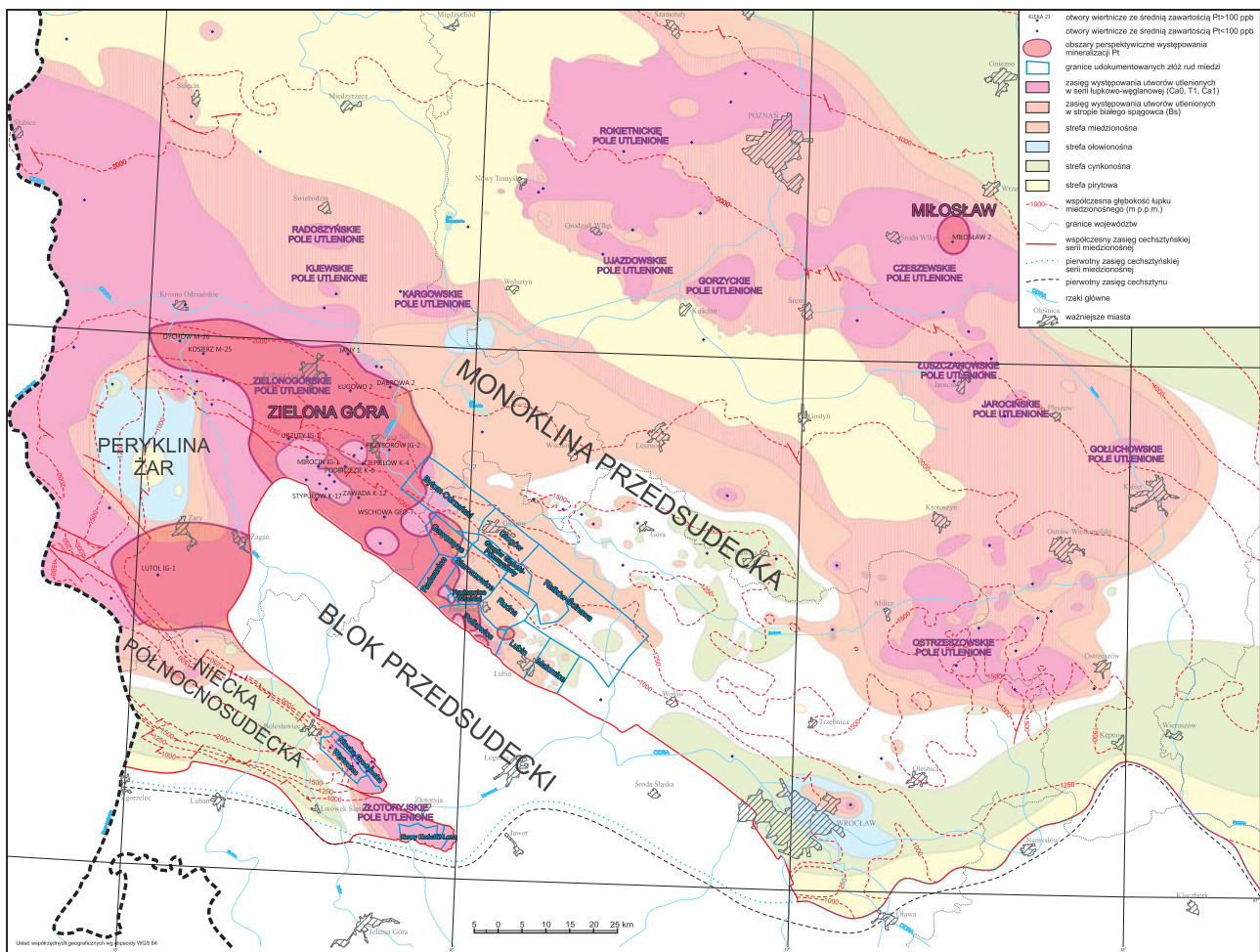
Większość z wyznaczonych 15 obszarów wykazuje przywiązanie do obszarów utlenionych (ryc. 1). Spośród nich, 8 obszarów (Brzostowo, Chojnik, Czarna Wieś, Grochowice, Kłęka, Konrad–Wartowice, Nowy Kościół–Lena i Zielona Góra) wyznaczono co najmniej dwoma otworami lub profilami w odsłonięciach, a pozostałe – na podstawie pojedynczych otworów, dlatego ich granice są hipotetyczne (tab. 4, 5). Najbardziej interesujący wydaje się obszar perspektywiczny Nowy Kościół–Lena, który był już w przeszłości przedmiotem koncesji poszukiwawczych złota. Wysokie koncentracje stwierdzono tu w utworach strefy kontaktowej białego spągowca i wapienia podstawowego, na powierzchni lub pod niewielkim nadkładem

młodszych utworów. Szacunki wykazują obecność ok. 32 t Au w obszarze o powierzchni 47,5 km², w warunkach do głębokości kilkuset metrów (Oszczepalski i in., 2011).

Na obszarze udokumentowanego złoża miedzi Niecka Grodziecka–Wartowice, okruszczenie złotem jest spotykane w utworach utlenionych białego spągowca i wapienia podstawowego, podścielających rudy Cu-Ag. Możliwe są tu przypuszczalne zasoby w wysokości ok. 10 t Au na względnie korzystnej głębokości 200–850 m.

