



Cezary SROGA<sup>1</sup>, Stanisław Z. MIKULSKI<sup>2</sup>, Wojciech BOBIŃSKI<sup>2</sup>, Marek ADAMSKI<sup>2</sup>

## Stare hałdy w Sudetach – nowa geobaza Państwowego Instytutu Geologicznego

Streszczenie: Od końca 2017 roku na portalu internetowym Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB dostępna jest Geobaza HAŁDY. Zawiera ona informacje i dane o mineralnych surowcach odpadowych zgromadzonych na starych hałdach, składowiskach przemysłowych i w osadnikach poeksploatacyjnych, z terenu polskiej części Sudetów. W artykule przedstawia się rodzaje danych i informacji zawarte w geobazie oraz metodykę ich gromadzenia. W rezultacie czteroletnich prac badawczych, zwiadu terenowego, kwerendy archiwów i geologicznych badań podstawowych zinventaryzowano 445 obiektów dawnego górnictwa i przetwórstwa kopalni. Są to 403 hałdy kopalniane, 16 osadników przemysłowych, 23 składowiska i 3 zwałowiska zewnętrzne. Głównie są to obiekty po górnictwie węgla kamiennego i rud metali, w tym pouranowe. Największe możliwości gospodarczego wykorzystania odpadów wiążą się z mulami węglowymi, zgromadzonymi w osadnikach zlikwidowanego Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego. Do łatwego wykorzystania jest również materiał z kamiennych hałd po górnictwie rud polimetalu, żelaza i fluorytu. Wciąż otwarta pozostaje kwestia gospodarczego wykorzystania odpadów poflotacyjnych rud miedzi, czy też odzysku metali (w tym złota) z hałd górnictwa arsenowego. Ograniczeniem jest tu efektywność technologii odzysku metali oraz obostrzenia środowiskowe. Część obiektów znajduje się na terenach chronionych, co wyklucza możliwość zagospodarowania odpadów. Niektóre składowiska i hałdy powinny być starannie rekultywowane i objęte monitoringiem środowiskowym, ze względu na ich szkodliwe oddziaływanie na komponenty środowiska.

Słowa kluczowe: baza danych, mineralne surowce odpadowe, Sudety

## Old heaps in the Sudetes Mts. – a new geodatabase of the Polish Geological Institute

Abstract: As of the spring of 2017, the HAŁDY Database is available on the Polish Geological Institute – NRI website. The geodatabase contains information and data on waste mineral raw materials collected on old heaps,

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Wrocław; e-mail: [cezary.sroga@pgi.gov.pl](mailto:cezary.sroga@pgi.gov.pl)

<sup>2</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa; e-mail: [stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl](mailto:stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl); [wojciech.bobinski@pgi.gov.pl](mailto:wojciech.bobinski@pgi.gov.pl); [marek.adamski@pgi.gov.pl](mailto:marek.adamski@pgi.gov.pl)

industrial waste stock-piles and in post-mining settlers, from the Polish part of the Sudety Mountains. The article presents the types of data and information contained in the geodatabase and the methodology for their collection. As a result of four-year research works, field reconnaissance, archives and geological basic research, 445 objects of former mining and mineral processing were inventoried. There are 403 mine heaps, 16 industrial settlers, 23 stock-piles and 3 external dumps. These are mainly objects after coal mining and metal ores, including post-uranium. The greatest opportunities for the economic use of waste are associated with coal sludge accumulated in settlers of the liquidated Lower Silesian Coal Basin. The material from stone heaps after polymetallic, iron and fluorite ore mining is also easy to use. The issue of the economic use of post-flotation copper ore waste or the recovery of metals (including gold) from dumps of arsenic mining remains open. The limitation here is the efficiency of metal recovery technologies and environmental restrictions. Some of the objects are located in protected areas, which excludes the possibility of waste management. Some stock-piles and heaps should be carefully reclaimed and covered by environmental monitoring, due to their harmful impact on environmental components.

Keywords: database, waste mineral raw materials, Sudetes Mts.

## Wprowadzenie

Geobaza HAŁDY, dostępna na portalu internetowym Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, zawiera informacje i dane o mineralnych surowcach odpadowych zgromadzonych na starych hałdach, składowiskach przemysłowych i w osadnikach poeksploatacyjnych z terenu polskiej części Sudetów. Odpady te powstały w wyniku robót górniczych związanych z poszukiwaniem, udostępnianiem i wydobywaniem różnorodnych kopalin, a także ich przeróbki i przetwórstwa.

Geobaza jest efektem realizacji w latach 2013–2017 tematu badawczego „Mineralne surowce odpadowe na hałdach dawnego górnictwa i przetwórstwa kopalin Sudetów...”. Było to jedno z zadań Państwowej Służby Geologicznej, zamówione przez Ministerstwo Środowiska, a sfinansowane przez NFOŚiGW. Całość prac wykonał zespół specjalistów PIG-PIB z Wrocławia i Warszawy.

Zasadniczym celem przedsięwzięcia było rozpoznanie możliwości zagospodarowania materiału skalnego, zdeponowanego na starych hałdach, składowiskach odpadów górniczych i przeróbczych, w osadnikach poeksploatacyjnych i innych tego typu obiektach – jako surowców odpadowych, przydatnych gospodarczo. Z jednej strony obiekty takie stanowią antropogeniczne złoża kopalin, z których stosunkowo łatwo można pozyskać surowce o dość dobrych parametrach jakościowych, z drugiej zaś – stare hałdy i osadniki są słabo rozpoznany, aczkolwiek niekiedy bardzo istotnym, źródłem zanieczyszczeń otaczającego je środowiska: przede wszystkim wód powierzchniowych i podziemnych, a także są powodem degradacji gleb i szaty roślinnej. Na terenach silnie uprzemysłowionych (np. rejon Wałbrzycha, Nowej Rudy), gdzie w niedawnej przeszłości rozwijało się górnictwo i przetwórstwo węgla kamiennego, nie bez znaczenia jest możliwość odzyskania przestrzeni zajętej przez stare osadniki i hałdy pogórnice znacznych rozmiarów.

Zgodnie z założeniami geobaza ma charakter zbioru otwartego, przetwarzanego i uzupełnianego w miarę napływu nowych danych badawczych. Stanowią one cenną informację gospodarczą i powinny być zachętą dla potencjalnych inwestorów do wykorzystania mineralnych surowców odpadowych, przynajmniej na części obiektów.

