

WSTĘP

Podjęcie badań mających na celu określenie warunków, zasad i metodyki sporządzania szczegółowego zdjęcia geochemicznego w skali 1:25 000 na obszarze śląsko-krakowskim rozpoczęto w 1996 r. opracowaniem pilotowego arkusza M-34-63-B-b Sławków. Teren arkusza (około 82 km²) obejmuje wschodnie krańce Dąbrowy Górniczej, części gmin Sławków, Bukowno i Bolesław oraz niewielki fragment gminy Klucze. Opracowanie arkusza pilotowego wykonano na zamówienie ówczesnego Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa za środki finansowe Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Nakład arkusza pilotowego (Lis, Pasieczna 1999) został całkowicie wyczerpany, co świadczy o dużym zainteresowaniu kartograficzną formą prezentacji danych geochemicznych na tym obszarze. Mapy geochemiczne były opracowane na nieaktualnym obecnie podkładzie topograficznym, co nie zapewnia ciągłości z arkuszami sąsiednimi, na których stosowane są jednolite podkłady wektorowe w układzie współrzędnych 1992 (zapis VMap L2). Przytoczone fakty były przesłanką opracowania drugiego wydania atlasu oraz jego prezentacji multimedialnej dostępnej w internecie.

Górny Śląsk zajmuje pozycję wyjątkową w obrazie geochemicznym Polski, stanowiąc wyrazistą regionalną anomalię geochemiczną. Anomalia ta, z charakterystycznym zespołem pierwiastków Pb–Zn–Cd, silnie zaznacza się w glebach, osadach wodnych i wodach powierzchniowych (Lis, Pasieczna 1995a, b) i wywołana jest zarówno czynnikami naturalnymi, jak i antropogenicznymi. Głównym czynnikiem naturalnym są wychodnie dolomitów kruszconośnych i związane z nimi złoża rud cynkowo-ołowiowych. Na naturalne procesy powodujące powstanie aureoli geochemicznych w środowiskach powierzchniowych nakładają się czynniki związane z eksploatacją, przeróbką i hutnictwem metali.

Arkusz Sławków położony jest na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej w zlewni Białej Przemszy. Jego obszar ma charakter przemysłowy, z dobrze rozwiniętą siecią dróg i linii kolejowych oraz dwoma niewielkimi miastami – Sławkowem i Bukownem. Przy typowaniu

arkusza jako pilotowego uwzględniono charakterystyczne cechy budowy geologicznej, użytkowania terenu, górnictwa i hutnictwa rud Zn–Pb, infrastruktury miejskiej i przemysłowej, a także jego walory krajobrazowe. Sposób użytkowania terenu jest zróżnicowany; część północną i południową pokrywają lasy (około 40%), a centralną – użytki rolne (około 18%) o glebach zaliczanych do niskich klas bonitacyjnych (Preidl i in., 1995). Pozostały obszar zajmują tereny miejskie i przemysłowe, drogi i linie kolejowe, zbiorniki wodne oraz ugory i nieużytki.

W rejonie Bolesławia, Bukowna i Sławkowa zaznacza się w glebach jedno z maksimum anomalii Cd–Pb–Zn, związane z wychodniami dolomitów kruszonośnych oraz eksploatacją, wzbogacaniem i hutnictwem rud Zn–Pb, zarówno współczesnym, jak i historycznym, trwającym od XII w. (Grzechnik, 1978). Na terenie Bolesławia i Bukowna są zlokalizowane, jedne z największych w kraju, Zakłady Górniczo-Hutnicze (ZGH) Bolesław, eksploatujące i przerabiające rudy Pb–Zn. Powierzchnia hałd górniczych i osadników poflotacyjnych wynosi około 2000 ha.

Cały obszar arkusza należy do dorzecza Wisły. Jego zachodnią część przecina dolina Białej Przemszy, a część południową odwadnia Sztoła.

Ze względu na walory krajobrazowe teren jest wykorzystywany równocześnie jako wypoczynkowy i rekreacyjny. Lasy północno-wschodniej części arkusza to obszar chronionego krajobrazu (otuliny) Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd. W okolicach hałdy Bolesław znajduje się użytek ekologiczny występowania roślinności galmanowej, porastającej gleby o znacznej zawartości cynku, ołowiu i kadmu

(Kapusta i in., 2010).

Informacje o stanie chemicznym gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych na obszarze arkusza, przedstawione w formie kartograficznej, mogą być przydatne przy sporządzaniu studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, opiniowaniu projektów miejscowych planów zagospodarowania terenu, prowadzeniu postępowań związanych z wydawaniem decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych i pozwoleniach wodnoprawnych, ocenie zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego oraz wypełnianiu obowiązku nałożonego na starostów ustawą Prawo ochrony środowiska, tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby w ramach państwowego monitoringu.

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; obliczenia statystyczne; opracowanie map geochemicznych, charakterystyka obszaru arkusza, geologia i złoża kopalin, antropopresja, interpretacja wyników;
- **L. Kaleta, E. Kotlarski, M. Toczyski, J. Szyborska** – pobieranie próbek;
- **P. Pasławski, K. Jakimowicz-Hnatyszak** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **M. Cichorski, Z. Dobieszyńska, J. Duszyński, Z. Prasol** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **B. Budzicka, I. Witowska** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **A. Jaklewicz, I. Jaroń, M. Jaskólska, D. Karmasz, J. Kucharzyk, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciolek, I. Matejko** – analizy chemiczne;
- **W. Wolski, Z. Frankowski** – analizy granulometryczne;
- **J. Lis** – opracowanie mapy geologicznej;

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

Położenie administracyjne i geograficzne. Obszar arkusza położony jest na pograniczu województw śląskiego i małopolskiego. Do województwa śląskiego należą wschodnie krańce Dąbrowy Górniczej, stanowiącej powiat grodzki, oraz wschodnia część gminy miejskiej Sławków (powiat będziński). Większość analizowanego terenu należy do gmin Bukowno, Bolesław i Klucze (powiat olkuski), wchodzących w skład województwa małopolskiego.

Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym (Kondracki, 2000) obszar arkusza Sławków położony jest na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej. Jednostki niższego rzędu to Garb Tarnogórski na jego przeważającym obszarze i Wyżyna Katowicka w południowo-zachodniej części.

Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia. Garb Tarnogórski to płyta dolomitów i wapieni środkowego triasu, wznosząca się do 340–370 m n.p.m. i opadająca w formie progu tektoniczno-denudacyjnego na południe, ku Wyżynie Katowickiej.

Południowa część arkusza jest drenowana przez Sztołę, a jego pozostały obszar przez Białą Przemszę i jej dopływy: Sztolnię Ponikowską i kanał Dąbrówka, odprowadzające wody z pól górniczych oraz kanał Sztolnia-Warwas, odprowadzający wody z rejonu huty cynku w Bukownie. Zbiorniki wód stojących występują w formie nielicznych oczek wodnych lub stawów założonych na ciekach.

Teren arkusza ma charakter przemysłowy o krajobrazie przekształconym antropogenicznie. Jego wschodnia i środkowa część objęta jest działalnością górnictwa rud Zn–Pb i hutnictwa cynku. Tu znajdują się obiekty kopalni Pomorzany, eksploatującej siarczkowe rudy cynku i ołowiu, oraz teren nieczynnej kopalni Bolesław, która przez wiele lat prowadziła wydobycie galmanów metodą odkrywkową. Wydobycie, wzbogacanie i hutnictwo rud spowodowały szereg geomechanicznych przekształceń środowiska, głównie w okolicy Bolesławia. Należą do nich hałdy i składowiska, deformacje terenu wywołane wyrobiskami podziemnymi, zbiorniki osadów poflotacyjnych oraz obiekty przemysłowe. W sąsiedztwie huty cynku w Bukownie, wchodzącej w skład ZGH Bolesław, zlokalizowane jest nadpoziomowe składowisko odpadów poflotacyjnych o powierzchni ok. 130 ha (Cabała, 2009).

W Kopalni Piasku Szczakowa, w południowej części arkusza, prowadzono intensywną eksploatację piasków podsadzkowych, o rozmiarach rzadko spotykanych w górnictwie kopalin skalnych. Potrzeby górnictwa węglowego Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego wymusiły wielkość eksploatacji, która obecnie jest zaniechana, a miejsca wydobycia poddano rekultywacji przez zalesienia, przywracając im walory przyrodnicze.

Zabudowa i użytkowanie terenu. Największe powierzchnie arkusza zajmują tereny bez zabudowy i zabudową wiejską. Zabudowa podmiejska i miejska Sławkowa, Bukowna i Bolesławia zajmuje około 5%, a zabudowa przemysłowa, stanowiąca około 4%, to głównie obiekty ZGH Bolesław (tabl. 2). Zagospodarowanie terenu jest zróżnicowane. Ponad 40% zajmują lasy, a 20% to łąki i pola uprawne (tabl. 3). Pozostały teren użytkowany jest jako nieużytki, zbiorniki wodne, drogi krajowe i linie kolejowe. Lasy są umiarkowanie odkształcone, pomimo bliskiego sąsiedztwa uciążliwych zakładów przemysłowych. Dominują drzewostany sosnowe, a mniejsze powierzchnie zajmują bory mieszane sosnowo-dębowe i buczyny.

Gospodarka. Największe znaczenie gospodarcze ma eksploatacja rud Zn–Pb i hutnictwo cynku. Płytkie występowanie złóż rud umożliwiło rozwój górnictwa już od początku XII w. Historyczna eksploatacja rud stwarzała szereg problemów ze względu na znaczny dopływ wody do wyrobisk. Do XVI w. eksploatacja prowadzona była powyżej zwierciadła wody metodą odkrywkową. W drugiej połowie XVI w. zastosowano stałe odwadnianie złóż systemem sztolni, a wydobycie prowadzono z poziomów położonych poniżej zwierciadła wody (Grzechnik, 1978). Sztolnie odgrywały zarówno rolę dróg wentylacyjnych, jak i odwadniających. W rejonie kopalni bolesławieckich działały sztolnie: Czajowska (Leśna), Ostowicka (Centauryjska), Dąbrówka i Pilecka, czyli Staroolkuska, a

koło Starczynowa – Starczynowska i Czarkowska (Kosiński, 1882; Albrecht, 1901; Śpiewak, 1955; Molenda, 1960a, b, 1963, 1970; Pazdur, Pietraszek, 1961).