Spośród głębiej usytuowanych obszarów perspektywicznych na uwagę zasługuje rozległy obszar Zielonej Góry, stanowiący północno-zachodnie przedłużenie pasa złotonośnego (z platyną i palladem), związanego z utworami utlenionymi, występującymi w zachodniej części Nowego Zagłębia Miedziowego (Oszczepalski, 2007). Z pozostałych obszarów perspektywicznych istotne wydają się jedynie te, poznane co najmniej dwoma pozytywnymi profilami, o względnie płytkim (powyżej 2000 m) zaleganiu, takie jak: Brzostowo, Chojnik, Grochowice i Nowa Wieś. Wszystkie przylegają do obszarów perspektywicznych Cu-Ag, przy czym obszar Nowej Wsi ma najkorzystniejszy zakres głębokości 800–850 m.

Ze względu na znacznie mniejszą liczbę oznaczeń zawartości Pt i Pd w utworach białego spągowca niż łupku miedzionośnego, analizę perspektywiczności wykonano jedynie dla horyzontu łupkowego. Spośród 118 zbadanych



Ryc. 3. Obszary perspektywiczne występowania mineralizacji Pt na tle rozmieszczenia utworów utlenionych i strefowości metalicznej w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej SW Polski

Fig. 3. Pt prospective areas in relation to Rote Fäule areas and metal zoning patterns in the Kupferschiefer copper-bearing series of SW Poland

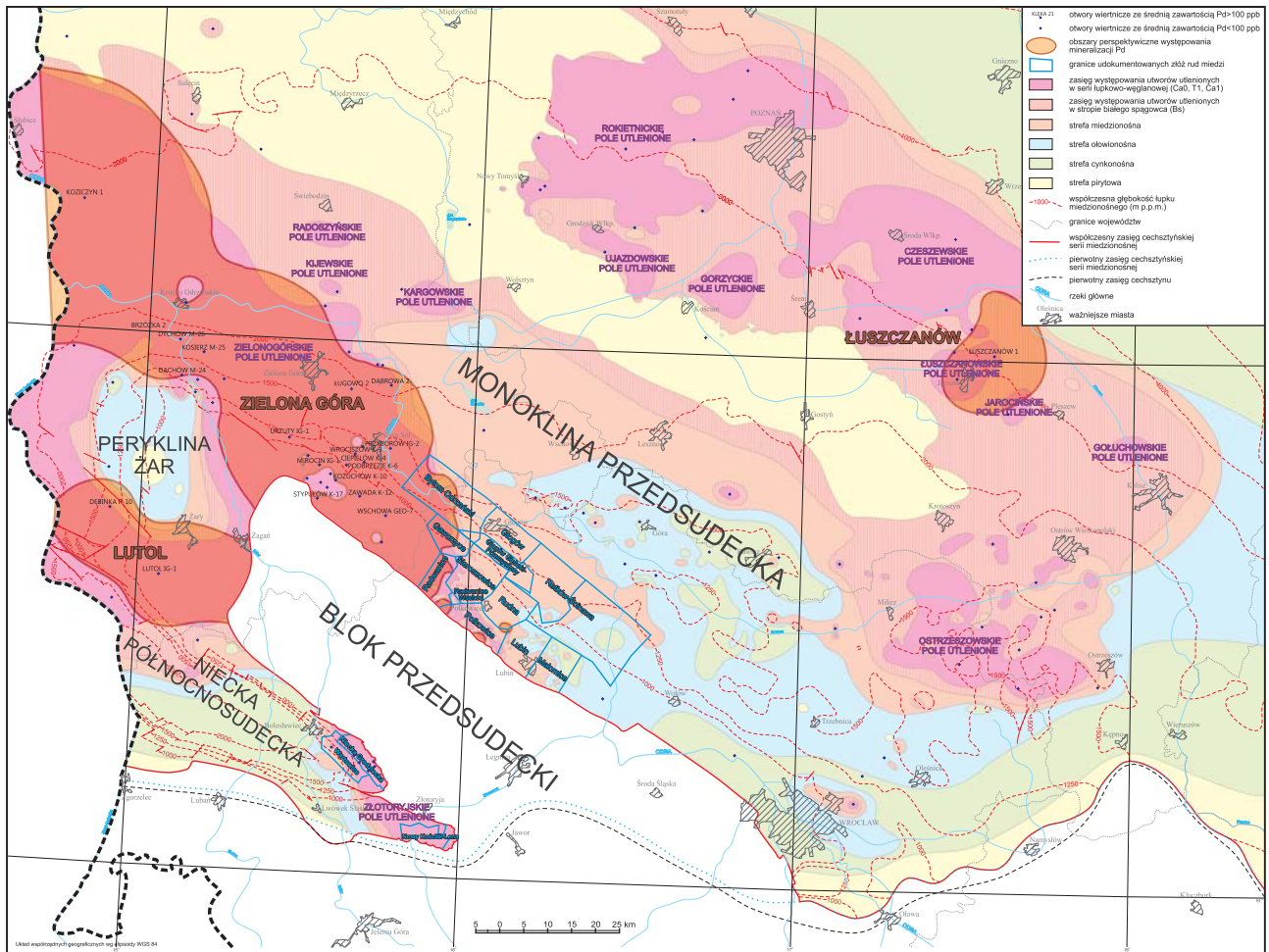
na zawartość Pt i Pd profili łupku miedzionośnego, 15 cechuje średnia zawartość przekraczająca 100 ppb Pt oraz 20 profili – ponad 100 ppb Pd. Na ich podstawie wyznaczono 3 obszary perspektywiczne platyny: Zielona Góra, Lutol i Miłosław (ryc. 3) oraz 3 obszary perspektywiczne palladu: Zielona Góra, Lutol i Łuszczanów (ryc. 4).

