

## Składniki antropogeniczne we frakcji ciężkiej osadów aluwialnych rejonu kłodzkiego (Sudety)

Magdalena Jęczmyk\*, Małgorzata Nawrocka-Miklaszewska\*, Wojciech Markowski\*,  
Anna Ryll\*\*

W latach 1986–1990, w Zakładzie Geologii Surowców Mineralnych, Państwowego Instytutu Geologicznego (dawny Zakład Geologii Rud Metali), autorzy wykonali analizy mineralogiczne próbek panwiowych (szlichowych), pobranych z osadów aluwialnych przedstawionych na arkuszach map Kłodzko i Międzyzlesie, w skali 1 : 100 000 (ryc. 1). Wyniki badań stanowiły materiał podstawowy przy zestawianiu map szlichowych dla tematu *Opracowanie regionalnych map szlichowych i geochemicznych Sudetów w aspekcie poszukiwań złóż surowców mineralnych*, prowadzonego przez zespół autorów pod kierunkiem Kanasiewicza (1985, 1991). W opróbowaniu sieci hydrograficznej uczestniczył zespół pracowników PIG i Przedsiębiorstwa Geologicznego, kierowany przez S. Mikulskiego. Pełna dokumentacja dotycząca lokalizacji opróbowania wraz z kartami szlichowymi znajduje się w Zakładzie Geologii Surowców Mineralnych PIG w Warszawie.

Łącznie, na wspomnianych arkuszach, pobrano 5340 próbek ze współczesnych osadów aluwialnych, w odstępach 250–300 m. Przed przystąpieniem do pracochłonnych badań mineralogicznych, autorzy przeprowadzili selekcję próbek panwiowych, pobranych głównie z potoków płynących przez wychodnie utworów kredowych i karbońskich. Monotonny skład mineralogiczny i niskie zawartości koncentratów w aluwialnych obszarach, skłoniły autorów do wyeliminowania z badań co drugiej próbki. Pełną analizę jakościową i ilościową dla ok. 60 minerałów i składników frakcji ciężkiej dla wspomnianego tematu autorzy wykonali ostatecznie dla 4238 próbek panwiowych.

Przygotowanie materiału do badań oraz tok analizy jakościowej przebiegały zgodnie ze schematem wypracowanym w PIG, z późniejszymi uzupełnieniami (Jęczmyk, 1979).

Skład ilościowy koncentratów, który oznaczono w 3 do 6 wydzielonych frakcjach o różnej pobudliwości magnetycznej, przeliczano i przetwarzano dla całej próbki z zastosowaniem techniki komputerowej, wykorzystując program SZLICH.PAS, opracowany przez M. Bema.

Poza wybranym zespołem minerałów ciężkich, który posłużył do sporządzenia map szlichowych dla tematu głównego, autorzy z własnej inicjatywy oznaczyli jakościowy i ilościowy udział składników antropogenicznych w koncentratyach przemitych z osadów aluwialnych rejonu kłodzkiego. Decyzję tę podjęto wówczas, gdy w trakcie rutynowych badań okazało się, iż niektóre koncentraty odznaczają się wysokim udziałem zanieczyszczeń antropogenicznych. Uznano, że obecność tych składników może mieć istotny wpływ przy interpretacji wyników aluwialnego zdjęcia geochemicznego Ziemi Kłodzkiej. Problem ten poruszył także Mikulski (1994), podając dane na temat wpływu dawnej eksploatacji górniczej na zanieczyszczenia metalami osadów aluwialnych.

Wcześniej, informacje na temat lokalnych koncentracji składników antropogenicznych w próbkach panwiowych omawianego obszaru podali Jęczmyk & Markowski (1990). Dla przykładu, w rejonie Złotego Stoku, w potokach Złoty Jar, Trująca, Pusta i Kamienica, stwierdzono obecność znacznych ilości odpadów metali i ich stopów, okruchów polew i szkliwa, które określono jako odpady. Do zespołu składników antropogenicznych w osadach aluwialnych wspomnianych potoków zaliczono również nagromadzenia okruchów bazaltu, oliwinu, picotyty i część magnetytu, które zdaniem autorów dostały się do potoków z podsyпки drogowej.

