

WSTĘP

Przeładowe zdjęcie geochemiczne Polski wykonane w latach 1990–1995 wykazało, że najpoważniejsze zanieczyszczenie środowiska występuje w regionie śląsko-krakowskim (Lis, Pasieczna, 1995a). Wieloletnia eksploatacja zasobów złóż regionu i rosnące zapotrzebowanie na wydobywane kopaliny przyczyniły się do napływu dużej liczby ludności i rozwoju miast, którego wynikiem jest powstanie aglomeracji górnośląskiej – największej i najgęściej zaludnionej w Polsce.

Stopień zanieczyszczenia regionu (szczególnie metalami ciężkimi oraz innymi pierwiastkami i związkami toksycznymi), stwarzający zagrożenie dla fauny, flory i zdrowia ludzi, jest podobny jak w innych regionach Europy, znanych z wieloletniej eksploatacji i przeróbki rud metali nieżelaznych. Należą do nich: 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) czy rejony polimetalicznej mineralizacji w obszarze pogranicza czesko-niemieckiego (De Vos i in., 2005).

W badaniach regionalnych (Lis, Pasieczna, 1995b, 1997, 1999) scharakteryzowano zasięg i natężenie najsilniejszych anomalii geochemicznych kadmu, ołowiu i cynku, rozciągających się od okolic Chrzanowa i Olkusza na wschodzie, po Bytom i Tarnowskie Góry na zachodzie. W tym obszarze rozpoczęto w 1996 r. realizację Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska w skali 1:25 000, dostarczającej informacji przydatnych do zarządzania środowiskiem naturalnym i podejmowania decyzji w powiatach i gminach.

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Chrzanów M-34-63-D-b jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych, finansowanych ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, na zlecenie Ministerstwa Środowiska.

Arkusze Chrzanów M-34-63-D-b położony jest w południowej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Głównym źródłem anomalii metali ciężkich w środowisku przyrodniczym są tu wychodnie dolomitów kruszczośnych i związane z nimi złoża rud cynkowo-ołowiowych oraz ich historyczna i współczesna eksploatacja.

W północno-zachodniej części arkusza gospodarka ma charakter przemysłowy (przemysł wydobywczy i przeróbczy, metalowy, petrochemiczny). Są tu też zlokalizowane miasta Trzebinia i Chrzanów. Pokrycie środkowej części arkusza stanowią lasy, a południowej – pola uprawne.

Analizowany teren charakteryzuje się dużą różnorodnością form krajobrazu objętych ochroną. W jego wschodniej części znajduje się zwarty kompleks leśny – Puszcza Dulowska, należąca do Tenczyńskiego Parku Krajobrazowego, który podlega specjalnej ochronie ze względu na bogactwo zbiorowisk roślinnych oraz typów siedlisk. Kompleksy leśne występują także w rejonie Płazy, Zagórza i Chrzanowa. Na terenie arkusza jest wiele pomników przyrody ożywionej (głównie lip). Projektowane jest objęcie ochroną również przyrody nieożywionej – skałek triasowych w Bołecinie i wąwozu w Pogorzycach. Pierwotne formy krajobrazu w miejscach wydobywania kopaliny skalnej metodą odkrywkową (w rejonie Żelatowej i Płazy) uległy znacznym przekształceniom, stając się zarazem siedliskami specyficznej i cennej flory.

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. Psiuk, P. Sucharski, T. Szyrak, 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. Szuwarzyński, A. Dusza-Dobek** – charakterystyka obszaru arkusza;
- **M. Szuwarzyński** – geologia i złoża kopalin;
- **A. Dusza-Dobek, A. Witkowska** – antropopresja.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

Położenie administracyjne i geograficzne. Obszar arkusza Chrzanów M-34-63-D-b należy administracyjnie do zachodniej części województwa małopolskiego. Obejmuje fragment powiatu chrzanowskiego – teren gmin Chrzanów i Trzebinia w części centralnej arkusza oraz niewielkie obszary gmin Babice na południowym zachodzie i Alwernia na południowym wschodzie.

Zgodnie z podziałem na jednostki fizycznogeograficzne cały teren arkusza znajduje się w obrębie południowej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Kondracki, 2000). Jednostkami niższego rzędu są: Wyżyna Krakowsko-Częstochowska (obejmująca Grzbiet Tenczyński, Rów Krzeszowicki i niewielki skrawek Wyżyny Olkuskiej) oraz część Wyżyny Śląskiej (do której należą Pagóry Jaworznickie).

Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia. Analizowany obszar ma charakter wyżynny. Jego południową i zachodnią część zajmują Pagóry Jaworznickie – ciąg zrębów tektonicznych zbudowanych z wapieni i dolomitów triasowych. Wśród nich wyróżnia się m.in. Pagóry Chrzanowskie, które osiągają wysokość ponad 300 m n.p.m. W północno-wschodniej części arkusza, na kontakcie Wyżyny Olkuskiej z Rowem Krzeszowickim, występuje próg morfologiczny zbudowany ze skał górnopaleozoicznych i mezozoicznych, o równoleżnikowym założeniu tektonicznym i wysokości ponad 390 m n.p.m. (Bogacz, 1967).

Przedłużeniem tektonicznego Rowu Krzeszowickiego jest Niecka Dulowska, wypełniona piaskami czwartorzędowymi. W jej obrębie wysokości bezwzględne wahają się w przedziale 260–280 m n.p.m. Od południa z Niecką Dulowską graniczy zrąb tektoniczny zwany Garbem Tenczyńskim. Na arkuszu znajduje się jego zachodnia część – blok Płazy. Ten obszar to pasmo wzgórz o stromych zboczach i zrównanej powierzchni (Płaska Góra w rejonie Płazy), o wysokości do ok. 400 m n.p.m., zbudowane głównie z utworów triasu. Na ich stokach zalegają rozległe pokrywy lessowe.

Powierzchnia terenu arkusza jest w znacznym stopniu przekształcona na skutek wydobywania kopalin (Nieć i in., 2001; Szuwarzyńska i in., 2001). Wyrobiska po górnictwie odkrywkowym (kamieniołomy, glinianki, piaskownie) zostały zrekultywowane tylko w nielicznych przypadkach. Częściej są miejscami składowania odpadów komunalnych, lokowanych bez odpowiednich zabezpieczeń. Na terenie arkusza są też składowiska odpadów przemysłowych zakładów górniczo-przerobczych eksploatujących rudy Zn–Pb i surowce węglanowe oraz historycznej kopalni rud Zn–Pb Matylda.

Reliktem po eksploatacji rud ołowiu, cynku i żelaza metodą odkrywkową są liczne lejowate zagłębienia porośnięte roślinnością (warpie) oraz współwystępujące z nimi zwały odpadów pogórnich. W niektórych zagłębieniach utworzyły się zbiorniki wodne.

Lokalizacja hałd dawnych hut metali na terenie Trzebini i Chrzanowa w wielu przypadkach jest dziś trudna do zlokalizowania w morfologii terenu, lecz czytelna w postaci anomalii geochemicznych. Na hałdach średniowiecznego hutnictwa można napotkać nagromadzenia znacznych ilości tlenków ołowiu, występujących w formie tzw. masykotu (Szuwarzyński, 2000). Likwidowanie tych hałd w latach 70. i 80. XX w. przez wykorzystywanie zgromadzonego na nich materiału do niwelacji terenu i wzmocnienia dróg doprowadziło do rozproszenia wielu substancji na znacznych obszarach (Szuwarzyński, Kryza, 1995).

W Płazie i Żelatowej, na południowy zachód od Chrzanowa, znajdują się kamieniołomy dolomitów i wapieni, a w północnej części arkusza zlokalizowany jest osadnik odpadów poflotacyjnych rud Zn–Pb, należący do Zakładów Górniczych (ZG) Trzebieńka.

