

WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Myślachowice M-34-63-B-d jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych zapoczątkowanych w latach 1996–1999 opracowaniem pilotowego arkusza Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska – arkusz M-34-63-B-b Sławków (Lis, Pasieczna, 1999). Szczegółowe badania geochemiczne podjęto z uwagi na występowanie na tym terenie wyrazistych anomalii geochemicznych zespołu pierwiastków Pb–Zn–Cd (Lis, Pasieczna, 1995 a,b; 1997) w glebach, osadach wodnych i wodach powierzchniowych. Prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zlecenie Ministerstwa Środowiska.

Zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego, szczególnie metalami ciężkimi w południowej części arkusza, stwarza zagrożenie dla fauny, flory i zdrowia ludzi. Zawartości kadmu, ołowiu i cynku w środowiskach powierzchniowych Ziemi są podobne jak w innych regionach Europy, znanych z wieloletniej eksploatacji i przeróbki rud metali nieżelaznych, takich jak: region Płowdiw w Bułgarii (Atanassov, Angelova, 1995; Velitchkova i in., 2003), Przybram w Republice Czeskiej (Rieuwerts, Farago, 1996), region Smolnik w Słowacji (Cicmanova, 1996), obszar Plombiers–La Calamin w Belgii (Swennen i in., 1994; Cappuyns i in., 2005), Derbyshire w centralnej Anglii (Cotter-Howells, Thornton, 1991; Thornton, 1994), rejon Harz w Niemczech (Gäbler, Schneider, 2000) oraz rejony polimetalicznej mineralizacji w obszarze pogranicza czesko-niemieckiego (De Vos i in., 2005).

Arkusz Myślachowice położony jest w południowej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Na jego terenie głównym źródłem zanieczyszczenia gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych są wschodnie dolomitów kruszonośnych i związane z nimi złoża rud cynkowo-ołowiowych oraz ich historyczna i współczesna eksploatacja i przeróbka. Do czynników mieszanych (geologiczno-antropogenicznych), powodujących zarówno zmiany chemiczne w środowisku przyrodniczym jak i niszczenie krajobrazu, należy występowanie i eksploatacja węglonośnych utworów karbonu na południu arkusza. Znaczna część powierzchni arkusza to obszary górnicze likwidowanej Kopalni Węgla Kamiennego (KWK) Siersza.

Południowa część arkusza ma charakter przemysłowy. Są tu zlokalizowane zakłady przemysłu wydobywczego, energetycznego i chemicznego. Największe miasta to Trzebinia i Myślachowice.

Analizowany teren charakteryzuje duże urozmaicenie środowiska przyrodniczego. Mimo wysokiego stopnia uprzemysłowienia znajdują się tu obszary objęte ochroną prawną z uwagi na walory przyrodnicze. Jednym z nich jest rezerwat Dolina Żabnika, gdzie występują cenne gatunki roślin wodnych i torfowiskowych oraz bogata fauna. Zróżnicowane gatunkowo kompleksy leśne północnej części arkusza pełnią funkcję bioklimatyczną i ochronną. Odkrywki po eksploatacji rud metali, wapieni i dolomitów stają się siedliskami specyficznej roślinności, a wyrobiska po eksploatacji piasku są na bieżąco zalesiane.

Wersja elektroniczna atlasu dostępna jest pod adresem <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl/>.

W realizacji opracowania brali udział:

- **J. Lis, A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, bazy danych, opracowanie map geochemicznych, interpretacja wyników;
- **P. Dobek, T. Kolečki, P. Kaszycki, T. Szytyrak, J. Szyborska-Kaszycka** – pobieranie próbek;
- **P. Pasławski, K. Jakimowicz-Hnatyszak, E. Włodarczyk** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;

- **Z. Dobieszyńska, M. Cichorski, J. Duszyński, Z. Prasol, K. Stojek** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **I. Witowska, E. Maciołek** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **E. Górecka, I. Jaroń, G. Jaskólska, D. Karmasz, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciołek, A. Maksymowicz** – analizy chemiczne;
- **W. Wolski, Z. Frankowski, P. Dobek** – analizy granulometryczne;
- **A. Pasieczna, H. Tomassi-Morawiec, A. Bliźniuk** – obliczenia statystyczne;
- **M. Głogowska, A. Dusza-Dobek** – charakterystyka obszaru arkusza;
- **M. Głogowska** – geologia i złoża kopalin;
- **A. Dusza-Dobek, A. Witkowska** – antropopresja.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

Położenie administracyjne i geograficzne. Obszar arkusza Myślachowice należy administracyjnie do północno-zachodniej części województwa małopolskiego. Obejmuje północną część gmin Trzebinia i Chrzanów (powiat chrzanowski) oraz południowy fragment gminy Bukowno (powiat olkuski). Tylko niewielka, zachodnia część arkusza leży w województwie śląskim (powiat Jaworzno).

Badany teren znajduje się w obrębie południowej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Kondracki, 2000). Jednostkami niższego rzędu są: Wyżyna Śląska (obejmująca Garb Tarnogórski i Pagóry Jaworznickie) oraz część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Wyżyna Olkuska we wschodnim obszarze arkusza).

Prawie cały obszar objęty arkuszem Myślachowice należy do zlewni Białej Przemszy (Kurek i in., 1994). Tylko jego południowo-wschodni fragment zaliczany jest do zlewni Chechła. Sieć rzeczna uległa dużym zmianom w związku z eksploatacją złóż. Po zaprzestaniu odwadniania KWK Siersza zwierciadło wód podziemnych zaczęło się podnosić i następuje regeneracja niektórych potoków oraz zatapianie dawnych wyrobisk. Ze względu na przekształcenia powierzchni związane z działalnością górnictwem nowa sieć hydrograficzna będzie nieco różnić się od poprzedniej.

Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia. Północno-zachodnią część arkusza zajmuje kotlina Biskupiego Boru, stanowiąca część rozległej kotliny Białej Przemszy, wypełnionej piaskami czwartorzędowymi do wysokości około 300 m n.p.m. Zrębowy Garb Tarnogórski (NE część arkusza) zbudowany jest z wapieni i dolomitów kruszczońskich środkowego triasu. Wschodnią część arkusza zajmują Pagóry Myślachowickie (część Wyżyny Olkuskiej), zbudowane ze skał węglanowych triasu, zlepieńców permskich i utworów klastycznych karbonu. Wznoszą się do wysokości 380–420 m n.p.m. Zrębowe pasmo Garbu Ciężkowickiego wraz z Niecką Wilkoszyńską, należące do Pagórów Jaworznickich, zajmują południowo-zachodni kraniec arkusza. Wznoszą się do około 370 m n.p.m. i zbudowane są głównie z węglanowych skał triasu i jury. Niecka Wilkoszyńska wypełniona jest osadami plejstoceńskimi.

Powierzchnia terenu jest w znacznym stopniu przekształcona. Wokół wzgórz Biskupiego Boru powstały rozległe kopalnie odkrywkowe piasku, których dno znajduje się na rzędnej około 275 m n.p.m. W środkowej i południowo-wschodniej części arkusza nad wyrobiskami KWK Siersza i małych kopalni, które ją poprzedzały na początku XIX wieku, powstały liczne zapadliska. Na obszarze płytkiego występowania dolomitów kruszczońskich z rudami Zn–Pb prowadzono ich wydobywanie i przeróbkę, powodując zmiany rzeźby terenu. W Górce pozostał kamieniołom po wydobyciu wapieni i margli, a w sąsiedztwie Elektrowni Siersza znajdują się rozległe składowiska odpadów górniczych i paleniskowych (obecnie zrekultywowane), które wznoszą się 20–30 m nad powierzchnię.

Zabudowa i użytkowanie terenu. Tereny bez zabudowy zajmują 80,34% powierzchni arkusza, tereny z zabudową wiejską 11,78%, z zabudową miejską 5,48%, a z zabudową przemysłową 2,40% (tabl. 2). Tereny przemysłowe oraz tereny o zabudowie miejskiej są położone głównie w południowej i centralnej części arkusza. W użytkowaniu terenu przeważają lasy (62,16%) i nieużytki (29,35%) – tabl. 3. Rolnictwo odgrywa znikomą rolę (1,80%).

Gospodarka przedstawianego rejonu ma charakter przemysłowy. Wydobycie węgla kamiennego i rud cynkowo-ołowiowych ma wielowiekową tradycję, a ciągnące się kilometrami piaszki są czynne od połowy XX wieku. Główne ośrodki przemysłu reprezentują sektory: chemiczny, energetyczny i górniczy. Większość zakładów produkcyjnych i przetwórczych zlokalizowana jest na terenie Trzebini. Należą do nich: Południowy Koncern Energetyczny (PKE) – Elektrownia Siersza w Trzebini, Zakłady Górnicze (ZG) Trzebieńka w Trzebini, Górka Cement w Trzebini oraz PCC Rail Szczakowa (kopalnia piasku Szczakowa).

Do niedawna w omawianym regionie dominował przemysł wydobywczy o długiej tradycji, oparty na bogatej bazie kopalni (węgiel kamienny, rudy Zn–Pb, wapienie, margle i piaski). Likwidacja KWK Siersza i przewidywana likwidacja kopalni rud cynku i ołowiu Trzebieńka spowodują istotne zmiany gospodarcze. W likwidacji są też Zakłady Metalurgiczne Trzebieńka oraz Zakład Surowców Ogniotrwałych (ZSO) Górka w Trzebini. Na obszarze arkusza funkcjonuje szereg mniejszych przedsiębiorstw reprezentujących różne sektory gospodarki przemysłowej, m.in. przemysł spożywczy i odzieżowy. Największa liczba podmiotów gospodarczych zajmuje się obecnie handlem i naprawami. Przetwórstwo przemysłowe stanowi niecałe 10% produkcji.

