

Józef LIS, Anna PASIECZNA

Zakład Geologii Środowiskowej, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

## SZCZEGÓLWE KARTOWANIE GEOCHEMICZNE NA GÓRNYM ŚLĄSKU

**Streszczenie.** Systematyczne prace z zakresu kartografii geochemicznej prowadzone na szeroką skalę od roku 1991 w Państwowym Instytucie Geologicznym pozwoliły na identyfikację anomalii w środowiskach powierzchniowych Ziemi zarówno na terenie całego kraju, jak i w poszczególnych regionach. Wykazały ponadto, że najpilniejszym zadaniem jest szczegółowe kartowanie geochemiczne na obszarze Górnego Śląska i terenów przyległych (około 2400 km<sup>2</sup>). W rejonie tym wyznaczonym zasięgiem najsilniejszych anomalii kadmu, ołowiu i cynku podjęto w roku 1996 realizację „Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska” (SMGGŚ). Zdjęcie obejmuje prace na terenie 33 arkuszy w skali 1:25 000 i przewidziane jest do opracowania w ciągu kilkunastu najbliższych lat.

## DETAILED GEOCHEMICAL MAPPING OF UPPER SILESIA

**Summary.** Polish Geological Institute started in year 1991 geochemical mapping survey focused mainly on the issue of the Earth's surface environmental protection in Poland-soils, waters and water sediments. Geochemical mapping of Poland and cartographic works at regional scale were conducted. The studies indicate that the most urgent task of geochemical mapping at the moment is realization the geochemical maps at the scale 1: 25 000 in the areas of Pb-Cd-Zn anomalies in Upper Silesia region (aprox. 2400 km<sup>2</sup>). Detailed geochemical mapping area cover 33 map sheets.

### 1. Wstęp

Od początku lat 90. XX wieku Państwowy Instytut Geologiczny prowadzi systematyczne prace w dziedzinie kartografii geochemicznej ukierunkowane głównie na problemy rozpoznania stanu chemicznego i ochrony środowisk powierzchniowych Ziemi (gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych) w Polsce.

W latach 1991-1995 wykonano zdjęcie małoskalowe całego kraju (1:500 000) z niską gęstością opróbowania - 1 próbka na 25 km<sup>2</sup> [4], które umożliwiło szybką i stosunkowo niedrogą ocenę zróżnicowania tła geochemicznego na terenie całej Polski oraz rozpoznanie anomalii o charakterze regionalnym, a niekiedy lokalnym. W przypadku niektórych anomalii możliwe było również określenie ich genezy (anomalie naturalne, antropogeniczne, mieszane).

Na podstawie tego opracowania zakwalifikowano do badań szereg obszarów miejsko-przemysłowych w skalach regionalnych: region śląsko-krakowski [5, 6], rejon Wałbrzycha [15], aglomeracje: łódzką [8], szczecińską [9], gdańską [10], wrocławską [18] i Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy [12]. Badania prowadzono z gęstością opróbowania odpowiednią dla zdjęć regionalnych (od 1 próbki/0,25 km<sup>2</sup> w zdjęciu geochemicznym Wałbrzycha, poprzez najczęściej stosowaną gęstość 1x1 km<sup>2</sup>, do siatki 2x2 km<sup>2</sup> w rejonie śląsko-krakowskim).

Analiza geochemicznych zdjęć regionalnych wykazała, że najpilniejszym zadaniem jest szczegółowe kartowanie geochemiczne na obszarze Górnego Śląska i terenów przyległych (około 2400 km<sup>2</sup>).

W rejonie wyznaczonym zasięgiem najsilniejszych anomalii kadmu, ołowiu i cynku podjęto w roku 1996 realizację „Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska (SMGGŚ) w skali 1:25 000”. Zdjęcie obejmuje prace na terenie 33 arkuszy w skali 1:25 000 (rys. 1) i przewidziane jest do opracowania w ciągu kilkunastu najbliższych lat.