Do końca XVIII w. wydobywano głównie galenę, z której wytapiano ołów i srebro. W XIX i XX w. coraz większe znaczenie uzyskiwały rudy cynkowo-ołowiowe. W wielu miejscach między Olkuszem a Strzemieszycami (w tym w Sławkowie) eksploatowano płytko zalegające rudy. Postępował wzrost produkcji cynku dzięki opracowaniu metody otrzymywania tlenku cynku z galmanów oraz z rud siarczkowych. W okolicy Hutek działała kopalnia Dąbrówka, a w Ujkowie – kopalnia Jerzy (Kosiński, 1882). Kopalnie Ulisses w Krążku (1818–1953) i Bolesław (1822–1998) eksploatowały głównie rudy w postaci gniazd siarczków. Wydobywanie kruszców prowadzono również w rejonie Sławkowa (Degenhardt, 1870). W 1813 r. po raz pierwszy zastosowano pompy do odwadniania kopalń (Adamczyk, 1990), powodując szybki rozwój wydobywania i równoczesny drenaż górotworu. W kopalniach Bolesław i Ulisses prowadzono eksploatację podziemną, nie rezygnując z eksploatacji odkrywkowej. W 1931 r. kopalnie zostały zatopione z powodu małej rentowności. Załamanie wydobywania trwało do 1940 r., kiedy je osuszono. Po połączeniu obydwu kopalń pod nazwą Bolesław już od 1945 r. eksploatacja była bardzo intensywna. Do lat sześćdziesiątych XX w. rudy galmanowe eksploatowano również metodą odkrywkową w Krążku, a w latach dziewięćdziesiątych – także ze złoża Krzykawa.

Obecnie najpoważniejsze znaczenie gospodarcze ma firma ZGH Bolesław – nowoczesny kompleks wydobywczo-przetwórczy, którego podstawową działalnością jest wydobywanie rud cynku i ołowiu w kopalni Olkusz-Pomorzany, produkcja cynku elektrolitycznego wysokiej klasy (99,99%), koncentratów cynkowo-ołowiowych, stopów ocynkowniczych i odlewniczych oraz kwasu siarkowego (Zakłady..., 2010). Proces wydobywania odbywa się za pomocą nowoczesnych urządzeń, głównie automatycznych. Po rozdrobnieniu ruda poddawana jest procesowi flotacji, a uzyskane koncentraty (blendowy, galenowy i cynkowo-ołowiowy) trafiają do huty cynku, gdzie następują kolejne procesy technologiczne.

W Sławkowie działają zakłady przemysłu metalowego, maszynowego, drobnego przemysłu spożywczego oraz cegielnia.

Gmina Bolesław ma charakter rolniczy. Dobrze rozbudowana sieć dróg sprzyja rozwojowi turystyki i agroturystyki, które są alternatywnym źródłem dochodu dla rolników.

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Obszar arkusza należy do monokliny śląsko-krakowskiej (Gałkiewicz, 1977). W jej podłożu występują utwory orogenu kaledońsko-warwscyjskiego, zawierające osady od kambru po górny karbon. Są one uformowane w asymetryczne antykliny i synkliny poprzecinane licznymi uskokami (Bukowy, 1978). W ostatniej fazie cyklu warwscyjskiego utworzył się rów tektoniczny Sławków–Pomorzany o generalnym kierunku NW–SE, wypełniony osadami permu i triasu (Bukowy, 1974; Kurek i in., 1994). Wiązą się z nim przejawy wulkanizmu, obserwowane na południe od obszaru arkusza (wystąpienia tufów filipowickich). Na powierzchni spod osadów czwartorzędowych odsłaniają się utwory należące do systemu permskiego i triasowego, budujące alpejskie piętro strukturalne. Ruchy alpejskie odmłodziły tektonikę warwscyjską oraz spowodowały rozcięcie triasowej płyty wapienno-dolomitycznej szeregiem uskoków. Rezultatem tych zaburzeń jest powstanie rowów i zrębów.

Utwory **permu** odsłaniają się tylko w niewielkich płatach (tabl. 1). W dolinie kanału Sztolnia są to zlepieńce zbudowane z okruchów skał karbonu i dewonu, o spoiwie piaszczysto-ilasto-węglanowym (Kurek i in., 1994). W rejonie Przymiarki–Bukowno Wieś oraz na południe od Sławkowa występują warstwy pstrych iłowców i mułowców (gliny sławkowskie). W ich składzie dominuje frakcja pyłowa składająca się z illitu i kaolinitu (Kaczmarek i in., 1995).

Osady **triasu** tworzą szeroki pas wychodni w środkowej części arkusza oraz w jego krańcach północno-zachodnich (na zachód od doliny Białej Przemszy).

Trias dolny reprezentowany jest przez utwory pstrego piaskowca i retu. Na powierzchni obydwie te ogniwa odsłaniają się tylko na terenie Sławkowa. Osady pstrego piaskowca znane są też z licznych wierceń. Są to żwiry, zlepieńce, piaski, piaskowce, iłowce i mułowce, wypełniające z reguły rynny erozyjne. Ret reprezentują dolomity i margle jamiste z nielicznymi szczątkami fauny (Kurek i in., 1994, 1999).

Osady triasu środkowego (wapienia muszlowego) tworzą wychodnie w środkowej części arkusza. Ich najważniejszym elementem są dolomity kruszconośne ze względu na występowanie w nich złóż rud cynku i ołowiu. Dolomity nie stanowią poziomu stratygraficznego, lecz są utworami wtórnymi, często zachowującymi tekstury skał pierwotnych (Śliwiński, 1978; Górecka, 1993; Sass-Gustkiewicz, 1995; Cabała, Konstantynowicz, 1999). Dolomity są najczęściej drobnokrystaliczne, porowate, często spękane, niekiedy o charakterze brekcji. Pory i kawerny wypełnione są siarczkami cynku i ołowiu, pirytem, kalcytem, limonitem lub barytem. W wielu obszarach nagromadzenie

kruszców ma charakter złożowy. Pod dolomitami kruszconymi zalegają wapienie i margle oraz wapienie zlepieńcowate. Ich wychodnie występują na południe od Bukowna oraz w obszarze między Skotnicą, Podlipiem i Sławkowem. Między terenem ZGH Bolesław a miejscowością Bolesław, w okolicy Dąbrówki, Nowej Krzykawy oraz na północ od Sławkowa występują wychodnie dolomitów diploporowych, które zawierają liczne fragmenty źle zachowanej fauny. Najmłodszymi osadami triasu środkowego są dolomity, margle i łupki ilaste, zachowane lokalnie.

Trias górny budują iłowce, mułowce i wapienie, leżące niezgodnie na różnych ogniwach triasu środkowego. Tworzą wychodnie w rejonie Laski-Kolonia i Ujków Nowy.

Czwartorzęd reprezentowany jest najszerzej przez plejstoceńskie piaski i żwiry wodnolodowcowe na północy arkusza oraz piaski wodnolodowcowe stożków napływowych na południu. Osady te zawierają niekiedy warstwy żwirowe lub mułkowe. Skład petrograficzny frakcji piaszczystej jest zdominowany przez kwarc.

Między dolinami Białej i Białej Przemszy występuje pas lessów o miąższości od 2 do 20 m (Kurek i in., 1994). Budują je utwory zaliczane do pyłów i glin pyłowato-piaszczystych. W dolinach małych potoków towarzyszą im piaszczyste lessy deluwialne.

W części środkowej arkusza liczne są wystąpienia rumoszków skalnych, zbudowanych z okruchów triasowych skał podłoża.

Piaski eoliczne występują na południowy wschód od Bukowna. Niektóre z nich tworzą wyraźne ciągi wydym w południowej i północnej partii arkusza.

Do holocenu należą deluwialne piaski i gliny z okruchami skał miejscowych, najliczniej reprezentowane między Bukownem a Sławkowem. Doliny rzeczne wypełniają piaski, żwiry i mułki, tworzące tarasy zalewowe. W dolinach potoków lokalnie występują torfy.

Złoża kopalin. Złoża **rud cynku i ołowiu**, związane z utworami powaryscyjskiej pokrywy platformowej, występują w dolomitach kruszconych obecnych we wszystkich ogniwach profilu stratygraficznego triasu (Serafin-Radlicz, 1972; Przeniosło, 1974; Gruszczuk, Wielgomas, 1987). Na arkuszu Sławków są to dolomity dolnego wapienia muszlowego przecięte uskoki, co spowodowało zachowanie rud siarczkowych w rowach i ich przeobrażenie w galmany na zrębach. W rejonie Bolesławia miąższość serii złożowej wynosi przeciętnie 20–25 m (Gruszczuk, Wielgomas, 1987), a rozmiary poziome ciał rudnych nie przekraczają 200 m (Kurek i in., 1994). Ciała rudne tworzą warstwowe pseudopokłady, ławice, soczewy, gniazda i brekcjowe wypełnienia form krasowych (Przeniosło, 1995; Górecka, 1996; Sass-Gustkiewicz, 1996).

Głównymi minerałami rud pierwotnych są sfaleryt, galena (oraz ich skrytokrystaliczne odmiany brunckit i bolesławit), piryt i markasyt. Podrzędnie występują siarkosole ołowiuowo-arsenowe, takie jak jordanit i gratonit (Harańczyk, 1960, 1962; Ziętek-Kruszewska, 1978; Górecka, 1996; Viets i in., 1996; Cabała, 2009). Siarczek cynku zawiera kadm, srebro, kobalt, miedź, tal i german, zaś galeny są na ogół srebronośne (Harańczyk, 1962; Ekiert, 1971). Jako charakterystyczne domieszki w galenie z kopalni Ulisses Kuźniar (1930) wymienia związki arsenu i antymonu. Zawartość kadmu w sfalerytach złóż śląsko-krakowskich osiąga 5000–10 000 mg/kg (Viets i in., 1996; Cabała, 2009). Tal i arsen gromadzą się głównie w siarczkach żelaza (do 1000 mg/kg talu i około 500 mg/kg arsenu). Srebro występuje w sieci krystalicznej wszystkich siarczków, ale najłatwiej wiąże się z galeną (do 180 mg/kg). Minerałom kruszcowym towarzyszą kalcyt i baryt. Średnia zawartość cynku w złożu Bolesław wynosiła 3,3%, a ołowiu 0,7%.