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Na obszarze objętym arkuszem wyróżnić można następujące piętra strukturalne (Kurek i in., 1994,1999): młodopaleozoiczne (karbon), permsko-mezozoiczne (perm, trias i jura w niemal pełnym wykształceniu) i kenozoiczne.

Utwory **karbonu** odsłaniają się w nielicznych miejscach w południowej części arkusza (tabl. 1), a bardziej znane są z wyrobisk górniczych i wierceń. Wszystkie występujące tu piętra karbonu są sfałdowane i pocięte uskokami (Nieć i in., 2002). Karbon dolny reprezentowany jest przez wapienie i klastyczne warstwy malinowickie. Wyżej leży gruby kompleks klastyczny namuru i westfalu, kończący się warstwami łaziskimi i libiąskimi, złożonymi głównie z piaszczycami z grubymi pokładami węgla kamiennego. Miąższość warstw libiąskich nie przekracza tu 100 m, a warstw łaziskich jest większa od 350 m (Kurek i in., 1994). Na całym obszarze, pod utworami nadkładu, warstwy węglonośne górnego karbonu są zwietrzałe lub/i przeobrażone termicznie (Lipiarski, 2001). Potocznie utwory te nazywane są pstrymi, a pokłady węgla zanikły w nich całkowicie lub tylko częściowo.

Perm odsłania się głównie w południowo-wschodniej i środkowej części arkusza. Są to utwory czerwonego spągowca: ily (do 35 m), zlepieńce węglanowe (myślachowickie, do 50 m), zlepieńce porfirowo-wapienne (kilkumetrowej miąższości) oraz wulkaniczne tufy filipowickie (do 30 m).

Trias występuje w pełnym profilu. Trias dolny jest reprezentowany przez kontynentalne żwiry, zlepieńce, piaski, piaszczycy, iłowce i mułowce (pstry piaszczyc) oraz morskie utwory retu (dolomity, margle i wapienie jamiste o miąższości do 30 m). Przykrywające je węglanowe osady morskie (ok. 100 m) należą do triasu środkowego (wapienia muszlowego). Są to wapienie i margle warstw gogolińskich oraz dolomity kruszczońskie i diploporowe. Dolomity kruszczońskie (40–70 m) są uważane za utwor

epigenetyczny, towarzyszący mineralizacji. Górnotriasowe iłowce, mułowce i wapienie, o łącznej miąższości od kilku do 170 m, odsłaniają się tylko w okolicy Gór Luszowskich.

Utwory **jury** występują na południu arkusza – w okolicach Balina, Luszowic, Wodnej i Krystynowa. Jurę środkową reprezentują piaskowce, zlepieńce, margle i wapienie. Jura górna to wapienie cienkoławicowe z przewarstwieniami margli (oksford dolny), miąższości do 10 m, a powyżej są to wapienie ławicowe i skaliste o miąższości 60–90 m.

Neogen budują soczewki żwirów i mułków o niewielkim rozprzestrzenieniu.

Utwory **czwartorzędu** tworzą pokrywę o zmiennej miąższości, która w kopalnej dolinie Białej Przemszy osiąga 70 m, a na pozostałym obszarze wynosi od kilku do 20 m. Są to głównie piaski wodnolodowcowe z nagromadzeniami rumoszu lokalnych skał podłoża przy zboczach pogrzebanych wzgórz. Miejscami występują piaski wydmowe oraz lessy, a w dolinach potoków – mułki i torfy.

Złoża kopalin. Obszar arkusza jest wyjątkowo bogaty w złoża kopalin, a obszary górnicze niekiedy nakładają się na siebie – na przykład obszary KWK Siersza (w likwidacji), Zakładów Górniczych (ZG) Trzebieńka oraz Kopalni Piasku Szczakowa i dawniejszych obszarów wydobycia skał ilastych i wapieni.

Węgiel kamienny wydobywany był od końca XVIII wieku. Pierwsza kopalnia Albrecht, utworzona w 1804 r., eksploatowała pokład węgla, który wychodził na powierzchnię. Kopalnia była zlokalizowana nad potokiem Kozi Bród, na obszarze Gór Luszowskich. Została zamknięta w 1818 r. na skutek nagłych dopływów wody (Pietraszek, 1961). W połowie XIX w. działały kopalnie: Izabella, Zofia i Adam w Sierszy i w Krzu. Niektóre z nich przetrwały do II wojny światowej. W 1949 r. połączono je w zespół KWK Siersza, której obszar górniczy liczył 40,3 km². Przedmiotem eksploatacji były głównie pokłady warstw łaziskich, zawierające niskokaloryczny węgiel o dużej zawartości siarki (2–5%) i popiołu (4–40%) (Nieć i in., 2002). Z powodów ekonomicznych kopalnię postawiono w stan likwidacji z końcem 1999 r.

Eksploatacja **rud cynku i ołowiu** prowadzona jest przez ZG Trzebieńka ze złoża Balin-Trzebieńka, którego główna część znajduje się poza południową granicą arkusza (Przeniosło, red., 2004). Złoże objęte jest w całości obszarem górniczym Trzebieńka I. Na południe od Wodnej znajdują się dwa szyby kopalni ZG Trzebieńka: Włodzimierz i Andrzej. Udostępniają one złoże rud siarczkowych w dolomitach kruszczośnych na głębokości 190–260 m. Złoże składa się z kilku płytowych ciał rudnych zbudowanych ze skupień sfalerytu i galeny, o średniej zawartości 3,5% cynku i 1,4% ołowiu z domieszką siarczków żelaza. Siarczek cynku zawiera kadm, srebro, kobalt, miedź, tal, arsen i german. Galena jest zazwyczaj nośnikiem srebra (Harańczyk, 1962; Cabała, 1996) i niekiedy arsenu, a siarczki żelaza – markasyt i mielnikowit – głównymi nośnikami arsenu i talu (Paulo, Strzelska-Smakowska, 2000). Ciała rudne zalegają zgodnie z uławiceniem formacji kruszczośnej w trzech warstwach, zwanych horyzontami rudnymi. Grubości poszczególnych ciał rudnych wahają się od ok. 3 do kilkunastu metrów (lokalnie przekraczają 30 m), a ich zasięg poziomy mieści się w przedziale od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów (Szuwarzyńska i in., 2001). Wkrótce planowane jest zamknięcie kopalni z powodu wyczerpania się zasobów.

Od średniowiecza prowadzone było odkrywkowe wydobycie utlenionych rud Zn–Pb (galmanów), srebronośnej galeny i towarzyszących im siarczanów (używanych do produkcji ałunu) oraz rud żelaza (limonitu), występujących na wychodniach dolomitów kruszczośnych (Szuwarzyński, 1978). Ślady tego górnictwa rozciągają się od Gór Luszowskich po Krystynów i od Czyżówki po Płoki (położone poza wschodnią granicą arkusza).

Kopaliny skalne wydobywano w licznych wyrobiskach odkrywkowych. Wapienie i margle jurajskie eksploatowane były w złożu Górka do 1954 r., na potrzeby miejscowej cementowni. Wyrobisko po eksploatacji wypełnione jest wodą i stanowi zagrożenie dla wód podziemnych i powierzchniowych ze względu na znajdujące się w nim odpady przemysłowe

(z zakładów Górka produkujących materiały ogniotrwałe) i wysoką alkaliczność (Motyka, Szuwarzyński, 1998).

Wydobycie zostało zaniechane w pobliskim złożu Trzebinia-Siersza, gdzie eksploatowane były iły i mułki mioceńskie na potrzeby ceramiki budowlanej.

Na północy arkusza rozciąga się rozległy obszar Kopalni Piasku Szczakowa – Pole II, zajmujący ponad 10 km² (Preidl i in., 1995), gdzie wydobywane są czwartorzędowe piaski średnio- i drobnoziarniste, wykorzystywane dawniej w kopalniach węgla kamiennego jako podsadzka, a obecnie w budownictwie (Bednarczyk, 2001). Równocześnie z eksploatacją prowadzona jest na tym terenie rekultywacja leśna.

Lokalnie, jako kruszywo, wydobywane są zwietrzałe, słabo spojone węglanowe zlepieńce myślachowickie (Nieć i in., 2002).

ANTROPOPRESJA

Ze względu na silnie rozwinięty przemysł wydobywczy kopalin, przemysł energetyczny oraz wieloletnią działalność zakładów przetwórczych środowisko przyrodnicze arkusza należy do najbardziej zdegradowanych w województwie małopolskim.

Powietrze atmosferyczne. Na stan jakości powietrza atmosferycznego mają wpływ zanieczyszczenia pochodzące ze spalania paliw (pyły, węglowodory aromatyczne i alifatyczne, dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, dwutlenek i tlenek węgla), środków transportu kołowego (węglowodory, tlenek węgla, pyły, związki ołowiu), procesów przemysłowych (węglowodory i ich pochodne, fluor, siarkowódór) oraz z wysypisk odpadów komunalnych (odory).