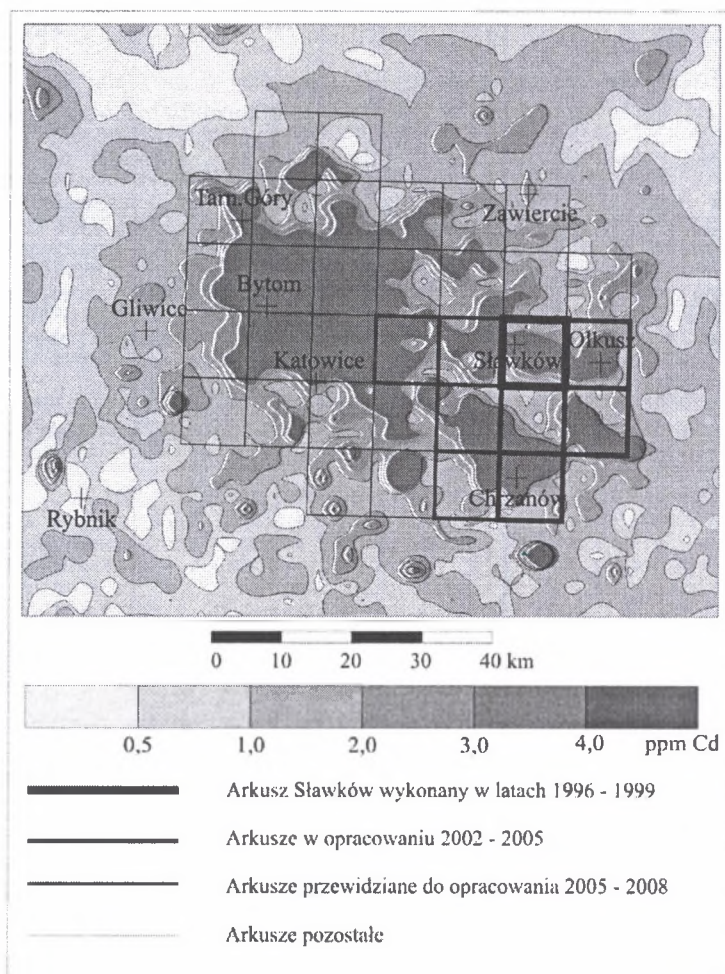
## 2. Charakterystyka terenu badań

Górny Śląsk zajmuje pozycję wyjątkową w obrazie geochemicznym Polski, stanowiąc wyrazistą regionalną anomalię geochemiczną. Anomalia ta, z najbardziej charakterystycznym zespołem pierwiastków: Pb-Zn-Cd silnie zaznacza się w środowiskach powierzchniowych - glebach, osadach wodnych i wodach powierzchniowych [4,5,7] i wywołana jest zarówno czynnikami naturalnymi, jak i antropogenicznymi.

Teren szczegółowych badań geochemicznych w znacznej części należy do Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), a w podziale administracyjnym kraju położony jest w środkowej części województwa śląskiego. Jest to najgęściej zaludniony i najbardziej uprzemysłowiony okręg w Polsce.

Region budują węglonośne utwory karbońskie przykryte na północy i wschodzie skałami węglanowymi triasu, w których występują złoża rud cynkowo-ołowionych.

Skałami macierzystymi gleb są zarówno utwory karbonu i triasu, jak i młodszych formacji, a czynniki oddziałujące na kumulację w nich pierwiastków należą do geologicznych (wychodnie formacji skalnych, bariery geochemiczne) i antropogenicznych (zrzuty wód kopalnianych i ścieków, składowiska odpadów pogórnictwa i przerobczych, spalanie węgla, hutnictwo żelaza i metali nieżelaznych). Zachodnia część omawianego obszaru odwadniana jest do Odry, a wschodnia do Wisły.



Rys. 1. Lokalizacja arkuszy „Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska” 1:25 000 na tle anomalii kadmu w glebach (0,0-0,2 m)

Fig. 1. Sheets location the detailed geochemical mapping and cadmium anomaly in soils (0.0-0.2 m) in Upper Silesia region

W strukturze przemysłu dominuje górnictwo, przemysł paliwowo-energetyczny i metalurgiczny; ten ostatni powodował największą kumulację metali w glebach. Wydobywanie kruszców z licznych płytkich kopalń oraz prymitywna technologia wytopu metali z rud, prowadzona szczególnie intensywnie w XVI–XIX w. [1, 14, 16], spowodowały rozproszenie odpadów poprodukcyjnych wokół wyrobisk i trwającą do chwili obecnej ciągłą migrację metali do gleb i wód [13]. Współcześnie na terenie aglomeracji górnośląskiej działają zarówno zakłady produkujące cynk i ołów [17], jak i kilkanaście obiektów przemysłu żelaza i stali, które odprowadzają odpady na składowiska i wylewiska [2, 3]. Największe huty żelaza zlokalizowane są w Dąbrowie Górniczej (huta „Katowice”) i w Łaziskach Górnych, a do niedawna ogromne skażenia środowiska powodowały huty cynku w Miasteczku Śląskim i Szopienicach.