Rekomendacje dalszych prac

Z niniejszej analizy wynika, że zarówno złoto, jak i platynowce są związane z utworami utlenionymi cechsztyńskiej serii miedzionośnej, przy czym złoto koncentruje się przede wszystkim w peryferycznych partiach tych obszarów, natomiast w rozmieszczeniu mineralizacji Pt-Pd zarysowuje się tendencja preferencyjnego jej występowania w centrach obszarów utlenionych (ryc. 3, 4; tab. 5). W odróżnieniu od złóż Au, występujących w obrębie obszaru dokumentacyjnego złóż Cu-Ag Lubin–Sierszowice, mineralizacja Au-Pt-Pd poza nim koncentruje się głównie w łupku miedzionośnym, rzadziej w stropie białego spągowca (monoklina przedsudecka i peryklina Żar, NE część niecki północnosudeckiej) lub w strefie kontaktu wapienia podstawowego i białego spągowca (SE część niecki północnosudeckiej).

Uwzględniając wszystkie zgromadzone wyniki, należy stwierdzić, że w obecnych, wczesnych etapach poznawa-

nia mineralizacji typu Au-Pt-Pd, oprócz złóż w rejonie Polkowic, Sierszowic, Radwanic, Gaworzyc i Bytomia Odrzańskiego, trzy obszary perspektywiczne: Nowy Kościół–Lena i Konrad–Wartowice (Oszczepalski i in., 2011, 2012; Wojciechowski, 2011) oraz Zielona Góra (Oszczepalski & Speczik, 2011a, 2014; Krzemiński & Speczik, 2013), powinny przede wszystkim znaleźć się w kręgu zainteresowania eksploratorów i (lub) inwestorów górniczych, poszukujących rud Cu-Ag, lecz mających także na uwadze możliwość pozyskiwania złota i platynowców towarzyszących mineralizacji Cu-Ag bezpośrednio pod interwałem miedzionośnym. Pozostałe perspektywiczne wystąpienia złota i platynowców również mogą mieć pewne znaczenie jako surowiec towarzyszący w przypadku ewentualnego zagospodarowania potencjalnych rud miedzi. Z tych względów, prowadzenie rozpoznania mineralizacji Au-Pt-Pd równocześnie z rozpoznaniem złóż Cu-Ag, rezerwowych dla górnictwa miedziowego, pozwoli w przyszłości na elastyczne gospodarowanie zasobami złoża Cu-Ag z uwzględnieniem Au i platynowców w optymalnie najdłuższym okresie działalności górniczej. Dlatego omawiana mineralizacja Au-Pt-Pd powinna być nadal badana w dostępnych rdzeniach jednocześnie z prowadzonymi badaniami mineralizacji Cu-Ag, żeby możliwe stało się uzupełnienie obecnego obrazu rozprzestrzenienia wszystkich tych metali.



Ryc. 4. Obszary perspektywiczne występowania mineralizacji Pd na tle rozmieszczenia utworów utlenionych i strefowości metalicznej w utworach cechsztyńskiej serii miedzionośnej SW Polski

Fig. 4. Pd prospective areas in relation to Rote Fäule areas and metal zoning patterns in the Kupferschiefer copper-bearing series of SW Poland

Tab. 4. Uśrednione wartości parametrów mineralizacji Au w obszarach perspektywicznych SW Polski

Table 4. Mean Au values in the prospective areas of SW Poland

Obszar perspektywiczny <i>Prospective area</i>	Powierzchnia <i>Area</i> [km ²]	Liczba profili pozytywnych <i>The number of positive profiles</i>	Zakres głębokości <i>Depth range</i> [m]	Średnia miąższość <i>Average thickness</i> [m]	Średnia zawartość Au <i>Average Au content</i> [ppb]
Brzostowo	256	11	1500–1720	0,29	203
Chojnik	260	6	1550–1700	0,23	226
Chwaliszew	307	1	1800–1900	0,13	372
Czarna Wieś	173	4	2650–2750	0,08	183
Dachów	55	1	2700–2800	0,45	363
Dębinka	670	1	1400–2000	1,55	260
Grochowice	13	2	1600–1750	0,21	138
Klęka	1015	7	2840–3210	0,09	415
Konrad–Wartowice	30	5	200–850	0,43	323
Nowa Wieś	44	1	800–850	0,07	204
Nowy Kościół–Lena	47	7	0–10	0,32	865
Pakosław	122	1	1700–1750	0,14	247
Radziądz	29	1	1650–1700	0,47	128
Wilcze	40	1	2400–2450	0,02	218
Zielona Góra	2830	17	350–2900	0,22	622

Tab. 5. Uśrednione wartości parametrów mineralizacji Pt i Pd w łupku miedzionośnym w obszarach perspektywicznych SW Polski
Table 5. Mean Pt and Pd values in the Kupferschiefer in prospective areas of SW Poland