Największe ilości zanieczyszczeń emitowane są z silnie uprzemysłowionych okolic Trzebini. W ogólnej ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery największy udział mają: Elektrownia Siersza – 7% w emisji całkowitej zanieczyszczeń z terenu województwa małopolskiego (Ocena..., 2005), kopalnia rud cynku i ołowiu ZG Trzebionka oraz Rafineria Trzebinia (położona około 1 km na południe od granicy arkusza). Uciążliwa dla środowiska jest również działalność wielu mniejszych zakładów.

Do punktowych źródeł zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego zalicza się liczne paleniska indywidualne (z kominami o wysokości od kilku do 40 m), które powodują w okresach grzewczych emisje pyłu zawieszonego PM 10 o stężeniach przekraczających poziom dopuszczalny (Ocena..., 2005).

Na stan powietrza atmosferycznego bardzo niekorzystnie wpływa też dalekosiężna emisja zanieczyszczeń z terenu województwa śląskiego, z którego pochodzi ponad 20% zanieczyszczeń pyłowych i gazowych w ogólnej ilości zanieczyszczeń kraju.

Wody powierzchniowe i podziemne. Największe ilości zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych pochodzą z zakładów przemysłowych oraz składowisk ich odpadów:

- KWK Siersza (w likwidacji) – hałda górnicza w Trzebini z pirytonośnymi przerostami w pokładach węgla oraz skałami z robót udostępniających,
- ZSO Górka (nieczynny) – składowisko odpadów poprodukcyjnych oraz zbiornik wodny Górka, skażony ługami i odpadami niebezpiecznymi,
- ZSO Górbet w Trzebini,
- Elektrownia Siersza w Trzebini – składowisko odpadów paleniskowych i odpadów górniczych (nieczynne) w Sierszy,
- składowisko odpadów komunalnych w Trzebini (czynne),
- składowisko odpadów komunalnych Balin-Okradziejówka (likwidowane).

Największe ilości ścieków przemysłowych powstają w ZG Trzebionka (7,461 mln m³/rok) oraz w Elektrowni Siersza (3,348 mln m³/rok) (Raport..., 2005). W Trzebini

funkcjonuje mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków komunalnych z podwyższonym usuwaniem biogenów, o maksymalnej wydajności 3500 m³/d, obsługująca 37% ludności gminy miejsko-wiejskiej Trzebinia. Odbiornikiem ścieków komunalnych jest potok Kozi Bród. Elektrownia Siersza posiada przemysłową oczyszczalnię ścieków, natomiast inne przedsiębiorstwa odprowadzają ścieki do ogólnodostępnych sieci kanalizacji miejskiej.

Na jakość wód powierzchniowych na obszarze arkusza najsilniej wpływa górnictwo. Działalność górnicza wiąże się ze zrzutami wód dołowych, wzrostem zasolenia, wzrostem zawartości siarczanów i metali ciężkich, zakłóceniem naturalnego zasilania potoków oraz przebudową koryt rzecznych. Inne gałęzie przemysłu i mieszkalnictwo są źródłem ścieków komunalnych i przemysłowych, które powodują wzrost mineralizacji wód, ich degradację biologiczną i eutrofizację. Regulacja koryt rzecznych i budowa zabezpieczeń przeciwpowodziowych prowadzą z kolei do zniszczenia ekosystemów wodnych oraz zmian krajobrazu.

Głównym ciekim przepływającym przez badany teren jest potok Kozi Bród (lewobrzeżny dopływ Białej Przemszy). Na południe od Czyżówki jest on spiętrzony i tworzy zbiornik retencyjny dla Elektrowni Siersza. Kozi Bród jest częściowo uregulowany, a jego koryto w rejonie osiedla Gaj w Trzebini jest przesunięte w stosunku do pierwotnego położenia. Bezpośrednio do potoku odprowadzane są wody przemysłowe (chłodnicze) z Elektrowni Siersza. W Trzebini do Koziego Brodu wpada ciek bez nazwy, do którego zrzucane są ścieki komunalne (wcześniej również ścieki poprodukcyjne z byłych ZSO Górka, które stosowały ług sodowy do produkcji technicznego tlenku glinu). W wodach Koziego Brodu występują przekroczenia dopuszczalnej zawartości siarczanów i związków biogennych. Niezadowalający jest również ich stan hydrobiologiczny i sanitarny (Raport..., 2005).

Potok Jaworznik (prawobrzeżny dopływ Koziego Brodu) ma sztuczne koryto utworzone podczas eksploatacji piasku podsadzkowego ze złoża Siersza-Misiury. Przyjmuje wody z kopalni piasku Szczakowa i ze składowiska odpadów górniczych KWK Siersza (kiedyś również wody dołowe tej kopalni) oraz ze składowiska odpadów paleniskowych Elektrowni Siersza.

W północno-wschodnim narożu arkusza przepływa rzeka Sztoła (lewobrzeżny dopływ Białej Przemszy). Jest to jej górny (jeszcze nie zanieczyszczony) bieg. Kilka kilometrów poniżej, do Sztoły zrzucane są wody z Zakładów Górniczo-Hutniczych (ZGH) Bolesław, zanieczyszczając ją cynkiem i innymi metalami (Lis, Pasieczna, 1999; Raport..., 2005).

Zmiany reżimu wód podziemnych mają charakter ponadlokalny i w części nieodwracalny. Eksploatacja górnicza powoduje stałe zmiany w środowisku wód podziemnych, wynikające z drenażu górotworów, odprowadzania silnie zmineralizowanych wód kopalnianych do rzek, tworzenia się obszarów podtopionych i składowania na powierzchni terenu odpadów poeksploatacyjnych (Rózkowski i in., 1997). Zaprzestanie eksploatacji węgla kamiennego i przewidywane zakończenie eksploatacji rud Zn-Pb w ZG Trzebionka spowoduje zatapianie kopalń, wypełnianie lejów depresji, wzrost ładunku siarczanów i metali ciężkich w wodach podziemnych oraz wzrost zasilania cieków powierzchniowych przez zmineralizowane wody podziemne. Na obszarze arkusza ukształtuje się nowy układ hydrograficzny, który ze względu na poeksploatacyjne przekształcenia powierzchni będzie prawdopodobnie różny od pierwotnego.

Gleby. Chemiczna degradacja gleb wiąże się z działalnością przemysłu, środków transportu, lokalnie z działalnością górniczą i składowaniem odpadów przemysłowych oraz nieprawidłowym stosowaniem nawozów sztucznych w rolnictwie.

We wcześniejszych badaniach gleb z terenu arkusza stwierdzano bardzo wysokie zawartości metali, szczególnie cynku, ołowiu i kadmu (Raport..., 2005), które są związane z

oddziaływaniem na środowisko przemysłu wydobywczo-przetwórczego rud Zn–Pb, a także z naturalnym tłem geochemicznym nad wychodniami skał rudnych. Natomiast powszechnie stosowane środki ochrony roślin i nawozy mineralne wprowadzają do środowiska glebowego pierwiastki metaliczne, związki azotowe, fosforoorganiczne, karbaminowe, alkilowe, chlorowane węglowodory i inne.

Do głównych ognisk zanieczyszczeń gleb oraz przyczyn lokalnej degradacji powierzchni należą składowiska wymienione przy charakterystyce źródeł zanieczyszczeń wód.

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2003–2005 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie miejsc pobierania próbek gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, pobranie próbek i pomiary współrzędnych w miejscach ich lokalizacji, analizy chemiczne próbek, utworzenie baz danych terenowych i laboratoryjnych, opracowanie wektorowego podkładu topograficznego, obliczenia statystyczne, opracowanie map geochemicznych i mapy geologicznej oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje załączony schemat (fig. 1).

PRACE TERENOWE

Próbki gleb pobierano w regularnej siatce 250x250 m (16 próbek/km²). Łącznie pobrano próbki gleb z 1332 miejsc. W każdym miejscu pobierano gleby z dwu zakresów głębokości: 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). Próbki gleb (o masie około 500 g) pobierano za pomocą ręcznej sondy o średnicy 60 mm firmy holenderskiej Eijkelkamp. Umieszczano je w woreczkach płóciennych opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych pobierano z różnych zbiorników wodnych: rzek, strumieni, rowów melioracyjnych, kanałów, sadzawek i stawów. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła około 250 m. Próbki osadów o masie około 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czerpaka i umieszczano w woreczkach z gęstego płótna, opisanych numerami. Do woreczków wkładano fiolki plastikowe z tymi samymi numerami próbek w celu zabezpieczenia na wypadek ewentualnego rozmycia numerów na woreczkach. Woreczki z próbkami umieszczano w specjalnym pojemniku na sicie plastikowym umożliwiającym odciekanie wody.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów wodnych. Przewodnictwo elektryczne wód i ich odczyn mierzono w terenie. Próbki wód były filtrowane w terenie przez filtry MILIPORE 0,45 μm, a po napełnieniu butelek o objętości 30 ml zakwaszane kwasem azotowym. Butelki opisywano odpowiednimi numerami.

Miejsca pobrania wszystkich próbek zaznaczano na mapach topograficznych w skali 1:10 000 i opisywano odpowiednimi numerami.

Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS (*Global Positioning System*). Stosowano urządzenie GS 20 firmy Leica, wyposażone w zewnętrzną antenę oraz komputer umożliwiający obok pomiarów współrzędnych rejestrację dodatkowych informacji (wartości pH i EC wód, danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz charakterze litologicznym próbek). Pomiar bezpośredni z tego urządzenia jest rejestrowany z dokładnością ±2–10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono sieć współrzędnych miejsc pobierania próbek. Kolejne miejsca pobierania próbek były

wyszukiwane w terenie metodą nawigacji satelitarnej. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe notowane były również na specjalnie przygotowanych kartach (fig. 2).