Wydobyciu węgla kamiennego w kilkudziesięciu kopalniach towarzyszy powstawanie składowisk skał płonnych, na których utlenianie pirytu prowadzi do zakwaszenia i uruchamiania metali [19]. Uciążliwe dla otoczenia są też koksownie, elektrownie i elektrociepłownie (ponad 30 zakładów) – źródła emisji pyłowych i gazowych. Większość zanieczyszczeń gazowych (dwutlenku siarki, tlenków węgla i tlenków azotu) oraz około 75% zanieczyszczeń pyłowych pochodzi ze spalania paliw. Ważniejsze obiekty przemysłu paliwowo-energetycznego to koksownie, elektrownie i rafinerie.

Do szczególnie szkodliwych dla środowiska należą zakłady chemiczne w Tarnowskich Górach, Chorzowie i Jaworznie.

Przemysł i gospodarka komunalna wytwarzają ścieki, które (choć w znacznej części oczyszczone) powodują degradację wód, osadów wodnych i gleb aluwialnych. Wśród odpadów przeważają odpady górnictwa węgla kamiennego i elektrowni oraz hut metali nieżelaznych.

### **3. Metodyka opracowania „Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska” 1:25 000**

Przed rozpoczęciem systematycznego kartowania wykonano w latach 1996–1998 arkusz pilotowy Sławków (M-34-63-B-b) w celu opracowania metodyki i instrukcji dla szczegółowego zdjęcia geochemicznego [11]. Wytypowano ten arkusz z uwagi na fakt, że w rejonie Bolesławia, Bukowna i Sławkowa zaznacza się jedno z maksimów anomalii Cd-Z-Pb w glebach i osadach wodnych, związane z wychodniami dolomitów kruszczońskich, oraz



współczesną i historyczną eksploatacją, przeróbką i hutnictwem rud Pb-Zn, a użytkowanie terenu jest bardzo zróżnicowane.

Wyniki uzyskane w trakcie badań pilotowych wykazały pełną przydatność zdjęcia geochemicznego w skali 1:25 000 dla celów oceny stanu zanieczyszczenia gruntów, wód powierzchniowych i osadów wodnych oraz możliwości ich wykorzystania w planowaniu przestrzennym, rolnictwie, gospodarce wodnej i ochronie zdrowia [11].

### **Prace terenowe**

W szczegółowym zdjęciu geochemicznym przedmiotem badań są gleby z dwu zakresów głębokości (0,0–0,2 i 0,8–1,0 m – poziom glebowy C), osady wodne i wody powierzchniowe. W przypadku zalegania skał podłoża na mniejszej głębokości niż 0,8 m próbka z poziomu glebowego C jest pobierana z interwału 0,2 m bezpośrednio nad skałami podłoża. Opróbowanie gleb prowadzone jest w siatce regularnej 250x250 m (16 punktów na 1 km<sup>2</sup> - 1 próbka na około 6 ha). Łączna liczba punktów opróbowania gleb wynosi 1332 dla jednego arkusza (2664 próbki). Próbki glebowe (o masie około 500 g) pobierane są za pomocą ręcznej sondy o średnicy 50 mm.

Próbki osadów wodnych (głównie aluwiiów) i wód powierzchniowych pobierane są z różnego rodzaju zbiorników wodnych, głównie strumieni i rzek, ale również sadzawek i stawów w odległości około 250 m między punktami opróbowania na strumieniach i rzekach. Próbki wód pobierane w tych samych punktach, gdzie pobrano próbki osadów wodnych po przefiltrowaniu przez filtry *Milipore* o średnicy porów 0,45 μm i zakwaszeniu wody, są transportowane do laboratorium w specjalnych butelkach o pojemności 30 ml.

Dla wyznaczania współrzędnych punktów opróbowania stosowane są pomiary GPS, wykorzystujące technikę geodezji satelitarnej.