W potoku Złoty Jar, w bezpośrednim sąsiedztwie złoża arsenu stwierdzono anomalię okruchowego löllingitu sięgającą 4 kg/m<sup>3</sup> aluwii. Dalej, w kierunku N, w odległości ok. 1,5 km od brzeżnego uskoku sudeckiego, aluwia tego potoku nadal odznaczają się wysokim udziałem löllingitu z arsenopirytem (do 300 g/m<sup>3</sup>), galeny, wtórnych minerałów Pb oraz ołowiu metalicznego (do 550 g/m<sup>3</sup>). Tę anomalię autorzy są również skłonni uznać raczej za antropogeniczną, ze względu na bliskość hałd, na których zgromadzono ubogą rudę, żużle, wypalki górnicze, a także zlokalizowane w tym rejonie płuczkarnie i osadniki. Świadczy o tym również obecność ołowiu metalicznego w koncentraty, który stosowano w procesach metalurgicznych, przy odzysku złota z rudy arsenu (Dziekoński, 1972).

Po przeanalizowaniu 4238 kart szlichowych (zawierających dane pełnej analizy jakościowej i ilościowej próbek panwiowych), na etapie zestawiania mapy, wykorzystano tylko te koncentraty, w których stwierdzono obecność zanieczyszczeń o bezspornym charakterze antropogenicznym (ryc. 1). W aluwialnych stwierdzono nagromadzenia odpadów o różnej pobudliwości magnetycznej, o gęstości powyżej 2,89 g/cm<sup>3</sup> i uziarnieniu 0,1 do 3,0 mm. Są to przede wszystkim metale i ich stopy oraz inne gromadzące się wyłącznie we frakcji niemagnetycznej. Wśród składników antropogenicznych wyróżniono odpady poprodukcyjne, pogórnice i odpady z gospodarstw domowych, zrzucane przez mieszkańców do pobliskich rzek i potoków.

Na mapie zaznaczono odcinki sieci hydrograficznej, w których stwierdzono obecność dwóch rodzajów odpadów, mających największy udział w osadach aluwialnych. Wśród nich wyróżniono cztery typy:

1. Metale — Fe i stopy Fe (frakcja magnetyczna),  
— Cu i stopy Cu (frakcja niemagnetyczna),  
— Pb i stopy Pb (frakcja niemagnetyczna).

2. Inne — okruchy polew, szkła (często barwionego), żużla korundowego, szkliwa i in. (frakcja niemagnetyczna).

Udział czterech powyżej wymienionych typów składników antropogenicznych, jest tak znaczny, że tylko ilościowe przedstawienie wyników w g/m<sup>3</sup> próbki wyjściowej daje czytelny obraz zanieczyszczeń osadów aluwialnych w rejonie badań. Nie uwzględniając na mapie wystąpień śladowych, dla każdego typu odpadów wydzielono dwa przedziały zawartości (ryc. 1).

W wybranych monoskładnikowych próbkach, złożonych z okruchów metali i stopów Fe, Cu i Pb oraz w odpadach określonych jako inne oznaczono zawartość metali ciężkich.