Obszar arkusza Chrzanów, znajdujący się w całości w zlewni górnej Wisły, charakteryzuje się złożonym układem hydrograficznym. Zlewnia rzeki Chechło jest największa pod względem obszaru i wielkości odpływu. Niewielki fragment w zachodniej części arkusza odwadniany jest przez kanał Matylda. Stosunki wodne w obrębie obydwu zlewni kształtowane są przez regulację koryt, zrzuty ścieków komunalno-przemysłowych z Chrzanowa i Trzebini, a także drenaż górniczy (Motyka i in., 2003; Szuwarzyński, 2003; Czop i in., 2005).

W granicach obszaru arkusza znajduje się kilka sztucznych zbiorników wodnych. W wyniku spiętrzenia rzeki Chechło powstał zbiornik retencyjny – jezioro Chechło, a w rejonie Trzebini i Bołęcina znajdują się zbiorniki wypełniające nieczynne wyrobiska odkrywkowe.

Użytkowanie terenu. Teren arkusza ma charakter przemysłowo-rolniczy (tabl. 2 i 3). Znaczną jego część (ok. 20%) zajmuje zabudowa mieszkalna i przemysłowa Chrzanowa i Trzebini. Użytki rolne (ok. 8%) skupiają się w południowo-wschodniej części arkusza, zaś 30% pokrycia stanowią lasy, głównie mieszane. Do nieużytków należy 30% powierzchni arkusza.

Gospodarka. Główne gałęzie przemysłu reprezentują sektory: chemiczny, energetyczny, górniczy, maszynowy, budowlany, odzieżowy oraz spożywczy. Największe przedsiębiorstwa to: Grupa Kapitałowa Rafinerii Trzebieńka S.A., Fabryka Maszyn Budowlanych i Lokomotyw (FMBiL) Bumar-Fablok S.A. w Chrzanowie, Ocynkownia Śląsk Sp. z o.o. w Chrzanowie, Kopalnia i Prażalnia Dolomitu Żelatowa S.A. w Chrzanowie, Zakład Wapienniczy w Płazie, Wytwórnia Mas Bitumicznych w Chrzanowie i Chrzanowskie Zakłady Materiałów Ogniotrwałych S.A. Funkcjonuje tu ponadto szereg mniejszych przedsiębiorstw, reprezentujących różne sektory gospodarki przemysłowej (Projekt..., 2004). W ostatnich latach nastąpiły zmiany w proporcjach między przemysłem wydobywczym i przetwórczym, na korzyść tego ostatniego.

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Obszar arkusza leży na obszarze zapadliska górnośląskiego, w jego części zaangażowanej w budowę przedgórze Karpat (Bukowy, 1974). Występujące tu utwory reprezentują trzy piętra strukturalne (Żero, 1956; Nieć i in., 2001; Szuwarzyńska i in. 2001): górnopaleozoiczne (karbon, perm), mezozoiczne (trias, jura) i kenozoiczne.

Najstarsze skały występujące na powierzchni to utwory **karbonu** górnego. Należą do nich piaskowce najwyższego westfalu (krakowska seria piaskowcowa z pokładami węgla kamiennego) i arkoza kwaczalska zaliczana do stefanu. Odslaniają się one w południowej części bloku Płazy oraz na wzgórzach położonych na wschód od Trzebini (tabl. 1). Miąższość

utworów górnokarbońskich przekracza 1000 m. Podczas ruchów waryscyjskich osady te zostały sfałdowane, tworząc nieckę chrzanowską (Szuwarzyński, 2003).

W północno-wschodnim obrzeżeniu niecki chrzanowskiej występuje młodsza waryscyjska struktura zapadliskowa – tzw. rów permski, wypełniony zlepieńcami myślachowickimi oraz tufami i tufitami porfirowymi reprezentującymi perm dolny.

Trias budują dwie formacje: węglanowa, obejmująca ret i wapień muszlowy, oraz klastyczna, odpowiadająca kajprowi (Szuwarzyński, 1984). Formacja węglanowa (o miąższości ok. 160 m) tworzy rozległe wychodnie w zachodniej i południowej części arkusza (tabl. 1). W jej skład wchodzi dolomity, margle i wapień, z wkładkami klastycznymi w spągu i stropie. Jedno z ogniw formacji węglanowej – dolomity kruszczośne – charakteryzuje się lateralną zmiennością litologii. W obrębie bloku Płazy dolomity przechodzą w swe wapienne odpowiedniki – warstwy karchowickie, terebratulowe i górażdzańskie. Dolomity kruszczośne zawierają ciała rudne złożone ze skupień minerałów cynku, ołowiu i żelaza, zaś ich wapienne odpowiedniki są płonne (Szuwarzyński, 1993).

Formacja klastyczna triasu (górnego kajpru) nie odsłania się na powierzchni. Jest złożona z utworów mułowcowo-iłowcowych o miąższości do 100 m, zawierających wkładki dolomitów i żył gipsu.

Jura, wykształcona jako margle i wapień o miąższości ponad 100 m, występuje w północnej i środkowej części arkusza.

Neogen budują ility i wapień słodkowodny, występujące na powierzchni w środkowej części arkusza, oraz ility morskie odsłaniające się w niewielkich fragmentach na północy.

Utwory **czwartorzędu** tworzą pokrywę o zmiennej miąższości na całej powierzchni badanego obszaru. Najbardziej miększe osady zanotowano w dolinie Chechła oraz w rejonach występowania wydm piaszczystych (Żelazowa–Pogorzyce). Dominują wśród nich piaski i żwiry wodnolodowcowe oraz piaski eoliczne, zaliczane do plejstocenu. Towarzyszą im utwory ilaste – gliny zwałowe i zwietrzliny różnego rodzaju. W południowej części arkusza duże znaczenie mają lessy i gliny lessowe, o miąższości od kilkudziesięciu centymetrów na wierzchowinach do kilkunastu metrów na stokach dolin.

Utwory holoceniowe, występujące na zboczach wzniesień, reprezentowane są przez rozmaite zwietrzliny – piaski i gliny z okruciami i rumoszem skał miejscowych oraz deluwia lessowe. Osady współczesnych cieków to mułki i piaski, rzadziej żwiry i torfy. Lokalnie dużą rolę odgrywają utwory antropogeniczne, zwłaszcza składowiska odpadów.

Złoża kopalin. Eksploatację **rud cynku i ołowiu** prowadzono od XIII w. (Szuwarzyński, 1993). Początkowo wykorzystywane były rudy zalegające powyżej poziomu wód gruntowych, a przedmiotem zainteresowania była galena jako surowiec do otrzymywania srebra i ołowiu. Na początku XV w. powstała pierwsza sztolnia odwadniająca. W XVI w. zapoczątkowano wydobycie galmanu, który po wyprażeniu używany był do produkcji mosiądzu. Eksploatację rud żelaza (żelaziaków brunatnych), towarzyszących rudom cynku i ołowiu, prowadzono od XVIII do połowy XIX w. Po rozpoczęciu produkcji cynku metalicznego (w XIX w.) prowadzono intensywną eksploatację galmanu, stosując mechaniczne odwadnianie kopalń (Szuwarzyński, 2003).

Początek XX w. to okres stopniowego ograniczania wydobycia rud Zn–Pb, głównie z powodu wyczerpywania dostępnych zasobów. Jednak nawet po całkowitym zaniechaniu górnictwa kruszcowego na tym terenie w południowej części Trzebini działała huta metali nieżelaznych, produkująca cynk i ołów do lat 40. Zastój w górnictwie rudnym trwał do połowy lat 50., kiedy uruchomiono po raz kolejny kopalnię Matylda (zatrzymaną ostatecznie w 1973 r.) oraz wybudowano w 1962 r. czynną do dziś kopalnię Trzebionka. Poza północną granicą arkusza (na arkuszu Myślachowice) zlokalizowane są obiekty powierzchniowe tej kopalni, natomiast część obszaru górniczego ZG Trzebionka oraz staw osadowy odpadów

poflotacyjnych znajdują się w granicach arkusza Chrzanów. Eksploatację kilkudziesięciu milionów ton rudy prowadzono na tym terenie z głębokości 170–200 m. W związku z wyczerpaniem zasobów w najbliższych latach nastąpi likwidacja kopalni, a jej wyrobiska zostaną zatopione.