PRACE LABORATORYJNE

Przygotowanie próbek do analiz. Próbki gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm (ISO 11464). Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,0–0,3 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na trzy podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą do analizy granulometrycznej i trzecią – archiwalną. Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,8–1,0 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą – archiwalną (fig. 1). Próbki gleb przeznaczone do analiz chemicznych ucierano do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych.

Próbki osadów wodnych były suszone w temperaturze pokojowej, a następnie przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 0,2 mm. Frakcję <0,2 mm po kwartowaniu dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą – archiwalną (fig. 1).

Wszystkie próbki archiwalne zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie.

Analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Roztworzenie próbek gleb i osadów wodnych przeprowadzono w wodzie królewskiej (1 g próbki do końcowej objętości 50 ml) przez 1 godz. w temp. 95°C w termostатовanym bloku aluminiowym.

Oznaczenia zawartości Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach oraz osadach wodnych wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES). Do analiz stosowano spektrometr JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon. Analizy zawartości rtęci w próbkach gleb i osadów wodnych wykonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS), z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100. Odczyn gleb oznaczono pehametrycznie w wyciągach wodnych, a zawartość węgla organicznego w glebach – metodą kulometryczną. Oznaczenia zawartości Al, B, Ca, Fe, K, Li, Mg, Na, P, SiO₂, Ti i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES, a zawartość Ag, As, Ba, Cd, Cl, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, SO₄, Sr, Tl i U – metodą ICP-MS.

Zestawienie metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabeli 1.

Poprawność wykonywanych oznaczeń chemicznych sprawdzano poprzez analizę próbek podwójnych (5% ogólnej liczby próbek), analizę materiałów odniesienia z atestowaną zawartością badanych pierwiastków (2% ogólnej liczby próbek) oraz analizę wewnętrznych próbek kontrolnych potwierdzających prawidłowe wykonywanie pomiarów instrumentalnych (5% ogólnej liczby próbek). Stosowano „ślepe próbki” odczynnikowe oraz „ślepe próbki proceduralne”. Czystość odczynników i naczyń kontrolowano za pomocą „ślepych próbek odczynnikowych”. „Ślepe próbki proceduralne” (*sea sand extra pure Merck*) stosowano do sprawdzania zanieczyszczeń możliwych do wprowadzenia podczas kolejnych etapów przygotowania próbek.

Dla próbek stałych precyzja oznaczeń wynosi ± 10 –15% (na podstawie analiz próbek podwójnych). Dla próbek wód precyzja wynosi ± 10 –20% (zależnie od zawartości pierwiastka).

Analizy granulometryczne gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Zakładzie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, łącząc analizę sitową z metodą laserowego pomiaru wielkości cząstek. Badania składu ziarnowego przeprowadzono metodami odbiegającymi od klasycznych (stosowanych według odpowiednich norm w gleboznawstwie). Ich wyniki nie mogą zatem służyć do podziału gleb według kryteriów gleboznawczych. Są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

Próbki przesiewano przez zestaw sit o oczkach 2 mm, 1 mm i 0,5 mm. Próbki niektórych gleb gliniastych rozdrabniano w moździerzu porcelanowym przed przesiewaniem. Ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,5 mm i <0,5 mm.

Pomiary wielkości ziaren we frakcji <0,5 mm przeprowadzono za pomocą laserowego miernika wielkości cząstek Analysette-22 firmy Fritsch. Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach z uwzględnieniem wybranych klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm – frakcja piaszczysta, 0,1–0,02 mm – frakcja pylasta, <0,02 mm – frakcja ilasta (tabl. 4–6).

BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Podkład topograficzny. Jako podkładu map geochemicznych w skali 1:25 000 użyto najbardziej aktualnej mapy topograficznej w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992, arkusz Jaworzno M-34-63-B. Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

- rzeźba terenu,
- hydrografia (z podziałem na rzeki, strumienie, rowy, zbiorniki wód stojących),
- sieć komunikacji drogowej (z podziałem według klas),
- sieć kolejowa,
- zabudowa terenu (z podziałem na zabudowę wiejską, miejską oraz przemysłową),
- lasy,
- tereny przemysłowe (obiekty przemysłowe, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

Mapa geologiczna. Dla ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski 1:50 000 arkusz Jaworzno (Kurek i in., 1999). Korzystając z plików w systemie ArcInfo, udostępnionych przez Zakład Kartografii Geologicznej PIG, drogą obróbki komputerowej utworzono obrazy wektorowe poszczególnych elementów mapy geologicznej zakrytej, które następnie połączono z podkładem topograficznym, tworząc mapę geologiczną w skali 1:25 000 (tabl. 1).

Bazy danych. Utworzono oddzielne bazy danych dla:

- gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m,
- gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m,
- osadów wodnych,
- wód powierzchniowych.

Bazy danych dla gleb zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, gatunek gleby, lokalizację miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbkę oraz wyniki analiz chemicznych.

Bazy danych dla osadów wodnych i wód powierzchniowych zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, rodzaj zbiornika wodnego, gatunek osadu, lokalizację miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbkę oraz wyniki analiz chemicznych.

Obliczenia statystyczne. Bazy danych służyły do wydzielania podzbiorów dla obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, np.: zawartości pierwiastków w glebach uprawnych, glebach leśnych, glebach miejskich (tab. 2 i 3) oraz ich zawartości w osadach wodnych i w wodach poszczególnych zbiorników (tab. 4–6), jak również do tworzenia map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych, zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów dla gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych wykonano za pomocą programu Statistica. Wyliczano średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–6 oraz zamieszczono na mapach geochemicznych. Obliczone wskaźniki służyły do wyznaczania klas zawartości przy tworzeniu map geochemicznych.

Opracowanie map. Dla arkusza Myślachowice opracowano następujące mapy (tabl. 2–63):

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszczystej, pylastej i ilastej w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 m,
- pH w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m,
- zawartość Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m oraz w osadach wodnych,
- pH i przewodnictwo elektryczne oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Cl, Co, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, SiO₂, SO₄, Sr, Ti, Tl, U i Zn w wodach powierzchniowych.
- klasyfikacja gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m w odniesieniu do sposobu ich użytkowania.

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz klasyfikację gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m w odniesieniu do sposobu ich użytkowania przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2, 3 i 63).

Do przedstawienia rozkładu klas ziarnowych (tabl. 4–6) oraz zawartości pierwiastków w glebach wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono z użyciem programu Surfer, stosując metodę *Inverse Distance to a Power*. Klasy zawartości pierwiastków dobierano stosując postępowanie geometryczne.

Odczyn gleb (tabl. 7 i 8) przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (z podziałem na gleby bardzo kwaśne, kwaśne, obojętne i zasadowe).

Aby uniknąć niezgodności na granicy arkuszy map geochemicznych, opracowano je dla całego zbioru wyników analiz chemicznych pięciu arkuszy map 1:25 000: Sławków, Olkusz, Nowa Góra, Myślachowice i Chrzanów. Z utworzonych map monopierwiastkowych wycinano mapy arkusza Myślachowice i łączono je z podkładem topograficznym.

Mapy geochemiczne osadów wodnych i wód powierzchniowych opracowano oddzielnie dla arkusza Myślachowice. Utworzono je w formie kartodiagramów kołowych, przypisując im odpowiednie średnice do poszczególnych klas zawartości, ułożonych najczęściej w postępie geometrycznym.

Dla celów prezentacji i porównania geochemii badanych środowisk monopierwiastkowe mapy geochemiczne opracowano poprzez połączenie parami na jednej tablicy mapy geochemicznej gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m z mapą geochemiczną osadów wodnych oraz mapy geochemicznej gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m z mapą geochemiczną wód powierzchniowych (tabl. 7–62). Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk.

WYNIKI BADAŃ

GLEBY

Skalami macierzystymi gleb na obszarze arkusza Myślachowice są utwory różnorodnie litologicznie i wiekowo (tabl. 1). Wytworzyły się z nich różne typy i rodzaje gleb, których cechy geochemiczne odzwierciedlają wpływ składu chemicznego skał podłoża. Na wapieniach triasowych i jurajskich powstały rędziny, zaś z piasków fluwioglacjalnych rozwinęły się gleby brunatne i bielcowe.

Skład granulometryczny. Jednym z czynników wpływających na zawartość pierwiastków chemicznych w glebach jest ich granulometria. Gleby z dużym udziałem frakcji ilastej, zwanej również frakcją spławialną (<0,02 mm), i pylastej (0,1–0,02 mm) charakteryzują się zwykle wyższymi zawartościami szeregu pierwiastków i ich mniejszą mobilnością w warunkach hipergenicznych. W normach i zaleceniach określających dopuszczalne stężenia metali w glebach zwykle uwzględnia się tę ich właściwość, dopuszczając większe zawartości graniczne dla gleb z dużym udziałem frakcji ilastej i mniejsze dla gleb z dużym udziałem frakcji piaszczystych (Kabata-Pendias i in., 1995).