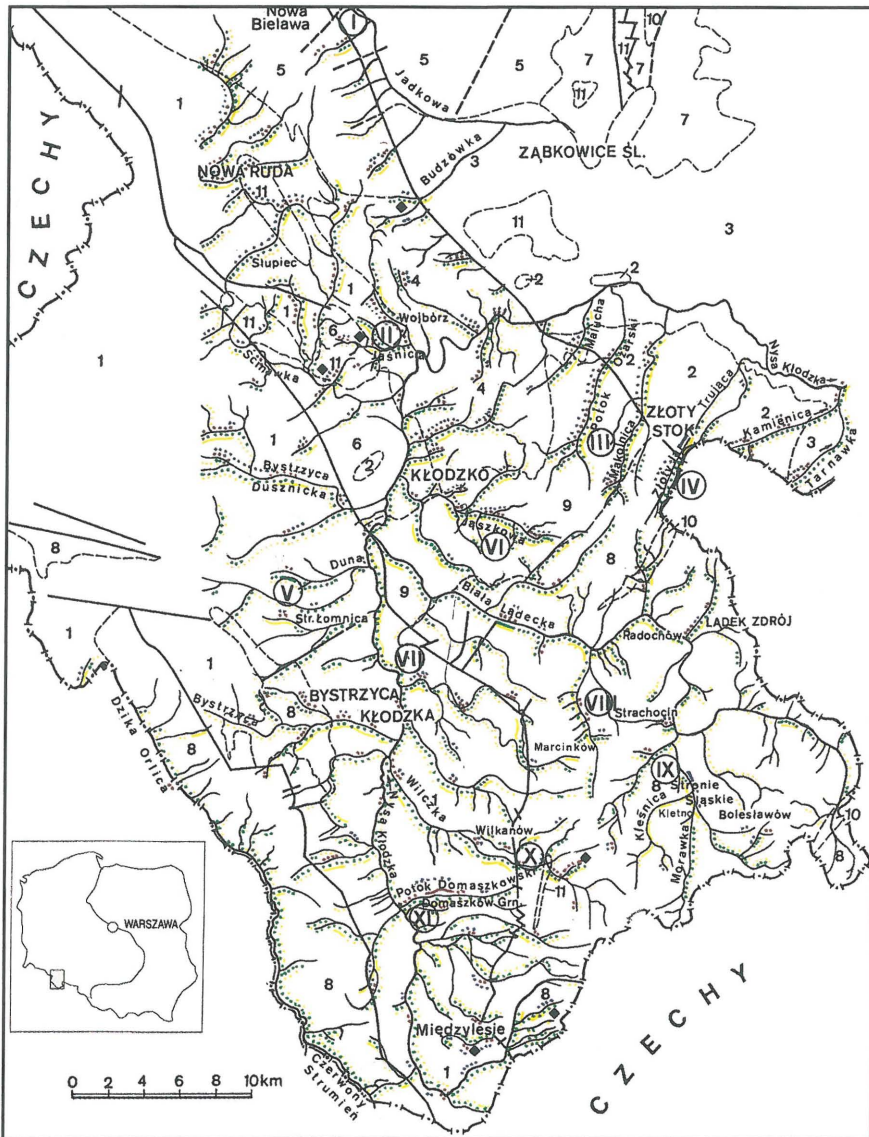
Badania 12 próbek metodą rentgenospektrometryczną wykonała W. Narkiewicz z Zakładu Petrologii PIG, na spektrometrze fluorescencyjnym, sekwencyjnym, typu 3134 M2 firmy RIGAKU. Analizy wykonano w dwóch etapach. Po identyfikacji jakościowej oznaczono ilościowo pierwiastki dominujące w każdej próbce. Zawartość niektórych z nich przekraczała ilość podaną w dostępnych wzorach: dla Fe — 56,21%, dla Pb — 20% dla Cu — 3,3%.

### Główne składniki antropogeniczne (odpady) w próbkach panwiowych

**Fe i stopy Fe** — (ryc. 2). Odpady zawierające Fe (żużel magnetyczny) występują w formie ostrokrawędzistych opiłków, globul (kulek), nieforemnych grudek i blaszek o wymiarach od 0,1 do 3 mm, zwykle silnie utlenionych, skorodowanych i porowatych. Badania rentgenospektrometryczne silnie magnetycznego odpadu Fe, wydzielonego z próbki K-5029 wykazały zawartość Fe powyżej 56% oraz obecność domieszek Pb, Sn i Mn. Podobnie odpad z próbki K-3184, poza wyższym

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

\*\*ul. Wiejska 9 m. 6, 00-902 Warszawa



Ryc. 1. Mapa zanieczyszczeń antropogenicznych w osadach aluwialnych rejonu kłodzkiego

od wzorca udziałem Fe, odznacza się obecnością domieszek Sn, Pb, Zn, Sr i Mn.

**Cu i stopy Cu** — (ryc. 3, 4). Miedź i jej stopy spotykano w formie wiórków, opiłków, struzyn, płytek, nieforemnych blaszek, grudek i drucików o długości od 0,1 mm do 7 mm. Oznaczenia monoskładnikowej próbki z koncentratu K-3319, wykazały obecność Cu oraz zawartość Sn — 2,6%, Zn — 2,6%, Pb — 1,2% i Fe.