## 1. Obszar i zakres prac

Prace inwentaryzacyjne zaplanowano na kanwie i z wykorzystaniem wyników wcześniejszych badań własnych PIG (m.in. Sroga 1992, 1995, 1997; Spis obiektów... 2012). Inwentaryzacja z początku lat 90. XX w. obejmowała wszystkie tego typu obiekty na Dolnym Śląsku, włącznie ze współcześnie formowanymi zwałowiskami odpadów i skał nadkładowych wokół czynnych (i zaniechanych) złóż surowców skalnych (Sroga 1995, 1997). Okazało się, że w warunkach gospodarki rynkowej i przy wysokim popycie na surowce skalne, większość takich zwałowisk została zagospodarowana przez odkrywkowe zakłady górnicze. Zawężono więc zakres planowanych badań do obiektów związanych z górnictwem dawnym (do końca XX w.) – przede wszystkim z górnictwem rud metali oraz zlikwidowanym na Dolnym Śląsku w latach 90. XX w. górnictwem węgla kamiennego. Pominięto odpady mineralne złożone wspólnie z odpadami komunalnymi i przemysłowymi na składowiskach i różnorodnych wysypiskach w sposób uniemożliwiający ich gospodarcze wykorzystanie. Zawężono również obszar badań: objął on polską część Sudetów i był ograniczony od zachodu i południa granicą państwową, a od N i NE sudectkim uskokiem brzeźnym.

Inwentaryzacja terenowa poprzedzona była kwerendą publikacji i archiwaliów dotyczących literatury przedmiotu, przy czym główny nacisk położono na zebranie danych o lokalizacji starych hałd i osadników oraz pozyskanie wyników badań jakościowo-ilościowych materiału odpadowego. Przeprowadzono żmudną analizę różnej jakości materiałów kartograficznych – zarówno współczesnych, jak i archiwalnych, często przedwojennych – ilustrujących lokalizację obiektów w terenie. Nową jakość przyniosła analiza zdjęcia lidarowego NMT, dzięki której wykryto szereg kolejnych hałd pogórnicznych.

Podstawowym elementem zadania geologicznego były prace terenowe: każdy obiekt opisano i obmierzono, wykonano wstępne badania polowe, pobrano stosowną ilość próbek do badań petrograficzno-mineralogicznych i chemicznych. W trakcie wizji terenowej oceniono aktualny stan obiektu i jego najbliższego otoczenia, sposób zagospodarowania terenu i stan infrastruktury wokół obiektu, a także wykonano dokumentację fotograficzną. Warto nadmienić, że wiele starych hałd opisano po raz pierwszy. Aktualnie w geobazie znajduje się 445 obiektów. Ich zestawienie według głównego pozyskiwanego/przetwarzanego typu kopaliny, związanego z obiektem, a także ich rozmieszczenie geograficzne prezentuje tabela 1. Są to zarówno obiekty bardzo duże: osadniki i hałdy o kubaturze rzędu milionów metrów sześciennych – stanowiące antropogeniczne złoża surowców, jak i małe, zarzucone hałdy będące swoistymi zabytkami dawnego górnictwa kruszcowego. Najwięcej hałd, osadników etc. zachowało się po dawnym górnictwie węgla kamiennego; są one zlokalizowane głównie w obrębie miasta Wałbrzych i w powiecie wałbrzyskim.

Badaniami laboratoryjnymi oraz petrograficzno-mineralogicznymi objęto wybrane obiekty, po ocenie i selekcji próbek skalnych z opróbowania terenowego. Kilka hałd przebadano szczegółowo pod kątem oceny natężenia mineralizacji metalicznej i możliwości określenia zasobów geologicznych, zgromadzonych tam mineralnych surowców odpadowych.

TABELA 1. Zestawienie ilościowe obiektów według typu kopaliny i lokalizacji

TABLE 1. Quantification of objects by type of mineral and location

Typ kopaliny (liczba obiektów)	Typ obiektu	Powiat											
		bolesławiecki	dzierżoniowski	jaworski	jeleniogórski	kamienogórski	klodzki	lubański	lwówecki	wałbrzyski	m. Wałbrzych	ząbkowicki	zlotoryjski
Węgle kamienne (171)	hałda kopalniana					27	24			60	45		
	osadnik przemysł.						3				6		
	składowisko						1			4	1		
Węgle brunatne (11)	hałda kopalniana								11				
Rudy polimetaliczne (35)	hałda kopalniana			8	16	6	2		1				2
Rudy uranu (109)	hałda kopalniana		1	2	56	13	17	2	11	3			3
	osadnik przemysł.				1								
Rudy żelaza (17)	hałda kopalniana			3	5		8						
	składowisko						1						
Rudy miedzi (30)	hałda kopalniana	4			7	6		2					5
	osadnik przemysł.	3											2
	składowisko				0								1
Rudy arsenu (40)	hałda kopalniana			1		7						25	
	składowisko											7	
Rudy cyny i kobaltu (6)	hałda kopalniana							1	5				
Kop. chemiczne w ogólności (4)	hałda kopalniana				1								
	składowisko					2			1				
Siarka (6)	składowisko					3							
	zwałowisko zewn.					3							
Baryt i fluoryt (16)	hałda kopalniana			3	2		3			7			
	osadnik przemysł.									1			
Razem (445)		7	1	17	88	67	59	5	29	75	52	32	13

## 2. Zarys metodyki

Metodykę prowadzenia badań mineralnych surowców odpadowych wypracowano w ostatnich kilkunastu latach w Państwowym Instytucie Geologicznym – PIB. Podstawą były wcześniejsze badania regionalne w aspekcie surowcowym prowadzone na Dolnym Śląsku (np. Drozdowski i in. 1993; Sroga 1995) oraz w aspekcie środowiskowym – w Polsce południowej (Spis obiektów... 2012). Opracowana przez PIG-PIB w 2010 r. metodyka wykonywania spisu tzw. obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Fajfer i in. 2010) zasadniczo wpłynęła na sposób realizacji zadania. Co prawda metodyka ta dotyczy przede wszystkim obiektów wywierających negatywny wpływ na środowisko, ale nie sposób w badaniach surowców odpadowych pominąć zagadnień wpływu i migracji zanieczyszczeń na najbliższe otoczenie. Wspomniana metodyka, jako referencyjna, uzyskała akcepta-

cję Głównego Inspektora Ochrony Środowiska i według niej właśnie Instytut przeprowadził w roku 2012 prace badawcze na wybranych obiektach na Górnym i Dolnym Śląsku oraz w Świętokrzyskiem.