Obszar perspektywiczny Pt <i>Pt prospect</i>	Liczba otworów pozytywnych <i>The number of positive profiles</i>	Zakres głębokości <i>Depth range</i> [m]	Średnia miąższość <i>Average thickness</i> [m]	Średnia zawartość Pt <i>Average Pt content</i> [ppb]
Zielona Góra	13	300–2200	0,26	206
Lutol	1	300–1400	0,18	413
Miłosław	1	3500–4000	0,01	121
Obszar perspektywiczny Pd <i>Pd prospect</i>	Liczba otworów pozytywnych <i>The number of positive profiles</i>	Zakres głębokości <i>Depth range</i> [m]	Średnia miąższość <i>Average thickness</i> [m]	Średnia zawartość Pd <i>Average Pd content</i> [ppb]
Zielona Góra	17	300–2900	0,28	274
Lutol	2	300–2100	0,11	368
Łuszczanów	1	3200–3250	0,03	1020

Występowanie mineralizacji Au-Pt-Pd oddzielnie, obocznie względem rud miedziowo-srebrowych (z wyjątkiem mineralizacji Au-Pt-Pd bezpośrednio podścielającej rudy Cu-Ag), oznacza konieczność oddzielnego rozpoznania i udokumentowania zasobów. Z powyższych względów, zagospodarowanie mineralizacji Au-Pt-Pd będzie możliwe jedynie w przypadku realnej możliwości wyznaczenia furty eksploatacyjnej i sterowania eksploatacją w cienkich i zmiennych interwałach oraz opłacalnego pozyskiwania drobnodispersyjnej mineralizacji z ubogiej rudy. Z tym, że odzysk złota i platynowców ze stref utlenionych będzie wymagał oddzielnego składowania oraz opracowania odrębnego, innego niż w przypadku rud siarczkowych, procesu przeróbki rud. Dlatego należy stwierdzić, że ze względu na powyższe bariery i ograniczenia, istnieją niewielkie szanse na to, żeby mineralizacja Au-Pt-Pd w wydzielonych obszarach perspektywicznych została udokumentowana, jako samodzielne złoża, w stopniu umożliwiającym zagospodarowanie.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Wyznaczono 30 obszarów perspektywicznych występowania mineralizacji Cu-Ag, w tym 6 z zasobami prognostycznymi, 6 z perspektywicznymi oraz 18 z hipotetycznymi (w tym 10 obszarów o głębokości do 2000 m oraz 8 w zakresie 2000–4400 m). Do obszarów najpłytszych, o spągu cechsztynu na głębokości do 1500 m, należą 2 obszary z zasobami prognostycznymi (Krepa, Raciborowice) oraz 5 obszarów z zasobami hipotetycznymi (Bartków, Mirków, Nowiny, Ślubów i Żarków). Spośród nich jedynie obszar Raciborowice jest zbadany więcej niż jednym otworem. Drugą grupę stanowi 15 obszarów na głębokości 1500–2000 m, spośród których 4 obszary posiadają zasoby prognostyczne (Białoleka, Grochowice, Kulów i Luboszyce), a pozostałe mają zasoby perspektywiczne, zbadane więcej niż jednym otworem (Bogdaj, Borzęcin, Henrykowice, Janowo, Naratów, Sulmierzyce) i hipotetyczne, wyznaczone pojedynczymi otworami (Czeklin, Dębinka, Dębica, Milicz, Wilków). Trzecią grupę stanowią obszary ze spągami cechsztynu na głębokości poniżej 2000 m, z których jedynie 4 obszary (Kaleje, Mozów, Wilcze i Żerków) zostały wyznaczone przez więcej niż jeden otwór.

2. Do najistotniejszych obszarów perspektywicznych Cu-Ag należy zaliczyć obszary z zasobami prognostycznymi

(Białoleka, Grochowice, Krepa, Kulów, Luboszyce, Raciborowice), występujące w bezpośrednim otoczeniu udokumentowanych złóż, jako ich kontynuacja. Duże nadzieje należy wiązać także z innymi obszarami o znacznych zasobach na głębokości do 2000 m, na których są planowane lub prowadzone prace wiertnicze w ramach przyznanych koncesji poszukiwawczych, takich jak: Sulmierzyce oraz Janowo, Henrykowice i Bogdaj. Niezwykle interesująca jest możliwość przedłużania się złoża Bytom Odrzański, wzdłuż wschodniej granicy zielonogórskiego obszaru utlenionego, w stronę bogatej mineralizacji miedziowo-srebrowej stwierdzonej na obszarach: Jany, Mozów i Wilcze.

3. Wyznaczono 15 obszarów perspektywicznych złota, w tym jeden obszar (Nowy Kościół–Lena) w warunkach powierzchniowych i przypowierzchniowych, 9 obszarów z mineralizacją na głębokości do 2000 m oraz 4 obszary o głębokości poniżej 2000 m, w których średnia miąższość interwału złotonośnego zmienia się w granicach 0,02–1,55 m, a średnia zawartość od 128 do 865 ppb Au. Ponadto, wyznaczono 3 obszary perspektywiczne platyny (Zielona Góra, Lutol, Miłosław) oraz 3 obszary dla palladu (Zielona Góra, Lutol, Łuszczanów), w znacznym stopniu pokrywające się z obszarami perspektywicznymi złota. W obszarach tych stwierdzono bardzo cienki interwał (w granicach 0,01–0,28 cm miąższości) o średniej zawartości w granicach 121–413 ppb Pt i 274–1020 ppb Pd. W obecnych, wczesnych etapach rozpoznawania mineralizacji Au-Pt-Pd, następujące rejony mogą być w pierwszej kolejności zagospodarowane: Konrad–Wartowice i Nowy Kościół–Lena. Poza tymi obszarami, w kręgu zainteresowania koncesjodawców mogą znaleźć się także inne rejony potencjalnego pozyskiwania złota, takie jak: Brzostowo, Chojnik, Chwaliszew, Grochowice, Nowa Wieś, Pakosław i Zielona Góra. Jednak wszystkie te wystąpienia nie tworzą samodzielnych złóż (z wyjątkiem rejonu Nowy Kościół–Lena), dlatego, z powodu występowania mineralizacji Au-Pt-Pd bezpośrednio pod rudami Cu-Ag lub w strefie lateralnego ząbienia się rud Cu-Ag z utworami utlenionymi, pewna część złota i platynowców zgromadzonych w obszarach perspektywicznych ma szansę na pozyskanie, ale jedynie w trakcie ewentualnej eksploatacji rud Cu-Ag.