Złoża rud utlenionych (galmanów) występują od Krążka na zachodzie poprzez Bolesław po Dąbrówkę oraz od Krążka przez Ujków Stary po Starczynów. Ich głównymi składnikami są węglanowe minerały cynku (smitsonit, monheimit) i ołowiu (cerusyt). Towarzyszą im skupienia limonitu, niekiedy minerały siarczanowe (jarosyt, melanteryt), hydrocynkit i kalcyt (Żabiński, 1960; Cabała, 2009). Wiele innych minerałów notowanych jest tylko jako rzadkości.

Surowce skalne. Najbardziej rozpowszechnioną kopalnią są, udokumentowane w dużych złożach, plejstocenijskie **piaski** wodnolodowcowe doliny kopalnej i stożków napływowych. Są to piaski średnio- i drobnoziarniste o zawartości frakcji 0,1–2,0 mm od 93 do 95%. W południowej części arkusza zlokalizowany jest tylko fragment złoża piasków Szczakowa, wykorzystywanych głównie jako piaski podsadzkowe, a niekiedy budowlane (Preidl i in., 1995). **Skąły węglanowe** triasu są wykorzystywane w budownictwie lokalnym i do naprawy dróg, zaś **ily** (gliny sławkowskie), eksploatowane w odkrywce w południowej części Sławkowa, są surowcem do produkcji ceramiki budowlanej.

ANTROPOPRESJA

Zanieczyszczenie środowiska w rejonie Bukowna, Bolesławia i Sławkowa spowodowane jest zarówno obecnością wychodni skał zawierających strefy zmineralizowane (anomalie naturalne), jak i procesami górnictwa, wzbogacania i hutnictwa rud Zn–Pb oraz odprowadzaniem ścieków przemysłowych i komunalnych (anomalie antropogeniczne). Na

terenie północno-wschodniej części arkusza położony jest fragment obszarów górniczych kopalni Bolesław-Pomorzany.

Wydobycie i przeróbka rud Zn–Pb spowodowały przekształcenia środowiska, głównie na obszarze górniczym Bolesław. Tereny objęte przekształceniami zajmują około 450 ha (Czubak i in., 1975). Do najbardziej uciążliwych dla środowiska należą ZGH Bolesław (kopalnie rud cynku i ołowiu Olkusz-Pomorzany oraz wydziały hutnicze w Bukownie). Zakład wytwarza koncentrat sfalerytowy metodą flotacji. Odpadami w tej produkcji są: dolomit, kalcyt, baryt oraz siarczki i tlenowe minerały cynku, ołowiu i żelaza, trafiające na zwałowiska. Na granicy obszarów górniczych Bolesław i Olkusz położone są nadpoziomowe stawy osadowe o powierzchni ok. 109,5 ha (Górecka i in., 1994; Program..., 2005). W wytwórni tlenku cynku przetwarzane są rudy tlenkowe, szlamy i odpady galmanowe oraz surowce ze zwałów górniczych i popioły (Przeniosło, 1995). Wymienione procesy przemysłowe powodują znaczące zanieczyszczenie otoczenia, czego dowodem są intensywne anomalie cynku i ołowiu, udokumentowane na mapach geochemicznych środowisk powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995b).

Powietrze atmosferyczne. Zanieczyszczenie powietrza powodują emisje ze źródeł przemysłowych, komunikacyjnych, pylenie ze składowisk odpadów poflotacyjnych i poflotacyjnych oraz niska emisja związana z paleniskami sektora komunalno-bytowego.

Stacja prowadząca pomiary stężeń dwutlenku siarki, tlenków azotu oraz pyłu zawieszonego zlokalizowana jest w Olkuszu. Z prowadzonych przez nią obserwacji wynika, że stężenia podstawowych zanieczyszczeń gazowych i pyłowych należą do największych w województwie małopolskim. Najwięcej zanieczyszczeń powietrza pochodzi z ZGH Bolesław, które emitują dwutlenek siarki, kwas siarkowy, kwas krezolowy, dwutlenek azotu, tlenek węgla, pył zawieszony oraz metale (ołów, cynk, kadm, mangan i żelazo). Ze składowiska odpadów poflotacyjnych emitowane są pyły metalonośne. W odpadach zawartości cynku i ołowiu występują odpowiednio w granicach 0,64–3,94% i 0,22–0,68%, a stanowiący je drobnoziarnisty pył (głównie o frakcji <0,04 mm) jest rozwiewany przez wiatr.

Kotłownia grzewczo-technologiczna Dąbrówka wprowadza do powietrza atmosferycznego pył PM 10, dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, tlenek węgla, sadzę i benzo-a-piren (Program..., 2005).

Mniejszy udział w zanieczyszczeniu powietrza atmosferycznego mają: zakład TEPOL, produkujący powłoki izolacyjne politetrafluoroetylenowe (PTFE) na elementy metalowe, wytwórnia mas bitumicznych i zakład INCAST, prowadzący odlewanie piaskowe wyrobów żeliwnych, zlokalizowane w Bolesławiu.

W Sławkowie największe przemysłowe źródła emisji zanieczyszczeń powietrza to Zakłady Wyrobów Metalowych, ciepłownia rejonowa, cegielnia oraz spalanie paliw dla celów grzewczych i bytowych w gospodarstwach domowych (Program..., 2004a).

Znaczącym źródłem emisji zanieczyszczeń do atmosfery jest spalanie paliw samochodowych, powodujące skażenie środowiska węglowodorami, dwutlenkiem azotu, tlenkiem węgla i związkami metali wzdłuż szlaków komunikacyjnych, oraz zanieczyszczenie pyłami i gazami przenoszonymi przez wiatry z zachodniej części aglomeracji górnośląskiej. Punktowymi źródłami zanieczyszczeń są paleniska indywidualne opalane węglem, koksem i olejem, emitujące głównie pył zawieszony.

Wody powierzchniowe i podziemne. Wieloletnie wydobywanie rud Zn–Pb oraz hutnictwo tych metali wywołały zmiany sieci hydrograficznej i pogorszenie jakości wód. Odwadnianie eksploatowanych złóż doprowadziło do utworzenia lejów depresyjnych, powodujących zmiany warunków zasilania wód powierzchniowych i podziemnych. Na stan wód niekorzystnie wpływa także nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa. Sieć kanalizacji deszczowej i sanitarnej jest w trakcie rozbudowy.

Eksploatacja rud metodą podziemną wiąże się z koniecznością odpompowywania dużej ilości wód kopalnianych o znacznej mineralizacji. Powodują one zanieczyszczenie wód i osadów wodnych metalami. Do rzek odprowadzane są wody zawierające ponadnormatywne ilości metali ciężkich i zawiesiny. Kopalnia Olkusz odprowadza wody dołowe do Sztoly przez kanał Południowy (kanał Sztolnia). Ścieki z powierzchniowej części kopalni Pomorzany odprowadzane są do kanału Dąbrówka, natomiast z powierzchniowej części kopalni Bolesław – do Białej Przemszy poprzez potok Warwas (Wójcik i in., 1990). Do wymienionych zbiorników spływają również wody poprodukcyjne z wydziałów przeróbki mechanicznej i hutniczej (po oczyszczeniu sedymentacyjnym w stawach osadowych lub w oczyszczalniach mechaniczno-biologicznych).

Zmiany stosunków wodnych wynikają z głębokiego drenażu poziomego triasowego przez kopalnie i duże ujęcia wodne, który spowodował utworzenie leja depresji o powierzchni kilkuset kilometrów kwadratowych (Program..., 2005). Na skutek działalności górniczej nastąpiło osuszenie strumienia Biała na odcinku około 8,5 km. Sytuacja ta przypuszczalnie ulegnie zmianie po zakończeniu eksploatacji górniczej przez ZGH Bolesław. Możliwe jest wypełnienie leja depresji wodą, przywrócenie naturalnej sieci rzecznej i odrodzenie zanikłych źródeł. Prognozowane zmiany stosunków wodnych mogą z kolei spowodować możliwość wystąpienia lokalnych podtopień.

Decydujący wpływ na jakość wód podziemnych mają ogniska zanieczyszczeń na powierzchni. Do największych należą hałdy osadów poflotacyjnych oraz stare, zrehabilitowane składowiska odpadów. Zagrożenie migracją zanieczyszczeń z powierzchni do wód podziemnych wynika z braku odpowiedniej warstwy izolującej.

Zanieczyszczone wody podziemne występują w rejonie dawnej kopalni odkrywkowej galmanów koło Ujkowa. W nieczynnej odkrywce galmanów zlokalizowano składowisko odpadów komunalnych dla gmin Bolesław i Bukowno. Odkrywka została zrehabilitowana przez ZGH Bolesław przy użyciu odpadów poflotacyjnych z nieczynnego stawu osadowego bez odpowiednich zabezpieczeń. Rekultywacja ograniczyła się do przykrycia odpadów i zadrzewienia. Wyniki badań wód podziemnych z piezometrów zlokalizowanych na składowisku oraz w jego obrzeżach wykazały przekroczenia dopuszczalnych norm dla wody pitnej takich parametrów jak: siarczan, mangan, żelazo, chlorki, sól, cynk, kadm, ołów, selen oraz azot amonowy i ilość bakterii grupy coli (Program..., 2005). Infiltracja zanieczyszczeń z odpadów poflotacyjnych i zneutralizowanych ścieków kwaśnych oraz ścieków bytowych w rejonie Starczynowa są dodatkową przyczyną złej jakości wody.

Koncentracja siarczanów związana jest ze składowaniem odpadów poflotacyjnych w stawach osadowych, w których następują procesy utleniania minerałów siarczkowych. Odcieki ze stawów z odpadami poflotacyjnymi zawierają od 1100 do 1800 mg/dm³ siarczanów i podwyższone ilości cynku, ołowiu, kadmu, miedzi, arsenu i niklu. Ze stawów osadowych wody infiltrują głównie do wyrobisk kopalń Pomorzany i Olkusz, a następnie przemieszczają się do warstw wodonośnych.