### **Prace laboratoryjne**

Próbki gleb po przewiezieniu do laboratorium i wysuszeniu w temperaturze pokojowej są dzielone poprzez kwartowanie na dwie podpróbki - do analizy chemicznej i analizy granulometrycznej. Próbki do analizy chemicznej przesiane przez sita nylonowe o 2 mm oczkach podlegają ucieraniu do frakcji <0,063 mm.

Próbki osadów wodnych, wstępnie wysuszone w terenie, po przewiezieniu do laboratorium i wysuszeniu w temperaturze pokojowej przesiewne są przez sita nylonowe o 0,2 mm oczkach.

Dla celów analizy granulometrycznej stosowana jest metoda sitowa w połączeniu z laserowym pomiarem wielkości cząstek.

Wszystkie analizy chemiczne wykonuje się w Centralnym Laboratorium Chemicznym (CLCh) Państwowego Instytutu Geologicznego.

Schemat procedury analitycznej jest następujący:

- próbki stałe trawione wodą królewską na gorąco (6 ml HCl + 2 ml HNO<sub>3</sub>);
- oznaczenia Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn metodą spektrometrii emisyjnej (ICP-AES);
- analizy Hg metodą spektrometrii absorpcji atomowej (AAS);
- oznaczenia pH gleb w środowisku wodnym;
- oznaczenia węgla organicznego w glebach metodą kulometryczną;
- analizy próbek wód metodą ICP-AES i ICP-MS na zawartość Ag, Al, As, B, Be, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, Sr, Ti, V i Zn.

#### **Opracowanie map geochemicznych**

Dla opracowania podkładu map geochemicznych w skali 1: 25 000 są wykorzystane najbardziej aktualne mapy topograficzne w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992. Obrazy rastrowe tych map są przetworzone na obrazy wektorowe w układzie współrzędnych 1992. Droga interpretacji mapy są opracowane wektorowe warstwy informacyjne.

Dla ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystywane są arkusze *Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000*. Na ich podstawie tworzone są obrazy wektorowe poszczególnych elementów map geologicznych zakrytych w skali 1:25 000 drogą obróbki komputerowej.

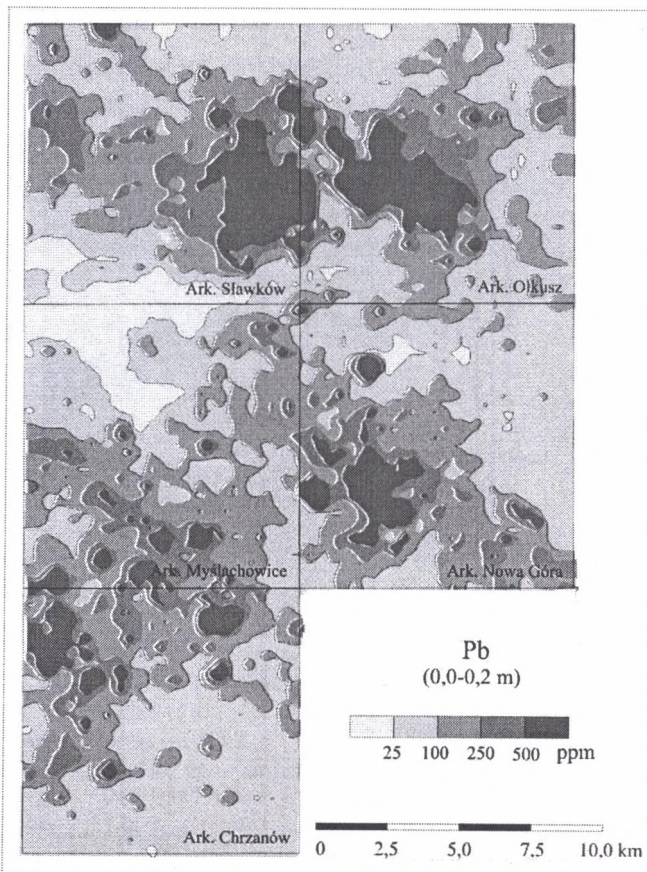
Dla opracowania poszczególnych arkuszy map geochemicznych tworzone są komputerowe bazy danych: pomiarów współrzędnych punktów opróbowania metodą GPS, obserwacji polowych i wyników badań analitycznych dla poszczególnych środowisk.

Ogólnogeograficzną bazę danych tworzą następujące warstwy: użytkowanie terenu, drogi i koleje, rzeki i zbiorniki wodne, obiekty użyteczności publicznej, warstwice, geologia.