### 2.1. Karta informacyjna obiektu

Dla potrzeb geobazy opis obiektów zestandaryzowano w formie jednolitej karty informacyjnej. Każda karta zawiera dane zestawione w dwunastu następujących blokach:

- Dane ogólne: nazwa obiektu, jego typ; typ kopaliny; powierzchnia i objętość obiektu; lokalizacja (centroid  $x$ ,  $y$  i  $z$ , powiat, gmina, arkusz SzMG Sudetów).
- Dane formalno-planistyczne: właściciel/użytkownik obiektu; przeznaczenie terenu według opracowań planistycznych (w tym rodzaj i rok opracowania).
- Charakterystyka odpadów: typ odpadów; ich kod i rodzaj; ilość zdeponowana; właściwości fizyczno-mechaniczne, litologia, granulacja; charakterystyka chemiczna (w tym wyniki analiz chemicznych własnych oraz wyniki archiwalne).
- Morfologia terenu/obiektu: lokalizacja obiektu w terenie (stok, dolina, grzbiet itp.), ukształtowanie otoczenia; maks. i min. rzędne terenu i obiektu; kąt nachylenia skarp obiektu.
- Aktualny stan obiektu: kompletność; metoda pozyskiwania odpadów; aktualny sposób zagospodarowania (% pokrycia pow.) (lasy, zadrzewienia, nieużytki, użytki zielone, sady i ogrody, tereny przemysłowe, rodzaje zabudowy, składy i magazyny, tereny sportowo-rekreacyjne, wody); stopień pokrycia roślinnością (dla 3 pięter, w %).
- Dane geotechniczne: budowa geologiczna podłoża; strefy tektoniczne i stare zroby w podłożu; zjawiska geodynamiczne w obrębie obiektu (brak, osuwiska, zapadliska, erozja, niecki z osiadania), sposób zabezpieczenia podłoża (rodzaj i miąższość warstwy drenażowej, system drenażu, postępowanie z odciekami).
- Warunki hydrogeologiczne: zawodnienie terenu; cieki i zbiorniki wodne (odległość do 500 m); występowanie pierwszego i użytkowego poziomu wodonośnego (głębokość, miąższość utworów izolujących); występowanie GZWP (nr i nazwa, rodzaj, stopień zagrożenia); ujęcia wód podziemnych (odległość do 1 km).
- Zagospodarowanie otoczenia obiektów: w odległości do 200 m (lasy, zadrzewienia, grunty orne i użytki zielone – te do 1 km, nieużytki, tereny przemysłowe, budynki itd.).
- Ochrona przyrody: rodzaj, nazwa i odległość do 1 km (parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerваты przyrody itd.).
- Infrastruktura otoczenia: w odległości do 200 m (drogi, linie kolejowe, linie energetyczne; rurociągi, urządzenia przemysłowe, budynki mieszkalne itd.).
- Infrastruktura obiektu: (szyby, sztolnie, wkopy, budynki kopalni, linie energetyczne, drogi, groble itd.).
- Infrastruktura górnicza wokół obiektu: w odległości do 200 m (szyby, sztolnie, rowy, wkopy, budynki kopalni, zjawiska geodynamiczne, biedaszyby itd.).

W części końcowej karty zamieszczono rys historyczny obiektu – zwięzłą informację nt. historii powstania obiektu, zestawienie wykorzystanej literatury (w tym materiałów niepublikowanych) oraz dokumentację fotograficzną obiektu.

Dane zestawione w kartach były podstawą do utworzenia warstw informacyjnych geobazy HAŁDY. W chwili obecnej do bezpłatnego użytkowania nie są dostępne wyniki analiz chemicznych (zarówno skał, gleby i wody z samych obiektów, jak i z ich najbliższego otoczenia). Obszerna dokumentacja fotograficzna obiektów jest przygotowywana do udostępnienia.

## 2.2. Wstępne prace kameralne

Znacząca część danych w geobazie HAŁDY pochodzi z kwerendy publikacji i opracowań niepublikowanych (archiwalnych). Ogółem przejrano około tysiąca opracowań. Były to zarówno publikacje naukowe w czasopismach, artykuły o charakterze przeglądowym, bardziej szczegółowym i niekiedy przyczynkowym, jak i opracowania monograficzne – poświęcone wybranemu obszarowi albo też konkretnej kopalinie. Bardzo cenne okazały się archiwalne (niepublikowane) opracowania regionalne, poświęcone problematyce oddziaływania hałd na środowisko i nieliczne dokumentacje geologiczne mineralnych surowców odpadowych. Wykorzystano bezpośrednio informacje i dane z blisko 200 opracowań.

Osobną grupą materiałów, wykorzystanych pośrednio, były różnego typu atlasy środowiskowe i geochemiczne w skalach przeglądowych oraz mapy: topograficzne, geologiczne, hydrogeologiczne, środowiskowe. Najbardziej przydatne były niemieckie mapy topograficzne w skali 1:10 000 z lat 1883–1945 – tzw. Messtischblattny, które ukazują zmiany rzeźby terenu w kolejnych latach na skutek sypania hałd i zakładania osadników (głównie powęglowych) oraz niemieckie mapy pokładowe z lat międzywojennych z rejonu Wałbrzycha i Nowej Rudy. Do zobrazowania zagadnień geologicznych i hydrogeologicznych wykorzystano arkusze jednolitej edycji Szczegółowej mapy geologicznej Sudetów w skali 1:25 000 oraz Mapy Hydrogeologicznej Polski i mapy pierwszego poziomu wód podziemnych (PPW) w skali 1:50 000. Najcenniejsze jednak okazały się rękopiśmienne, oryginalne mapy geologiczno-złożowe niektórych rejonów dawnego górnictwa Sudetów, czy też poszczególne załączniki mapowe ze starych dokumentacji geologicznych. Posiadane informacje uzupełniono zweryfikowanymi danymi ze stron internetowych różnych organizacji i stowarzyszeń, zajmujących się penetracją starych wyrobisk górniczych, a także kolekcjonowaniem dawnych pocztówek, fotografii etc. Spis wykorzystanej i cytowanej w geobazie literatury liczy blisko 500 pozycji.

## 2.3. Prace terenowe

Prace terenowe prowadzono przez trzy sezony, zgodnie z wymaganiami i zakresem określonym w Karcie Informacyjnej Obiektu. Po analizie danych z numerycznego modelu terenu NMT, od połowy roku 2015 dokonywano weryfikacji stwierdzonych na modelu

form morfologicznych, opisując ponad 150 obiektów nieuwzględnianych na analogowych mapach topograficznych i geologicznych. Inwentaryzacji podlegały obiekty o wymiarach poziomych przekraczających 10 × 10 m i wysokości większej niż 2–3 m. Dzięki danym z NMT zidentyfikowano również kilkaset starych wyrobisk – częściowo zasypanych, zawalonych, a nawet nie dość starannie zlikwidowanych szybów, sztolni i pingów. Ważniejsze z nich wprowadzono do geobazy.