Forma występowania rud Zn–Pb jest podobna jak w innych częściach prowincji górnośląskiej. Dominują płytowe ciała rudne, zalegające zgodnie z warstwowaniem dolomitów kruszczośnych. Rzadziej pojawiają się gniazda rudne lub strefy mineralizacji żyłowej (Szuwarzyński, 1996).

Rudy siarczkowe charakteryzują się prostym składem mineralnym. Głównymi minerałami kruszcowymi są sfaleryt i galena, którym towarzyszą siarczki żelaza – markasyt i piryt. W galmanach, skupionych bliżej powierzchni i w strefach tektonicznych, występują natomiast smitsonit, galena i cerusyt. Rzadziej spotykane są hemimorfit, hydrocynkit, anglezyt oraz minerały żyłowe – dolomit, kalcyt, chalcedon i baryt (Górecka, 1996; Szuwarzyński, 1996). Skałą otaczającą kruszce w obrębie ciał rudnych, a także główną skałą boczną jest dolomit. Kruszce tworzą w nim skupienia dwojakiego rodzaju – zastępują skałę węglanową (tworząc skupienia warstwowe oraz rudy ziemiste) lub wypełniają puste przestrzenie w skale (żyły i żyłki, naskorupienia, spoiwa w brekcjach).

W północno-wschodnim skraju arkusza zlokalizowana jest część dawnego obszaru górniczego kopalni **węgla kamiennego** Siersza, podlegającej zatopieniu od 2000 r. (Motyka i in., 2003).

Kopaliny węglanowe i ilaste eksploatowane są metodami odkrywcowymi. Kamieniołomy dolomitów i wapieni znajdują się na południe i zachód od Chrzanowa, a dwa z nich, w Płazie i Żelatowej, są czynne do dziś. Zaniechano natomiast całkowicie wydobycia gliny.

ANTROPOPRESJA

Środowisko przyrodnicze omawianego obszaru należy do bardziej zdegradowanych w województwie małopolskim. Do takiego stanu przyczynił się głównie przemysł wydobywczy (skoncentrowany przede wszystkim w Chrzanowie i Trzebini), a zwłaszcza eksploatacja złóż rud Zn–Pb, węgla kamiennego i kopalin skalnych, wieloletnia działalność zakładów i przedsiębiorstw, a także nieprawidłowa gospodarka komunalna.

Powietrze atmosferyczne. Do antropogenicznych źródeł emisji zanieczyszczeń zalicza się: energetyczne spalanie paliw (pyły, dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, tlenki węgla), transport (węglowodory, tlenki węgla, pyły, ołów), procesy produkcyjne (węglowodory i ich pochodne, fluor, pyły siarki i cementu, siarkowodor i inne substancje specyficzne dla danej produkcji), paleniska indywidualne oraz produkcję rolniczą. Największe ilości zanieczyszczeń emitowane są z terenu Trzebini i Chrzanowa, które są miastami silnie uprzemysłowionymi. W ogólnej ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery największy udział mają: ZG Trzebionka, Rafineria w Trzebini, Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Chrzanowie, zbiornik odpadów poflotacyjnych ZG Trzebionka, Ocynkownia Śląsk w Chrzanowie, Zakład Wapienniczy w Płazie oraz Kopalnia i Prażalnia Dolomitu Żelatowa w Chrzanowie.

Do punktowych źródeł zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego zalicza się paleniska indywidualne, powodujące głównie emisje pyłu zawieszonego PM 10, którego stężenia przekraczają niekiedy poziom dopuszczalny (Ocena..., 2005).

Najpoważniejszym ogniskiem zanieczyszczeń komunikacyjnych jest autostrada A4 relacji Katowice–Kraków.

Na stan jakości powietrza, oprócz źródeł lokalnych, znaczny wpływ mają także zanieczyszczenia napływające z województwa śląskiego – 22% zanieczyszczeń pyłowych oraz 31,5% zanieczyszczeń gazowych z globalnej ilości zanieczyszczeń w kraju.

Wody powierzchniowe i podziemne. Największe ilości zanieczyszczeń trafiające do wód powierzchniowych i podziemnych pochodzą z zakładów przemysłowych oraz składowisk ich odpadów poprodukcyjnych. Do czynnych należą składowiska: odpadów poflotacyjnych ZG Trzebionka – staw osadowy, odpadów energetycznych Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Chrzanowie, Chrzanowskich Zakładów Materiałów Ogniotrwałych w Chrzanowie, FMBiL Bumar-Fablok w Chrzanowie, Kopalni i Prażalni Dolomitu Żelatowa w Chrzanowie oraz Wytwórni Mas Bitumicznych w Chrzanowie. Nieczynne są składowiska: Zakładu Wapienniczego w Płazie (wraz z hałdą odpadów poeksploatacyjnych), Zakładów Metalurgicznych Trzebinia (wraz z hałdą żużla), Ocynkowni Śląsk w Chrzanowie oraz zbiorniki ziemne kwaśnych smół porafinacyjnych Rafinerii Trzebinia.

Największym składowiskiem odpadów jest staw osadowy odpadów poflotacyjnych ZG Trzebionka, zajmujący powierzchnię ok. 68 ha. Jest najwyższym wzniesieniem w bezpośredniej okolicy Chrzanowa, dominującym w krajobrazie północnej części miasta. Jego obwałowania wznoszą się na wysokość 35 m nad powierzchnię terenu od strony południowej i 28 m od północy (Szuwarzyńska i in., 2001), a docelowa wysokość obrzeżeń wyniesie 55 m. W stawie osadowym gromadzone są odpady powstające w procesie produkcji koncentratów cynku i ołowiu – mielony dolomit zawierający domieszki siarczków cynku i ołowiu. Materiał ten dostarczany jest w formie zawiesiny wodnej z zakładu wzbogacania rud Zn–Pb, zlokalizowanego w odległości ok. 1 km na północ od osadnika. Grubsza frakcja odpadów, oddzielana na miejscu, służy do budowy obwałowań. Drobniejsze frakcje zawiesiny trafiają do stawu, gdzie następuje sedymentacja części stałych, zaś oczyszczona woda nadosadowa zawracana jest do zakładu wzbogacania lub używana do zraszania obwałowań w celu podtrzymania wegetacji.

Po zakończeniu działalności kopalni rud Zn–Pb Matylida (w 1972 r.) pozostały dwa składowiska: hałda „rud”, w większości pochodząca z lat dwudziestych XX w., oraz dawny staw osadowy odpadów płuczkowych po wzbogacaniu grawitacyjnym rudy. W obu przypadkach odpady traktowano jako potencjalne surowce cynkowe, lecz próby wykonane w hucie cynku w Miasteczku Śląskim wykazały, że nie mają one takiej wartości. Materiał zgromadzony na składowiskach wykorzystywany jest zatem do budownictwa drogowego, a tereny po dawnych hałdach zostały częściowo zagospodarowane.

W obrębie Kopalni i Prażalni Dolomitu Żelatowa znajduje się składowisko, na którym zgromadzono ok. 1 mln m³ odpadów (*op. cit.*). Wysokość tworzących je zwałów wynosi 6–18 m, a powierzchnia 7,2 ha. Materiał zwałowiska może być wykorzystywany do produkcji nawozów.

Na składowisku Zakładu Wapienniczego w Płazie zgromadzone są odpady wapienno-piaszczyste o bardzo zróżnicowanym składzie granulometrycznym (ok. 2 mln m³), przydatne jedynie do podsadzki. Składowisko zajmuje powierzchnię ponad 4 ha i osiąga wysokość 40–60 m.

