

## ZŁOŻA TLENOWYCH RUD CYNKU W OKRĘGU ŚLĄSKO-KRAKOWSKIM

### NONSULFIDE ZINC DEPOSITS IN THE SILESIA-CRACOW DISTRICT

BOŻENA STRZELSKA-SMAKOWSKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Rudy tlenowe (galmany) cynku przeżywają renesans w górnictwie światowym. Jest on spowodowany odkryciami geologicznymi, przyczynami technologicznymi i ekonomicznymi. W Polsce, która była przez wieki dużym producentem, zaniechano ich eksploatacji z początkiem lat 90. i przypuszczalnie nie będą już one miały znaczenia przemysłowego. Galmany są ściśle związane ze strefą utlenienia rud siarczkowych obszaru śląsko-krakowskiego. Przeważają tam tzw. czerwone galmany, występujące na wychodniach dolomitów kruszczoných w pasie Trzebinia–Krzeszowice–Olkusz–Siewierz, w okolicy Tarnowskich Gór oraz w nieckach bytomskiej i chrzanowskiej. Dużo rzadsze są tzw. białe galmany, znane głównie z kopalni Matylda koło Chrzanowa. W artykule wskazano na różnice składu mineralnego, chemicznego, izotopów stabilnych H i O, temperatury powstania galmanów, określono formy występowania i czas wietrzenia.

**Słowa kluczowe:** galmany, wietrzenie rud Zn–Pb, okręg śląsko-krakowski.

**Abstract.** The discoveries of large nonsulfide zinc deposits and development of new technologies of zinc recovery resulted in renewed interest in the calamine ores worldwide. In Poland such ores have been exploited for centuries, but in 1990s the exploitation ceased, and probably they will have not economic importance in the future. The nonsulfide zinc ores are connected with supergene zone of sulphide ores. So called “red galmei” were commonly distributed on the outcrops of Ore-bearing Dolomite in the belt Trzebinia–Krzeszowice–Olkusz–Siewierz, near Tarnowskie Góry and in Bytom and Chrzanów troughs. Uncommon, white galmei were known mainly from Matylda mine near Chrzanów. The differences in mineralogical, chemical, stable isotope H–O compositions, crystallization temperatures were indicated and their forms and the weathering time determined.

**Key words:** nonsulfide Zn ores (calamine, galmei), weathering, Silesia-Cracow district.

Okręg śląsko-krakowski był przez stulecia jednym z największych producentów cynku i ołowiu na świecie. Eksploatacja górnicza galmanów w rejonie Bytomia datuje się od XII w., a od XIII w. górnictwo rudne rozwinęło się w okolicach Tarnowskich Gór, Sławkowa, Olkusza, Chrzanowa, Trzebini i Siewierza (Grzechnik, 1978). Z początkiem XIX w. produkcja cynku metalicznego z rud tlenowych na obszarze śląsko-krakowskim sięgała 8,9 tys. Mg (74% produkcji światowej). W latach 50. i do połowy lat 60. XX w. udział rud tlenowych w całkowitych zasobach rud Zn–Pb w Polsce stanowił około 33% (Przeniosło i in., 1992). Rudy utlenione były skupione głównie w złożach niecki bytomskiej (kopal-

nie Waryński, Marchlewski, Orzeł Biały, Nowy Dwór i Dąbrówka Wielka), w złożu Bolesław k. Olkusza (część wyniesiona) i w kopalni Matylda (niecka chrzanowska).

Eksploatację złóż tlenowych rud Zn i Pb w rejonie olkuskim zakończono w 1985 roku, nie wyczerpując zasobów. Nadal jednak w obrębie zlikwidowanych kopalń Bolesław (1996) i Olkusz (2001) oraz w złożu Krzykawa rudy tlenowe stanowią potencjalną rezerwę zasobową. Podane poniżej wielkości zasobów dotyczą wyłącznie stref przypowierzchniowych do głębokości kilkudziesięciu metrów. W zestawieniu pominięto natomiast gniazda rudy tlenowej obecne na różnych poziomach eksploatacji podziemnej dawnych ko-

<sup>1</sup> Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: bozenasmakowska@wp.pl

pałń. Nie analizowano również zwałów w okolicy Bytomia, na których gromadzono rudy uznawane dawniej za ubogie, natomiast wykorzystywane przez przemysł z powodzeniem w połowie XX w.