Zróżnicowanie składu ziarnowego gleb na badanym arkuszu jest związane z budową geologiczną. Gleby piaszczyste (o zawartości >90% frakcji 1,0–0,1 mm) dominują w części północno-zachodniej oraz w dolinie potoku Łużnik (tabl. 4), a na wschodzie arkusza zajmują niewielkie, izolowane rejony. Ich skałami macierzystymi są piaski i żwiry plejstocenu. Gleby te charakteryzują się niewielką zawartością (<5 %) frakcji pylastej i ilastej i są to przeważnie gleby leśne. W glebach południowej i wschodniej części arkusza, rozwiniętych na skałach starszych formacji, zawartość frakcji piaszczystej mieści się w granicach 50–90% (tabl. 4). Znaczny udział w ich składzie ma frakcja pylasta (10–30%) oraz ilasta (10–35%). Najbardziej wzbogacone we frakcję pylastą (do 48%) są gleby rozwinięte z lessów w południowo-wschodnim krańcu arkusza (tabl. 5) oraz ze skał permskich i triasowych. Na tych samych utworach występują gleby obfitujące we frakcję ilastą, która dominuje też w niektórych glebach rozwiniętych na osadach aluwialnych potoku Kozi Bród oraz w rejonie położonym na północ od zbiornika wodnego Górka (tabl. 6).

Odczyn. W warstwie powierzchniowej gleby o odczynie kwaśnym (<6,7) stanowią 62%. Są to głównie gleby lasów i nieużytków. Udział gleb o odczynie obojętnym wynosi 28%, zaś tylko 10% gleb wykazuje odczyn zasadowy.

Występowanie gleb o odczynie obojętnym i zasadowym ograniczone jest do niewielkich obszarów na południu arkusza (rejon między Luszowicami a Górą Luszowską oraz między miejscowościami Podkrystynów, Krze i Płocki). Gleby o odczynie 8,0–9,4 stwierdzono w rejonie byłego ZSO Górka w Trzebini (tabl. 7). Tak wysoki odczyn wiąże się prawdopodobnie z rozpraszaniem pyłów podczas wieloletniej produkcji tych zakładów, wykorzystujących wapień i margle jurajskie do produkcji materiałów ogniotrwałych i cementu.

Wyraźnie zaznacza się związek składu chemicznego skał podłoża i odczynu w glebach z zakresu głębokości 0,8–1,0 m (tabl. 8). Gleby o odczynie zasadowym (zajmujące 18% powierzchni) występują na południu arkusza, gdzie ich podłożem są wapień i margle jurajskie. Wysoki jest też udział gleb obojętnych (34%), a do gleb kwaśnych zaliczono 48% analizowanych próbek.

Geochemia. W zależności od warunków fizykochemicznych środowiska procesy glebotwórcze doprowadziły do zmian składu chemicznego gleb w stosunku do skał macierzystych, jednak najczęściej podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są czytelne. Przestrzenne rozmieszczenie pierwiastków odziedziczonych po skałach macierzystych pozwala zatem prześledzić zróżnicowanie tła geochemicznego i wydzielić lokalne anomalie pierwiastków.

Najmniejszymi zawartościami pierwiastków charakteryzują się gleby utworzone na plejstocenijskich, piaszczystych utworach wodnolodowcowych, pokrywających północno-zachodnią część arkusza. Dotyczy to zarówno powierzchniowej, jak i głębszej warstwy gleb. Niewielkie zawartości pierwiastków wiążą się z ubogim składem chemicznym piaszczystych skał podłoża oraz ich kwaśnym odczynem, który sprzyja ługowaniu pierwiastków.

W południowo-wschodniej części arkusza, w porównaniu z obszarem północno-zachodnim, gleby zawierają znacznie więcej prawie wszystkich pierwiastków, co wiąże się przede wszystkim z występowaniem skał triasowych ze złożami rud cynkowo-ołowiowych w ich podłożu.

Historyczna eksploatacja złóż kruszcowych prowadzona w licznych płytkich kopalniach na wychodniach formacji rudonośnych doprowadziła do rozproszenia odpadów wokół wyrobisk. O takim sposobie powstawania anomalii świadczy fakt, że w miejscach starych, nieczynnych wyrobisk górniczych (od Gór Luszowskich po Krystynów) anomalie kadmu, ołowiu i cynku są równie intensywne jak w rejonie współczesnej eksploatacji, w pobliżu szybów ZG Trzebieńka.

Przeciętne zawartości wapnia, magnezu, kadmu, ołowiu i cynku (wyrażone wartością median) są wyższe w powierzchniowej warstwie gleb, co świadczy o znacznym udziale czynnika antropogenicznego w ich gromadzeniu, zaś obrazy przestrzennego rozmieszczenia pierwiastków w obu analizowanych zakresach głębokości są bardzo podobne.

Najbardziej wyraziste anomalie wapnia (tabl. 19 i 20), kadmu (tabl. 21 i 22), magnezu (tabl. 36 i 37), ołowiu (tabl. 46 i 47) i cynku (tabl. 61 i 62) wiążą się z wychodniami dolomitów kruszconośnych (tabl. 1). Rozciągają się szerokim pasem od zachodniej granicy arkusza poprzez Góry Luszowskie, Balin, Trzebień, Krze po Płocki oraz od Podlesia i Czyżówki do jego wschodniej granicy. W wapń bogate są również gleby rozwinięte na utworach jurajskich oraz grunty antropogeniczne rejonu hałd górniczych byłej KWK Siersza i składowiska odpadów paleniskowych Elektrowni Siersza. W okolicy Gór Luszowskich, w glebach rozwiniętych na węglanowych utworach jury zanotowano wzbogacenie w stront (tabl. 53 i 54).

Jednym ze źródeł anomalii kadmu, ołowiu i cynku są stare wyrobiska po odkrywkowym górnictwie rudnym, występujące na wychodniach dolomitów triasowych. W niektórych rejonach (np. w okolicy Balina i prawdopodobnie Luszowic) stare wyrobiska zostały zniwelowane w związku z robotami ziemnymi podczas budowy autostrady A4 oraz z rozwojem budownictwa mieszkaniowego wraz z towarzyszącą mu infrastrukturą komunalną. Dodatkowym źródłem anomalii Pb–Cd–Zn w rejonie między Kątami (na SW od granic arkusza) i Balinem mógł być historyczny wytop ołowiu (Szuwarzyńska i in., 2001).

Anomalie kadmu, ołowiu i cynku w miejscowości Krze mają głównie pochodzenie antropogeniczne. W obszarze ich występowania (w rejonie zlikwidowanych obecnie ZSO Górka) w XIX w. znajdowała się huta cynku i rozległa hałda jej odpadów (Szuwarzyński, Kryza, 1995). W rejonie anomalii w powierzchniowej warstwie gleb zawartość kadmu na znacznym obszarze przekracza 8 mg/kg (tabl. 21), ołowiu 250 mg/kg (tabl. 46), a cynku 1000 mg/kg (tabl. 61). W zakresie głębokości 0,8–1,0 m anomalie są mniej rozległe, ale intensywniejsze. Anomalie kadmu, ołowiu i cynku w rejonie szybów ZG Trzebieńka są częściowo pochodzenia antropogenicznego, o czym świadczy ich mniejsza intensywność na głębokości 0,8–1,0 m.

Na terenie całego arkusza widoczna jest bardzo silna redukcja obszarów zajmowanych przez gleby o anomalnej koncentracji kadmu, ołowiu i cynku w zakresie głębokości 0,8–1,0 m w stosunku do powierzchniowej warstwy gleb (tab. 7).

Podwyższenie zawartości arsenu w glebach (tabl. 13 i 14) występuje na obszarach wychodni utworów triasu, gdzie pierwiastek ten towarzyszy kruszcom Pb–Zn, a także w

rejonach hałd górniczych i terenów przemysłowych KWK Siersza, co można wiązać z pospolitą domieszką siarkosoli arsenu w węglu (Paulo, Strzelska-Smakowska, 2000).

Rozkłady przestrzenne glinu, baru, kobaltu, chromu, żelaza, manganu, niklu, strontu, tytanu i wanadu wskazują na ich wyraźny związek ze składem chemicznym skał podłoża. Podwyższenia zawartości tych pierwiastków zanotowano w glebach z obydwu zakresów głębokości, rozwiniętych na wychodniach utworów triasu i permu.

Najwyraźniejsza antropogeniczna anomalia glinu (tabl. 11 i 12) występuje w okolicy wyrobiska ZSO Górka, pozostałego po eksploatacji margli, w którym zgromadzono odpady zawierające wodorotlenek glinu i odpady niebezpieczne z ZSO Górka. W powierzchniowej warstwie gleb stężenie glinu wynosi maksymalnie 9,78%, a na głębokości 0,8–1,0 m dochodzi do 10,16%. Dla porównania stopnia koncentracji glinu można przytoczyć jego zawartość maksymalną w powierzchniowej warstwie gleb na arkuszu Sławków, wynoszącą 1,5% (Lis, Pasieczna, 1999).

Wzbogacenie w bar zaznacza się dość słabo w glebach rozwiniętych na wychodniach skał triasowych, a bardziej wyraźnie na utworach permu oraz w gruntach antropogenicznych na hałdach górniczych KWK Siersza i na terenie składowiska odpadów górniczych i popiołów Elektrowni Siersza. Źródłem baru może być rozpraszanie popiołów ze spalania węgla (Rózkowska, Ptak, 1995) oraz wietrzenie piaskowców arkozowych i niektórych wulkanitów o jego podwyższonej zawartości.

Zwiększone zawartości kobaltu (tabl. 24 i 25) i chromu (tabl. 26 i 27) występują głównie w glebach rozwiniętych na utworach triasu. Wzbogacenia są częściowo antropogeniczne. Gleby obfitujące w te pierwiastki są zlokalizowane wokół składowiska odpadów Elektrowni Siersza i obiektów byłych ZSO Górka.