Największe ilości ścieków przemysłowych powstają w ZG Trzebionka (7 461 000 m³/rok) oraz w rafinerii w Trzebini (588 259 m³/rok). Obydwa zakłady posiadają przemysłowe oczyszczalnie ścieków, podobnie jak Kopalnia Dolomitu Żelatowa w Chrzanowie. Pozostałe przedsiębiorstwa odprowadzają ścieki do sieci kanalizacji miejskiej.

W Chrzanowie funkcjonuje biologiczna oczyszczalnia ścieków komunalnych z podwyższonym usuwaniem biogenów, o wydajności 16 888 m³/d. Odbiornikiem ścieków jest rzeka Chechło, której wody nie odpowiadają normatywom ze względu na wartość wskaźników fizykochemicznych, skażenie bakteriologiczne oraz eutrofizację (Raport..., 2005).

Do najważniejszych zmian związanych z działalnością górnictwa węgla kamiennego należy zmniejszenie wydajności lub osuszenie źródeł dopływów Chechła przez zlikwidowaną już kopalnię węgla kamiennego (KWK) Siersza, zlokalizowaną na północ od obszaru arkusza (Czop i in., 2005). Można przypuszczać, że po zatopieniu kopalni źródła zostaną odtworzone. Najistotniejsze zmiany chemiczne wód powierzchniowych spowodowane są odprowadzaniem do Chechła (od połowy lat 50. XX w. do dziś) wód kopalnianych z ZG Trzebieńka poprzez potoki Wodna i Luszówka (Szuwarzyński, 2003). Oprócz wpływu drenażu górniczego na wody powierzchniowe zaznacza się obniżenie poziomu wód podziemnych w piętrze wodonośnym triasu wskutek połączonego działania kopalni rud Zn–Pb Trzebieńka i kilku ujęć położonych na zachód i południe od Chrzanowa (Rózkowski, Siemiński red., 1995; Szuwarzyński, 2003; Czop i in., 2005). Skutkiem długotrwałego, znacznego obniżenia poziomu wód podziemnych jest niekorzystna zmiana ich chemizmu, w tym wzrostu całkowitej mineralizacji, a przede wszystkim stężenia siarczanów. Zmiana ma charakter czasowy, jednak przywrócenie jakości wody w wyniku samooczyszczenia po zatopieniu kopalni musi potrwać kilkadziesiąt lat.

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. Systemy rowów melioracyjnych zaburzają naturalne stosunki wodne i powodują nadmierne osuszenie naturalnych terenów bytowania flory i fauny.

Gleby. Chemiczna degradacja gleb wiąże się z działalnością przemysłową, komunikacją, lokalnie z działalnością górnictwem oraz składowaniem odpadów przemysłowych. W glebach arkusza odnotowuje się bardzo wysokie zawartości metali, szczególnie cynku, ołowiu i kadmu, które są związane z oddziaływaniem na środowisko przemysłu wydobywczo-przetwórczego metali nieżelaznych, a także z naturalnym tłem geochemicznym nad wychodniami skał rudonośnych. Gleby ulegają degradacji także w wyniku nieprawidłowo prowadzonej działalności rolniczej. Powszechnie stosowane środki ochrony roślin i nawozy mineralne wprowadzają do środowiska glebowego metale ciężkie, związki azotowe, fosforo-organiczne, karbaminowe, alkilowe, chlorowane węglowodory i inne.

Zarówno czynniki pochodzenia naturalnego, jak i antropogenicznego wpływają na spadek urodzajności gleb. Skutkiem ich działania jest obniżenie jakości i ilości próchnicy w glebach, zmiany ich kwasowości i struktury, wymywanie kationów zasadowych, a w konsekwencji spadek zasobności i żyzności.

Do głównych ognisk zanieczyszczeń gleb oraz lokalnej degradacji powierzchni należą składowiska odpadów wymienione przy charakteryzacji 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 1312 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 ok. 500 g) pobierano za pomocą ręcznej sondy firmy holenderskiej Eijkelkamp o średnicy 60 mm. 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 ok. 250 m. Próbki osadów o masie ok. 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 termostatowanym 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 Hg 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 jak również „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 próbki.

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 młynku 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 Chrzanów M-34-63-D. 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 i przemysłową),
- lasy,
- tereny przemysłowe (obiekty przemysłowe, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

Mapa geologiczna. Do ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski 1:50 000 arkusz Chrzanów (Żero, 1956). Poprzez cyfrowanie poszczególnych elementów mapy geologicznej utworzono ich obrazy wektorowe, które następnie połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej 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 wydzielenia podzbiorów dla obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, na przykład: 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 Chrzanów opracowano następujące mapy (tabl. 2–62):

- 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.

Zabudowę i użytkowanie terenu przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2 i 3).

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 5 arkuszy map 1:25 000: Sławków, Olkusz, Nowa Góra, Myślachowice i Chrzanów. Z utworzonych monopierwiastkowych map wycinano poszczególne arkusze i łączono je z podkładami topograficznymi.

Mapy geochemiczne osadów wodnych i wód powierzchniowych opracowano oddzielnie dla arkusza Chrzanów. 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).

WYNIKI BADAŃ

GLEBY

Z różnorodnych wiekowo i litologicznie skał macierzystych (tabl. 1) wytworzyły się różne typy i rodzaje gleb, których cechy geochemiczne wyraźnie odzwierciedlają wpływ składu chemicznego skał podłoża. Na wapieniach triasowych i jurajskich powstały rędziny, zaś z piasków fluwioglacjalnych, najczęściej gliniastych, rozwinęły się gleby brunatne i pseudobielicowe (Projekt..., 2004). Osobną grupę stanowią gleby brunatne wylugowane i pseudobielicowe wytworzone z lessu (występujące na południu arkusza). Na stokach bardziej stromych z lessów powstały gleby brunatne wylugowane i intensywnie erodowane, a w dnach dolin – gleby brunatne deluwialne. Wśród gleb użytków zielonych duży udział mają gleby torfowo-mineralne.

Skład granulometryczny. Badania granulometrii gleb wykonano z uwagi na jej związek z zawartością pierwiastków. Dla gleb o znacznym udziale frakcji ilastej, zwanej również spławialną (<0,02 mm), i pylastej (0,1–0,02 mm) dopuszcza się zwykle wyższe stężenia graniczne przy opracowywaniu zaleceń ich użytkowania (Kabata-Pendias i in., 1995). Ten sposób opracowania wytycznych wynika z faktu wyższych zawartości pierwiastków i ich mniejszej zdolności migracji w tych glebach.

Zróżnicowanie granulometrii gleb na arkuszu Chrzanów wiąże się z litologią skał macierzystych. Najliczniej reprezentowane są gleby piaszczyste, o zawartości >75% frakcji 1,0–0,1 mm (tabl. 4), utworzone na plejstocenijskich piaskach i żwirach akumulacji fluwioglacjalnej oraz na piaskach eolicznych (tabl. 1). Gleby te charakteryzują się niewielką zawartością frakcji pylastej i ilastej.

Na wychodniach skał węglanowych triasu i jury znaczny jest udział gleb bogatych we frakcję pylastą (0,1–0,02 mm) i ilastą (<0,02 mm). Zawartość frakcji pylastej w tych glebach waha się najczęściej w przedziale 15–30% (tabl. 5), a ilastej 10–20% (tabl. 6).

Specyficznym składem granulometrycznym charakteryzują się gleby rozwinięte na lessach występujących w południowej części arkusza (od Zagórza, Pogorzyc i Płazy po wschodnią granicę arkusza). Udział frakcji piaszczystych rzadko przekracza w nich 10%, a dominuje frakcja pylasta (często >40%) i ilasta (>20%).

Odczyn. Zarówno w warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i w zakresie głębokości 0,8–1,0 m przeważają gleby o odczynie kwaśnym, co wiąże się z ich rozwojem z fluwioglacjalnych i eolicznych utworów piaszczystych czwartorzędu. Największy rejon silnie kwaśnych gleb (o $\text{pH} < 5$) występuje na terenie leśnym, na południe od Młoszowej (tabl. 7 i 8).