4. Ze względu na rzadko rozmieszczoną i nieregularną siatkę zbadanych otworów i geometryczną interpolację danych, granice wyznaczonych obszarów perspektywicznych

oraz szacunki zasobowe należy traktować jako orientacyjne. Oznacza to, że w przypadku ich doprecyzowania badaniami następnymi wierceni archiwalnych lub prospekcją wiertniczą, mogą nastąpić znaczne wzrosty lub spadki szacunków zasobowych. Poza wartościami parametrów złożowych (średnia zawartość, zasobność), zasadniczymi barierami natury geologicznej, stanowiącymi potencjalne zagrożenia dla pomyślnej eksploracji oraz ewentualnego zagospodarowania mineralizacji Cu-Ag są: głębokość spągu cechsztynu, ograniczony zakres posiadanej informacji geologicznej, rzadko ułożona i nieregularna siatka odwiertów z dostępnymi rdzeniami, zgrupowanie otworów do badań w rejonach struktur ropno-gazowych, niższa na ogół miąższość interwału rudnego w porównaniu z udokumentowanymi złożami Cu-Ag oraz niekorzystne warunki geologiczno-górniczne (oprócz znacznej na ogół głębokości występowania, wysoka temperatura górotworu – 45–55°C i zagrożenia ropno-gazowe – węglowodory, azot, hel). Bariere ekonomiczną mogą stanowić wysokie koszty wydobycia kopaliny (w tym podatek od jej wydobycia), spowodowane jego gorszą jakością, naturalnym zubożeniem rudy wybieranej i głębokością jej zalegania oraz potencjalnymi zagrożeniami dla konwencjonalnych prac górniczych, wymagających chłodzenia górotworu i likwidacji zagrożeń ropno-gazowych. W przypadku mineralizacji Au-Pt-Pd, dodatkowymi ograniczeniami są: nieznaczna miąższość interwałów, duża zmienność koncentracji w profilu, lateralna nieciągłość interwału okruszczonego, drobno-dyspersyjna forma występowania, niepełna wiedza o wszystkich nośnikach, trudna wzbogacalność metodami grawitacyjnymi i flotacją, wysokie przewidywane koszty eksploatacji i odzysku.

5. Potencjał rozwoju bazy zasobowej surowców mineralnych stawia Polskę w rzędzie krajów o kluczowym znaczeniu dla bezpieczeństwa Unii Europejskiej. Udokumentowane zasoby bilansowe w Polsce wynoszą ok. 1761,96 mln t rudy o zawartości 33,78 mln t miedzi i 103,18 tys. t srebra. Przewiduje się, że wydobycie rud miedzi będzie utrzymywało się na średnim poziomie 28,5 mln t/rok do ok. 2022 r., a potem nastąpi powolny spadek wydobycia do ok. 2060 r. Z tych względów niezwykle istotna jest stała aktualizacja szacunków zasobowych dla obszarów perspektywicznych, nie tylko poprzez badania rdzeni archiwalnych otworów wiertniczych dotąd niezbadanych, lecz także niezbędna będzie prospekcja i eksploracja wiertnicza, szczególnie w rejonach o rzadko rozmieszczonej siatce odwiertów. Prace te umożliwiłyby w przyszłości rozpoznanie i udokumentowanie zasobów przede wszystkim w korzystnym zakresie głębokości, gdyż eksploatacja na znacznych głębokościach będzie wymagać zastosowania najnowszej technologii, stworzenia sprzyjających warunków inwestycyjnych oraz przygotowania długoterminowej strategii surowcowej zarówno w ujęciu krajowym, jak i unijnym.

Autorzy dziękują Recenzentom za cenne uwagi, które miały wpływ na ostateczną formę artykułu. Badania były finansowane przez NFOŚiGW w ramach prac PSG.