Obiekty opróbowywano do badań mikroskopowych. Zakres opróbowania zależał od zmienności litologicznej materiału skalnego; łącznie pobrano kilkaset próbek skał, kilkanaście – żużli i innego materiału stałego ze 170 hałd i składowisk. Opróbowanie do badań petrograficzno-mineralogicznych miało charakter tendencyjny. Część próbek reprezentowała typowy materiał skalny dla danej hałdy, a część – rzadsze, ciekawsze skały, zwłaszcza z widocznym okruszczeniem. Badania polowe za pomocą spektrometru XRF Delta Premium 50 mi prowadzono w sposób losowy (około 1200 pomiarów), w celu wstępnego określenia natężenia i charakteru mineralizacji. Dokonano również opróbowania wód powierzchniowych w pobliżu kilku obiektów, a także wód wysiękowych (78 próbek). Próbkę z potoków pobierano powyżej i poniżej obiektu (w dół stoku), aby określić ewentualny wpływ zanieczyszczeń (w sensie chemicznym) pochodzących z hałdy, osadnika czy składowiska na środowisko wodne.

Wybrane obiekty, ze stwierdzoną makroskopowo lub za pomocą spektrometru mineralizacją kruszcową, podlegały opróbowaniu szczegółowemu do badań chemicznych w laboratorium. Próbkę skalną (lub żużli) pobierano losowo; po kilkadziesiąt z każdego obiektu, według ustalonego wcześniej schematu: wzdłuż linii poligonowych, przy podobnym rozstawie próbek w linii, z głębokości od 20 do 40 cm. Dla kilku obiektów pobrano pojedyncze próbki skalne do badań chemicznych, celem określenia natężenia stwierdzonej mineralizacji metalicznej. Łącznie pobrano 256 próbek skał (i żużli) do badań metali.

#### *2.4. Badania petrograficzno-mineralogiczne i chemiczne*

Przedmiotem prac mikroskopowych był materiał skalny pochodzący z opróbowania wystąpień mineralizacji kruszczowych oraz skał je goszczących, jak również żużli hutniczych. Niewielka liczba wykonanych płytek cienkich i zglądów do badań w świetle odbitym świadczy, że celem nie było przeprowadzenie wszechstronnych badań petrograficznych i kruszczowych, ale raczej zorientowanie się w inwentarzu skalnym, bardzo różnorodnym w odniesieniu do całych polskich Sudetów. Szczegółowe badania mikroskopowe skał i rud w świetle odbitym i przechodzącym wykonane zostały na 50 preparatach obustronnie polewanych oraz 21 zglądach.

Płytki cienkie były oglądane pod mikroskopem polaryzacyjnym Nikon Eclipse E600 POL w powiększeniach obiektywowych od 1× do 20×. Badania wykonał W. Bobiński z Oddziału Dolnośląskiego PIG-PIB. Fotografie wykonano przy pomocy kamery Canon DS126181. Zidentyfikowano kilkadziesiąt różnorodnych odmian skał, głównie metamorficznych i magmowych. Badania mineralogiczno-kruszcowe przeprowadzone zostały w PIG-PIB w Warszawie. Szczegółowe badania w świetle odbitym wykonał S. Mikulski na

mikroskopie polaryzacyjnym Nikon Eclipse LV100 POL. Zdjęcia zostały wykonane przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego wyposażonego dodatkowo w kamerę optyczną oraz oprogramowanie NIS-Elements. Wykonano ponad 55 zdjęć mikroskopowych minerałów kruszczońskich w świetle odbitym i przechodzącym.

Najciekawsze minerały zostały dodatkowo zbadane pod względem jakościowym i ilościowym (we współpracy z G. Zielińskim) na mikrosondzie elektronowej typu CAMECA SX-100, stowarzyszonej z mikroskopem elektronowym. Warunki techniczne badań były następujące: napięcie 15 kV, prąd wiązki 10 nA, wiązka skupiona; czasy akwizycji w pozycji piksu – 20 s, w pozycji tła – 10 s; napylenie węglem. Użyto wzorce z zestawu SPI-53 firmy SPI i/lub z zestawu sulph-16 firmy P&H: Ag, Te – Hessite AgTe<sub>2</sub>; Bi, Se – Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> synt. Cu, S, Fe – Chalkopiryt; Au – Au metal.; Co, As – Skuterrudyt; Sb – Antymonit Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>; Ni – Ni metal; Zn – ZnS synt.; Pb – galena. Wykonanych zostało około 240 analiz na mikrosondzie elektronowej i 80 zdjęć BSE.

W celu dokładniejszego określenia składu mineralnego i chemizmu odpadów, a także potencjalnego oddziaływania obiektów hałdowych i składowisk na otoczenie, na wybranych obiektach i w ich otoczeniu przeprowadzono badania chemiczne. Do analiz pobrano 256 próbek skał, zwietrzliny i podglebia oraz 78 próbek wody. Analizy wykonał Zespół Laboratoriów PIG-PIB w Warszawie. Próbkę stałą badano półilościową, bezwzorcową metodą fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej z dyspersją długości fali (WD-XRD). Spektrum oznaczeń było następujące: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, CuO, NiO, PbO, Rb, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, SrO, ZnO, ZrO<sub>2</sub>. Rtęć (Hg) w próbkach stałych i w próbkach wody oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) z techniką amalgamacji (analyzer rtęci AMA). Pozostałe składniki w próbkach wody badano metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES). Oznaczono zawartość kationów: Ba, Cr, Fe, Mn, P, Si, Sr, Ti, Zn, Al, Cd, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, i V.

### 3. Struktura geobazy

Geobaza mineralnych surowców odpadowych Sudetów została zaprojektowana przez zespół w składzie: Marek Adamski i Iwona Duliban. Analiza projektowa została przeprowadzona na podstawie materiałów analogowych i cyfrowych dostarczonych w formie Kart Informacyjnych Obiektów.

Geobaza produkcyjna jest zaimplementowana w środowisku Centralnej Bazy Danych Geologicznych w schemacie GDB\_HALDY i korzysta z bazy RDBMS Oracle 12c z modulem przestrzennym ArcSDE w wersji 10.3.1. Rozwiązanie to ma następujące możliwości:

- przechowywania ogromnych ilości danych oraz dużą wydajność;
- wykorzystania analiz przestrzennych;
- pełnego wykorzystania zachowań geobazy wielodostępnej (wersjonowanie, domeny, podtypy, relacje);
- obsługi wszystkich rodzajów danych GIS oraz danych referencyjnych zgromadzonych w CBDG;



- kontrolowany dostęp do bazy za pomocą uprawnień dla użytkowników;
- skalowalność – możliwość rozbudowy geobazy o nowe elementy oraz gromadzenia danych z obszaru całej Polski.

Geobaza obecnie zawiera następujące obiekty:

- 4 warstwy przestrzenne,
- 23 tabele atrybutowe,
- relacje powiązań pomiędzy obiektami,
- 13 tabel słownikowych.