**Pb i stopy Pb** — (ryc. 5, 6, 7). Ołów i jego stopy występują w postaci ołowiu metalicznego, śrutu, drucików, blaszek i nieforemnych grudek. Zwykle srebrzystoszare powierzchnie ziaren pokryte są częściowo lub całkowicie białym nalotem. Oznaczenia w 8 monoskładnikowych odpadach Pb dały następujące wyniki:

- próbka K-1757 — domieszki Sn i Sb,
- próbka K-3319 — domieszki Sn (0,5%), Sb, Zn i Cu,
- próbka K-0816 — domieszki As (ok. 0,3%), Sn, Cu, Zn,
- próbka K-0818 — domieszki As (ok. 0,5%), Sn, Ba, Zn, Cu,
- próbka K-0204 — domieszki Sb, Sn, Cu, Zn.

#### Inne składniki antropogeniczne

Objęmują one grupę charakterystycznych, ostrokrawędzistych, wielobarwnych zanieczyszczeń (ryc. 8, 9) wśród których, wyróżniono odłamki polew ceramicznych i emalii, szkliwo, okruchy porcelany i barwionego szkła, i in. o wymiarach 0,1–2 mm. Zbadano skład tego typu odpadu wybranego z próbki K-0289. Oznaczono wysoką zawartość Pb (powyżej 20%), któremu towarzyszą domieszki Zn, Sn i Cu.

- ważniejsze rzeki i strumienie
- Składniki antropogeniczne we frakcji ciężkiej próbek panwiowych:
- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| żużel magnetyczny:                  | opiółki Cu:                                     |
| ••••• od 0,1 do 50 g/m <sup>3</sup> | ••••• od 0,1 do 10 g/m <sup>3</sup>             |
| ••••• do 530 g/m <sup>3</sup>       | ••••• do 50 g/m <sup>3</sup>                    |
| opiółki i śrut ołowiany:            | odłamki szkła, szklawo, polew, karborund i in.: |
| ••••• od 0,1 do 10 g/m <sup>3</sup> | ••••• od 0,1 do 10 g/m <sup>3</sup>             |
| ••••• do 444 g/m <sup>3</sup>       | ••••• do 45 g/m <sup>3</sup>                    |
- ① — ⑩ obszary odznaczające się wysokim udziałem zanieczyszczeń antropogenicznych, w których oznaczono zawartości: Fe, Cu, Pb, Zn, As, Sb i Mn
- ◆ przypuszczalna lokalizacja wysypisk

Główne jednostki strukturalne obszaru badań wg Mapy geologicznej rejonu Dolnośląskiego z przyległymi obszarami Czech i Niemiec w skali 1:100000 zestawionej przez L. Sawickiego (1995):

- 1 — depresja śródsudecka i rów Nysy Kłodzkiej
- 2 — północnoczeski basen kredowy
- 3 — depresja śląsko-opolska
- 4 — struktura bardzka
- 5 — blok sowiogórski
- 6 — metamorfik kłodzki
- 7 — przedsudeckie struktury metamorficzne
- 8 — krystalinik orlicko-śnieżnicki
- 9 — późnowaryscyjskie i powaryscyjskie masywy plutoniczne
- 10 — waryscyjskie masywy granitoidowe
- 11 — waryscyjskie kompleksy skał zasadowo-ultrasasadowych

- granice struktur geologicznych
- dyslokacje o wyższym stopniu prawdopodobieństwa
- granica państwowa

#### Wyniki badań

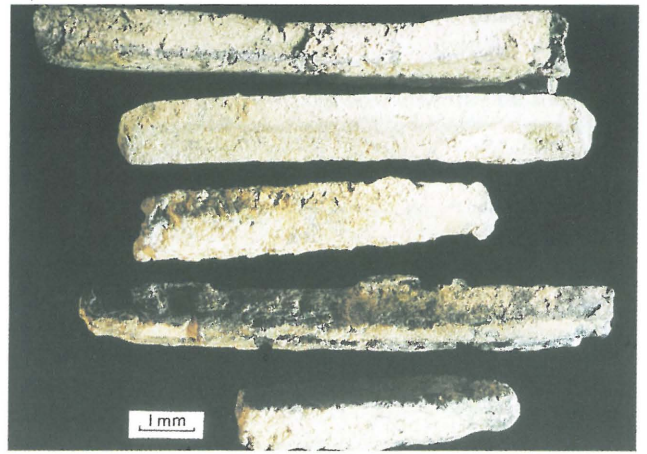
W utworach mułkowo-piaszczysto-żwirowych współczesnej sieci hydrograficznej w rejonie Kłodzka i Międzyzlesia, we