Rozkłady przestrzenne żelaza, manganu, niklu i strontu są zbliżone do rozkładów wapnia i magnezu, a większe zawartości tych pierwiastków utrzymują się głównie w rejonach wychodni utworów triasu i permu, ulegając wyraźnej redukcji wraz z głębokością.

Na południu arkusza powierzchniowa warstwa gleb jest wzbogacona w tytan (tabl. 55) i wanad (tabl. 59). W zakresie głębokości 0,8–1,0 m najbogatsze w te pierwiastki są grunty antropogeniczne wokół składowiska odpadów Elektrowni Siersza.

Anomalne zawartości srebra, miedzi, siarki i rtęci wiążą się z działalnością gospodarczą człowieka.

Punktowe anomalie srebra zanotowano w powierzchniowej warstwie gleb w centrum Luszowic, na terenie przemysłowym ZG Trzebieńka, w sąsiedztwie byłych ZSO Górka oraz Elektrowni Siersza (tabl. 9 i 10).

Podwyższone zawartości miedzi występują w powierzchniowej warstwie gleb na południu arkusza (tabl. 28). Można przypuszczać, że pierwiastek ten pochodzi głównie ze źródeł antropogenicznych – rozpraszania pyłów ze spalania węgla w elektrowni Siersza i w paleniskach domowych oraz odcieków ze składowiska odpadów elektrowni, szybów ZG Trzebieńka i hałd górnictwa węglowego. Na większej głębokości powierzchnia obszarów o podwyższonej zawartości miedzi ulega redukcji (tabl. 29).

Wzbogacenie w rtęć (>0,10 mg/kg) zanotowano w powierzchniowej warstwie gleb na południu i wschodzie arkusza (tabl. 32). Zanieczyszczenie kontynuuje się głębiej tylko w sąsiedztwie Elektrowni Siersza i składowiska jej odpadów paleniskowych oraz w rejonie przemysłowym na północ od dzielnicy Trzebini – Płocki.

Istotna jest różnica w zawartości siarki w powierzchniowej warstwie gleb (0,013%) i w zakresie głębokości 0,8–1,0 m (<0,005%); tabl. 2 i 3. W głębszej warstwie następuje zmniejszenie powierzchni gleb wzbogaconych w siarkę (tabl. 49 i 50). Wyraźne anomalie zanotowano na obszarze obiektów przemysłowych, a zwłaszcza w okolicy dawnych osadników Elektrowni Siersza.

Zawartość fosforu wiąże się ze sposobem użytkowania gleb. Najuboższe w ten pierwiastek są gleby leśne w północno-zachodniej części arkusza (tabl. 44 i 45). Podobnie jak w przypadku siarki, przeciętna zawartość tego pierwiastka (0,013%) jest większa w powierzchniowej warstwie gleb w stosunku do warstwy głębszej (0,006%).

Na zawartość wielu pierwiastków w glebach wpływa sposób ich użytkowania. Najmniejszymi zawartościami oznaczanych pierwiastków charakteryzują się gleby leśne, większymi – gleby pól uprawnych, łąk i terenów z zabudową wiejską (tab. 2 i 3). Na terenach o zabudowie miejskiej, a szczególnie na trawnikach przyulicznych i w miejskich ogródkach działkowych, zawartości arsenu, kadmu, miedzi, rtęci, ołowiu i cynku są podwyższone. Maksymalne koncentracje zanotowano na obszarach przemysłowych i w rejonach nieużytków, które często są terenami poprzemysłowymi.

Dla gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami (tab. 8), klasyfikując je do poszczególnych grup użytkowania na podstawie wartości dopuszczalnych stężeń określonych w załączniku do Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (2002). Przy klasyfikacji sumarycznej stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną w grupie niższej. Ze względu na zawartość metali 30,71% spośród badanych próbek spełnia warunki klasyfikacji do grupy A. Do grupy B zaliczono 24,55% analizowanych próbek, a do grupy C – 44,74% (tab. 8). Gleby zaliczone do grupy C występują głównie w południowej części arkusza na wychodniach dolomitów kruszonośnych oraz na terenach obiektów przemysłowych. Największy udział w zanieczyszczeniu gleb mają cynk, kadm i ołów (tab. 7).

OSADY WODNE

Analizowane osady wodne pochodziły ze strumieni, kanałów i rowów melioracyjnych. Tylko pojedyncze próbki reprezentują osady niewielkich zbiorników wód stojących. Główną cechą geochemii analizowanych osadów jest dominacja czynników antropogenicznych nad naturalnymi w koncentracji pierwiastków, a szczególnie metali i siarki.

Kozi Bród. Większość obszaru arkusza położona jest w zlewni potoku Kozi Bród, do którego odprowadzane są oczyszczone ścieki przemysłowo-opadowe i odsoliny pochłonicze z Elektrowni Siersza. Poprzez lewobrzeżny ciek bez nazwy do Koziego Brodu dopływają ścieki komunalne z Trzebini (wcześniej również ścieki poprodukcyjne z ZSO Górka), zaś prawobrzeżnym strumieniem Jaworznik – odcieki z rejonu dawnych osadników Elektrowni Siersza, a kiedyś także wody kopalniane KWK Siersza.

W aluwiach Koziego Brodu do pierwiastków pochodzenia geogenicznego należą: glin, arsen, bar, wapń, kobalt, chrom, żelazo, magnez, mangan, nikiel, fosfor, siarka, tytan i wanad. Ich zawartość na całej długości potoku waha się nieznacznie. Najmniejsze (naturalne) zawartości tych pierwiastków występują na odcinku od wschodniej granicy arkusza do zbiornika retencyjnego Osowiec. Poniżej zbiornika następuje zwiększenie ich zawartości spowodowane zrzutem ścieków i wód pochłoniczych Elektrowni Siersza. Podwyższenie koncentracji widoczne jest dla wielu pierwiastków: wapnia (tabl. 19), kobaltu (tabl. 24), chromu (tabl. 26), żelaza (tabl. 30), magnezu (tabl. 36), manganu (tabl. 38), niklu (tabl. 42), siarki (tabl. 49) i strontu (tabl. 53). Najwyraźniej zaznacza się zanieczyszczenie osadów przez miedź (tabl. 28) i rtęć (tabl. 32). Przed zrzutem ścieków z Elektrowni Siersza zawartość miedzi w osadach waha się od <1 do 9 mg/kg, a poniżej najczęściej występują stężenia przekraczające kilkaset mg/kg (z maksimum 703 mg/kg). Zawartość rtęci w górnym biegu Koziego Brodu nie przekracza 0,05 mg/kg, a po przyjęciu ścieków wynosi 0,13–2,36 mg/kg.

Osady cieków bez nazwy dopływającego do Koziego Brodu z Trzebini są wzbogacone w glin (tabl. 11), chrom (tabl. 26) i magnez (tabl. 36). Zawartość glinu waha się najczęściej w granicach 0,7–1,5%, a chromu 33–66 mg/kg. Głównym źródłem tych pierwiastków jest zbiornik odpadów przemysłowych ZSO Górka. Odcieki z rejonu hałd i osadników KWK Siersza powodują zanieczyszczenie osadów tego cieków przez kobalt (do 139 mg/kg), mangan (do 6116 mg/kg), nikiel (do 124 mg/kg) i wanad (do 43 mg/kg). W rejonie stacji kolejowej Trzebinia-Siersza osady są zanieczyszczone srebrem (tabl. 9), arsenem (tabl. 13), kadmem (tabl. 21), chromem (tabl. 26), miedzią (tabl. 28), ołowiem (tabl. 46), strontem (tabl. 53) i cynkiem (tabl. 61). Zanieczyszczenie rtęcią (pochodzącą przypuszczalnie ze ścieków komunalnych) osiąga tu 2,75 mg/kg, a poniżej ujścia cieków, w aluwkach Koziego Brodu dochodzi do 14,60 mg/kg.

Prawobrzeżnym dopływem Koziego Brodu jest potok Jaworznik, w górnym biegu odwadniający rejon nieczynnego składowiska odpadów paleniskowych Elektrowni Siersza, a w dolnym – rejon szybów byłej KWK Siersza. Do potoku zrzucane są wody z kopalni piasku Szczakowa. Aluwka Jaworznika są wzbogacone w wapń (tabl. 19), kobalt (tabl. 24), mangan (tabl. 38), nikiel (tabl. 42), stront (tabl. 53) i wanad (tabl. 59), a szczególnie wysokie koncentracje osiągają mangan i stront. Przeciętna zawartość manganu (mediana) w osadach Jaworznika wynosi 2309 mg/kg (przeciętna dla całego arkusza 235 mg/kg; tab. 4), a przeciętna zawartość strontu (86 mg/kg) czterokrotnie przekracza wartość przeciętną dla arkusza (21 mg/kg).

Łuźnik. Aluwka strumienia Łuźnik, drenującego utwory fluwioglacjalne czwartorzędu w południowo-zachodniej części arkusza, charakteryzują się niewielkimi zawartościami badanych pierwiastków (tab. 4). Zawierają jedynie podwyższoną ilość strontu (tabl. 53), którego źródłem są przypuszczalnie węglanowe utwory triasu.