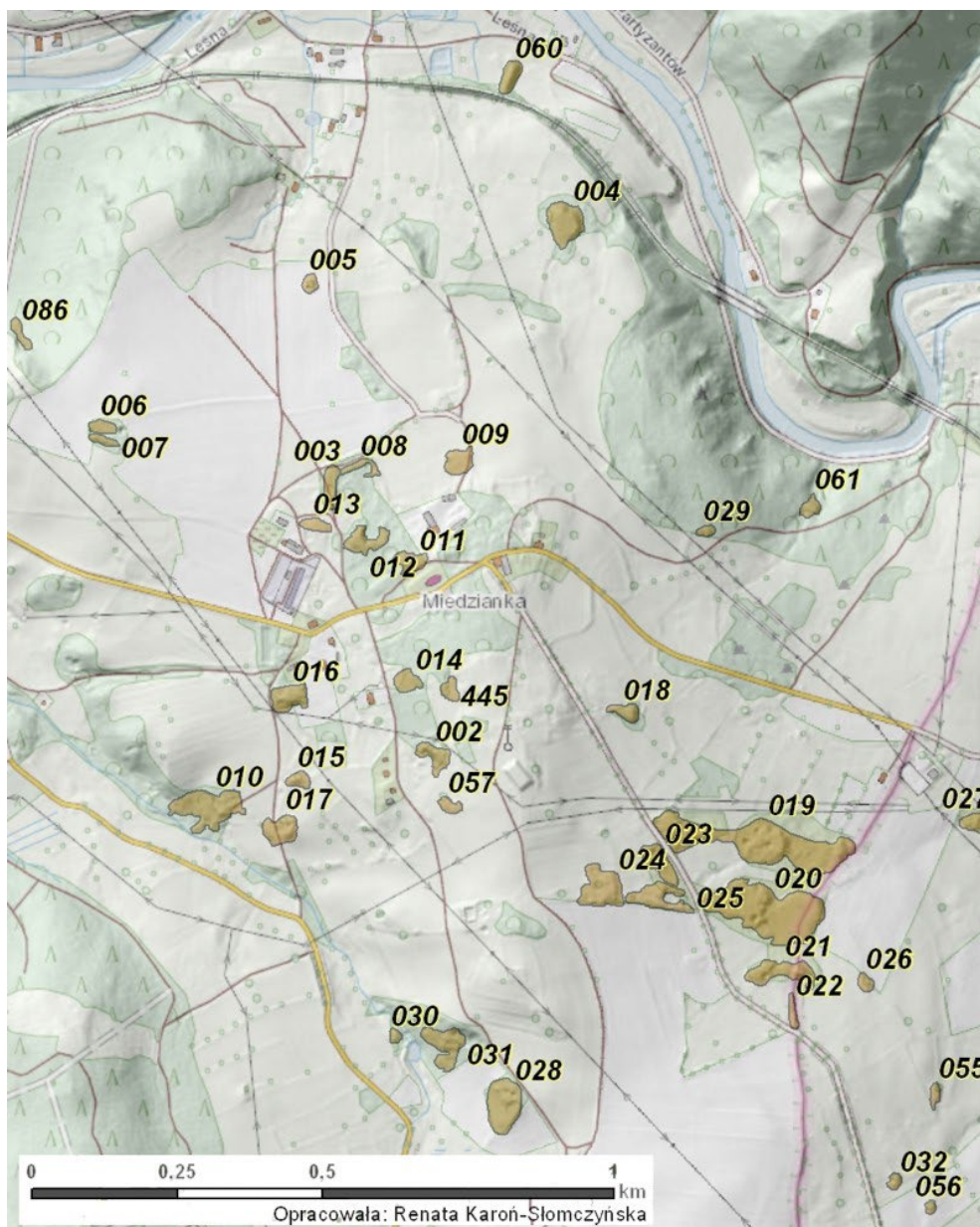
Jest to relacyjna baza danych, stąd istnieje możliwość generowania z niej (w formie raportów) danych zablokowanych tematycznie lub też realizacji zapytań indywidualnych (rys. 1). Baza jest zbiorem otwartym i w miarę napływu nowych wyników badań, czy też zmiany uwarunkowań prawno-środowiskowych (i innych) będzie aktualizowana.

Publikacja wybranych danych z geobazy produkcyjnej w sieci Internet odbywa się z serwera bazy publikacyjnej CBDG, opartej na RDBMS MS SQL Server 2012 z modulem przestrzennym ArcSDE w wersji 10.3.1. Publikacja usług mapowych oparta jest na serwerach danych przestrzennych CBDG z wykorzystaniem oprogramowania ArcGIS Server v. 10.3.1.

#### 4. Najważniejsze wyniki i dyskusja

W ciągu trzech sezonów prac terenowych zinwentaryzowano 445 obiektów, w tym 405 hałd kopalnianych, 21 składowisk przemysłowych, 16 osadników i 3 zwałowiska zewnętrzne. (tab. 1). Są one zlokalizowane na terenach dawnego górnictwa kopalni i przetwórstwa surowców i ściśle związane z rejonami złóżowymi, strefami mineralizacji, pojedynczymi złożami i wystąpieniami rudnymi, a nawet z miejscami uznawanymi dziś jedynie za przejawy mineralizacji (z racji wyczerpania się złóż).

Oceniając możliwość gospodarczego wykorzystania surowców odpadowych w Sudetach, najbardziej interesujące w tym aspekcie są osadniki mułów węglowych w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy. Część z nich posiada szczegółowe dokumentacje i operaty geologiczno-złóżowe (m.in. [Dokumentacja... 1996](#); [Glapa i in. 1996](#); [Kozuchowicz 1995](#)) i jest wykorzystywana np. jako paliwo w czeskich elektrociepłowniach; część czeka na przemysłowe zagospodarowanie. Również niektóre tzw. zwały kamienne (wałdy skały płonnej) są wykorzystywane gospodarczo (np. hałda w Przygórzu), inne – pomimo posiadania atestów jako pełnowartościowe kruszywo drogowe, z powodu barier biurokratycznych nie mogą doczekać się właściwego zagospodarowania (np. hałda KWK Victoria). Co więcej – niektóre dawne osadniki mułów węglowych są przykrywane różnorodnymi odpadami budowlanymi (osadniki KWK Victoria), a więc raczej bezpowrotnie tracone. Coraz większa liczba dużych hałd powęglowych podlega rekultywacji, głównie w kierunku leśnym, i staje się niejako wyłączona z możliwości przyszłego wykorzystania. Jednakże, jak wskazuje praktyka, nawet obiekty już zrekultywowane mogą być przedmiotem opłacalnego odzysku surowców (np. część osadnika centralnego w Wałbrzychu). Z drugiej strony, znacznych rozmiarów hałdy stanowią w regionie wałbrzysko-noworudzki problem ekologiczny. Są one źródłem słabo



Rys. 1. Stare hałdy z rejonu Miedzianki (Rudawy Janowickie) – wygenerowana mapa lokalizacji obiektów

Fig. 1. Old heaps from the Miedzianka area (Rudawy Janowickie Mts.) – a map of the location of the facilities has been generated.

rozpoznanych, ale prawdopodobnie znaczących skażeń środowiska, np. poprzez ich samozapalanie się.