Ryc. 2. Odpady Fe (żużel magnetyczny) z próbki K-5029



Ryc. 3. Odpady Cu (opiłki i strużyny), z próbki K-3187



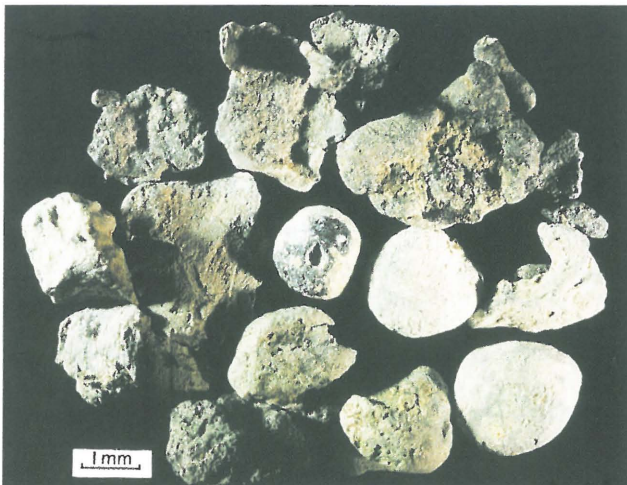
Ryc. 6. Odpady Pb (druciki), z próbki K-3319



Ryc. 4. Odpady Cu (druciki), z próbki K-3319



Ryc. 7. Odpady Pb (płytki i nieforemne ziarna, silnie przeobrażone), z próbki K-0204



Ryc. 5. Odpady Pb (śrut i opiłki ołowiane), z próbki K-1757



Ryc. 8. Odpady inne (odłamki polew ceramicznych, powłok metalowych, szkliwo, okruchy barwionego szkła i in.) z próbki K-0289

Ryc. 9. Odpady inne (żużel korundowy), z próbek K-3185 do K-3187. Wszystkie fot. — J. Modrzejewska →



frakcji ziarnowej 0,1–3,0 mm, powszechnie występują odpady o charakterze antropogenicznym, odznaczające się wysoką zawartością metali ciężkich Fe, Cu, Pb, którym towarzyszą przemienne Sn, As, Zn, Ba, Sr i Mn.

Największy udział w osadach aluwialnych Ziemi Kłodzkiej, często przekraczający  $50 \text{ g/m}^3$ , niekiedy 500, a nawet  $700 \text{ g/m}^3$ , mają silnie magnetyczne odpady Fe i stopy tego pierwiastka zawierające w swym składzie domieszki Pb, Sn, Zn, Mn i Sr.

Najwyższą zawartość czterech powyższych typów składników antropogenicznych stwierdzono w następujących rejonach:

I — na północ od Nowej Rudy, w rejonie Nowej Bielawy, najbardziej jest zanieczyszczony jeden z dopływów rzeki Jądkowa (Pleśna), na odcinku 1 km. Zawartość żużla magnetycznego sięga tu  $530 \text{ g/m}^3$ ,

II — w potoku Jaśnica przepływającym przez Wojbórz, na 4 km odcinku, aluwia zawierają do  $210 \text{ g/m}^3$  żużla, wraz z odpadami Pb do  $5,4 \text{ g/m}^3$  i odpadami Cu — do  $6 \text{ g/m}^3$ .

III — w sąsiadujących ze sobą dwóch dopływach Nysy Kłodzkiej, w Mąkolnicy i Ozarskim Potoku, prawie na całej długości osady aluwialne są zanieczyszczone żużlem magnetycznym do  $380 \text{ g/m}^3$ , a także okruciami stopów oraz metalicznego Pb i Cu.