Do Białej Przemszy odprowadzane są prawie wszystkie wody z terenu Sławkowa, a poprzez strumień Biała wraz z kanałem Dąbrówka, kanał Sztolnia i Szołę dopływają zasolone wody kopalniane, ścieki komunalne oraz wody z oczyszczalni ścieków ze wschodniej części arkusza i obiektów przemysłowych położonych poza jego wschodnią granicą.

Do strumienia Biała odprowadzane są wody dołowe kopalni Pomorzany oraz wody z komunalnej oczyszczalni ścieków w Olkuszu sztucznym otwartym kanałem Dąbrówka. Zakłady ZGH Bolesław odprowadzają wody z odwodnienia zakładu górniczego (szyby Dąbrówka i Mieszko), wody poflotacyjne stawów osadowych i oczyszczalni ścieków bytowych do strumienia Biała przez kanał Dąbrówka. Wody tego kanału należą do najbardziej zanieczyszczonych (pozaklasowych) ze względu na stężenia cynku i ołowiu. Zawartość cynku i ołowiu przekracza w nich kilkakrotnie wartości wskaźników zanieczyszczeń dla wód powierzchniowych I klasy.

Wody z odwodnienia zakładu górniczego (szyby Stefan, Bronisław i Chrobry) zrzucane są do Baby przez kanał Południowy, a z oczyszczalni ścieków przez kanał Zachodni i potok Warwas do Białej Przemszy. Oczyszczaniu mechaniczno-chemicznemu podlegają zneutralizowane ścieki kwaśne, ścieki przemysłowe, niewykorzystane wody kopalniane i ścieki socjalno-bytowe. Proces oczyszczania prowadzony jest w celu maksymalnej redukcji zawartości metali ciężkich (Zn, Pb, Cd) poprzez ich strącanie do osadu, zawracanego po zagęszczeniu i odwodnieniu do produkcji.

Monitoring wód Białej Przemszy wskazuje na poprawę ich jakości w zakresie BZT₅, zawiesiny, fosforu ogólnego i fosforanów. W klasyfikacji bakteriologicznej w większości są to wody pozaklasowe (Program..., 2004b).

Gleby. Degradacja chemiczna gleb jest spowodowana działalnością przemysłu wydobywczego i hutniczego, emisjami ze środków komunikacji, odciekami i pyleniem ze składowisk odpadów, zrzutami ścieków przemysłowych i opadaniem pyłów atmosferycznych. W niektórych rejonach odnotowuje się wysokie zawartości metali, które są związane z naturalnym tłem geochemicznym nad wychodniami skał rudonośnych (Sass-Gustkiewicz i in., 2001; Trafas i in., 2006). Na stan gleb wpływają emisje z zakładów przemysłowych, zawierające pyły z wysoką zawartością metali ciężkich i substancje gazowe.

W glebach terenów o zwartej zabudowie występuje skażenie solami (chlorkami sodu, wapnia i magnezu) spowodowane odśnieżaniem ulic, zaś alkalizacja gleb związana jest z domieszkami gruzu wapiennego i opadem pyłów zawierających cząsteczki związków wapnia i magnezu. W obszarach dolin źródłem zanieczyszczeń gleb są wylewy rzek, zwłaszcza tych, które prowadzą wody zanieczyszczone.

Zarówno czynniki pochodzenia naturalnego, jak i antropogenicznego wpływają na spadek urodzajności gleb. Skutkiem ich działania jest obniżenie jakości i ilości próchnicy, zmiany odczynu i struktury gleb oraz wymywanie kationów zasadowych. W wielu miejscach na terenie arkusza gleby są przekształcone mechanicznie i chemicznie. Przekształcenia mechaniczne spowodowane są przez usunięcie pokrywy glebowej w trakcie eksploatacji odkrywkowej galmanów i piasku. W sąsiedztwie kopalni Olkusz-Pomorzany pokrywa glebowa została zniszczona na obszarze około 600 ha (Trafas i in., 1990).

Inne formy przekształceń mechanicznych powoduje zabudowa terenu, zasklepianie, utwardzanie i ubijanie podłoża, wymieszanie gleb z gruzem, cementem, szkłem, metalami, wysuszenie (przez sieci ciepłownicze, pokrycie powierzchni asfaltem, kostką brukową) i przemieszczanie warstw podczas robót ziemnych (formowania wykopów, nasypów,

wyrównań). Do specyficznych form degradacji gleb należy zaburzenie stosunków hydrogeologicznych w nieckach osiadania i stawach osadowych na skutek robót górniczych.

W latach 1981–1982 w warstwie powierzchniowej gleb rejonu olkuskiego stwierdzono do 30 000 mg/kg cynku, 6000 mg/kg ołowiu i 150 mg/kg kadmu (Trafas i in., 1990). Badania zanieczyszczeń gleb użytkowanych rolniczo wykazały w rejonie Bukowna zawartość 46–1520 mg/kg ołowiu, 1–42 mg/kg kadmu i 90–920 mg/kg cynku (Kucharski, Marchwińska, 1990). W rejonie Sławkowa zawartości tych pierwiastków wynosiły odpowiednio 37–352 mg/kg, 2–16 mg/kg i 148–2960 mg/kg. W pobliżu huty cynku w Bukownie gleby zawierają do 392 mg/kg ołowiu, do 12 mg/kg kadmu i do 1473 mg/kg cynku (Verner i in., 1996). Do szczególnie zanieczyszczonych metalami należą gleby w obszarze dawnej płytkiej eksploatacji galmanów w Bolesławiu. W drobnoziarnistych frakcjach zawartość cynku dochodzi do 83 000 mg/kg, a ołowiu do 26 400 mg/kg (Cabała, Teper, 2007).

W niektórych obszarach najbardziej zanieczyszczona jest powierzchniowa warstwa gleby, a anomalie zanikają wraz z głębokością (Lis, Pasieczna, 1997) wskazując, że zanieczyszczenia pochodzą głównie z opadania pyłów emitowanych przez zakłady przemysłowe. Nie dotyczy to jednak rejonów wychodni skał kruszonośnych oraz miejsc długoletniej działalności zakładów hutnictwa metali, gdzie zasięg głębokościowy anomalii zależy od budowy geologicznej, od czasu oddziaływania źródła emisji oraz innych czynników (właściwości chemicznych pierwiastka, specyfiki gruntu, warunków hydrogeologicznych itp.).

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 1996–1998 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie miejsc pobierania próbek gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, wyznaczanie profili opróbowania gleb w terenie, pobranie próbek, 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

Pobieranie próbek gleb przeprowadzono w roku 1996, a próbki osadów wodnych i wód powierzchniowych zebrano w roku 1997.

Próbki gleb pobierano w regularnej siatce 250x250 m (16 punktów/km²). Łącznie pobrano próbki gleb z 1393 miejsc (tabl. 2). W każdym miejscu pobierano gleby z głębokości: 0,0–0,2 i 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). Próbki gleb (o masie ok. 500 g), pobierane za pomocą ręcznej sondy o średnicy 50 mm, umieszczano w woreczkach płóciennych opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych pobierano z rzek, strumieni, rowów melioracyjnych, kanałów, osadników, sadzawek i stawów. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła ok. 250 m. Próbki osadów o masie ok. 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czepaka i umieszczano w woreczkach płóciennych opisanych odpowiednimi numerami. Woreczki umieszczano w specjalnym pojemniku (na sicie plastikowym) umożliwiającym odciekanie wody i zabezpieczającym woreczki przed stykaniem się.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów wodnych. Technika ich poboru była zgodna z metodyką opróbowania źródeł opisaną przez Witczaka i Adamczyka (1994). Próbki wód były filtrowane w terenie przez filtry Millipore 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.

Do tyczenia profili i określania położenia punktów zastosowano pomiary GPS wykorzystujące technikę geodezji satelitarnej. Jako urządzenia pomiarowego używano odbiornika GPS March I produkcji firmy Cornallis Microtechnology, wyposażonego w komputer umożliwiający, obok pomiarów współrzędnych punktów, rejestrację dodatkowych informacji (danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz o charakterze litologicznym próbek). Pomiar bezpośredni z tego urządzenia jest rejestrowany z dokładnością ±100 m. Do korekcji danych zastosowano odbiornik Trimble Pathfinder ProXL, pracujący w trybie bazy korekcyjnej na punkcie o znanych współrzędnych. Dzięki temu lokalizacja punktów została wykonana z dokładnością 1–3 m (Doktór i in., 1997).

Do pomiarów odległości między punktami opróbowania stosowano ręczny dalmierz laserowy Advantage firmy Laser Atlanta z wbudowanym kompasem i klinometrem. Urządzenie to pozwala mierzyć odległość od 1,5 do 750 m z dokładnością ±15,3 cm i

możliwością redukcji do poziomu. Do wyznaczania kierunku profili stosowano busolę geologiczną Meridian i łaty geodezyjne. Codziennie opracowywano komputerowo dane, co umożliwiało ciągłą kontrolę tyczonych linii profilowych.

Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe notowane były również na kartach opróbowania (fig. 2).

PRACE LABORATORYJNE

Przygotowanie próbek. Po przewiezieniu do laboratorium próbki gleb były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,0–0,2 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 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-Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie.

Analizy chemiczne wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego-Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie.

Do oznaczeń metali, fosforu i siarki roztwarzano 1 g próbki stałej w wodzie królewskiej przez 1 godz. w temp. 95°C w termostатовanym bloku aluminiowym. Następnie sączono roztwór przez twardey sączek ilościowy do kolby miarowej o pojemności 50 ml i uzupełniano do kreski. Z roztworu odlewano około 15 ml do butelki polietylenowej na oznaczenie rtęci. Pozostałość przelewano do drugiej butelki polietylenowej na oznaczenie zawartości metali oraz siarki i fosforu. W analogiczny sposób przygotowywano próbki kontrolne.

Oznaczenia Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w próbkach stałych wykonano metodą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES) za pomocą sekwencyjno-równoczesnych spektrometrów: PV 8060

firmy Philips i BLY 70 Geoplasma firmy Jobin-Yvon. Oznaczenia Hg przeprowadzono metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS). Odczyn gleb oznaczono w wyciągach wodnych (Norma..., 1975), a zawartość węgla organicznego w glebach powierzchniowych metodą kulometryczną.

Analizy próbek wód powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES, oznaczając: Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, SiO₂, SO₄, Sr, Ti, V i Zn. Ołów analizowano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej ze wzbudzeniem elektrotermicznym (GF-AAS).