Zwarte rejonu gleb obojętnych i zasadowych stwierdzono na północy arkusza (od miejscowości Piaski Małe na zachodzie po południowe krańce Trzebini) i na jego zachodzie (od osiedla Północ w Chrzanowie po Podstoki na południu). W części tych gleb (w rejonie kamieniołomów wapieni i dolomitów w Żelatowej) zanotowano wartość pH powyżej 8, co wiąże się z rozpraszaniem pyłów i odpadów podczas wieloletniej eksploatacji skał węglanowych. Niezbyt rozległe rejonu gleb zasadowych występują też na zachód od Bołęcina i Kolonii Działki.

W obszarach miejskich Chrzanowa i Trzebini alkalizację gleb można wiązać zarówno z występowaniem w podłożu węglanowych utworów triasu i jury, jak i z rozpraszaniem pyłów przemysłowych bogatych w związki wapnia i magnezu. Przemawia za tym zmniejszenie powierzchni zajmowanych przez gleby zasadowe na głębokości 0,8–1,0 m. Wyjątkiem jest rejon kamieniołomu dolomitu w Żelatowej, gdzie gleby o odczynie > 8 zajmują większy obszar w głębszej warstwie.

Porównanie przeciętnych wartości odczynu powierzchniowej warstwy gleb na terenach o różnym sposobie użytkowania (tab. 2) wskazuje na wyraźny związek alkalizacji z opadem pyłów ze spalania paliw i procesów przemysłowych. W obszarach bez zabudowy przeciętne pH wynosi 6,4, wzrasta do 7,4 w rejonach z zabudową miejską i przemysłową, a w obrębie zabudowy miejskiej wysokiej osiąga wartość 7,7.

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 anomalie pierwiastków.

Analiza składu chemicznego gleb arkusza Chrzanów wskazuje na wyraźny związek rozkładów przestrzennych wielu pierwiastków (glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu) z budową geologiczną podłoża. Gleby na wychodniach utworów triasowych i jurajskich oraz rozwinięte z czwartorzędowych lessów wyróżniają się podwyższonymi zawartościami tych pierwiastków, a najmniejszymi – gleby utworzone na plejstocenijskich, piaszczystych utworach wodnolodowcowych, pokrywających znaczną część arkusza. Dotyczy to zarówno powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i głębszej (0,8–1,0 m) warstwy gleb. Niewielkie zawartości wymienionych pierwiastków wiążą się z ubogim składem chemicznym piaszczystych skał podłoża oraz ich kwaśnym odczynem, który sprzyja ługowaniu wielu składników.

Powierzchniowa warstwa gleb jest wzbogacona w niektóre pierwiastki na skutek oddziaływania czynników antropogenicznych. W południowej części Trzebini, na terenie Zakładów Metalurgicznych (w upadłości) i hałdy ich odpadów występuje anomalia glinu (>3,20%; maks. 11,98%; tabl. 11). Jej źródła można upatrywać w działalności tych zakładów, w których w okresie powojennym prowadzono próbną produkcję wielu metali, w tym glinu (Szuwarzyński, Kryza, 1995). W tym samym przemysłowym rejonie zanotowano podwyższone zawartości baru (tabl. 16), kobaltu (tabl. 24), chromu (tabl. 26), niklu (tabl. 42) i tytanu (tabl. 55).

Zanieczyszczanie metalami terenu Zakładów Metalurgicznych w Trzebini trwa od kilkuset lat. W 1890 r. została tu uruchomiona huta cynku Jadwiga na miejscu starszej huty ołowiu (Cygorijni, 1970). Rozległe anomalie srebra (tabl. 9), arsenu (tabl. 13), miedzi (tabl. 28) i rtęci (tabl. 32) występują zarówno w rejonie Zakładów Metalurgicznych, jak i hałdy ich odpadów (po produkcji cynku, miedzi i innych metali) w powierzchniowej warstwie gleb. Zawartość srebra dochodzi tu do 60 mg/kg, arsenu – do 4132 mg/kg, miedzi – do 1094 mg/kg, a rtęci – do 66,50 mg/kg. We wcześniejszych badaniach zawartości metali w glebach tego rejonu (Górecka i in., 1995; Bellok i in., 1997) również stwierdzano wysokie koncentracje arsenu (do 45 mg/kg) i miedzi (1000 mg/kg). Natura anomalii jest antropogeniczna, o czym świadczy ich zanikanie z głębokością (tabl. 10, 14, 29 i 33). Oprócz skażenia tego terenu odpadami stałymi o wysokiej koncentracji metali pewną rolę w powstaniu anomalii mogło odgrywać rozpraszanie pyłów z procesów technologicznych, a także wykorzystywanie żużli po produkcji hutniczej do niwelacji terenu w Trzebini (Szuwarzyński, Kryza, 1995).

W rejonie byłej kopalni rud Zn–Pb Matylda zanotowano podwyższenia zawartości srebra i arsenu.

Na terenie rafinerii w Trzebini i na północno-wschodnim skraju Chrzanowa występuje wzbogacenie gleb w rtęć (>0,40 mg/kg), a anomalie kontynuują się w zakresie głębokości 0,8–1,0 m (tabl. 33).

Antropogeniczne anomalie miedzi występują w powierzchniowej warstwie gleb na terenach leśnych w okolicy Młoszowej oraz na terenie dzielnicy przemysłowej w południowej części Chrzanowa (zakłady Bumar-Fablok). W rejonie tych zakładów anomalia miedzi (maks. 2761 mg/kg) jest jeszcze bardziej wyrazista w zakresie głębokości 0,8–1,0 m.

Anomalie kadmu, cynku i ołowiu występujące w północno-zachodniej części arkusza są związane ze złożami rud Zn–Pb i działalnością górniczo-hutniczą. W powierzchniowej warstwie gleb zanotowano stężenia kadmu >32 mg/kg (tabl. 21), ołowiu >1000 mg/kg (tabl. 46) i cynku >5000 mg/kg (tabl. 61). Anomalie koncentrują się w rejonie nieczynnej kopalni rud Zn–Pb Matylda w Chrzanowie oraz na terenie Zakładów Metalurgicznych i hałdy ich odpadów przy ul. Kościuszki w Trzebini. Poważne skażenie gleb tego rejonu utrzymuje się od dawna.

Według badań Belloka i współautorów (1997) koncentracja kadmu osiąga tu 35 mg/kg, cynku – 2400 mg/kg, a ołowiu – 2400 mg/kg. Nieco niższe stężenia kadmu, ołowiu i cynku, zanikające w warstwie gleb z głębokości 0,8–1,0 m (tabl. 22, 47 i 62), stwierdzono w otoczeniu osadnika odpadów poflotacyjnych ZG Trzebionka. Kadm, ołów i cynk koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb, a na głębokości 0,8–1,0 m następuje bardzo silna redukcja obszaru ich anomalii (tab. 7). Na południe od dolin Chechła i Pstrużnika w głębszej warstwie gleb zanieczyszczenia tymi pierwiastkami zanikają. Na terenie Chrzanowa anomalne zawartości kadmu, ołowiu i cynku występują w glebach aluwialnych doliny Chechła. Ich źródłem są wody i osady Luszówki, przyjmującej odcieki z osadnika odpadów poflotacyjnych poprzez system rowów opaskowych oraz wody kopalniane z ZG Trzebionka poprzez dopływ Wodna.

Zawartość siarki w glebach arkusza rzadko przekracza 0,16% (tabl. 49 i 50). Jedynie na obszarze Zakładów Metalurgicznych w Trzebini i hałdy ich odpadów w powierzchniowej warstwie gleb występują podwyższenia, maksymalnie do 3,11%.