IV — na NE od Złotego Stoku, w potoku Trująca, obok nagromadzeń żużla sięgających  $100 \text{ g/m}^3$ , w osadach aluwialnych stwierdzono obecność odpadów Pb do  $440 \text{ g/m}^3$  i innych składników do  $23 \text{ g/m}^3$ .

V — na północ od Starej Łomnicy, w potoku Duna Do Ina, na odcinku 2 km, zanieczyszczenia żużlem stanowią do  $400 \text{ g/m}^3$ , a innych składników do  $44 \text{ g/m}^3$ .

VI — w rejonie Kłodzka, wzdłuż całego potoku Jaszko-wa, na odcinku 8 km stwierdzono obecność żużla Fe w ilości do  $400 \text{ g/m}^3$ , Pb metalicznego i jego stopów do  $2,4 \text{ g/m}^3$  i oraz stopów Cu do  $2 \text{ g/m}^3$ .

VII — w Nysie Kłodzkiej, na odcinku 6 km między Starą Łomnicą i Bystrzycą, udział żużla magnetycznego sięga  $700 \text{ g/m}^3$ ,

VIII — na zachód od Strachocina, w 5 km odcinku potoku Konradówka, stanowiącym dopływ Białej Łądeckiej, żużel tworzy nagromadzenia do  $348 \text{ g/m}^3$ , któremu towarzyszą odpady Cu — do  $2,5 \text{ g/m}^3$  i Pb do  $1,2 \text{ g/m}^3$ .

IX — na odcinku 2,5 km, w potoku Morawka, odnotowano obecność żużla w ilości do  $140 \text{ g/m}^3$ , wraz z okruciami stopów Pb do  $16 \text{ g/m}^3$  i innymi składnikami do  $7 \text{ g/m}^3$ .

X — potok Wilczka, na odcinku ponad 5 km, wraz z dopływami charakteryzuje się obecnością w aluwjach żużla magnetycznego do  $310 \text{ g/m}^3$  wraz z odpadami Cu — do  $11 \text{ g/m}^3$ ,

XI — potok Domaszkowski, na długości ok. 3 km, aż do ujścia do Nysy Kłodzkiej zawiera w aluwjach do  $107 \text{ g/m}^3$  żużla Fe, któremu towarzyszą znaczne zanieczyszczenia Cu — do  $42 \text{ g/m}^3$  i Pb — do 2,  $4 \text{ g/m}^3$ .

Przyczyną powstania nagromadzeń badanych składników antropogenicznych w osadach aluwialnych Ziemi Kłodzkiej, może być w trzech przypadkach dawna eksploatacja górnicza. Są to rejon częściowo pokrywane się z obszarami wyznaczonymi przez Mikulskiego (1994):

IV — obejmujący potoki Złoty Jar i Trująca k/Złotego Stoku,

VIII — w Bownicy i sąsiednim potoku Konradówka, w rejonie Marcinkowa,

IX — w Kleśnicy i jej dopływach, między Kletnem i Janową Górą oraz w potoku Morawka.

Pozostałe rejonu ilustrują zanieczyszczenia odpadami poprodukcyjnymi z zakładów przerobczych i pochodzącymi z gospodarstw domowych.

Poza wspomnianymi silnie zanieczyszczonymi długimi odcinkami sieci hydrograficznej, systematyczne zdjęcie szlichowe rejonu kłodzkiego pozwoliło również wykryć obecność lokalnych nagromadzeń składników antropogenicznych. Spotyka się je w centrum lub na skrajnym wiosek i miasteczek, a także niekiedy na terenach niezamieszkałych, zalesionych i w partiach górzystych. Mogą one zaznaczać obszary dawnych terenów górniczych, jak np. w rejonie Srebrnej Góry, bądź obecność wysypisk, w tym także dzikich. Wysypiska mogą występować w rejonie Jodłowa — u źródeł Nysy Kłodzkiej, w miejscowości Szklarnia k. Międzyzylisa, na zboczach góry Smrekowiec k. Międzygórze, w Łącznej i Roszycach k. Kłodzka, w rejonie Budzowa i Zdanowa k. Barda.