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

W ramach kontroli jakości stosowano analizę próbek podwójnych (10% ogólnej liczby próbek) oraz analizowano próbki referencyjne z atestowaną zawartością badanych pierwiastków – dla gleb: LOAM 7004, SRM 2709 (NIST), SRM 2711(NIST), dla osadów wodnych: SRM 2704 (NIST) i PACS.

Analizy granulometryczne gleb z głębokości 0,0–0,2 m przeprowadzono metodą sitowo-laserową w Państwowym Instytucie Geologicznym-Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie. Powietrznie suche próbki przesiewano przez zestaw sit o oczkach 2 i 1 mm. W przypadku gdy materiał glebowy był pozlepiany, próbkę przed kwartowaniem i przesiewaniem rozdrabniano w moździerzu porcelanowym. Ważono uzyskane frakcje: >2 mm, 2–1 mm i <1 mm. Frakcję <1 mm kwartowano w celu uzyskania próbek analitycznych o masie około 100 g, przeznaczonych do analizy laserowej. Udziały poszczególnych frakcji przeliczano na udziały procentowe w stosunku do całości próbek.

BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Podkład topograficzny. Do opracowania podkładu dla 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 (zapis wektorowy VMap L2). Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

- rzeźba terenu,
- hydrografia (z podziałem na rzeki, strumienie, rowy i 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, szyby górnicze, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

Mapa geologiczna. W celu 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, 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 głębokości 0,0–0,2 m,
- gleb z głębokości 0,8–1,0 m,
- osadów wodnych,
- wód powierzchniowych.

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

Bazy danych 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, lokalizacja miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki) oraz wyniki analiz chemicznych.

Obliczenia statystyczne. Wyniki zgromadzone w bazach danych służyły do wydzielenia podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów, na przykład zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach miejskich oraz w osadach wodnych i w wodach poszczególnych zbiorników, jak również do tworzenia map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów dla gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Do obliczeń statystycznych przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji danej metody analitycznej w przypadku zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności tej metody. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–5 oraz zamieszczono na mapach geochemicznych. Obliczone wskaźniki służyły do wyznaczania klas zawartości przy tworzeniu map geochemicznych.

Opracowanie map. Dla arkusza Sławków opracowano następujące mapy (tabl. 2–57):

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość całkowitego węgla organicznego oraz frakcji piaszczystej, pylastej i ilastej w glebach z głębokości 0,0–0,2 m,
- pH w glebach z głębokości 0,0–0,2 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 głębokości 0,0–0,2 m i 0,8–1,0 m oraz w osadach wodnych,
- zawartość Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, SiO₂, SO₄, Sr i Zn w wodach powierzchniowych,
- klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,2 m wskazująca właściwy sposób ich użytkowania (z wydzieleniem grup użytkowania gleb na podstawie Rozporządzenia..., 2002).

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz klasyfikację gleb z głębokości 0,0–0,2 m, wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2, 3 i 57).

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 kwaśne, obojętne i zasadowe).

Mapy geochemiczne gleb opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkusza Sławków i arkuszy sąsiednich w skali 1:25 000, aby uniknąć niezgodności na granicy arkuszy. Z utworzonych map monopierwiastkowych wycinano arkusz Sławków i łączono z podkładem topograficznym.

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

Sporządzając mapę klasyfikacji gleb powierzchniowych wskazującą właściwy sposób ich użytkowania (tabl. 57), wyniki badań geochemicznych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych metali określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (2002), zgodnie

z zaleceniem „glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza wartość dopuszczalną”.

Na podstawie zawartości każdego z badanych metali (wymienionych w Rozporządzeniu..., 2002) każda z badanych próbek gleb została zaklasyfikowana do grupy A, B lub C. W przypadku jednakowych granic wartości dopuszczalnych dla grupy A i B (wyznaczonych w Rozporządzeniu..., 2002 dla arsenu, baru i kobaltu) przyjęto zasadę klasyfikacji gleb do grupy A, korzystniejszej dla użytkownika i pozwalającej na wielofunkcyjne wykorzystywanie terenu.

Dla celów publikacji mapy geochemiczne opracowano poprzez połączenie parami na jednej tablicy mapy geochemicznej gleb z głębokości 0,0–0,2 m z mapą geochemiczną osadów wodnych oraz mapy geochemicznej gleb z głębokości 0,8–1,0 m z mapą geochemiczną wód powierzchniowych. Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkownika, mapy (opatrzone skalą liniową) wydrukowano w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map. Dla zainteresowanych mapami w skali 1:25 000 istnieje możliwość udostępnienia całości opracowania lub poszczególnych map drukowanych na ploterze.

WYNIKI BADAŃ GLEBY

Gleby arkusza zostały ukształtowane przez naturalne czynniki glebotwórcze oraz antropogeniczne procesy przemysłowo-urbanizacyjne. Ich skałami macierzystymi są utwory permu, triasu i czwartorzędu, a czynniki oddziałujące na kumulację w nich pierwiastków należą do geologicznych (wychodne formacji skalnych, bariery geochemiczne) i antropogenicznych (zrzuty wód kopalnianych i ścieków, odcieki z hałd odpadów pogórnictwa i osadników, spalanie węgla, hutnictwo cynku).

Najbardziej powszechnym typem są gleby bielcowe wytworzone z piasków (Program..., 2005). Są to gleby kwaśne, powstające przy współdziałaniu roślinności lasów iglastych. Na wapieniach i dolomitach wykształciły się rędziny, rzadziej reprezentowane są gleby brunatne. Na terenach dawnej eksploatacji galmanów występują rędziny inicjalne. Doliny rzeczne pokrywają mady, a w niektórych ich partiach i w obniżeniach terenu występują gleby torfowe.

Skład granulometryczny. Porównania wyników składu ziarnowego, uzyskane metodą sitowo-sedymentacyjną (zgodnie z klasyfikacją przyjętą w podziałach międzynarodowych FAO i USDA) i metodą laserową, wskazują na istotne różnice w zawartości poszczególnych frakcji (Kasza, 1992; Issmer, 2000). Bezpośrednie wykorzystanie wyników uzyskanych metodą laserową nie umożliwia zatem podziału gleb według kryteriów gleboznawczych. Dane są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

Wyniki analizy sitowej i pomiarów laserowych (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 i <0,02 mm frakcja ilasta (tabl. 4–6).

Prawie wszystkie właściwości chemiczne i fizyczne gleb wiążą się bezpośrednio lub pośrednio z ich składem mechanicznym. Określenie uziarnienia gleb pozwala wnioskować o ich genezie i podatności na zanieczyszczanie. Jest jednym z głównych parametrów warunkujących mobilność pierwiastków w profilu glebowym. Każda z frakcji mechanicznych, czyli grup cząstek o określonych wymiarach i często zbliżonych właściwościach fizyczno-chemicznych, wpływa na porowatość, zwięzłość, plastyczność, rodzaje sorpcji oraz odporność gleb na czynniki degradujące (Prusinkiewicz i in., 1994).

Skład ziarnowy gleb jest jednym z czynników warunkujących zawartość pierwiastków chemicznych. Gleby z dużym udziałem frakcji ilastej, zwanej w gleboznawstwie frakcją spławialną (<0,02 mm), i pylastej (0,1–0,02 mm) charakteryzują się zwykle większymi zawartościami 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 stężenia graniczne dla gleb z dużym udziałem frakcji ilastej i mniejsze dla gleb z dużym udziałem frakcji piaszczystych (Kabata-Pendias i in., 1995).

Zróznicowanie granulometrii gleb na arkuszu Sławków związane jest z litologią skał macierzystych. Na piaskach i żwirach plejstocénskich w południowej i północno-wschodniej części arkusza rozwinęły się gleby piaszczyste o zawartości frakcji 1,0–0,1 mm >75%. W glebach rozwiniętych na piaskach wodnolodowcowych stożków napływowych znaczący jest udział piasku gruboziarnistego (1,0–0,5 mm), wynoszący 20–30%. W glebach powstałych z piasków i żwirów wodnolodowcowych na tę frakcję przypada 10–20%. Udział frakcji piasku średnio- (0,5–0,25 mm) i drobnoziarnistego (0,25–0,1 mm) jest podobny. Gleby te charakteryzują się niewielką zawartością (<5%) frakcji pylastej (0,1–0,02 mm) i frakcji ilastej (<0,02 mm).

Specyficznym składem granulometrycznym wyróżniają się gleby rozwinięte na górnoplejstoczańskich lessach, występujących między Bolesławem na południowym wschodzie i doliną Białej Przemszy na północnym zachodzie. Zawierają one powyżej 15% frakcji żwirowej (>1,0 mm). Udział frakcji piaszczystych rzadko przekracza w nich 10%, a dominują frakcje pylaste i ilaste.

Gleby środkowej części arkusza, rozwinięte na skałach permskich i triasowych, są mieszaniną różnych frakcji piaszczystych i zawierają <5% frakcji pylastych i ilastych. Znaczny udział w ich budowie mają frakcje żwirowe (odłamki skał podłoża).

Odczyn. Zarówno w warstwie powierzchniowej, jak i na głębokości 0,8–1,0 m przeważają gleby o odczynie kwaśnym, co związane jest ze sposobem ich użytkowania oraz charakterem litologicznym skał macierzystych. Kwaśne gleby lasów (pH <6,3), utworzone na piaszczysto-żwirowych utworach wodnolodowcowych i lessach, pokrywają około połowy obszaru arkusza. W niektórych lasach występują płyty gleb bardzo kwaśnych (pH <5). Kwaśny odczyn gleb powoduje wymywanie składników pokarmowych i może prowadzić do uwolnienia toksycznych form glinu.

Występowanie gleb obojętnych i niekiedy zasadowych jest ograniczone do niewielkich obszarów w okolicy Bolesławia, ZGH Bolesław (w tym również w obrębie osadników poflotacyjnych) oraz rejonu położonego na północ od Sławkowa (wychodnie dolomitów kruszczośnych). Udział gleb obojętnych i alkalicznych wyraźnie wzrasta wraz z głębokością.