Żabnik. Potok Żabnik dopływa do Koziego Brodu poza zachodnią granicą arkusza. Odwadnia teren pokryty plejstocenijskimi piaskami stożków napływowych, a jego dolinę wypełniają gleby bagienne i mułowo-błotne. Niektóre aluwka Żabnika zawierają podwyższone ilości glinu, arsenu, kadmu, miedzi, rtęci, ołowiu, siarki, strontu, wanadu i cynku. Prawdopodobnym źródłem wzbogaceń wydaje się obszar źródłowy potoku, gdzie występują anomalie tych pierwiastków w glebach. Anomalie mogły powstać w glebach rozwiniętych na osadach aluwialnych potoku, który w przeszłości transportował zarówno odcieki ze składowiska odpadów paleniskowych, jak i wody kopalniane KWK Siersza. Stężenia arsenu osiągają tu 25–48 mg/kg, zaś koncentracja kadmu często przekracza 50 mg/kg (maksymalnie wynosi 260 mg/kg). Badane aluwka zawierają podwyższone ilości ołowiu (100–300 mg/kg). Obecnie potok skierowano do sztucznego kanału, którym odwadniana jest kopalnia piasku Szczakowa.

Małe strumienie bez nazwy. W aluwkach małych cieków bez nazwy, drenujących północną i południową część arkusza, zawartości badanych pierwiastków są zróżnicowane. Osady cieków płynącego w pobliżu dzielnicy Trzebini Płocki obfitują w glin (około 2%) oraz zawierają podwyższone ilości srebra (do 5 mg/kg), kadmu (do 48 mg/kg), miedzi (do 94 mg/kg), chromu (do 57 mg/kg), rtęci (do 0,65 mg/kg), ołowiu (do 5000 mg/kg), strontu (do 130 mg/kg) i cynku (do 6620 mg/kg). Zanieczyszczenie aluwków metalami pochodzi zarówno ze źródeł naturalnych (erozja utworów triasu), jak i antropogenicznych (spływy odcieków z rejonów hałd górniczych, szybu kopalni Siersza i obszaru przemysłowego ZSO Górka).

W północno-zachodniej części arkusza aluwka cieków drenujących wyrobisko poeksploatacyjne kopalni piasku Szczakowa, koło Boru Biskupiego, są wzbogacone w niektóre pierwiastki. Lokalnie zawartość glinu w osadach dochodzi do 1,5–2,0%. Nieznacznie podwyższone (prawdopodobnie ze źródeł antropogenicznych) są zawartości kobaltu, miedzi, chromu, żelaza, manganu, niklu, tytanu i wanadu.

WODY POWIERZCHNIOWE

Kozi Bród. Wody potoku i jego dopływów charakteryzuje wyrównany odczyn (pH 7,7-8,3) na całej ich długości (tabl. 7) oraz zbliżone zawartości srebra, glinu, arsenu, kobaltu, żelaza, manganu, krzemionki, strontu i tytanu.

Przewodnictwo elektryczne jest zdecydowanie różne przed zrzutem wód z elektrowni Siersza (około 0,30–0,40 mS/cm) i poniżej tego miejsca (1,00–1,30 mS/cm). Należy tu zaznaczyć, że wartość przewodnictwa wód powyżej 1 mS/cm wskazuje na ich znaczne zanieczyszczenie (Witczak, Adamczyk, 1994). Podobnie jak gwałtowna zmiana przewodnictwa, w wodach Koziego Brodu, poniżej zrzutu ścieków elektrowni Siersza, zaznacza się wzrost koncentracji szeregu pierwiastków: boru, chloru, litu, magnezu, molibdenu, sodu, talu i siarczanów, a w mniejszym stopniu – wapnia, miedzi, niklu, potasu, rubidu i antymonu. Na wysokie koncentracje tego zespołu pierwiastków wpływają zrzuty odsolin pochłodniczych z elektrowni, która czerpie wodę do procesów technologicznych, między innymi z szybu Artur (KWK Siersza). Stężenie boru w wodach Koziego Brodu nie przekracza 50 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ w jego górnym biegu (tabl. 15), a poniżej zrzutu ścieków elektrowni waha się od 500 do 2500 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Zawartość chloru w obydwu wymienionych częściach potoku wynosi odpowiednio 13–17 mg/dm^3 i >40 mg/dm^3 (tabl. 23), miedzi $<0,5$ $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ i 3–37,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 29), potasu <2 mg/dm^3 i 7–8 mg/dm^3 (tabl. 34), litu <2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ i 30–40 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 35), magnezu 12–13 mg/dm^3 i 80–90 mg/dm^3 (tabl. 37), molibdenu 0,1–0,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ i 7–9 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 40), sodu 5 mg/dm^3 i 40–50 mg/dm^3 (tabl. 41), rubidu $<2,5$ $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ i 5–7 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 48), siarczanów 40–50 mg/dm^3 i 300–500 mg/dm^3 (tabl. 50) i talu $<0,05$ $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ i 0,30–0,48 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 57).

Odmienny jest rozkład stężeń baru (tabl. 17), kadmu (tabl. 22), uranu (tabl. 58) i cynku (tabl. 62). Jony tych pierwiastków transportowane z obszaru źródłowego (z rejonu wychodni kruszczośnych utworów triasu i starych wyrobisk górnictwa kruszcowego) ulegają wytrąceniu w miejscu zrzutu ścieków elektrowni (przypuszczalnie łącząc się z jonami siarczanowymi lub chlorkowymi). Do szczególnie niebezpiecznych dla organizmów żywych należy stężenie toksycznego talu w wodzie Koziego Brodu. Jego źródłem są przypuszczalnie wody kopalniane, a także spływy powierzchniowe z gleb rozwiniętych na wychodniach dolomitów kruszczośnych z rudami Zn–Pb, w obszarze źródłowym strumienia. Na pobliskim terenie stwierdzano wcześniej zawartość talu w glebach w granicach 0,43–35,12 mg/kg (Lis i in., 2003), a w wodach – od 0,16 do 3,24 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (Paulo i in., 2002), podczas gdy tło geochemiczne w wodach powierzchniowych Polski wynosi 0,006 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (Salminen, red., 2005). W wodach Koziego Brodu powyżej zrzutu ścieków elektrowni Siersza stężenie talu wynosi $<0,05$ $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, a poniżej osiąga 0,30–0,58 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 57).

Lewobrzeżny dopływ Koziego Brodu (ciek bez nazwy) transportuje wody wzbogacone w bor, chlor, żelazo, potas, lit, magnez, mangan, sód, fosfor i rubid. Do szczególnie wysokich należą koncentracje fosforu, osiągające 5–8 mg/dm^3 , podczas gdy tło geochemiczne wód powierzchniowych arkusza nie przekracza 0,05 mg/dm^3 . Zanieczyszczenie wód tego ciekę wiąże się z odprowadzaniem ścieków komunalnych z Trzebini, ZSO Górka, stacji kolejowej oraz drenażem rejonu hałd górnictwa węglowego.

Jaworzniak. W wodach potoku zanotowano wyrównane wartości pH (8,0) i wysokie przewodnictwo elektryczne w granicach 1,05–1,33 mS/cm (tab. 6), świadczące o znacznej mineralizacji wód związanej z odprowadzaniem odcieków z rejonu nieczynnego składowiska odpadów paleniskowych i wieloletnim zrzutem wód kopalnianych. Z tymi źródłami wiąże się wzbogacenie wód w bor (tabl. 15), wapń (tabl. 20), miedź (tabl. 29), potas (tabl. 34), lit (tabl. 35), magnez (tabl. 37), molibden (tabl. 40), sód (tabl. 41), rubid (tabl. 48), antymon (tabl. 51), siarczany (tabl. 50), stront (tabl. 54), tal (tabl. 57) i uran (tabl. 58). Pierwiastki te mogą być ługowane z odpadów przez infiltrujące wody opadowe, czego dowodem są badania

laboratoryjne ługowania odpadów z elektrowni Łagisza i Łaziska (Grabowska, Sowa, 2003). Autorki wykazały, że badane popioły, jak i ich odcieki nie zapewniają warunków bezpiecznego składowania dla środowiska wód powierzchniowych i podziemnych z uwagi na wysoką mineralizację, odczyn i stężenia jonów siarczanowych.

Łużnik. Wody strumienia są słabo zasadowe (pH – 8,2) i słabo zmineralizowane (EC w granicach 0,30–0,50 mS/cm). Zawierają niewielkie ilości prawie wszystkich badanych składników. Są przypuszczalnie naturalnie wzbogacone w bar (140–160 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), żelazo (do 2 mg/dm^3), mangan (do 363 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), stront (do 1334 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i uran (do 1,06 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

Żabnik. Potok niesie wody o niskiej mineralizacji i odczynie 8,2. Stwierdzono podwyższone ilości glinu (również w aluwiach). W górnym biegu potoku wody są wzbogacone w potas (do 37 mg/dm^3) i lit (do 512 mg/dm^3), a na całej jego długości zaznacza się wzbogacenie w kadm, cynk, bor i mangan.

Małe strumienie bez nazwy. Wody małych cieków charakteryzuje zbliżony odczyn (8,1–8,4) oraz niskie przewodnictwo elektryczne (tabl. 8).

W północno-zachodniej części arkusza wody ciekę płynącego z rejonu byłej kopalni piasku Szczakowa są wzbogacone w niektóre pierwiastki. Stężenie boru przekracza tu 400 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, podwyższone są też ilości potasu (1–2 mg/dm^3) i litu (3–6 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Wzbogacenie w te pierwiastki może wskazywać na ascenzyjny dopływ zasolonych wód z karbonu. Na tle analizowanych wód arkusza w wodach tego ciekę zaznacza się podwyższenie ilości molibdenu (2–4 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Jest to zawartość dopuszczalna, charakterystyczna dla wód gruntowych, które określane są jako czyste do wartości 5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Źródłem molibdenu, podobnie jak strontu (280–370 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i uranu (0,80–1,20 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), mogą być utwory karbońskie.