Najmniej zanieczyszczone składnikami antropogenicznymi są potoki graniczne: Dzika Orlica, Czerwony Strumień wraz z dopły-

wami, a także dopływy Białej Łądeckiej, przy wschodniej granicy z Czechami. Są one na krótkich odcinkach pozbawione całkowicie składników antropogenicznych w osadach aluwialnych, w innych miejscach spotyka się jedynie żużel magnetyczny lub inne odpady, ale stanowią one niewielki udział w koncentraty panwiowych.

## Wnioski

I. Osady aluwialne współczesnej sieci hydrograficznej rejonu Kłodzka są zanieczyszczone w znacznym stopniu składnikami antropogenicznymi, których zawartości przekraczają lokalnie  $500\text{--}700 \text{ g/m}^3$ . W próbkach koncentratów panwiowych o uziarnieniu od 0,1 do 3,0 mm, największy udział mają cztery typy składników reprezentujących dwa rodzaje odpadów:

1. Metale — Fe i stopy Fe (żużel magnetyczny) zawierające domieszki Sn, Pb, Zn, Sr i Mn,

— Cu i stopy Cu, z Sn, Pb, Zn i Fe,

— Pb i stopy Pb, z Sn, Zn, As, Sb i Cu,

2. Inne — odłamki polew ceramicznych, emalii, szklawa, okruczy porcelany, barwionego szkła i in. — nośniki Pb z domieszkami Zn, Sn i Cu.

W aluwjach występują także mniej liczne składniki antropogeniczne o nie badanym składzie chemicznym. Są to np. opiłki stopów metalicznych, żużel niemagnetyczny, żużel korundowy i ferrokrzem. Lokalnie, np. w rejonie Złotego Stoku, na naturalne koncentracje minerałów ciężkich, nałożyły się nagromadzenia okruczowe pochodzenia antropogenicznego, zmywane z hałd i żużłowisk usytuowanych na tarasach wzdłuż dolin Złotego Jaru i Trującej. Zaliczono do nich wcześniej część okruczowego löllingitu, barytu, fluorytu, galenę i wtórne minerały Pb (Jęczmyk & Markowski, 1990).

II. W świetle przedstawionych wyników badań, należy zastanowić się nad celowością aluwialnej prospekcji geochemicznej w Sudetach, gdyż część anomalii Fe, Pb, Cu, Sn, Zn, As, Mn i in. może mieć charakter anomalii fałszywych tzn. spowodowanych obecnością nagromadzeń metalonośnych i innych składników antropogenicznych. Są wśród nich odpady poprodukcyjne, pogórnice i pochodzące z gospodarstw domowych. Aby wyeliminować wpływ tego typu zanieczyszczeń, należy uwzględnić dane z aluwialnego zdjęcia szlichowego, które poza minerałami okruczowymi obejmie również składniki antropogeniczne.

III. Metoda panwiowa uwzględniająca jakościową i ilościową analizę składników antropogenicznych może posłużyć do wykrywania istotnego zagrożenia środowiska w postaci współczesnych i dawnych wysypisk, w tym również dzikich.

## Literatura

- DZIEKOŃSKI T. 1972 — Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XIII do połowy XX w. PAN. Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk.
- JĘCZMYK M. 1979 — Biul. Inst.Geol., 319: 75–155.
- JĘCZMYK M. & MARKOWSKI W. 1990 — Prz. Geol., 38: 541–546.
- KANASIEWICZ J., JĘCZMYK M., KRZYŚKÓW T., MROCZKOWSKA B. & PANASIUK M. 1985 — Projekt zdjęcia geochemicznego i szlichowego na arkuszu M-33-XVII Kłodzko, 1 : 200 000 woj.wałbrzyskie, jeleniogórskie, opolskie). CAG, Państw. Inst. Geol., nr 16112.
- KANASIEWICZ J., JARMOŁOWICZ-SZULC K., JĘCZMYK M., NAWROCKA-MIKLASZEWSKA M., MIKULSKI S., RYLL A. & SYLWESTRZAK H. 1991 — Zdjęcie szlichowe i geochemiczne aluwialne na arkuszu mapy 1 : 100 000 Kłodzko. CAG, Warszawa, nr 260/91.
- MIKULSKI S. Z. 1994 — Prz. Geol., 42: 470–476.