Analiza rozmieszczenia rud tlenowych pozwala oszacować ich zasoby geologiczne (wg kryteriów bilansowości z 1975 r.; w mln Mg rudy) następująco:

- w złożu Bolesław (poła Pod Szybami, Ujków, dawna kopalnia Ulisses) – 5,5 (5,05/0,23% Zn/Pb);
- w złożu Krzykawa – 3,0 (3,65/0,51% Zn/Pb);
- w złożu Olkusz (zrąb i rów Olkusz-Bolesław) – 2,4 (6,02/2,19% Zn/Pb).

Zasoby geologiczne rud tlenowych wynoszą łącznie około 10,9 mln Mg rud, zawierających ponad 500 tys. Mg Zn i 80 tys. Mg Pb. Zasoby te, pomimo niekorzystnej relacji miąższości złoża do nadkładu, powinny być obecnie przedmiotem powtórnej analizy ekonomicznej.

W 1989 r. zaniechano wydobycia rud ze złóż Dąbrówka Wielka i Orzeł Biały oraz zwałów rudy utlenionej. W 1991 r. zasoby złoża Orzeł Biały skreślono, a Dąbrówki Wielkiej w strefie nienaruszonej robotami górniczymi, przekwalifikowano do pozabilansowych (Bilans zasobów..., 1992). Kopalnia Dąbrówka Wielka dostarczyła w 1989 r. 244,3 tys. Mg rudy utlenionej o średniej zawartości 6,5% Zn. W 1990 r. zaniechano produkcji cynku z rud utlenionych w Wydziale Tlenku Cynku HC Miasteczko Śląskie ze względów ekonomicznych (niska efektywność procesu produkcji) oraz środowiskowych (Przeniosło i in., 1992).

W 1990 r. udział rud tlenowych spadł do około 18% w zasobach bilansowych, zagospodarowanych, a średnia zawartość Zn w tych rudach wynosiła około 5,9%.

Rudy tlenowe w Polsce to w przewadze tzw. czerwone galmany. Są one ściśle związane ze strefą utlenienia rud siarczkowych obszaru śląsko-krakowskiego (Coppola i in., 2009). Występują na wychodniach dolomitów kruszczońskich w pasie Trzebinia–Krzeszowice–Olkusz–Siewierz, w okolicy Tarnowskich Gór, w nieckach bytomskiej i chrzanowskiej (fig. 1). Tworzą warstwy, gniazda lub soczewy w całym profilu dolomitu kruszczońskiego. Większość galmanów czerwonych rozwinęła się bezpośrednio nad rudami siarczkowymi, w miejscach narażonych na wietrzenie, jak zręby tektoniczne, strefy zbrekcowania i skrasowienia pierwotnego złoża.

Dużo rzadsze są tzw. galmany białe, znane głównie z kopalni Matylda k. Chrzanowa. Różnią się od poprzednich składem mineralnym, chemicznym, izotopowym H–O i prawdopodobnie genezą.

Skład mineralny galmanów ze złóż śląsko-krakowskich jest prosty. Głównym składnikiem wysokożelazistych galmanów czerwonych jest smitsonit ( $\text{ZnCO}_3$ ), cerusyt ( $\text{PbCO}_3$ ), getyt ( $\text{FeOOH}$ ), hydrocynkit ( $\text{Zn}_5[(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2]$ ), rzadziej hemimorfit  $\text{Zn}_4[(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{H}_2\text{O}$ , dolomit cynkowy ( $\text{Ca,Mg,Zn}[\text{CO}_3]_2$ ), tarnowicyt ( $\text{Ca,Pb}[\text{CO}_3]$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), dolomit ( $\text{Ca, Mg}[\text{CO}_3]_2$ ), kalcyt  $\text{CaCO}_3$ , baryt  $\text{BaSO}_4$  i gips  $\text{Ca}[\text{SO}_4]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Żabiński, 1960). Tworzą one tekstury ziemiste, brekcyjne, konkrecyjne lub pojedyncze agregaty krystaliczne. W galmanach białych z kopalni Matylda dominują:

smitsonit, Fe-smitsonit (monheimit) ( $\text{Zn,Fe}[\text{CO}_3]$ ), dolomit cynkowy i kalcyt.