WNIOSKI

1. Zawartości analizowanych pierwiastków wskazują na istotne zanieczyszczenie gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych metalami ciężkimi i innymi pierwiastkami toksycznymi. Źródłem wielopierwiastkowych anomalii jest skład chemiczny skał podłoża, występowanie mineralizacji oraz oddziaływanie czynników związanych z górnictwem rud Zn–Pb i węgla kamiennego.

2. Zaznacza się dobra korelacja między wynikami badań gleb powierzchniowych (0,0–0,3 m) i gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m oraz wyraźna zależność ich składu chemicznego ze składem skał macierzystych.

3. Podwyższone zawartości wapnia, magnezu, żelaza i siarki w glebach są głównie wynikiem ich obfitości w skałach podłoża geologicznego.

4. Geologicznym (naturalnym) czynnikiem zanieczyszczenia badanych środowisk powierzchniowych przez arsen, kadm, cynk, ołów i rtęć są wychodnie kruszonośnych utworów triasu. W obszarach górniczych dodatkowym czynnikiem zanieczyszczenia są procesy wydobywania i przeróbki kopalin.

5. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych wiąże się z działalnością różnych gałęzi przemysłu. Głównym źródłem zanieczyszczenia strumieni są ścieki zrzucane przez zakłady wydobywania i przeróbki rud Zn–Pb oraz górnictwo węgla kamiennego. Powodują one kontaminację wód powierzchniowych przez kadm, ołów, cynk, tal, bor, potas, lit, siarczany i sól, co znajduje wyraz w wysokiej przewodności elektrycznej. Zrzuty ścieków przemysłowych i komunalnych powodują wzbogacenie wód powierzchniowych w kobalt, miedź, potas, lit, mangan, magnez, sól, fosfor, rubid, krzemionkę i stront.

LITERATURA REFERENCES

- ATANASSOV I., ANGELOVA I., 1995 – Profile differentiation of Pb, Zn, Cd and Cu in soils surrounding Lead and Zinc smelter near Plovdiv (Bulgaria). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, **1**: 343–348.
- BEDNARCZYK S., 2001 – Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych w Kopalni Piasku Szczakowa S. A. Wycieczka B. Przew. 72. Zjazdu Pol. Tow. Geol.: 83–88. Kraków.
- CABAŁA J., 1996 – Koncentracje pierwiastków śladowych w rudach Zn–Pb i możliwość ich przechodzenia do odpadów. *Pr. Nauk. GIG, Konf.*, **13**: 17–32.
- CAPPUYNS V., SWENNEN R., VANDAMME A., NICLAES M., 2005 – Environmental impact of the former Pb–Zn mining and smelting in East Belgium. *J. Geochem. Explor.*, **88**: 6–9.
- CICMANOVA S., 1996 – Hydrogeological and hydrogeochemical problems of the Smolnik pyrite deposit. Guide to excursion environmental geochemical baseline mapping in Europe: 12–15. Geol. Survey of Slovak Rep., Spisska Nova Ves.
- COTTER-HOWELLS J., THORNTON I., 1991 – Sources and pathways of environmental lead to children in a Derbyshire mining village. *Environ. Geochem. Health*, **13**: 127–135.
- DE VOS W., BATISTA M.J., DEMETRIADES A., DURIS M., LEXA J., LIS J., MARSINA K., O'CONNOR P.J., 2005 – Metallogenic mineral provinces and world class ore deposits in Europe. *W: Geochemical atlas of Europe. Part 1*: 43–49. Geol. Survey of Finland, Espoo.
- GÄBLER H.E., SCHNEIDER J., 2000 – Assessment of heavy-metal contamination of floodplain soils due to mining and mineral processing in the Harz Mountains, Germany. *Environ. Geol.*, **39**: 774–782.
- GRABOWSKA K., SOWA M., 2003 – Dynamika ługowania siarczanów z popiołów lotnych po odsiarczeniu spalin w aspekcie bezpiecznego ich lokowania na powierzchni Ziemi i w wyrobiskach podziemnych. *Zesz. Nauk. PŚl. Górn.*, **256**: 79–85.
- HARAŃCZYK C., 1962 – Mineralogia kruszców śląsko-krakowskich złóż cynku i ołowiu. *Pr. Geol. Kom. Nauk. Geol. PAN Oddz. w Krakowie*, **8**: 1–74.
- ISO 11464, 1999 – Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analyses. International Organization for Standardization.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN. Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C., 1995 – Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- KONDRACKI J., 2000 – Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa.
- KUREK S., PASZKOWSKI M., PREIDL M., 1994 – Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1: 50 000, ark. Jaworzno. Wyd. Geol. Warszawa.
- KUREK S., PASZKOWSKI M., PREIDL M., 1999 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1: 50 000, ark. Jaworzno. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIPIARSKI I., 2001 – Pstre utwory jako wynik fosylnego wietrzenia i termicznego przeobrażenia utworów górnego karbonu w Górnosląskim Zagłębiu Węglowym. *Mat. XXIV Symp. Geologia formacji węglonośnych Polski*: 53–58. AGH, Kraków.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1: 200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb–Zn–Cd w glebach na Górnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **45**, 2: 182–189.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000. Promocyjny arkusz Sławków. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., KARBOWSKA B., ZEMBRZUSKI W., ŁUKASZEWSKI Z. 2003 – Thallium in soils and stream sediments of a Zn–Pb mining and smelting area. *Environ. Sc. Technol.*, **37**: 4569–4572.
- MOTYKA J., SZUWARZYŃSKI M., 1998 – Wpływ składowiska odpadów przemysłowych z ZSO Górka w Trzebini na jakość wód podziemnych. *W: Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*: 131–141. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- NIEĆ M., KAWULAK M., SALAMON E., 2002 – Mapa geologiczno-gospodarczo-sozologiczna w skali 1:25 000 dla miasta i gminy Trzebinia w powiecie chrzanowskim. IGSMiG PAN, Kraków.
- OCENA jakości powietrza w województwie małopolskim w 2004 r., 2005 – WIOŚ Kraków. Internet: <http://www.krakow.pios.gov.pl/>
- PAULO A., LIS J., PASIECZNA A., 2002 – Tal pod koniec XX wieku. *Prz. Geol.*, **50**, 5: 403–407.
- PAULO A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 2000 – Arsen pod koniec XX wieku. *Prz. Geol.*, **48**, 10: 875–882.
- PIETRASZEK E., 1961 – Ośrodek górniczy Siersza. Wyd. Artystyczno-Graficzne. Kraków.
- PREIDL M., ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKI S., 1995 – Mapa geosozologiczna Polski 1:50 000, ark. Jaworzno. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PRZENIOSŁO S. (red.), 2004 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- RAPORT o stanie środowiska naturalnego w województwie małopolskim w 2004 r., 2005 – WIOŚ Kraków. Internet: <http://www.krakow.pios.gov.pl/>
- RIEUWERTS J., FARAGO M., 1996 – Heavy metal pollution in the vicinity of a secondary lead smelter in the Czech Republic. *Appl. Geochem.*, **11**: 17–23.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU Nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359.
- RÓŻKOWSKA A., PTAK B., 1995 – Bar w węglach kamiennych Górnego Śląska. *Prz. Geol.*, **43**, 3: 223–226.
- RÓŻKOWSKI A., RUDZIŃSKA-ZAPAŚNIK T., SIEMIŃSKI A., 1997 – Mapa warunków występowania, użytkowania, zagrożenia i ochrony zwykłych wód podziemnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia, 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- SALMINEN R. (red.), 2005 – Geochemical atlas of Europe. Part 1. Geological Survey of Finland. Espoo.
- SWENNEN R. VAN KEER I., DE VOS W., 1994 – Heavy metal contamination in overbank sediments of the Geul river (East Belgium): its relation to former Pb–Zn mining activities. *Environ. Geol.*, **24**: 12–21.
- SZUWARZYŃSKA K., BOGACZ A., SZUWARZYŃSKI M., BĄK M., KRYZA A., 2001– Mapa geologiczno-gospodarczo-sozologiczna miasta i gminy Chrzanów, 1:25 000. PG S.A. Kraków.
- SZUWARZYŃSKI M., 1978 – Rudy wietrzeniowe w utworach trzeciorzędowych rejonu Chrzanowa. *Rudy i Metale Nieżelazne*, **8**: 345–349.
- SZUWARZYŃSKI M., KRYZA A., 1995 – Ocena wpływu zakładów przemysłowych – ZG Trzebionka, ZM Trzebinia, Rafinerii Nafty w Trzebini, ZSO Górka i in. na

- rozmieszczenie metali ciężkich w glebach i wodach obszaru Trzebinia-Chrzanów. W: Badanie stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebinia-Chrzanów. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- THORNTON I., 1994 – Mining on the environmental; local, regional and global issues. *Appl. Geochem.*, **11**: 355–361.
- VELITCHKOVA N., PENTCHEVA E.N., DASKALOVA N., 2003 – ICP-AES investigation on heavy metal water and soil pollution in Plovdiv Region (Bulgaria). Scientific Publications “Ecology”, 141, Book 2.