Powierzchniowa warstwa gleb zawiera węgiel organiczny najczęściej w zakresie 0,70–3% (tabl. 18). W północno-wschodniej części arkusza zawartość tego składnika jest wyższa (3–12%), a w niektórych glebach leśnych przekracza 24%.

Gleby z głębokości 0,0–0,3 m są wyraźnie wzbogacone w fosfor w stosunku do warstwy głębszej (tabl. 44 i 45). Przeciętna zawartość fosforu (0,028%) dla powierzchniowej

warstwy gleb jest dwukrotnie wyższa w porównaniu z zawartością w warstwie głębszej (tab. 2 i 3).

Przeciętne zawartości wapnia i magnezu (wyrażone wartością median) są wyższe w powierzchniowej warstwie gleb (tab. 2 i 3), co świadczy o znacznym udziale czynnika antropogenicznego w kumulacji tych pierwiastków, zaś obrazy ich przestrzennego rozmieszczenia w obu analizowanych zakresach głębokości są bardzo podobne. Najbardziej wyraziste anomalie wapnia (tabl. 19 i 20) wiążą się z wychodniami formacji węglanowych triasu i jury. W wapń bogate są gleby w północno-zachodniej części arkusza, a do najbogatszych w ten pierwiastek (>8%) należą gleby w okolicy kamieniołomów w Żelatowej i Płazie. Podwyższone zawartości magnezu (>1%) występują w glebach utworzonych na węglanowych osadach triasu (tabl. 36 i 37).

Na zawartość strontu wpływa zarówno litologia skał macierzystych gleb, jak i rozpraszanie tego pierwiastka ze źródeł antropogenicznych. W północnej części arkusza koncentracje strontu >40 mg/kg występują w glebach z obydwu zakresów głębokości (tabl. 53 i 54), zaś w rejonie kamieniołomów w Płazie – tylko w ich powierzchniowej warstwie.

Podwyższone zawartości kobaltu, chromu, żelaza, tytanu i wanadu zanotowano w glebach rozwiniętych na lessach (w obydwu zakresach głębokości). Antropogeniczne anomalie żelaza (>8%) występują na terenie Zakładów Metalurgicznych w Trzebini i hałdy ich odpadów oraz w rejonie stacji kolejowej (tabl. 30 i 31).

Dla gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami (tab. 8, tabl. 63), klasyfikując je do poszczególnych grup użytkowania na podstawie wartości dopuszczalnych stężeń, określonych w załączniku do Rozporządzenia Ministra Środowiska (2002). Przy klasyfikacji sumarycznej stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przewyższała wartość dopuszczalną w grupie niższej. Ze względu na zawartość metali 20,81% spośród badanych gleb zaliczono do grupy A, do grupy B – 38,03%, a do grupy C – 41,16% analizowanych próbek. Gleby zaliczone do grup A i B spełniają warunki ich wielofunkcyjnego użytkowania. Gleby grupy C występują głównie w północnej i zachodniej części arkusza, na terenach obiektów przemysłowych i w rejonach wychodni dolomitów kruszczośnych. Największy udział w zanieczyszczeniu gleb mają cynk, kadm i ołów (tab. 7). Zanieczyszczenie arsenem ogranicza się do rejonu Zakładów Metalurgicznych w Trzebini i hałdy ich odpadów oraz punktowych wystąpień w dolinie Chechła i Luszówki.

OSADY WODNE

Osady zbiorników wodnych na badanym obszarze reprezentowane są przez aluwia rzeki Chechło, jej dopływów (Luszówki i Wodnej, Pstrużnika oraz strumieni bez nazwy), kanałów i rowów melioracyjnych. Największym zbiornikiem wód stojących jest jezioro Chechło.

Zanieczyszczenie osadów rzeki Chechło powodowane jest głównie działalnością ZG Trzebionka (Ciszewski, 1994; Bellok, 1996). Odpady poflotacyjne tych zakładów są gromadzone w osadniku usytuowanym w rozwidleniu strumienia Luszówka i jego dopływu Wodna. Do górnego odcinka Wodnej zrzucane są bezpośrednio wody kopalniane ZG Trzebionka (Bellok, 1996). Obydwa strumienie dostarczają do Chechła wody i zawiesinę zanieczyszczoną metalami i innymi związkami pochodzącymi z odcieków gromadzonych w rowach opaskowych wokół osadnika oraz z wód kopalnianych. Z rejonu Zakładów Metalurgicznych (dawnej huty cynku) oraz rafinerii w Trzebini poprzez potok Pstrużnik dodatkowo wnoszone są do osadów ładunki metali.

W aluwjach Chechła i jego dopływów do pierwiastków pochodzenia geogenicznego należą: glin, bar, wapń, kobalt, chrom, żelazo, mangan, nikiel, fosfor, tytan i wanad. Zawartość tych pierwiastków waha się nieznacznie na całej długości rzeki, strumieni

Luszkówka i Pstrużnik oraz mniejszych cieków bez nazwy. Dodatkowym źródłem podwyższonych zawartości wapnia w dolnym biegu Chechła są wody kopalniane (docierające przez strumienie Wodna i Luszkówka). Powyżej ujścia Luszkówki do Chechła zawartość wapnia w osadach rzadko przekracza 0,50%, a poniżej najczęściej waha się w granicach 2,50–5,00% (tabl. 19).

Zanieczyszczenie aluwów Chechła metalami i siarką stwierdzono poniżej ujścia Pstrużnika i Luszkówki. Antropogeniczne wzbogacenie w chrom wiąże się z transportem osadów Pstrużnika, niosącego aluwia bogate w metale z terenu Zakładów Metalurgicznych i ich hałdy w Trzebini (tabl. 26). Powyżej ujścia Pstrużnika zawartość chromu w osadach Chechła waha się od 2 do 8 mg/kg, a poniżej jego koncentracja wzrasta do 60 mg/kg i utrzymuje się w podwyższonym zakresie (15–30 mg/kg) w dalszym biegu rzeki. W górnym odcinku Chechła zawartość srebra w osadach nie przekracza 1 mg/kg (tabl. 9). W osadach Pstrużnika, Wodnej i w dolnym biegu Luszkówki koncentracja srebra waha się od kilku do 87 mg/kg, a poniżej ujścia tych strumieni do Chechła wynosi od 3 do 7 mg/kg.

Naturalna zawartość arsenu w górnym biegu Chechła (łącznie z osadami jeziora Chechło) dochodzi do kilkudziesięciu mg/kg (tabl. 13). Drenaż hałdy Zakładów Metalurgicznych w Trzebini przez Pstrużnik powoduje wzrost koncentracji arsenu w jego aluwiach do 2261 mg/kg (tab. 4). Wzbogacone w arsen są również osady Wodnej, dolnego biegu Luszkówki i cieków rejonu byłej kopalni Matylda.

Wody kopalniane ZG Trzebionka powodują zanieczyszczenie osadów Wodnej, a następnie dolnego biegu Luszkówki i Chechła (poniżej jego ujścia) przez kadm (tabl. 21), ołów (tabl. 46) i cynk (tabl. 61). W górnym biegu Chechła i poniżej ujścia Luszkówki stwierdzano odpowiednio: <8 mg/kg i >64 mg/kg kadmu, <250 mg/kg i >1000 mg/kg ołowiu oraz <500 i >10 000 mg/kg cynku.

Koncentracja kadmu w osadach Luszkówki najczęściej waha się w przedziale 200–400 mg/kg. Lokalne anomalie kadmu występują też w aluwiach małych prawobrzeżnych dopływów Luszkówki (do 150 mg/kg), w rejonie dawnej kopalni Matylda (do 215 mg/kg) i w osadach kanału spływającego do jeziora Chechło z autostrady A4 (do 113 mg/kg).