Niektóre hałdy związane z górnictwem i przeróbką rud polimetalicznych mogą stanowić źródło metali. Kwestia możliwości opłacalnego odzysku metali z obiektów pogórnich w Sudetach była podnoszona wielokrotnie. Wyniki badań S.Z. Mikulskiego (1997a, b, c; 2002; 2014), A. Wojciechowskiego (1990, 1994), K. Seiferta i J. Siemiątkowskiego (1992), C. Srogi (1992) i S. Wołkowicza z zespołem (Wołkowicz i in. 2013) wskazują na konieczność poprzedzenia ocen zasobowych szczegółowym rozpoznaniem poszczególnych hałd. Najbardziej perspektywiczne są obiekty w rejonie Radzimowic (Góry Kaczawskie) oraz Miedzianki – Ciechanowic (Rudawy Janowickie). Występuje tu kilkanaście żył kruszcowych z miedzią, arsenem, ołowiem, złotem i innymi metalami. W obu rejonach część hałd była przedmiotem wcześniejszych badań petrograficzno-mineralogicznych. Obiekty nr 268 i 269 w Radzimowicach przebadano szczegółowo. Stanowią one potencjalne źródło odzysku metali (w tym złota) i ziem rzadkich (Mikulski 2002, 2007). Hałdy miedziankowskie są w znacznej mierze rozebrane. Jeszcze 25 lat temu rejestrowano obiekty o wymiarach rzędu 100–200 m i wysokości do 25 m. Obecnie materiał z hałd jest pobierany przez mieszkańców do rekultywacji bardzo licznych zapadlisk, niezabezpieczonych szybów, pingów, a także jako materiał budowlany. Na uwagę zasługuje tu występowanie ciekawej mineralizacji wietrzeniowej na kilku obiektach. Należy więc rozpatrzyć otoczenie niektórych hałd ochroną w formie stanowisk dokumentacyjnych.

Badania petrograficzno-mineralogiczne materiału z obiektów dawnego górnictwa kruszcowego znacząco wzbogaciły wiedzę o wykształceniu mineralizacji i jej formach. Zidentyfikowane zostały następujące minerały kruszcowe: arsenopiryty, chalkopiryty, piryty, pirotyny, magnetyty, ilmenity, löllingity, kasyteryty, stanniny, galena, sfaleryty, elektryty, bizmut rodzimy, hematyty, bornity, chalkozyny, joseity, siarkosole Pb, Bi z grupy lillianitu, markasyty, koweliny, goethyty, tiosiarczany żelaza, tytanity, rutyly, brookity oraz wtórne minerały Pb, takie jak cerusyty i po raz pierwszy rozpoznany w Sudetach (?) – mimetyt/mimetysyt [ $Pb_5(AsO_4)_3Cl$ ]. W żużlach stwierdzono m.in. stopy różnych metali, jak np. stop żelazo-arsenu (Fe,As) w szklawie krzemianowym ze Złotego Stoku.

Mineralizacja uranowa w Sudetach jest związana genetycznie z bardzo różnorodnymi typami złóż, stąd jest w Sudetach powszechna, aczkolwiek rozproszona. Z racji strategicznego znaczenia gospodarczego została ona stosunkowo dobrze rozpoznana w licznych strefach tektonicznych (mineralizacja żyłowa), a także w utworach osadowych (głównie w depresji śródsudeckiej). Jest też obszernie opisywana w licznych publikacjach i materiałach niepublikowanych, które do niedawna jeszcze były niejawne. Z racji intensywnych poszukiwań koncentracji złożowych rud uranu w regionie sudeckim pozostało ponad 100 wyróżniających się w terenie hałd pogórnich i dwa obiekty składowania odpadów przerobczych rudy (osadnik nr 283 i składowisko nr 299). Wszystkie te obiekty zostały dobrze przebadane pod kątem emisji szkodliwego promieniowania gamma (m.in. Szalej i Kurpiewski 1990; Wertjuk i in. 1991; Hartsch i in. 2007; Wołkowicz i in. 2013), a część z nich jest cyklicznie monitorowana (np. Wróblewski 2005). Wokół kwestii bezpieczeństwa hałd pouranowych narosło wiele nieporozumień, głównie za sprawą nierzetelnych przekazów w mediach. Większość obiektów nie wykazuje przekroczenia dopuszczalnych emisji promieniowania jonizującego; tylko nieliczne są „wzbogacone” w pozostawione na/przy powierzchni kęsy ubogiej rudy. Co prawda nie jest znany poziom emisji z głębszych partii dużych obiektów, tak więc nie

zaleca się dłuższego przebywania ludzi i zwierząt na takich hałdach, a także pobierania materiału skalnego bez bieżącej kontroli poziomu promieniowania. Jak wskazują dane literaturowe i badania własne, do obiektów stosunkowo mało bezpiecznych pod względem radiologicznym należy zaliczyć osadnik w Kowarach (obiekt nr 283), hałdę sztolni nr 19 w Kowarach (nr 291), małą hałdę przy sztolni nr 12 w rejonie Ogorzelca (nr 296) oraz duży obiekt w Radoniowie (nr 103).

Pod względem zasobowym hałdy pouranowe w Sudetach nie mają żadnego znaczenia złożowego (Strzelecki i in. 1996; Wołkowicz i in. 2013), co potwierdziły również badania J.B. Miecznika wykonane w ramach omawianego zadania geologicznego. W wyniku wykonanych prac można uznać znaczącą część hałd pouranowych za bezpieczne źródło surowców odpadowych, np. dla drogownictwa. Inwentarz skał zalegających na zwałach jest bardzo różnorodny z racji występowania mineralizacji uranowej w obrębie zróżnicowanych litologicznie serii skalnych.