LITERATURA

- BACHOWSKI C., KUDELKO J. & WIRTH H. 2011 – Baza krajowych zasobów złóż rud miedzi i perspektywy jej rozwoju. [W:] Banaszak A. i in. (red.), Geolodzy w służbie Polskiej Miedzi. Konferencja Środowiskowa Geologów, Lubin, 24 marca 2011 r.: 91–106.
- BECHTEL A., GHAZI A.M., ELLIOTT W.C. & OSZCZEPALSKI S. 2001 – The occurrences of the rare earth elements and the platinum group elements in relation to base metal zoning in the vicinity of Rote Fäule in the Kupferschiefer of Poland. *Appl. Geochem.*, 16: 375–386.
- BOSSOWSKI A. (red.) 1982 – Rudy miedzi. [W:] Zasoby perspektywiczne kopalni Polski. Wyd. Geol., Warszawa: 153–206.
- CZAPOWSKI G., BUKOWSKI K., GAŚIEWICZ A. & SADŁOWSKA K. 2015 – Obszary perspektywicznych wystąpień i zasoby przewidywane surowców chemicznych Polski na mapach w skali 1 : 200 000 – sól kamienna, sole potasowo-magnezowe i siarka. *Prz. Geol.*, 63 (9): 561–571.
- GALOS K., NIEĆ M., RADWANIEK-BAK B., SMAKOWSKI T. & SZAMAŁEK K. 2012 – Bezpieczeństwo surowcowe Polski w Unii Europejskiej i na świecie. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 452: 43–52.
- GOSPODARCZYK E. 1978 – Miedzionośność utworów spagowych cechsztynu na monoklinie przedsudeckiej i peryklinie Żar oraz możliwości dalszych poszukiwań. *Prz. Geol.*, 26: 97–102.
- GOSPODARCZYK E. & METLERSKI E. 1986 – Rudy miedzi – monoklina przedsudecka. [W:] Bolewski A. & Gruszczak H. (red.), Zasoby perspektywiczne kopalni Polski. Instytut Geologiczny, Warszawa: 174–179.
- KOZMA J. 2015 – Metodyka waloryzacji przestrzennej pokrycia terenu i obiektów ochrony przyrody na potrzeby oceny konfliktowości potencjalnej eksploatacji kopalni w obszarach perspektywicznych. *Prz. Geol.*, 63 (9): 581–588.
- KRZEMIŃSKI P. & SPECZIK S. 2013 – Progностyczne złożo rud Cu-Ag w województwie lubuskim (SW Polska). *Zeszyty Nauk. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energią PAN*, 85: 231–240.
- KUCHA H. 1983 – Precious metal bearing shale from Zechstein copper deposits, Lower Silesia, Poland. *Trans. Instn. Min. Metall.*, 92: B72–B79.
- KUCHA H. & PRZYBYŁOWICZ W. 1999 – Noble metals in organic matter and clay-organic matrices, Kupferschiefer, Poland. *Econ. Geol.*, 94: 1137–1162.
- KUCHA H., MAYER W. & PIETRZYŃSKI A. 1982 – Mineralogia i geochemia srebra kopalni Konrad. *Rudy Met. Nieżel.*, 6: 254–258.
- MIKULSKI S.Z., 2015 – Mapy obszarów perspektywicznych wystąpień rud metali w Polsce w skali 1 : 200 000 – rudy złota typu żyłowego i metasomatycznego towarzyszące mineralizacji siarczkowej na Dolnym i Górnym Śląsku oraz w Małopolsce (południowa Polska). *Prz. Geol.* 63 (9): 546–555.
- MIKULSKI S.Z. & SADŁOWSKA K. 2015 – Mapy obszarów perspektywicznych wystąpień rud metali w Polsce w skali 1 : 200 000 – rudy niklu typu wietrzeniowego (saprolirowego) na bloku przedsudeckim (SW Polska). *Prz. Geol.* 63 (9): 556–560.
- MIKULSKI S.Z., WOJCIECHOWSKI A. & OSZCZEPALSKI S. 2011 – Rudy złota. [W:] Wołkowicz S. i in. (red.), Bilans zasobów perspektywicznych kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa: 110–117.
- MIKULSKI S.Z., OSZCZEPALSKI S., CZAPOWSKI G., SADŁOWSKA K., GAŚIEWICZ A., MARKOWIAK M., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., SZTROMWASSER E., KOZMA K., SIKORSKA-MAYKOWSKA M., PAULO A., CHMIELEWSKI A., RADWANIEK-BAK B., GIELŻECKA-MADRY D., MADRY S., MICHNIEWICZ M., BUKOWSKI K., KUĆ P., BLIŹNIUK A., KOSTRZ-SIKORA P. & PIOTROWSKA M. 2015 – Mapy obszarów perspektywicznych wystąpień rud metali i surowców chemicznych w Polsce w skali 1 : 200 000 wraz z ich oceną surowcową i ograniczeniami środowiskowymi i zagospodarowania przestrzennego. *Nar. Arch. Geol. PIG-PIB [1714/2015]*, Warszawa.
- OSZCZEPALSKI S. 1989 – Kupferschiefer in southwestern Poland: sedimentary environments, metal zoning, and ore controls. [W:] Boyle R.W. i in. (red.), Sediment-hosted stratiform copper deposits. *Geol. Assoc. Canada Spec. Pap.*, 36: 571–600.
- OSZCZEPALSKI S. 1999 – Origin of the Kupferschiefer polymetallic mineralization in Poland. *Mineralium Deposita*, 34: 599–613.
- OSZCZEPALSKI S. 2007 – Mineralizacja Au-Pt-Pd w cechsztyńskiej serii miedzionośnej na obszarach rezerwowych górnictwa miedziowego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 423: 109–124.
- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 1983 – Miedzionośność utworów permu na obszarze przylegającym do złoża Lubin–Sieroszowice. *Prz. Geol.*, 31: 437–444.
- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 1991 – The Kupferschiefer mineralization in Poland. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I, H.4*: 975–999.
- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 1993 – Rudy miedzi. [W:] Bak B. & Przeniosło S. (red.), Zasoby perspektywiczne kopalni Polski wg stanu na 31.XII.1990. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa: 98–116.
- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 1995 – Zechstein polymetallic mineralization on the Żary Pericline. [W:] Oszczepalski S. (red.), Geology and mineral resources of the Żary Pericline. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 151: 21–34.

- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 1997 – Atlas metalogeniczny cechsztyńskiej serii miedzionożnej w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny – Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej SA. Warszawa.
- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 1998 – Złoto, platyna i pallad w złożu Lubin–Sieroszowice na podstawie danych z otworów wiertniczych. PTGMin. Pr. Spec., 10: 51–70.
- OSZCZEPALSKI S. & RYDZEWSKI A. 2007 – Rozmieszczenie metali w basenie cechsztyńskim. [W:] Piestrzyński A. (red.), Monografia KGHM Polska Miedź SA, wydanie II. Allexim Sp.z o.o., Wrocław: 95–101.
- OSZCZEPALSKI S. & SPECZIK S. 2011a – Rudy miedzi i srebra. [W:] Wołkiewicz S. i in. (red.), Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r. PIG.-PIB, Warszawa: 76–93.
- OSZCZEPALSKI S. & SPECZIK S. 2011b – Prospectivity analysis of the Polish Kupferschiefer – new insight. [W:] Barra F. i in. (red.), Let's Talk Ore Deposits, 11th SGA Biennial Meeting, 26–29th September 2011. Ediciones Universidad Católica del Norte, Antofagasta: 294–296.
- OSZCZEPALSKI S. & SPECZIK S. 2014 – Perspektywiczna baza zasobowa rud miedzi w Polsce. [W:] Rola Polski w zwiększaniu bezpieczeństwa surowcowego Unii Europejskiej. Europa bezpieczna i konkurencyjna – realistyczny cel czy nieosiągalne marzenie? Perspektywa biznesu, Sopot, 1–3 października 2014. Druk. Piotra Włodarskiego: 5–23.
- OSZCZEPALSKI S., PIESTRZYŃSKI A., RYDZEWSKI A., SPECZIK S. & NICZYPORUK K. 1997 – Poszukiwania cechsztyńskiej mineralizacji Au-Pt-Pd w SW Polsce. [W:] Muszer A. (red.), Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyлегłych. Geneza, występowanie, perspektywy. Konferencja Naukowa Jarnołtówek 19–21 czerwiec 1997 r. Wrocław: 48–55.
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A. & SPECZIK S. 1999 – Rote Fäule-related Au-Pt-Pd mineralization in SW Poland: new data. [W:] Stanley Ch. i in. (red.), Mineral Deposits: Processes to Processing. Balkema, Rotterdam: 1423–1426.
- OSZCZEPALSKI S., NICZYPORUK K. & PASŁAWSKI P. 2002 – Gold, platinum and palladium in the Kupferschiefer, Lower Silesia, SW Poland. [W:] Sedimentary, Magmatic and Ore-forming Responses to Compressional and Tensional Tectonics: A focus on Africa. 11th Quadrennial IAGOD Symposium and Geocongress 2002, Windhoek, Namibia, 22–26.07.2002. Extended CD-ROM Abstract Volume, s. 4.
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S. & WOJCIECHOWSKI A. 2011 – Gold mineralization in the Kupferschiefer oxidized series of the North Sudetic trough, SW Poland. [W:] Kozłowski A. & Mikulski S.Z. (red.), Gold in Poland. AM Monograph, 2: 153–168.
- OSZCZEPALSKI S., CHMIELEWSKI A., SOWULA W., BORATYN J., PIKUŁA K. & ZIELIŃSKI K. 2012 – Ocena możliwości występowania cechsztyńskiej mineralizacji Cu-Ag na obszarze województwa lubuskiego i wielkopolskiego na podstawie archiwalnych materiałów wiertniczych, w tym wierceń naftowych. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB [4321/2012], Warszawa.
- PIECZONKA J., PIESTRZYŃSKI A., GŁUSZEK A. & MICHALIK A. 1998 – Występowanie złota, platyny i palladu w obszarze złożowym Polkowice–Sieroszowice. PTMin. Pr. Spec, 10: 71–86.
- PIECZONKA J., PIESTRZYŃSKI A., MUCHA J., GŁUSZEK A., KOTARBA M. & WIĘCŁAW D. 2008 – The red-bed-type precious metal deposit in the Sieroszowice–Polkowice copper mining district, SW Poland. Ann. Soc. Geol. Pol., 78: 151–280.
- PIESTRZYŃSKI A. & SAWŁOWICZ Z. 1999 – Exploration for Au and PGE in the Polish Zechstein copper deposits (Kupferschiefer). J. Geochem. Explor., 66: 17–25.
- PIESTRZYŃSKI A., WODZICKI A. & BANASZAK A. 1996 – Złoto w złożu rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej. Prz. Geol., 44: 1098–1102.
- PIESTRZYŃSKI A., PIECZONKA J., SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S. & BANASZAK A. 1997 – Noble metals from the Kupferschiefer-type deposits, Lubin–Sieroszowice, SW Poland. [W:] Papunen H. (red.), Mineral Deposits: Resources and Exploration – Where do They Meet? Balkema, Rotterdam: 563–566.
- PREIDL M. 1971 – Perspektywy poszukiwań złóż rud miedzi w cechsztyńskim. III Krajowy Zjazd Gór. Rud, Lubin 1971: 109–116.