W aluwiach Wodnej i dolnego odcinka Luszkówki występują najwyższe koncentracje ołowiu (1–4%) i cynku (3–6%). W osadach Chechła, poniżej ujścia Luszkówki, zawartość ołowiu wynosi 1800–5500 mg/kg, a cynku 1,5–2,6%. We frakcji <0,063 mm w osadach tych cieków koncentracja cynku dochodzi do 14%, a ołowiu do 5% (Ciszewski, 1996). Zawartość siarki w osadach Wodnej i Luszkówki wynosi 1,50–2,70%, a w osadach Chechła poniżej ujścia Luszkówki 0,50–1,00%. Tak wysokie stężenia kadmu, ołowiu, cynku i siarki spowodowane są nie tylko zrzutami wód kopalnianych, ale także wód zrzucanych z osadnika odpadów poflotacyjnych (zawierających rozdrobnione kruszce) i infiltrujących z niego (Ciszewski, 1996). Badania dyfraktometryczne osadów Wodnej i Luszkówki wykazały w nich obecność galeny i sfalerytu (Bellok, 1996).

Dodatkowym źródłem kadmu i cynku dla osadów Chechła są aluwia strumienia Pstrużnik, drenującego teren Zakładów Metalurgicznych i hałdy ich odpadów w Trzebini. Stężenia kadmu najczęściej notowano tu w granicach 120–300 mg/kg, (maks. 6353 mg/kg), a cynku od 3000 do 9000 mg/kg. Koncentracje kadmu, ołowiu i cynku w aluwiach sprawiają, że Chechło należy zaliczyć do najbardziej zanieczyszczonych rzek w Polsce.

Wody kopalniane z ZG Trzebionka powodują też wzbogacenie aluwów Chechła w magnez (tabl. 36). W górnym biegu rzeki zawartość magnezu rzadko przekracza 0,10%, w dolnym biegu waha się od 1,50 do 3,00%; w osadach Luszkówki osiąga 3–4% (maks. 7,95%).

Źródłem strontu w osadach Chechła są również w znacznym stopniu wody kopalniane. Jego zawartość (tabl. 53) jest najwyższa w osadach Luszkówki (>80 mg/kg) i znacznie wyższa poniżej jej ujścia do Chechła (30–60 mg/kg) niż w górnym biegu tej rzeki (4–20 mg/kg).

Anomalie miedzi i rtęci wiążą się z drenażem rejonu Zakładów Metalurgicznych i hałdy ich odpadów w Trzebini przez strumień Pstrużnik. Zawartość miedzi w osadach większości cieków arkusza najczęściej waha się w granicach 5–25 mg/kg (tabl. 28); w aluwiach Pstrużnika przeciętnie wynosi 177 mg/kg (tab. 4), maksymalnie 1711 mg/kg. Najwyższe stężenie miedzi (2217 mg/kg) zanotowano w osadach małego strumienia bez nazwy, płynącego od autostrady A4 do jeziora Chechło. Te same osady zawierają podwyższoną ilość rtęci (0,30–0,40 mg/kg) i przypuszczalnie powodują wzbogacenie osadów jeziora w ten pierwiastek (tabl. 32); w niektórych próbkach zawartość rtęci dochodzi do 0,85 mg/kg (tab. 4). Do najbardziej zanieczyszczonych rtęcią należą aluwia Pstrużnika. W górnym jego biegu zawartość rtęci często przekracza 1 mg/kg, a maksymalnie osiąga 10,10 mg/kg. Osady Pstrużnika powodują zanieczyszczenie rtęcią aluwii rzeki Chechło. Poniżej ujścia tego strumienia do Chechła zawartość rtęci wynosi 0,50–2,20 mg/kg, a powyżej na ogół nie przekracza 0,05 mg/kg.

W aluwiach małych cieków odprowadzających wody w kierunku południowej granicy arkusza zawartości analizowanych pierwiastków pozostają w granicach tła geochemicznego.

WODY POWIERZCHNIOWE

Odczyn wód powierzchniowych arkusza zmienia się od 7,8 do 8,9 (tab. 6). Wody Chechła i większości strumieni są słabo zasadowe (pH 7,7–8,0). Najwyższe wartości pH (8,7–8,9) stwierdzono w wodach ciek bez nazwy, drenującego rejon sąsiadujący z rafinerią i stacją kolejową w Trzebini (tabl. 7). W wodach kanału opaskowego osadnika odpadów poflotacyjnych ZG Trzebionka zanotowano wyrównany odczyn 8,0.

W południowej i wschodniej części arkusza wody cieków są słabo zmineralizowane. Ich przewodnictwo elektryczne waha się w granicach 0,15–0,70 (tabl. 8). Wody Luszówki i dolnego biegu Chechła wykazały wartość przewodnictwa elektrycznego >1 mS/cm, wskazującą na ich zanieczyszczenie (Witczak, Adamczyk, 1994). Przewodnictwo elektryczne wód Chechła jest zdecydowanie różne przed zrzutem wód Luszówki (0,20–0,60 mS/cm) i poniżej tego miejsca (1,20–1,70 mS/cm). Wody Luszówki należą do najbardziej zmineralizowanych (EC do 2,29 mS/cm). Najwyższy stopień zasolenia, wyrażony wartością EC w granicach 2–5 mS/cm, występuje w wodach kanału opaskowego osadnika odpadów poflotacyjnych ZG Trzebionka (tabl. 8).

W wodach Chechła, poniżej ujścia strumieni Pstrużnik i Luszówka, zaznacza się wzrost koncentracji wielu pierwiastków. Wody Pstrużnika są źródłem arsenu, boru, wapnia, kadmu, kobaltu, miedzi, litu, magnezu, molibdenu, sodu, niklu, antymonu, talu, uranu i cynku. Wody Luszówki (wraz z dopływami) dostarczają bor, wapń, kadm, chlor, lit, magnez, mangan, molibden, nikiel, ołów, siarczany, stront, tal, uran i cynk. W górnym biegu Chechła zaznacza się podwyższenie zawartości glinu, kobaltu, żelaza, manganu, sodu i cynku, przypuszczalnie pochodzenia geologicznego.

Do składników o zbliżonej zawartości zarówno w wodach Chechła, jak mniejszych strumieni i cieków bez nazwy należą: srebro (tabl. 10), bar (tabl. 17), potas (tabl. 34), krzemionka (tabl. 52) i tytan (tabl. 56). Wyjątkiem jest wzbogacenie w tytan wód małego ciek w południowo-zachodnim skraju arkusza.

W wodach Pstrużnika ilość arsenu waha się w granicach 8–13 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, a w wodach Chechła, poniżej jego ujścia, wynosi 6 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tabl. 14). Największą zawartość arsenu (22 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) zanotowano w małym cieku (dopływie Pstrużnika) zbierającym ścieki z oczyszczalni Zakładów Metalurgicznych w Trzebini. Wody strumienia Pstrużnik odznaczają się anomalnie wysoką koncentracją kadmu (7,0–418,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), miedzi (772,3–1061,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), molibdenu (6,7–11,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), niklu (20–40 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), talu (0,39–0,82 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynku (700–3000

$\mu\text{g}/\text{dm}^3$) oraz podwyższoną zawartością sodu ($40\text{--}90\text{ mg}/\text{dm}^3$), rubidu ($5\text{--}10\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), antymonu ($0,4\text{--}0,8\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i uranu ($0,37\text{--}1,16\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

W wodach Luszówki zanotowano podwyższone zawartości boru ($100\text{--}600\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), litu ($5\text{--}10\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), niklu ($5\text{--}7\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), rubidu ($4,1\text{--}16,1\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i strontu ($350\text{--}900\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$). W dolnym biegu tego ciek i w wodach Wodnej występuje zanieczyszczenie powodowane przez arsen (do $3\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), kadm ($0,7\text{--}3,8\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), molibden ($1,77\text{--}2,87\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), ołów ($13,6\text{--}32,0\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), siarczany ($500\text{--}4593\text{ mg}/\text{dm}^3$), tal ($0,60\text{--}10,79\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), uran ($1,10\text{--}1,20\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynk ($1200\text{--}6602\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) oraz podwyższenie zawartości magnezu ($80\text{--}671\text{ mg}/\text{dm}^3$). Źródłem tych pierwiastków są wody z ZG Trzebionka zrzucane do Wodnej, odcieki z osadnika odpadów poflotacyjnych, a w górnym biegu Luszówki również spływy z wychodni kruszczońskich skał triasowych.