Geochemia. Pierwiastki chemiczne zawarte w glebach w znacznej mierze zostały odziedziczone po skałach macierzystych, z których powstały w wyniku procesów glebotwórczych. W zależności od warunków fizykochemicznych środowiska procesy glebotwórcze prowadzą do zmian chemizmu gleb w stosunku do chemizmu skał macierzystych, najczęściej jednak podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są czytelne. Przestrzenne rozmieszczenie pierwiastków odziedziczonych po skałach macierzystych pozwala prześledzić zróżnicowanie tła geochemicznego i wydzielić lokalne anomalie pierwiastków.

Gleby rozwinięte z plejstoczańskich lessów obfitują w glin, kobalt, chrom, żelazo, tytan i wanad, co jest bardziej widoczne na głębokości 0,8–1,0 m. Szczególnie charakterystyczny jest rozkład tytanu, którego rozmieszczenie dokładnie pokrywa się z wychodniami lessów.

Dla gleb rozwiniętych na wychodniach utworów permskich i triasowych typowymi pierwiastkami są wapń i magnez oraz glin, żelazo, kobalt, chrom, nikiel, stront i wanad. Wzbogacenie gleb w te pierwiastki jest znacznie bardziej wyraziste na głębokości 0,8–1,0 m.

Najbardziej charakterystyczną asocjację, związaną z utworami węglanowymi triasu, tworzą wapń, magnez, mangan i stront. Gleby najbogatsze w te pierwiastki występują w środkowej części arkusza. Do szczególnej koncentracji wapnia (>8%), magnezu (>4%), żelaza (>8%) i strontu (>80 mg/kg) dochodzi w glebach w pobliżu osadników poflotacyjnych ZGH Bolesław.

Kadm, cynk, ołów, srebro, arsen, miedź, rtęć i siarka są pierwiastkami związanymi z wychodniami dolomitów kruszonośnych i działalnością górnictwo-hutniczą. W odróżnieniu od poprzedniego zespołu pierwiastków, koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb, co wiąże się ze współczesną i historyczną eksploatacją oraz wzbogacaniem rud Zn–Pb. Na głębokości 0,8–1,0 m następuje redukcja obszaru zajmowanego przez gleby o ich anomalnej koncentracji. Najwyraźniej prawidłowość tę obserwuje się dla kadmu, cynku i ołowiu (tab. 6). Największe koncentracje metali w glebach z głębokości 0,8–1,0 m stwierdzono w rejonach historycznej eksploatacji skał kruszonośnych (Bolesław–Ujków) oraz w pobliżu huty cynku i osadników poflotacyjnych w Bukownie. W tym ostatnim przypadku dochodzi do bardzo silnego skażenia, prawdopodobnie do znacznej głębokości.

W powierzchniowej warstwie gleb anomalie srebra (>2 mg/kg), arsenu (>40 mg/kg), kadmu (>8 mg/kg), miedzi (>40 mg/kg), rtęci (>0,20 mg/kg), ołowiu (>500 mg/kg) i cynku (>1000 mg/kg) występują w obszarze przemysłowym ZGH Bolesław. Anomalie te mają charakter mieszany, antropogeniczno-geogeniczny i w większości są widoczne również w głębszej warstwie gleb. Najbardziej intensywne anomalie wielu pierwiastków zanotowano na obszarze osadnika poflotacyjnego ZGH Bolesław, którego wschodni fragment jest zlokalizowany na arkuszu Olkusz. W powierzchniowej warstwie gleb i na głębokości 0,8–1,0 m dochodzi tu do szczególnej koncentracji wapnia (odpowiednio do 23,12% i 17,79%), magnezu (do 8,34% i 19,83%), żelaza (do 26,30% i 16,18%) i siarki (do 10,83% i 13,34%). Maksymalna zawartość srebra w powierzchniowej warstwie gleb wynosi 41 mg/kg, arsenu 1750 mg/kg, kadmu 2107 mg/kg, miedzi 3429 mg/kg, rtęci 1,52 mg/kg, ołowiu 59 887 mg/kg i cynku 162 143 mg/kg.

Badane gleby są mało zasobne w całkowity węgiel organiczny. Najmniej węgla (<3%) zawierają gleby rozwinięte na piaszczystych utworach czwartorzędowych. W glebach utworzonych na lessach i madach dolin rzecznych zawartość tego składnika mieści się w zakresie 3–6%, a lokalnie przekracza 12%, osiągając maksymalnie 37,91% (tab. 2).

Zawartość siarki w glebach rzadko przekracza 0,16%. Jedynie na obszarze ZGH Bolesław i w pobliżu osadników poflotacyjnych zanotowano >0,64% tego pierwiastka.

Przeciętna zawartość fosforu (0,020%) dla powierzchniowej warstwy gleb jest ponad dwukrotnie większa w porównaniu z zawartością w warstwie głębszej (0,009%). Rozkład zawartości fosforu wskazuje, że pochodzenie tego pierwiastka w glebach jest w znacznym stopniu antropogeniczne. Zwiększone zawartości fosforu (>0,030%) zajmują znacznie większe obszary w powierzchniowej warstwie w porównaniu z glebami z głębokości 0,8–1,0 m. Źródłem fosforu są zarówno nawozy sztuczne (stosowane kiedyś na polach, które obecnie są w większości nieużytkami), jak i zrzuty ścieków komunalnych.

Udział obszarów gleb zanieczyszczonych w różnym stopniu kadmem, cynkiem i ołowiem w warstwie powierzchniowej i na głębokości 0,8–1,0 m zawarto w tabeli 6. Na przeważającym obszarze arkusza (65%) gleby warstwy powierzchniowej zawierają <5 mg/kg kadmu. Zawartość ołowiu ≤ 100 mg/kg stwierdzono dla 43% gleb, a zawartość cynku ≤ 200 mg/kg dla 37,1% gleb. Gleby silnie zanieczyszczone kadmem (>5 mg/kg), ołowiem (>500 mg/kg) i cynkiem (>700 mg/kg) zajmują odpowiednio 35%, 12,60% i 33,80% w warstwie powierzchniowej, a na głębokości 0,8–1,0 m następuje wyraźne zmniejszenie obszarów anomalii.

Dla gleb z głębokości 0,0–0,2 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania A, B i C na podstawie zawartości dopuszczalnych (Rozporządzenie..., 2002). Przy klasyfikacji sumarycznej stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną. Ze względu na zawartość metali 21,39% spośród badanych gleb zaliczono do grupy A. Do grupy B zaklasyfikowano 24,69% analizowanych próbek, a do grupy C 53,92% (tab. 7). Warunki wielofunkcyjnego użytkowania spełniają gleby zaliczone do grup A i B. Gleby zaklasyfikowane do grupy C występują w środkowej części arkusza – w większości na obszarach obiektów przemysłowych ZGH Bolesław i w rejonach historycznej eksploatacji odkrywkowej galmanów. Mapa klasyfikacji gleb (tabl. 57) wskazuje, jak powinien być użytkowany dany teren zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia... (2002). W wielu przypadkach aktualne użytkowanie jest niewłaściwe i wymaga monitorowania, a niekiedy rekultywacji. Stężenia metali w glebach niektórych lasów, pól, łąk i ogrodów są tak duże, że tereny te powinny być użytkowane tylko jako obszary przemysłowe.

OSADY WODNE

Skład chemiczny osadów wodnych znakomicie charakteryzuje zanieczyszczenie środowiska, ponieważ większość uruchomionych metali ciężkich i innych pierwiastków

(zarówno w efekcie procesów naturalnych, jak i na skutek działalności gospodarczej człowieka) jest w nich zatrzymywana. Toksyczne oddziaływanie zanieczyszczonych osadów na ekosystemy wodne jest szeroko dokumentowane od wielu lat (Calmano, Förstner, 1995; Wolska i in., 1999; Burton, Landrum, 2003).

Osady wodne arkusza reprezentowane są przez osady rzek, kanałów i strumieni, a w mniejszym stopniu przez osady niewielkich zbiorników wód stojących. Główną cechą ich geochemii jest dominacja czynników antropogenicznych nad naturalnymi w koncentracji większości pierwiastków, szczególnie metali i siarki. Dopływy Białej Przemszy – Sztoła i kanały (Dąbrówka-Roznos i Sztolnia-Warwas) odprowadzają ścieki przemysłowe i komunalne oraz wody kopalniane z rejonu Olkusza, Bukowna, Bolesławia i ZGH Bolesław. W ich osadach występują odmienne zespoły pierwiastków.

Kanał Sztolnia. Aluwia kanału Sztolnia odprowadzającego wody poprodukcyjne ZGH Bolesław (Wójcik i in., 1990) wyróżniają się olbrzymimi zawartościami cynku (przeciętnie 54 853 mg/kg), sporadycznie osiągającymi ponad 400 000 mg/kg. Niezwykłą koncentrację cynku (>200 000 mg/kg) zanotowano w osadach niewielkiej sadzawki w górze zlewni koło wsi Krążek. Analiza rentgenograficzna osadów wykazała, że stanowią one prawie czysty hydrocynkit. Obecność hydrocynkitu w strefie wietrzenia rud Zn–Pb tego rejonu jest powszechna. Na całej długości cieku dochodzi do koncentracji kadmu (przeciętnie 250,7 mg/kg), rtęci (przeciętnie 0,3 mg/kg) i niklu (przeciętnie 35 mg/kg). Osady górnej części kanału są wzbogacone w srebro (>4 mg/kg), arsen (>500 mg/kg) i miedź (>250 mg/kg). Źródłem metali mogą być erodowane wychodnie i hałdy po eksploatacji galmanów między Bolesławiem a Bukownem.

Kanał Dąbrówka i potok Biała. Koncentracja większości pierwiastków, szczególnie metali i siarki, w osadach zlewni spowodowana jest przede wszystkim czynnikami antropogenicznymi. Najbardziej zanieczyszczone są aluwia górnego biegu Dąbrówki. Poprzez Dąbrówkę do Białej odprowadzane są wody z odwodnienia kopalni Olkusz-Pomorzany (z szybów Dąbrówka i Mieszko), wody poflotacyjne (ze stawów osadowych ZGH) i wody z oczyszczalni ścieków bytowych przy szybie Dąbrówka (Program..., 2004c).