Skład mineralny i formy rud tlenowych są zróżnicowane. W okolicach Tarnowskich Gór przeważały gniazda rudy limonitowej i srebronośnej galeny. W niecce bytomskiej dominowały rudy galmanowe i sfalerytowe. W złożu Olkusz resztki rud siarczkowych są skupione w utlenionej masie ziemistej, znajdującej się, podobnie jak w pobliskim złożu Bolesław, na zrębach tektonicznych (Radwanek-Bąk, 1983). Rudy siarczkowe leżą w rowach pod nieprzepuszczalnymi utworami kajpru (Nieć i in., 1993). W niecce chrzanowskiej w kopalni Trzebinia rudy tlenowe tworzą nieciągłą warstwę nad rudami siarczkowymi. W pobliskiej kopalni Matylda występuje kilka nieregularnych soczew białych i czerwonych galmanów. Pierwsze z nich są zlokalizowane głównie w zewnętrznych częściach złoża lub w formie pojedynczych płatów w obrębie galmanów czerwonych. Granice między tymi dwoma typami petrograficznymi galmanów są stopniowe (Panek, Szuwarzyński, 1974; Kucha, 2005).

Procesy wietrzenia rud Zn–Pb w okręgu śląsko-krakowskim zachodziły prawdopodobnie od późnej kredy aż do późnego miocenu. W tym czasie zdarzały się krótkotrwałe okresy dźwignania kompleksu utworów permomezozoicznych budujących monoklinę śląsko-krakowską oraz ich zuskokowanie, pęknięcie, tworzenie form krasowych i niszczenie części utworów pokrywy. Sprzyjało to przenikaniu wód meteorycznych i rozwojowi procesów wietrzeniowych. Na podstawie badań składu izotopowego tlenu w smitsonitach z galmanów czerwonych i w wodach paleometeorycznych z prowincji śląsko-krakowskiej, temperaturę tworzenia węglanowych minerałów cynku określono na 7–18°C (Coppola i in., 2009). Są to temperatury odpowiadające kontynentalnemu środowisku przypowierzchniowemu w klimacie umiarkowanym. Temperatury te są zbliżone do temperatury tworzenia smitsonitów w złożach wietrzeniowych Belgii (Moresnet), lecz nieco niższe od temperatur powstawania tlenowych minerałów cynku i ołowiu w złożach Bawarii (Freihung), w południowo-zachodniej Sardynii (Iglesiente) i Portugalii (Vila Ruina) (Gilg i in., 2008). Temperatury precypitacji kalcytu (11–21°C), późniejszego od węglanów cynku i ołowiu, świadczą także o warunkach klimatu umiarkowanego w czasie procesów wietrzeniowych (Coppola i in., 2009).

Trudniejsze jest wyjaśnienie genezy białych galmanów. Powszechnie uważa się, że są one wynikiem precypitacji z tych samych roztworów bogatych w żelazo i cynk, z których powstały rudy siarczkowe (Żabiński, 1958, 1986; Panek, Szuwarzyński, 1974; Bąk, Nieć, 1978) lub że faza węglanowa poprzedzała diagenetyczną precypitację siarczków w warunkach redukcyjnych, bezsiarczkowych (Kucha, Czajka, 1984; Kucha, 2005). Pozycja stratygraficzna białych galmanów z kopalni Matylda jest analogiczna do pozycji rud siarczkowych w pobliskiej kopalni Trzebinia. Głównym składnikiem białych galmanów jest Fe-smitsonit (monheimit) i dolomit cynkowy, zawierające  $\text{Fe}^{+2}$ , co świadczy o bardziej redukcyjnych warunkach ich powstawania w porównaniu z czerwonymi galmanami, obfitującymi w getyt