Wody kanału Matyllda (drenującego hałdę dawnej kopalni Matyllda) i małych cieków przy zachodniej granicy arkusza są wzbogacone w glin (tabl. 12), bor (tabl. 15), chlor (tabl. 23), żelazo (tabl. 31), magnez (tabl. 37), lit (tabl. 35), sód (tabl. 41), nikiel (tabl. 43), rubid (tabl. 48), antymon (tabl. 51), uran (tabl. 58) i cynk (tabl. 62).

Zawartość wapnia (tabl. 20) i manganu (tabl. 39) jest podwyższona w wodach północno-zachodniej części arkusza.

Fosfor w większości wód zanotowano w ilości $<0,20\text{ mg}/\text{dm}^3$ (tabl. 45). Podwyższoną zawartością tego pierwiastka wyróżnia się Płazanka (do $2,24\text{ mg}/\text{dm}^3$; przeciętnie $0,68\text{ mg}/\text{dm}^3$), zasilana spływami wód z terenów rolniczych, przypuszczalnie nawożonych nawozami fosforowymi. Wysokie zawartości fosforu stwierdzono też w wodach cieków w sąsiedztwie oczyszczalni ścieków w Trzebini (do $6,97\text{ mg}/\text{dm}^3$) i ciek bez nazwy w Chrzanowie ($11,43\text{ mg}/\text{dm}^3$). Wody tego ciek są również zanieczyszczone przez kadm ($7,7\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), kobalt ($7,0\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), miedź ($52,7\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), sód ($111\text{ mg}/\text{dm}^3$), nikiel ($25,3\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), rubid ($16,8\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$), siarczany ($262\text{ mg}/\text{dm}^3$), tal ($2,82\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynk ($585\text{ }\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

WNIOSKI

1. Stwierdzone zawartości analizowanych pierwiastków wskazują na istotne zanieczyszczenie gleb z obydwu zakresów głębokości ($0,0\text{--}0,3$ i $0,8\text{--}1,0$ m), osadów zbiorników wodnych i wód powierzchniowych w północno-zachodniej części arkusza.

2. Zaznacza się dobra korelacja między wynikami badań gleb powierzchniowych ($0,0\text{--}0,3$ m) i gleb z zakresu głębokości $0,8\text{--}1,0$ m.

3. Kontaminacja badanych środowisk powierzchniowych ma głównie charakter antropogeniczny. Jej źródłem są zrzuty zasolonych wód kopalnianych i odprowadzanie wód z osadnika odpadów poflotacyjnych, hutnictwo metali nieżelaznych oraz oddziaływanie hałd odpadów pogórnicznych i pohanicznych.

4. Naturalnym (geologicznym) źródłem metali są wychodnie kruszczońskich utworów triasu.

5. W najbliższych latach przewidziane jest zakończenie eksploatacji i przeróbki rud Zn–Pb, co wpłynie pozytywnie na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, ale obszary niezrekultywowanych hałd i osadników w dalszym ciągu będą stwarzać zagrożenie.

6. W południowo-wschodniej części arkusza zanieczyszczenie badanych środowisk jest nieznaczne.

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). *Bulg. J. Agricult. Sc.*, **1**: 343–348.
- BELLOK A., 1996 – Wpływ górnictwa cynkowo-ołowiowego na zanieczyszczenie metalami i siarką wód powierzchniowych i osadów wodnych na obszarze Trzebinia-Chrzanów. *Prz. Geol.*, **44**, 1: 70–74.
- BELLOK A., GÓRECKA E., KRYZA A., SZUWARZYŃSKI M., 1997 – Wpływ zakładów przemysłowych na rozmieszczenie metali ciężkich w glebach i podglebiu obszaru Trzebinia-Chrzanów. *Prz. Geol.*, **45**, 5: 513–517.
- BOGACZ K., 1967 – Budowa geologiczna północnego obrzeżenia rowu krzeszowickiego. *Pr. Geol. PAN, Oddz. Kraków*, **41**.
- BUKOWY S., 1974 – Monoklina śląsko-krakowska i zapadlisko górnośląskie. W: Budowa geologiczna Polski. T. 4, cz. 1: 213–232. Wyd. Geol., Warszawa.
- 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. Geological Survey of Slovak Republic, Spisska Nova Ves.
- CISZEWSKI D., 1994 – Rozprzestrzenienie metali ciężkich w osadach dennych rzeki Chechło. *Prz. Geol.*, **42**, 2: 116–121.
- CISZEWSKI D., 1996 – Rozprzestrzenienie metali ciężkich w osadach dennych zlewni rzeki Chechło. *Inż. Środ. AGH*, 1: 159–168.
- 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.
- CYGORIJNI K., 1970 – Hutnictwo cynku w XIX wieku w okręgu krakowskim. *Rudy Metale*, **5**: 280–283.
- CZOP M., MOTYKA J., SZUWARZYŃSKI M., 2005 – Wstępne wyniki badań odbudowy stosunków wodnych w rejonie likwidowanej kopalni KWK Siersza. W: Współczesne problemy hydrogeologii (red. A. Sadurski, A. Krawiec), t. 12: 128–132. Wyd. UMK, Toruń.
- 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.
- 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., KIBITLEWSKI S., 1995 – Badanie stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebinia-Chrzanów. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- ISO 11464. 1999. Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analyses. International Organization for Standardization.
- 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. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- 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.
- MOTYKA J., CZOP M., SZUWARZYŃSKI M., WOJNICKA-PUT B., 2003 – Określenie wpływu na środowisko dokonanej i planowanej działalności górniczej oraz likwidacji zakładów górniczych, dla terenów górniczych Siersza I, Trzebionka I i Górka, położonych w granicach gminy Trzebinia. *Fund. Nauka i Tradycje Górnicze*, Kraków.
- NIEĆ M., KAWULAK M., SALAMON E., 2001 – Mapa geologiczno-gospodarczo-geologiczna w skali 1:25 000 miasta i gminy Trzebinia. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energią PAN, Kraków.
- OCENA jakości powietrza w województwie małopolskim w 2004 r. WIOŚ Kraków 2005. WIOŚ Kraków. Internet. <http://www.krakow.pios.gov.pl/>
- PROJEKT powiatowego programu ochrony środowiska wraz z planem gospodarki odpadami dla powiatu chrzanowskiego. 2004 – Internet. <http://wrotamalopolski.pl/>
- RAPORT o stanie środowiska naturalnego w województwie małopolskim w 2004 r. WIOŚ Kraków 2005. 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. D.U. Nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359.
- RÓŻKOWSKI A., SIEMIŃSKI A. (red.), 1995 – Mapa ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia, 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- 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-geologiczna miasta i gminy Chrzanów w skali 1:25 000. Przeds. Geol., Kraków.
- SZUWARZYŃSKI M., 1984 – Stratygrafia utworów triasu w kopalni Trzebionka. *Rudy Metale*, **29**: 527–532.
- SZUWARZYŃSKI M., 1993 – The lead and zinc ore deposits in the vicinity of Chrzanów. *Geol. Quart.*, **37**, 2: 209–228.
- SZUWARZYŃSKI M., 1996 – Ore bodies in the Silesian-Cracow Zn–Pb Ore District, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 9–24.
- SZUWARZYŃSKI M., 2000 – Zakłady Górnicze Trzebionka S.A. PDT Kadra, Trzebinia.
- SZUWARZYŃSKI M., 2003 – Rejon chrzanowski. W: *Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa*, t. 2: 316–385. Wyd. Nauk.-Dydakt. AGH, Kraków.
- 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.

WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. 1. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

ŻERO E., 1956 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Chrzanów. Państw. Inst. Geol. Warszawa.