Dla aluwii Dąbrówki charakterystyczne jest zanieczyszczenie ołowiem (do 23 409 mg/kg, przeciętnie 10 021 mg/kg), srebrem (do 9 mg/kg, przeciętnie 5 mg/kg), arsenem (do 626 mg/kg, przeciętnie 264 mg/kg), kadmem (do 488,6 mg/kg, przeciętnie 185,4 mg/kg) i cynkiem (do 128 880 mg/kg, przeciętnie 44 722 mg/kg). Osady te są również bogate w wapń (do 13,98%, przeciętnie 9,26%), magnez (do 4,89%, przeciętnie 2,65%), żelazo (do 5,02%,

przeciętnie 3,20 %) i siarkę (do 10,82 %, przeciętnie 4,682%). Ten sam zespół pierwiastków o podobnych stężeniach występuje w aluwiach Białej poniżej ujścia Dąbrówki.

Sztola i Baba. W granicach arkusza znajduje się tylko ujściowy odcinek Baby, a zanieczyszczenia osadów strumienia pochodzą ze zrzutu ścieków z obiektów przemysłowych zlokalizowanych na sąsiednim arkuszu Olkusz.

Poza wschodnią granicą arkusza Sławków do strumienia odprowadzane są wody kopalniane z odwodnienia wyrobisk górniczych oraz wody technologiczne z Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Olkuszu (Program ..., 2004b). Zawierają one m.in. zawiesiny, siarczany, chlorki, cynk, ołów, kadm i żelazo. Poniżej dzielnicy przemysłowej Olkusza aluwia Baby na odcinku około 2,5 km są wzbogacone w srebro (do 10 mg/kg), kadm (do 94 mg/kg), kobalt (do 39 mg/kg), chrom (do 77 mg/kg), miedź (do 86 mg/kg), nikiel (do 96 mg/kg), ołów (do 1242 mg/kg) i tytan (do 689 mg/kg). Zanieczyszczenia można wiązać ze zrzutami ścieków działających tu zakładów: Olkuskiej Fabryki Naczyn Emaliowanych Emalia S.A., Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej, fabryki wentylatorów, zakładów metalowych, remontowych, bazy transportowej i innych (Lis, Pasieczna, 2008).

Do gwałtownego wzrostu zawartości pierwiastków w aluwiach potoku Baba dochodzi poniżej ujścia kanału Południowego, prowadzącego wody z odwodnienia zakładu górniczego kopalni Olkusz (szyby Stefan, Bronisław i Chrobry). Aluwia na tym odcinku potoku zawierają olbrzymie ilości cynku (mediana 34 000 mg/kg, maks. 322 600 mg/kg) i ołowiu (mediana 8500 mg/kg, maks. 14 791 mg/kg). Są też wzbogacone w wiele innych pierwiastków: arsen (do 269 mg/kg), bar (do 382 mg/kg), wapń (do 17,03%), kadm (do 369 mg/kg), kobalt (do 50 mg/kg), żelazo (do 4,10%), magnez (do 5,57%), mangan (do 2727 mg/kg), siarkę (do 3,40%) i stront (do 155 mg/kg).

W granicach arkusza Sławków utrzymuje się koncentracja metali w osadach Baby, a następnie Sztoly. Zwraca uwagę niewielka zmienność zawartości pierwiastków na analizowanych odcinkach cieków, wskazując na stabilne warunki fizykochemiczne oraz na pochodzenie metali z jednego źródła punktowego. Udział spływu powierzchniowego, jako źródła zanieczyszczeń metalami, wydaje się nieznaczny.

Biała Przemsza. Na analizowanym odcinku rzeki skład chemiczny jej aluwiów jest przekształcony przez bardzo zanieczyszczone metalami osady jej dopływów – Sztoly i Białej. W osadach Białej Przemszy przeciętne zawartości (wyrażone wartością median) wynoszą: 2 mg/kg srebra, 151 mg/kg arsenu, 106,4 mg/kg kadmu, 3915 mg/kg ołowiu, 0,779% siarki i 15 293 mg/kg cynku (tab. 4).

Aluwia małych cieków. Aluwia potoku Sztolnia Ponikowska zawierają znacznie mniejsze ilości metali w stosunku do innych cieków. Osady małych cieków bez nazwy (dopływów Białej Przemszy, Białej i Dąbrówki) drenujących centralną część arkusza oraz osady zbiorników wód stojących charakteryzują się zwykle małymi zawartościami badanych pierwiastków, podobnie jak aluwia kanału Głównego i rowów drenujących teren kopalni piasku Szczakowa.

WODY POWIERZCHNIOWE

Wody poszczególnych zbiorników różnią się charakterystycznymi zespołami pierwiastków oraz ich stężeniami.

Ocenę stopnia zanieczyszczenia wód arkusza przeprowadzono według Rozporządzenia... (1991), uwzględniając tylko te pierwiastki, których zawartości przekraczają kryteria dla I klasy czystości. Pominięto fosfor ze względu na niedostateczną granicę oznaczalności w stosowanej metodzie analitycznej.

Do I klasy czystości (dla wszystkich badanych pierwiastków) zaklasyfikowano tylko wody kanału Głównego, odwadniającego wyrobiska kopalni piasku Szczakowa. Pozostałe ciekły są w mniejszym lub większym stopniu zanieczyszczone. Największe jest zanieczyszczenie wód cynkiem. Z uwagi na obecność tego pierwiastka, do pozaklasowych zaliczono 100% wód Baby, 94,9% wód Białej Przemszy, 92,5% wód Sztoły, 90% wód Dąbrówki, 84,8% wód kanału Sztolnia i 60,6% wód Białej. Mniej zanieczyszczone cynkiem są wody Sztolni Ponikowskiej, małych cieków bez nazwy i małych zbiorników wód stojących. Pierwiastkiem bardzo zanieczyszczającym wody jest również ołów. Ze względu na zanieczyszczenie ołowiem do pozaklasowych należą wody kanału Dąbrówka (90%), Białej Przemszy (89,7%) i Białej (48,5%). Z uwagi na zawartość siarczanów, do pozaklasowych zaliczono 90% wód kanału Dąbrówka i 75,8% wód kanału Sztolnia. Siarczanami są też zanieczyszczone wody małych zbiorników wód stojących – 51,6%.

Kanał Sztolnia. Wody kanału są bardzo zanieczyszczone metalami. Zawartość cynku dochodzi w nich do 9294 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; mediana 5840 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, a kadmu do 135 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; mediana 65 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Są bogate w wapń (do 231 mg/dm^3 ; mediana 214 mg/dm^3), magnez (do 114,2 mg/dm^3 ; mediana 103 mg/dm^3), siarczany (do 890 mg/dm^3 ; mediana 805 mg/dm^3) i lit (do 19 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; mediana 18 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Zawierają niewielkie ilości ołowiu (maks. 34 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; mediana 1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

Kanał Dąbrówka i potok Biała. Charakterystycznymi pierwiastkami dla wód tych cieków są bar, żelazo i ołów. Zawartość baru w wodach Dąbrówki osiąga $211 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (mediana $203 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), żelaza do $1,41 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (mediana $1,27 \text{ mg}/\text{dm}^3$) i ołowiu do $141 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (mediana $103 \mu\text{g}/\text{dm}^3$). W wodach Białej zawartość baru dochodzi do $219 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (mediana $177 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), żelaza do $1,77 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (mediana $0,70 \text{ mg}/\text{dm}^3$) i ołowiu do $118 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (mediana $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$).

Sztola i Biała Przemysza. W ołów obfitują wody Sztoły – do $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (mediana $34 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) oraz Białej Przemszy do $118 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (mediana $78 \mu\text{g}/\text{dm}^3$).

WNIOSKI

1. Stwierdzone zawartości analizowanych pierwiastków wskazują na istotne zanieczyszczenie gleb z obydwu zakresów głębokości (0,0–0,2 i 0,8–1,0 m), osadów wodnych i wód powierzchniowych. Metale ciężkie (a przede wszystkim kadm, ołów i cynk) koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb. Na głębokości 0,8–1,0 m następuje zmniejszenie obszaru anomalii i jednoczesny wzrost ich intensywności.

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

3. Naturalnym (geologicznym) źródłem zanieczyszczeń są wychodnie kruszczoonych utworów triasu.

4. Antropogenicznym źródłem zanieczyszczeń środowisk powierzchniowych jest eksploatacja, wzbogacanie i hutnictwo rud Zn–Pb, zwłaszcza oddziaływanie hałd odpadów pogórnich, odcieki z osadników poflotacyjnych i zrzuty zasolonych wód kopalnianych do wód powierzchniowych.

5. W najbliższych latach przewidziane jest zakończenie eksploatacji i przetwórstwa rud Zn–Pb, co wpłynie pozytywnie na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, ale obszary niezrekultywowanych hałd i osadników w dalszym ciągu będą stwarzać zagrożenie. Planowana próba przywrócenia naturalnych stosunków wodnych po likwidacji kopalń może spowodować wystąpienie lokalnych podtopień i powstanie niecek osiadań nad wyrobiskami górnymi.