Dla gleb z dwu zakresów głębokości opracowywane są izoliniowe mapy geochemiczne, a rozmieszczenie przestrzenne pierwiastków w osadach wodnych i wodach powierzchniowych prezentowane jest w formie kartodiagramów kołowych z przypisaniem odpowiednich średnic kółek do poszczególnych klas zawartości.

#### 4. Zaawansowanie prac

Opracowanie arkusza pilotowego Sławków - SMGGŚ 1:25 000 zakończono w roku 1999 jego drukiem w formie atlasu [11], zawierającego mapę geologiczną, mapy zabudowy i użytkowania terenu, mapy zawartości poszczególnych frakcji ziarnowych gleb i zawartości pierwiastków chemicznych w glebach z dwu zakresów głębokości, w osadach wodnych i w wodach powierzchniowych. Atlas zawiera również obszerny komentarz tekstowy.



Rys. 2. Zawartość ołowiu w glebach (0,0-0,2 m)

Fig. 2. Lead content in soils (0.0-0.2 m)

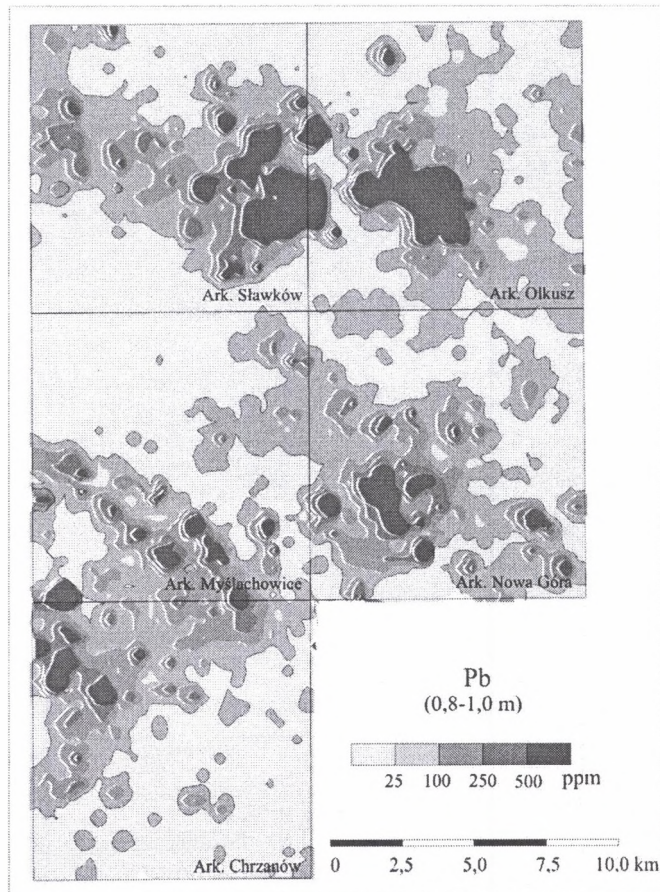
W latach 2003-2004 wykonano opróbowanie i analizy chemiczne dla czterech arkuszy M 34-63-B-d (Mysłachowice), M-34-63-D-b (Chrzanów), M-34-64-A-a (Olkusz) i M-34-64-A-c (Nowa Góra) (rys. 2 i 3). Opracowanie map przewidziane jest do końca roku 2005.



W roku 2005 rozpoczęto opróbowanie na czterech kolejnych arkuszach Strzemieszyce (M-34-63-B-a), Jaworzno (M-34-63-B-c), Dąbrowa Górnica (M-34-63-A-b) i Libiąż (M-34-63 D-a).

Wstępną interpretację zawartości ołowiu w glebach z zakresu głębokości 0,0-0,2 m oraz 0,8-1,0 m na obszarze pięciu arkuszy ilustrują mapy na rys. 2 i 3.

Ołów związany z formacją złożową rud cynkowo-ołowiowych i działalnością górnictwa hutniczą koncentruje się głównie w powierzchniowym poziomie gleb (0,0-0,2 m). Na znacznej części powierzchni analizowanych arkuszy (rys. 2) zawartość tego pierwiastka przekracza 250, a nawet 500 ppm. Podobny jest rozkład anomalii kadmu i cynku.