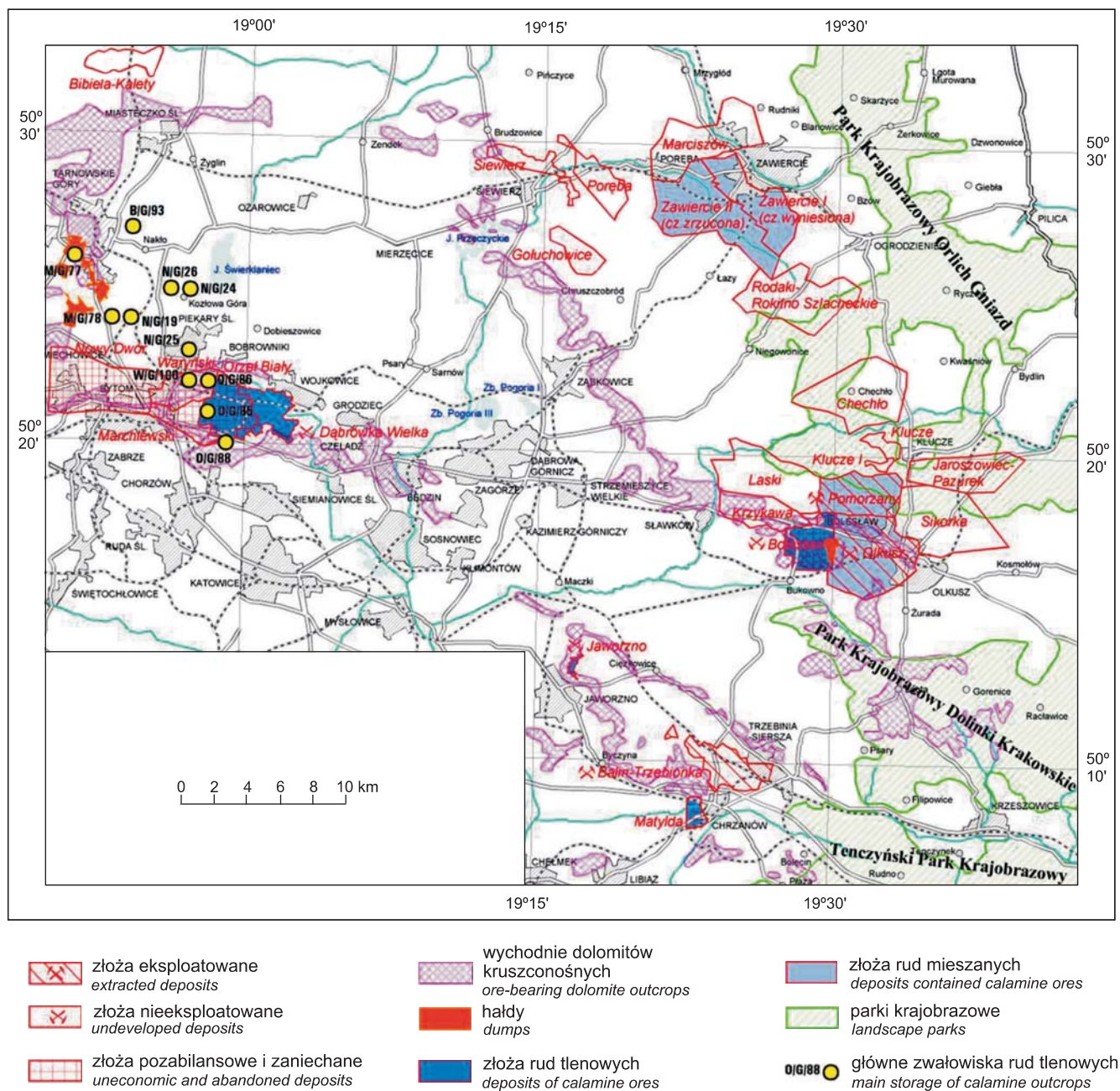


Fig. 1. Złoża i zwałowiska rud Zn-Pb w okręgu śląsko-krakowskim

Silesian-Cracow Zn-Pb ore deposits and wastes

i hematyt. Temperatury tworzenia Fe-smitsonitu (35–53°C) i dolomitu cynkowego (30–38°C oraz obecność aureoli smitsonitowo-syderytowej wokół ciał siarczkowych w Trzebnicy (Kucha, 2003) oraz Fe-smitsonitowo-barytowej w kopalni Bolesław (Bąk, 1993) mogą świadczyć o ich tworzeniu w niższej temperaturowej fazie hydrotermalnej. Nie można jednak wykluczyć ich powstania w warunkach supergenicnych.