Obiekty związane z górnictwem i przeróbką rud żelaza są stosunkowo nieliczne. W rejonie dawnego złoża hematytu Wilcza (Pogórze Kaczawskie) hałdy po robotach górniczych, a także pewne ilości żużli pohanicznych z dawnej huty żelaza zalegają w dolinie potoku. Dolina ta, z racji stromych stoków, trzech łomów i licznych starych sztolni ma znaczące walory krajobrazowe i powinna być objęta ochroną. Z kolei w rejonie Siennej (Masyw Śnieżnika), gdzie obok rud żelaza występuje również mineralizacja fluorytowa z uranem, zinwentaryzowano szereg hałd z materiałem nadającym się do gospodarczego wykorzystania. Istnienie w tym rejonie chronionego stanowiska nietoperzy, wysokie walory krajobrazowe okolicy i obecność unikatowej roślinności naskalnej, również na hałdach, znacząco ogranicza jednak możliwości wykorzystania materiału odpadowego.

Osadniki poflotacyjne rud miedzi – największe pod względem zajmowanej powierzchni i ilości zgromadzonych odpadów, zgrupowane na obszarze tzw. Starego Zagłębia oraz niewielkie hałdy przyszybowe, są stosunkowo dobrze opisane w literaturze przedmiotu, a możliwość wykorzystania znaczących ilości odpadów poflotacyjnych jest szeroko dyskutowana w fachowych opracowaniach. Większość obiektów jest w gestii KGHM Polska Miedź SA, która to prowadzi własne badania w tym kierunku, a także monitoring środowiskowy. Mniejsze obiekty – hałdy przyszybowe w Starym Zagłębiu oraz hałdy związane z górnictwem miedzi i innych kruszców (w rejonie Miedzianki, Mniszkowa, Krobicy) gromadzą materiał z widoczną makroskopowo mineralizacją metaliczną, lecz nie ma ona żadnego znaczenia gospodarczego.

Obiekty związane z górnictwem i przeróbką rud arsenu stanowią stare hałdy kopalniane w rejonie Ciechanowic i Czarnowa (Rudawy Janowickie). Największa hałda w Czarnowie (nr 114) jest przedmiotem intensywnej eksploatacji na kruszywo i miejscem poszukiwań minerałów rudnych. Hałdy i żuźłowiska w rejonie złotonośnej mineralizacji polimetalicznej z arsenem w Złotym Stoku były już wcześniej badane m.in. przez A. Wojciechowskiego (1990, 1994) i S.Z. Mikulskiego (1996, 1997a,b, 2002). Opłacalny odzysk metali z niektórych obiektów jest tu możliwy po dopracowaniu technologii wzbogacania uzyskanych koncentratów (Łuszczkiewicz i Muszer 1997; Łuszczkiewicz 2006).

W toku prac inwentaryzacyjnych, po raz kolejny na przestrzeni ostatnich 25 lat, potwierdzono badaniami szczególnie szkodliwe oddziaływanie na środowisko trzech obiektów

tów związanych z górnictwem i przetwórstwem siarki, rud uranu oraz innych surowców chemicznych. Składowisko w pobliżu dawnej kopalni pirytu w Wieściszowicach (nr 059) gromadzi kilka milionów Mg odpadów z przeróbki łupków pirytowych. Kopalnia była czynna od końca XVIII w. do lat 20. XX w. Pozostałością po niej jest duże wyrobisko odkrywkowe (tzw. Purpurowe Jezioro), dwie hałdy porośnięte już lasem oraz wspomniane składowisko, które jest źródłem silnego skażenia gleby i wód podziemnych związkami siarki. W odległości 2 km od dawnej kopalni, w dolinie potoku Mienica, zlokalizowane jest składowisko dawnej fabryki kwasu siarkowego, działającej do 1925 r. na bazie tych łupków (nr 052 – Ciechanowice Pod Zegarem). Obiekt ten zanieczyszcza chemicznie gleby, wody potoku i wody podziemne w dolinie. Trzeci obiekt to składowisko byłych Zakładów Przemysłowych R-1 i Inco-Veritas w Ogorzelcu. W latach 90. XX w. składowisko to zostało szczegółowo zbadane w aspekcie oddziaływania na środowisko przez PG Proxima z Wrocławia (Drozdowski i in. 1993). Zgromadzone tu różnorodne odpady chemiczne (m.in. odpady pouranowe, beczki z chemikaliami, odpady z galwanizacji) przykryte są niezbyt grubą warstwą odpadów skalnych. W opinii autorów wszystkie te obiekty powinny zostać starannie zrehabilitowane i objęte stałym monitoringiem środowiskowym.

### Podsumowanie

1. Na obszarze polskiej części Sudetów zinventaryzowano i opisano 445 obiektów dawnego górnictwa i przetwórstwa kopalni, w tym 405 hałd kopalnianych, 16 osadników przemysłowych, 21 składowisk i 3 zwałowiska zewnętrzne. Gromadzą one mineralne surowce odpadowe – materiał do gospodarczego wykorzystania.
2. Informacje o poszczególnych obiektach, zebrane według zestandaryzowanego formularza, zostały wprowadzone do geologiczno-górniczno-środowiskowej relacyjnej bazy danych, z prezentacją danych przestrzennych w standardzie GIS.
3. Baza gromadzi najistotniejsze z geologicznego punktu widzenia informacje i dane przydatne do podejmowania decyzji o możliwościach wykorzystania materiału odpadowego z poszczególnych obiektów.
4. W aspekcie gospodarczego wykorzystania odpadów najbardziej interesujące są osadniki mułów węglowych w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy. Część z nich posiada szczegółowe dokumentacje i operaty geologiczno-złożowe.
5. Stosunkowo łatwy do wykorzystania np. w drogownictwie jest materiał z kamiennych hałd po górnictwie rud polimetali, żelaza i fluorytu, składający się głównie z twardych skał metamorficznych.
6. Część obiektów znajduje się na terenach chronionych, co wyklucza możliwość zagospodarowania odpadów. Niektóre składowiska i hałdy powinny być starannie zrehabilitowane i objęte monitoringiem środowiskowym ze względu na ich szkodliwe oddziaływanie na wody podziemne, gleby i inne komponenty środowiska.