Rys. 3. Zawartość ołowiu w glebach (0,8-1,0 m)

Fig. 3. Lead content in soils (0.8-1.0 m)



W zakresie głębokości 0,8-1,0 m następuje bardzo silna redukcja powierzchni zajmowanej przez grunty o anomalnej koncentracji ołowiu (rys. 3) i innych pierwiastków. Fakt ten wskazuje, że znaczący udział w zanieczyszczeniu powierzchniowej warstwy gleb metalami ma działalność przemysłowa (opady pyłów, składowiska itp.) zarówno współczesna, jak i historyczna. W głębszych poziomach wysokie koncentracje metali w gruntach stwierdzono w obrębie występowania skał kruszonośnych lub w miejscach intensywnej działalności hutnictwa metali. W tym ostatnim przypadku dochodzi do bardzo silnego skażenia gruntu, prawdopodobnie do znacznych głębokości.

Uzyskane wyniki badań zaprezentowane w formie kartograficznej i zgromadzone w bazach danych stanowią podstawę dla oceny przydatności gleb dla celów użytkowania rolniczego i gospodarki leśnej, dla planowania przestrzennego (budownictwa mieszkalnego, rekreacyjnego, komercyjnego i przemysłowego), dla działań rekultywacji i remediacji zdewastowanych chemicznie terenów, dla oceny stanu zdrowia ludzi i zwierząt w powiązaniu ze stanem środowiska. Badania osadów wodnych i wód powierzchniowych pozwalają na lokalizację źródeł zanieczyszczeń i mogą stanowić podstawę do podjęcia działań eliminujących dalsze zanieczyszczanie wód.

## LITERATURA

1. Grzechnik Z.: Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. Pr. Inst. Geol., 83, 1978, s. 23–42.
2. Jarzębski J. (red.): Raport o stanie środowiska w województwie katowickim w latach 1995–1996. Bibl. Monit. Środ., Katowice 1997.
3. Królikowski C., Kucharska S., Kucharski R., Linowski H., Paczyński B., Twarogowski J.: Mapa lokalizacji większych zbiorników wodnych i ognisk zanieczyszczeń na tle pierwszego poziomu użytkowego wód podziemnych w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1992.
4. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1995a.
5. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1995b.
6. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Krakowa i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1995c.
7. Lis J., Pasieczna A.: Anomalie geochemiczne Pb–Zn–Cd w glebach na Górnym Śląsku. Prz. Geol., 45/2, 1997, s. 182–189.
8. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej 1:100 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, wody powierzchniowe. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1998a.
9. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny aglomeracji szczecińskiej 1:200 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, wody powierzchniowe. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1998b.

10. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Pobrzeża Gdańskiego 1:250 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, wody powierzchniowe. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1999a.
11. Lis J., Pasieczna A.: Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000. Promocyjny arkusz Sławków. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1999b.
12. Lis J., Pasieczna A., Bojakowska I., Gliwicz T., Frankowski Z., Paślawski P., Popiołek E., Sokołowska G., Strzelecki R., Wołkowicz S.: Atlas geochemiczny Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego 1:250 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1999.
13. Lis J., Przeniosło S.: Wpływ górnictwa i hutnictwa cynku i ołowiu w obszarze śląsko-krakowskim na środowisko. Mat. Konf. „Stan aktualny i perspektywy górnictwa rud Zn-Pb w Polsce”. ZGH Bolesław 1999, s. 15–25.
14. Molenda D.: Górnictwo kruszców. W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich (red. J. Pazdur). T. 1. Wyd. Górnico-Hutnicze, Katowice 1960, s. 120–162.
15. Pasieczna A., Siemiątkowski J., Lis J., Atlas geochemiczny Wałbrzycha i okolic 1:50 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1996.
16. Pazdur J., Pietraszek E.: Górnictwo rud metali nieżelaznych. W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich (red. J. Pazdur). T. 2. Wyd. Górn.-Hutn., Katowice 1961, s. 91–106.
17. Smakowski T., Lewicka E.: Podaż cynku i ołowiu w Polsce na tle Europy i świata. Mat. Konf. „Stan aktualny i perspektywy górnictwa rud Zn-Pb w Polsce”, ZGH Bolesław 1999. s. 26–63.
18. Tomassi-Morawiec H., Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa 1998.
19. Twardowska I., Szczepańska J., Witczak S.: Wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne; ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. Pr. Stud. PAN Inst. Podst. Inż. Środ., 35, 1998: 251s.

Recenzent: Prof. dr hab. Lidia Chodyniecka