Najbardziej sprzyjający okres do rozwoju procesów wietrzeniowych trwał od wczesnego paleogenu do środkowego miocenu (Dubińska i in., 2000; Migoń, 2007). W okręgu śląsko-krakowskim częste są powierzchnie erozyjne z lejami

i kanałami krasowymi. Niektóre z tych lejów są wypełnione lądowymi utworami paleogennymi i okruchami galmanu (Szuwarzyński, 1978). Inne kanały krasowe rozwinięte w dolomitach kruszczoonych, a nawet w warstwach golińskich, wypełniają piaszczyste i ilaste utwory paleogennskie, przykryte mułwami piaszczystymi morza tortońskiego (Panek, Szuwarzyński, 1975; Szuwarzyński, 1978). Wydaje się więc, że główne stadium wietrzenia rud siarczkowych Zn-Pb w okręgu śląsko-krakowskim miało miejsce we wczesnym neogenie, tuż przed transgresją morza miocennskiego. Z tym okresem jest związane również powstawanie kaolinów pierwotnych (Gilg, 2003) czy niklonośnych po-

kryw zwietrzelinowych (Dubieńska i in., 2000) na Dolnym Śląsku.

Obecnie rudy tlenowe cynku przeżywają swój renesans w górnictwie światowym. Jest on spowodowany odkryciami geologicznymi, przyczynami technologicznymi i ekonomicznymi. Odkryto duże złoża tlenowych rud cynku, m.in. w Iranie (Anguran), Kazachstanie (Shaimerden) i Namibii (Skorpion) oraz udokumentowano znaczne zasoby tego typu rud w znanych złożach m.in. Beltana w Australii oraz Vazante w Brazylii. Udział zasobów tlenowych rud cynku w całkowitych zasobach tego metalu na świecie sięga obecnie 10% (Sangster, 2003).

W ostatnich latach technologia ługowania rud kwasami, ekstrakcji rozpuszczalnikowej (SX) i elektrolizy roztworu (EW, *solvent extraction-electrowinning*) została adoptowana do przerobu tlenowych rud cynku. Technologia ta umożliwia otrzymywanie cynku metalicznego lub wysokiej jakości tlenku cynku bezpośrednio w zakładzie górniczym. Oce-

nia się (Large, 2001), że w obecnym stuleciu udział nie-siarczkowych rud cynku w globalnej produkcji metalu sięgnie 10%. Koszt produkcji metalu jest niższy niż w technologiach pozyskiwania cynku z rud siarczkowych.

Najprawdopodobniej w Polsce galmany nie przeżyją swojego renesansu, głównie z powodu niskiej jakości i zaostrzenia przepisów środowiskowych oraz konfliktów z gospodarką przestrzenną. Złoża polskie są zlokalizowane na obszarach silnie zurbanizowanych, a władze lokalne najczęściej nie są zainteresowane ponownym rozwojem górnictwa na swoim terenie (Strzelska-Smakowska, 2006). Osobne zagadnienie stanowią częściowo utlenione, ubogie (ok. 1,1/0,7% Zn/Pb) odpady poflotacyjne ZGH Bolesław SA, zgromadzone w ilości około 42 mln Mg w stawach osadowych, które w przyszłości mogą stanowić łatwo dostępne źródło poszukiwanych metali.