## Literatura

- Dokumentacja geologiczna węglowych mułów poflotacyjnych w nieczynnych osadnikach nr 2 i 3 na terenie ZG Julia w Wałbrzychu, 1996 – Pr. zbior. pod kier. K. Kominowskiego. Raport Nr 12/S-5/96 *Inst. Gór. Polit. Wrocł.*, Wrocław (praca niepubl.).
- Drozdowski, S. i in. 1993. *Ocena zagrożeń środowiska naturalnego powodowanych przez składowiska odpadów komunalnych, przemysłowych i poeksploatacyjnych na Dolnym Śląsku*. Arch. Przeds. Geol. we Wrocławiu PROXIMA S.A., Wrocław.
- Fajfer, J. i in. 2010. *Opracowanie metodyki wykonania spisu zamkniętych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych oraz opuszczonych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, które wywierają negatywny wpływ na środowisko*. Państw. Inst. Geol., Sosnowiec (praca niepubl.).
- Głapa, W. i in. 1996. *Uproszczony projekt zagospodarowania złoża węglowych mułów poflotacyjnych w nieczynnych osadnikach nr 2 i 3 na terenie ZG Julia w Wałbrzychu*. Raport Nr 13/S-74/96 *Inst. Gór. Polit. Wrocł.*, Wrocław (praca niepubl.).
- Hartsch, J. i in. 2007. *Zwalczanie negatywnych następstw przedsięwzięć górniczych – Postępowanie z kontaminantami radioaktywnymi w regionie Jeleniej Góry w Polsce południowo-zachodniej*. Raport końcowy. G.E.O.S., Freiberg – Polit. Wrocł., Wrocław (praca niepubl.).
- Kozuchowicz, J. 1995. *Dokumentacja geologiczna zwału mułu poflotacyjnego w osadniku dolnym pola „Mieszko” b. KWK „Wałbrzych” w Wałbrzychu*. PPHU „Antra-Pol” Sp. z o.o., Wałbrzych (praca niepubl.).
- Łuszczkiewicz, A. i Muszer, A. 1997. Złoto w odpadach górniczych z okolic Złotego Stoku. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii* nr 31, s. 197–209.
- Łuszczkiewicz, A. 2006. *Badania odpadów technologicznych z dawnej działalności górniczej i hutniczej w rejonie Złotego Stoku*. [W:] *Mat. Konf. Dziedzictwo i historia górnictwa oraz możliwości wykorzystania pozostałości dawnych robót górniczych*. Jugowice, 19–21 kwietnia 2006 r. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 117, Studia i Materiały nr 32, s. 179–191.
- Mikulski, S.Z. 1996. Złoto z kamieniołomu Złoty Jar k. Złotego Stoku (Sudety). *Przegląd Geologiczny* t. 44, nr 12, s. 1205–1210.
- Mikulski, S.Z. 1997a. *Opracowanie wyników mineralizacji wolframowej w Sudetach (monografia)*. Państw. Inst. Geol., Warszawa (praca niepubl.).
- Mikulski, S.Z. 1997b. *Mineralizacji scheelitowa i zlotonośna w osłonach metamorficznych intruzji kłodzko-złotostockiej (praca doktorska)*. Państw. Inst. Geol., Warszawa (praca niepubl.).
- Mikulski, S.Z. 1997c. Złoto rodzime w złożu rudy arsenowej w Czarnowie (Sudety Zachodnie). [W:] *Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych: geneza, występowanie, perspektywy* (Mat. Konf. nauk., Jarnołtówek, 19–21.06.1997, pod red. A. Muszera). Wyd. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocł., s. 29–33.
- Mikulski, S.Z. 2002. *Studium geochemiczno-mineralogiczne asocjacji złota pierwotnego i pierwiastków rzadkich z Sudetów w aspekcie surowcowym*. Państw. Inst. Geol., Warszawa (praca niepubl.).
- Mikulski, S.Z. 2007. The late Variscan gold mineralization in the Kaczawa Mountains, Western Sudetes. *Polish Geological Institute Special Papers* 22, s. 162.
- Mikulski, S.Z. 2014. Występowanie telluru i bizmutu w zlotonośnych siarczkowych rudach polimetalicznych w Sudetach (SW Polska). *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 30, z. 2, s. 15–34.
- Seifert, K. i Siemiątkowski, J. 1992. *Ocena jakości wybranych hald w celu określenia ich przydatności i utylizacji. Rejon: Radzimowice*. Warszawa: Państw. Inst. Geol. (praca niepubl.).
- Spis obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych oraz opuszczonych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, które wywierają negatywny wpływ na środowisko, 2012. Pr. zbior. pod kier. J. Fajfer. GIOŚ, Warszawa (praca niepubl.).
- Sroga, C. 1992. *Materiały robocze do zadania pt. Ewidencja i ocena wartości surowcowej hald, wysypisk i osadników poeksploatacyjnych na obszarze Dolnego Śląska*. Wrocław: Państw. Inst. Geol. (praca niepubl.).
- Sroga, C. 1995. *Ewidencja i ocena wartości surowcowej hald, wysypisk i osadników poeksploatacyjnych na obszarze Dolnego Śląska*. Wrocław: Państw. Inst. Geol. (praca niepubl.).
- Sroga, C. 1997. *Mineralne surowce odpadowe Sudetów i Przedgórze Sudeckiego wraz z Mapą w skali 1:200 000*. Warszawa: Wyd. Państw. Inst. Geol., s. 52.
- Strzelecki, R. i in. 1996. Poszukiwanie i wydobycie uranu na ziemiach polskich. *Prace Specjalne PTMin.* z. 7, s. 140–142.

- Szalej, M. i Kurpiewski, A. 1990. *Badania stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych na zwalach byłych wyrobisk górniczych Sudetów Zachodnich*. Jelenia Góra: WIOŚ (praca niepubl.).
- Wertejuk, Z. i in. 1991. *Ocena zagrożenia radiologicznego w rejonie wyeksploatowanych kopalń rud uranowych w Sudetach Zach. w miejscowościach: Kowary, Radoniów, Okrzeszyn – Uniemyśl, Kopaniec, Miedzianka, Mniszków i Stare Rochowice oraz inwentaryzacja obiektów górnictwa uranowego w gm. Kamienna Góra i Lubawka*. Jelenia Góra: WIOŚ (praca niepubl.).
- Wojciechowski, A. 1990. *Złoże arsenu i złota „Złoty Stok” (Dolny Śląsk, Polska)*. Warszawa: Państw. Inst. Geol. (praca niepubl.).
- Wojciechowski, A. 1994. Rozpoznawanie i dokumentowanie zasobów złota w osadnikach szlamów arsenowych i odpadów poflotacyjnych kopalń kruszywa naturalnego. *Górnictwo Odkrywkowe* R. XXXVI, nr 6, s. 99–111.
- Wołkiewicz, S. i in. 2013. Propozycje rekultywacji terenów pogórnich i składowisk odpadów, w celu minimalizacji wpływu czynników biologicznych na powstawanie/rozprzestrzenianie się skażeń. [W:] *Raport końcowy Zad. Nr 3 – Podstawy zabezpieczenia potrzeb paliwowych polskiej energetyki jądrowej*. Warszawa: Uniw. Warsz. (praca niepubl.).
- Wróblewski, J. 2005. *Sprawozdanie z pomiarów mocy dawki w rejonie byłej kopalni rud uranu „Podgórze” w Kowarach oraz pola rudnego „Wleń” w 2004 roku*. O/Jelenia Góra: Państw. Agencja Atom. (praca niepubl.).