LITERATURA

- ADAMCZYK A.F., 1990 – Wpływ górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim na wody podziemne i powierzchniowe. *Zesz. Nauk AGH*, 1368, *Sozologia i Sozotechnika*, **32**: 41–55.
- ALBRECHT A., 1901 – Kopalnie galmanu Bolesławsko-Olkuskie. *Prz. Techn.*, **39**, **40**.
- BUKOWY S., 1974 – Zarys budowy strukturalnej podłoża monokliny śląsko-krakowskiej. W: Budowa geologiczna Polski. T. 4, Tektonika. cz. I: 221–234. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- BUKOWY S., 1978 – Tektonika utworów paleozoicznych. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **78**: 63–68.
- BURTON G.A., LANDRUM P.F., 2003 – Toxicity of sediments. W: Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks: 748–751. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
- CABAŁA J., 2009 – Metale ciężkie w środowisku glebowym olkuskiego rejonu eksploatacji rud Zn–Pb. Wyd. UŚl., Katowice.
- CABAŁA J., KONSTANTYNOWICZ E., 1999 – Charakterystyka śląsko-krakowskich złóż cynku i ołowiu oraz perspektywy eksploatacji tych rud. W: Perspektywy geologii złożowej i ekonomicznej w Polsce. Wyd. UŚl.: 76–98. Katowice.
- CABAŁA J., TEPER L., 2007 – Metalliferous constituents of rhizosphere soils contaminated by Zn–Pb mining in southern Poland. *Water Air Soil Pollut.*, **178**: 351–362.
- CALMANO W., FÖRSTNER U., 1995 – Sediments and toxic substances: environmental effects and ecotoxicity. Springer, Berlin.
- CZUBAK J., JANUSZ W., JAROSZ A., ŻUŁAWSKI Cz., 1975 – Środowisko rejonu olkuskiego – stan obecny, kierunki przekształceń. *Zesz. Nauk AGH*, 528, *Sozologia i Sozotechnika*, **7**: 57–67.
- DEGENHARDT O., 1870 – Der Oberschlesien-Polnische-Bergdistrict mit Hinweglassung des Diluviums. Karte von Oberschlesien 1:100 000. Verlag der Landkarten handlung von J.H. Neumann, Berlin.
- DOKTÓR S., GRANICZNY M., JANICKI T., LIPIŃSKI E., MIKOŁAJCZYK M., TOCZYSKI M., 1997 – Zastosowanie aparatury GPS w pracach badawczych Państwowego Instytutu Geologicznego – doświadczenia i perspektywy. *Prz. Geol.*, **45**, 6: 577–581.
- EKIERT F., 1971 – Sytuacja geologiczna złóż rud cynku i ołowiu w północno-wschodnim obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Biul. Inst. Geol.*, **241**: 47–56.
- GAŁKIEWICZ T., 1977 – Budowa strukturalno-tektoniczna śląsko-krakowskich złóż Zn–Pb. *Rudy Metale*, **22**, 6: 280–285.
- GÓRECKA E., 1993 – Geological setting of the Silesian-Cracow Zn–Pb deposits. *Kwart. Geol.*, **37**, 2: 127–145.
- GÓRECKA E., 1996 – Mineral sequence development in the Zn–Pb deposits of the Silesian-Cracow area, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 26–36.
- GÓRECKA E., BELLOK A., WNUK R., KIBITLEWSKI S., 1994 – Zróżnicowanie zawartości metali w odpadach flotacyjnych rud Zn–Pb (ZGH Bolesław, rej. olkuski). *Prz. Geol.*, **42**, 10: 834–841.
- GRUSZCZYK H., WIELGOMAS L., 1987 – Rudy cynku i ołowiu. Obszar śląsko-krakowski. W: Budowa geologiczna Polski, T. 6. Złoża surowców mineralnych: 321–351. Inst. Geol., Warszawa.
- GRZECHNIK Z., 1978 – Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–39.
- HARAŃCZYK C., 1960 – Distribution of cadmium among various ZnS varieties occurring in the Silesia-Cracow region. *Bull. Acad. Pol. Sc. Ser. Sc. Geol. Geogr.*, **8**, 4: 245–249.
- HARAŃCZYK C., 1962 – Mineralogia kruszców śląsko-krakowskich złóż cynku i ołowiu. *Pr. Geol. Kom. Nauk. Geol. PAN Oddz. w Krakowie*, **8**: 1–74.
- ISSMER K., 2000 – Optical methods in the grain-size analysis of fine-grained sediments. *Geol. Quart.* **44**, 2: 205–210.
- 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. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- KACZMAREK W., ŁATKIEWICZ A., MICHALIK M., 1995 – Mineralogy and provenance of Sławków clays. *Miner. Pol.*, **26**, 2: 59–74.
- KAPUSTA P., SZAREK-LUKASZEWSKA G., GRODZIŃSKA K., GODZIK B., 2010 – Murawy galmanowe okolic Olkusza (południowa Polska) i problemy ich ochrony. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, **66**, 1: 27–34.
- KASZA I., 1992 – Laserowa metoda określania składu granulometrycznego utworów gliniastych, pylistych i ilastych. *Prz. Geol.*, **40**, 5: 323–325.
- KONDRACKI J., 2000 – Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN, Warszawa.
- KOSIŃSKI W., 1882 – Karta geologiczna okolic Olkusza 1: 30 000. *Pamiętnik Fizyjoğraficzny*, 2.

- KUCHARSKI R., MARCHWIŃSKA E., 1990 – Problemy zagrożenia terenów rolnych metalami ciężkimi w rejonie Olkusza. *Zesz. Nauk. AGH, 1368, Sozologia i Sozotechnika*, **32**: 123–140.
- KUREK S., PASZKOWSKI M., PREIDL M., 1994 – Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Jaworzno. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KUREK S., PASZKOWSKI M., PREIDL M., 1999 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Jaworzno. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KUŹNIAR C., 1930 – Złoże cynku i ołowiu na kopalni Ulisses. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **28**: 17–18.
- 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., 2008 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000, ark. Olkusz. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MOLENDĄ D., 1960a – Sztolnia Ponikowska. Z dziejów górnictwa olkuskiego w epoce feudalnej. W: Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa. T. 4. *Studia i Mat. z Hist. Kult. Materialnej*, **7**: 9–63.
- MOLENDĄ D., 1960b – Górnictwo kruszców. W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich. T. 1: 120–162. Wyd. Górnictwo-Hutnicze, Katowice.
- MOLENDĄ D., 1963 – Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI wieku. Wyd. PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków.
- MOLENDĄ D., 1970 – Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich w XVI–XVIII wieku. Wyd. Ossolineum, Wrocław.
- NORMA branżowa BN 75/9180-03, 1975 – Agrotechnika. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie wartości pH. Dziennik Norm i Miar nr 7, poz. 9. Warszawa.
- PAZDUR J., PIETRASZEK E., 1961 – Górnictwo rud metali nieżelaznych. W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich. T. 2. Wyd. Górnictwo-Hutnicze, Katowice.
- PREIDL M., ABSALON D., JANKOWSKI A.T., LEŚNIOK M., WIKĄ S., 1995 – Mapa geosozologiczna Polski 1:50 000, ark. Jaworzno. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PROGRAM ochrony środowiska dla gminy Bolesław, 2005. <http://www.boleslaw.top.pl>
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta Sławków na lata 2004–2015, 2004a. <http://bip.umslawkow.finn.pl>
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta i gminy Olkusz, 2004b. <http://www.umig.olkusz.pl/>
- PROGRAM rewitalizacji obszarów miejskich miasta Olkusza, 2004c. <http://www.umig.olkusz.pl/>
- PRUSINKIEWICZ Z., KONYŚ L., KWIATKOWSKĄ A., 1994 – Klasyfikacja uziarnienia gleb i problemy z nią związane. *Rocz. Glebozn.*, **45**, 3/4: 5–20.
- PRZENIOSŁO S., 1974 – Cynk i ołów w utworach węglanowych triasu rejonu zawierciańskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **278**: 115–186.
- PRZENIOSŁO S., 1995 – Złóża kopalin. W: Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. DzU. nr 116, poz. 503.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU. nr 165, poz. 1359.
- SALMINEN R. (ed.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Geological Survey of Finland. Espoo.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., 1995 – Upper Silesian Zn–Pb ore deposits in the light of solution transfer. *Zesz. Nauk. AGH, Geologia*, **31**.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., 1996 – Internal sediments as a key to understanding the hydrothermal karst origin of the Upper Silesian Zn–Pb ore deposits. *Society of Economic Geologists Sp. Publ.*, **4**: 171–181.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., MAYER W., GÓRALSKI M., LEACH D.L., 2001 – Zawartość metali ciężkich w glebach na obszarach eksploatacji rud Zn–Pb w rejonach olkuskim i chrzanowskim. PAN, IGSMiE, Sympozja i Konferencje, **49**:198–208. Kraków.
- SERAFIN-RADLICZ J., 1972 – Przydatność anomalii hydrochemicznych do poszukiwń złóż kruszców cynku i ołowiu w północno-wschodniej części Górnego Śląska. *Biul. Inst. Geol.*, **255**: 1–86.
- ŚLIWIŃSKI S., 1978 – Dolomity kruszconośne. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **78**: 121–138.
- ŚPIEWAK F., 1955 – Górnictwo olkuskie. *Wiad. Górn.*, **12**: 364–367.
- TRAFAS M., ECKETS T., GOŁDĄ T., 2006 – Lokalna zmienność zawartości metali ciężkich w glebach okolicy Olkusza. *Inżynieria Środowiska* **11**, 2: 127–144.

- TRAFAS M., GRUSZCZYŃSKI S., GRUSZCZYŃSKA J., ZAWODNY Z., 1990 – Zmiany własności gleb wywołane wpływami przemysłu w rejonie olkuskim. *Zesz. Nauk. AGH, 1368, Sozologia i Sozotechnika*, **32**: 143–161.
- VERNER J.F., RAMSEY M.H., HELIOS-RYBICKA E., JĘDRZEJCZYK B., 1996 – Heavy metal contamination of soils around a Pb–Zn smelter in Bukowno, Poland. *Appl. Geochem.*, **11**: 11–16.
- VIETS J.G., LEACH D.L., LICHTER F.E., HOPKINS R.T., GENT C.A., POWELL J.W., 1996 – Paragenetic and minor- and trace-element studies of Mississippi Valley type ore deposits of the Silesian-Cracow district, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 51–71.
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. 1. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- WOLSKA L., WARDENCKI W., WIERGOWSKI M., ZYGMUNT B., ZABIEGAŁA B., KONIECZKA P., POPRAWSKI L., BIERNAT J.F., NAMIESNIK J., 1999 – Evaluation of pollution degree of the Odra Basin with organic compounds after the 1997 summer flood – general comment. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, **27**: 343–349.
- WÓJCIK W., SZYDŁO I., STOLARSKI Z., 1990 – Charakterystyka zanieczyszczenia wód powierzchniowych rejonu olkuskiego. *Zesz. Nauk. AGH, 1368, Sozologia i Sozotechnika*, **32**: 33–40.
- ZAKŁADY ZGH Bolesław, 2010. <http://zgh.pl>
- ZIĘTEK-KRUSZEWSKA A., 1978 – Charakterystyka mineralogiczna siarczków w utworach triasowych. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **78**: 211–215.
- ŻABIŃSKI W., 1960 – Charakterystyka mineralogiczna strefy utlenienia śląsko-krakowskich złóż kruszców cynku i ołowiu. *Pr. Geol. Kom. Nauk. Geol. PAN Oddz. w Krakowie*, **1**: 1–73.