*Praca wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.140.560.*

## LITERATURA

- BAK B., 1993 — Ferroan dolomites and ankerites from the Silesian-Kraków deposits of zinc and lead ores. *Geol. Quart.*, **37**: 279–290.
- BAK B., NIEĆ M., 1978 — The occurrence of monheimite in the Bolesław Zn–Pb ores deposit near Olkusz. *Miner. Pol.*, **9**: 123–128.
- BILANS zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce (red. S. Przeniosło). 1992. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- COPPOLA V., BONI M., GILG A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 2009 — Nonsulfide zinc deposits in the Silesia-Cracow district, Southern Poland. *Miner. Dep.*, **44**, 5: 559–579.
- DUBIŃSKA E., SAKHAROV B.A., KAPRON G., BYLINA P., KOZUBOWSKI J.A., 2000 — Layer silicates from Szklary (Lower Silesia): from ocean floor metamorphism to continental chemical weathering. *Geol. Sudet.*, **33**, 2: 85–106.
- GILG H.A., 2003 — Ein Beitrag zur Isotopen-Geochemie von Tonmineralien und Tonen. Habilitationsschrift. Fakultät Chemie, Technische Universität München, Monachium.
- GILG H.A., BONI M., HOCHLEITNER R., STRUCK U., 2008 — Stable isotope geochemistry of carbonate minerals in supergene oxidation zones of Zn–Pb deposits. *Ore Geol. Rev.*, **33**: 117–133.
- GRZECHNIK Z., 1978 — Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. *W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim* (red. J. Pawłowska). *Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–42.
- KUCHA H., 2003 — Mississippi Valley type Zn–Pb deposits of Upper Silesia, Poland. *W: Europe's major base metals deposits* (red. J.G. Kelly i in.): 253–271. Irish Ass. Econom. Geol., Dublin.
- KUCHA H., 2005 — Oxysulfides, smithsonite-siderite and Fe-free smithsonite as indicators of conditions of formation of primary and supergene non-sulfide Zn–Pb deposits, Upper Silesia, Poland. EFS Workshop on Nonsulfide Zn–Pb deposits, 21th–23rd April, 2005, Iglesias, Italy. Abstract: 24–25.
- KUCHA H., CZAJKA K., 1984 — Sulfide-carbonate relationships in Upper-Silesian Zn–Pb deposits (MV type), Poland and their genesis. *Trans. Inst. Min. Metall.*, **93**: B12–B19.
- LARGE D., 2001 — The geology of non-sulphide zinc deposits – an overview. *Erzmetall*, **54**, 5: 264–273.
- MIGOŃ Z.P., 2007 — Geomorphology of granite terrains in Poland. *W: Granitoids in Poland* (red. A. Kozłowski, J. Wiszniewska). AM Monograph, 1: 355–366.
- NIEĆ M., BLAJDA R., NIEDZIELSKI B., 1993 — Zinc-lead ore deposit in Lower Triassic (Roethian) dolomite at Bolesław (Olkusz region, Poland). *Geol. Quart.*, **37**: 265–278.
- PANEK S., SZUWARZYŃSKI M., 1974 — Rudy utlenione cynku w złożu kopalni Matylda. *Rudy i Metale Nieżelazne*, **19**: 71–74.
- PANEK S., SZUWARZYŃSKI M., 1975 — Fossil sinkholes with galena mineralization in the vicinity of Chrzanów (Kraków-Silesian region). *Rocz. PTG*, **45**: 177–189.
- PRZENIOSŁO S., BAK B., RADWANEK-BAK B., SMAKOWSKI T., 1992 — Analiza gospodarki rudami cynku i ołowiu w Polsce. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RADWANEK-BAK B., 1983 — Charakterystyka petrograficzna utlenionych rud cynku ze złóż obszaru Bolesławia i Olkusza. *Rocz. PTG*, **53**: 235–254.
- SANGSTER D.F., 2003 — A special issue devoted to nonsulfide zinc deposits: A new look. *Econom. Geol.*, **98**, 4: 683–684.
- STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 2006 — Renesans zainteresowania tlenowymi rudami cynku. *Gospodarka Sur. Miner.*, **22**, Zesz. Sp., 1: 253–261.
- SZUWARZYŃSKI M., 1978 — Eluwialne i supergeniczne kruszce w utworach trzeciorzędowych z okolic Chrzanowa. *Rudy i Metale Nieżelazne*, **23**: 345–349.
- ŻABIŃSKI W., 1958 — Ferrogalmey (monheimite-galmey) from Kąty near Chrzanów. *Bull. Pol. Acad. Sci., ser. Sc. Chemist. Geol. Geogr.*, **6**: 389–393.
- ŻABIŃSKI W., 1960 — Charakterystyka mineralogiczna strefy utlenienia śląsko-krakowskich złóż kruszców cynku i ołowiu. *Pr. Geol. KNG PAN Kraków*, **1**: 1–99.
- ŻABIŃSKI W., 1986 — Zincian dolomite: the present state of knowledge. *Supp. Miner. Pol.*, **17**: 69–71.