- ROZPORZĄDZENIE, 2005 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalni. Dz.U. nr 116, poz. 978.
- ROZPORZĄDZENIE, 2011 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji geologicznej złoża kopaliny. Dz.U. nr 291, poz. 1712.
- RYDZEWSKI A. 1969 – Petrografia łupków miedzionożnych cechsztyńskich na monoklinie przedsudeckiej. Biul. Inst. Geol., 217: 113–167.
- RYDZEWSKI A. 1978 – Facja utleniona cechsztyńskiego łupku miedzionożnego na obszarze monokliny przedsudeckiej. Prz. Geol., 26: 102–108.
- SAWŁOWICZ Z. 1993 – Iridium and other platinum-group elements as geochemical markers in sedimentary environments. Paleogeogr., Paleoclim., Paleoecol., 104: 253–270.
- SAWŁOWICZ Z. 1994 – PGE and Re in the Zechstein Cu-deposit (Kupferschiefer from the Lubin–Głogów mining area), Poland. [W:] IAGOD, IXth Symp 2: 884–885.
- SIKORSKA-MAYKOWSKA M., KOSTRZ-SIKORA P., BLIŻNIUK A. & PIOTROWSKA M. 2015 – Ograniczenia środowiskowe obszarów perspektywicznych wystąpień rud metali i surowców chemicznych w Polsce. Prz. Geol., 63 (9): 589–597.
- SMAKOWSKI T. & SZAMAŁEK K. 2009 – Zasady określania zasobów perspektywicznych kopalni. [W:] Wołkiewicz S. i in. (red.), Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r. Min. Środ., Warszawa: 11–15.
- SPECZIK S. & WOJCIECHOWSKI A. 1997 – Złotonożne utwory z pogranicza czerwonego spagowca i cechsztyńskie północnosudeckiej w okolicach Nowego Kościoła. Prz. Geol., 45: 872–874.
- SPECZIK S., RYDZEWSKI A., OSZCZEPALSKI S. & PIESTRZYŃSKI A. 1997 – Exploration for Cu-Ag and Au-Pt-Pd Kupferschiefer-type deposits in SW Poland. [W:] Papunen H. (red.), Mineral Deposits: Resources and Exploration – Where do They Meet? Balkema, Rotterdam: 119–122.
- SPECZIK S., MACIOŁEK J.B., WOJCIECHOWSKI A. & FARBISZ J. 1999 – Mercury as an indicator of the regional extend of gold mineralizing processes in the North-Sudetic Trough, Sudetes Mts. (Poland). Comunicaciones, 50: 105–108.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S., NOWAK G. & KARWASIECKA M. 2007 – Cechsztyński łupek miedzionożny – poszukiwania nowych rezerw. Biul. Państw. Inst. Geol., 423: 173–188.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S. & CHMIELEWSKI A. 2013 – Exploration and mining perspective of the Kupferschiefer series in SW Poland: digging deeper? [W:] Jonsson E. i in. (red.), Mineral deposit research for a high-tech world. Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden, Volume 2: 687–690.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S. & MAŁECKA K. 2014 – Nowe dane na temat bazy zasobowej rud miedzi i srebra w Polsce. XXIV Konferencja: Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi, Zakopane, 5–7 listopada 2014. Zeszyty Nauk. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energią PAN, 88: 235–250.
- SZTROMWASSER E., GIEŁŻECKA-MĄDRY D., MĄDRY S., KUĆ P. & SADŁOWSKA K. 2015 – Zasoby perspektywiczne surowców siarczanowych Polski na mapach w skali 1 : 200 000 – gipsy i anhydryty. Prz. Geol., 63 (9): 572–580.
- WIRTH H., BANASZAK A., RYDZEWSKI A. & OSZCZEPALSKI S. 2007 – Obszary rezerwowe i perspektywiczne dla złóż miedzi. [W:] Piestrzyński A. (red.) Monografia KGHM Polska Miedź SA, wydanie II. Allexim sp.z o.o., Wrocław: 263–269.
- WOJCIECHOWSKI A. 2001 – Poziom złotoności z pogranicza czerwonego spagowca i cechsztyńskie północnosudeckiej w rejonie Nowego Kościoła. Prz. Geol., 49: 51–62.
- WOJCIECHOWSKI A. 2011 – Gold and copper in the western part of the North-Sudetic trough. [W:] Kozłowski A. & Mikulski S.Z. (red.), Gold in Poland. AM Monograph, 2: 169–177.
- WYŻYKOWSKI J. 1958 – Poszukiwania rud miedzi na obszarze strefy przedsudeckiej. Prz. Geol., 6: 17–22.
- WYŻYKOWSKI J. 1971 – Dotychczasowe wyniki geologicznych prac badawczych a dalsze perspektywy stwierdzenia nowych złóż rud miedzi w Polsce. Cuprum, 12: 20–29.
- ZIENTEK M.L., OSZCZEPALSKI S., PARKS H.L., BLISS J.D., BORG G., BOX S.E., DENNING P.D., HAYES T.S., SPIETH V. & TAYLOR C.D. 2015 – Assessment of undiscovered copper resources associated with the Permian Kupferschiefer, Southern Permian Basin, Europe: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5090-U, s. 94.