

WSTĘP

Przeglądowe zdjęcie geochemiczne Polski wykonane w latach 1990–1995 wykazało, że najpoważniejsze zanieczyszczenie środowiska występuje w regionie śląsko-krakowskim (Lis, Pasieczna, 1995a). Wieloletnia eksploatacja różnorodnych 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: regionie Płowdiw w Bułgarii (Atanassov, Angelova, 1995; Velitchkova i in., 2003), Przybram w Republice Czeskiej (Rieuwerts, Farago, 1996), regionie Smolnik w Słowacji (Cicmanova, 1996), obszarach Plombiers – La Calamine w Belgii (Swennen i in., 1994, Cappuyns i in., 2005), Derbyshire w centralnej Anglii (Cotter-Howells, Thornton 1991; Thornton, 1994), Harz w Niemczech (Gäbler, Schneider, 2000) oraz w obszarze pogranicza czesko-niemieckiego (de Vos i in., 2005).

W badaniach regionu śląsko-krakowskiego (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 roku realizację Szczegółowej mapy geochemicznej w skali 1:25 000, dostarczającej informacje przydatne do zarządzania środowiskiem naturalnym i podejmowania decyzji w powiatach i gminach.

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

Arkusz Jaworzno położony jest na pograniczu Górnego Śląska i Małopolski, we wschodniej części województwa śląskiego. Jego zachodnią część zajmuje miasto Jaworzno, w którym działalność przemysłu wydobywczego datowana jest na początek XIII w. Rozpoczęto wtedy eksploatację kruszców, a od schyłku XVIII w. - węgla kamiennego. Intensyfikacja kopalnictwa węgla kamiennego przypada na pierwszą połowę XIX w. oraz lata po II wojnie światowej. W wyniku restrukturyzacji przemysłu wydobywczego w ostatnim okresie zamknięto kopalnię węgla kamiennego (KWK) Jaworzno i Jan Kanty.

Północno-zachodnia część arkusza ma charakter przemysłowy (przemysł wydobywczy, energetyczny, szklarski, chemiczny) i jest przekształcona antropogenicznie (Preidl i in., 1995), zaś pokrycie jego części środkowej i północno-wschodniej stanowią głównie lasy.

Analizowany teren ma interesujące walory przyrodnicze. Na zachód od Ciężkowic utworzono obszar chronionego krajobrazu Dobra–Wilkoszyn i rezerwat Sasanki. Pierwotne formy krajobrazu w miejscach wydobywania kopalin skalnych metodą odkrywkową (w rejonie Ciężkowic i Szczakowej) uległy znacznym przekształceniom, stając się zarazem siedliskami specyficznej i cennej flory.

Wyniki badań geochemicznych, zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z obszernym komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych w stosunku do naturalnego tła

regionalnego oraz obowiązujących normatywów prawnych. Informacje mogą być przydatne przy opiniowaniu projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, prowadzeniu postępowań związanych z wydawaniem decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych i pozwoleń wodnoprawnych, ocenie zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego oraz wypełnianiu obowiązku nałożonego na starostów ustawą Prawo ochrony środowiska, tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby i ziemi w ramach państwowego monitoringu.

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

W realizacji opracowania brali udział:

- **A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, interpretacja wyników;
- **T. Kolecki, W. Markowski** – pobieranie próbek;
- **T. Kolecki, W. Markowski, A. Dusza-Dobek, A. Pasieczna** – bazy danych;
- **A. Maksymowicz, P. Pasławski, E. Włodarczyk** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **M. Cichorski, J. Duszyński, Z. Prasol** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **Witowska** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **E. Górecka, I. Jaroń, M. Jaskólska, D. Karmasz, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciolek, A. Maksymowicz, I. Wysocka** – analizy chemiczne;
- **W. Wolski, Z. Frankowski, P. Dobek** – analizy granulometryczne;
- **A. Pasieczna, A. Dusza-Dobek** – obliczenia statystyczne;
- **A. Pasieczna, A. Dusza-Dobek, T. Gliwicz** – opracowanie map geochemicznych,
- **A. Pasieczna, A. Dusza-Dobek** – charakterystyka obszaru arkusza;
- **S. Kurek, M. Preidl** – geologia i złoża kopalin; antropopresja.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

Położenie administracyjne i geograficzne. Większość obszaru arkusza należy administracyjnie do gminy miejskiej Jaworzno (położonej w środkowo-wschodniej części województwa śląskiego). Niewielkie rejony na północnym-wschodzie (gmina Bukowno) i południowym-wschodzie (gmina Chrzanów) należą do województwa małopolskiego.

Zgodnie z podziałem na jednostki fizycznogeograficzne (Kondracki, 2000) arkusz Jaworzno znajduje się w obrębie Wyżyny Śląskiej i zaliczany jest do mezoregionu Pagórów Jaworznickich.

Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia. Pagóry Jaworznickie są ciągiem zrębów tektonicznych zbudowanych ze skał węglanowych triasu (tabl. 1). Na analizowanym obszarze występują dwa równoległe pasma wzniesień o przebiegu NW–SE i wysokościach rzędu 300–340 m n.p.m. Pasma południowo-zachodnie rozciąga się od źródeł potoku Byczynka na południu, poprzez wschodnie dzielnice Jaworzna, Galmany i Warpie do Góry Piaskowej na północy. Pasma północno-wschodnie zaznacza się od Ciężkowic na południu do doliny Koziego Brodu na północy. Między pasmami wzniesień występuje plejstocenska równina denudacyjna (Niecka Wilkoszyńska) wypełniona osadami stożków napływowych i rozcięta potokiem Łużnik (Preidl i in., 1995). Wzdłuż zachodniej granicy równiny denudacyjnej, w dolinie Łużnika, występują ciągnące się łukiem wydmy osiągające 10 m wysokości.

Północno-wschodnia część arkusza wchodzi w obręb Kotliny Biskupiego Boru, stanowiącej południową część Kotliny Przemszy (Program..., 2003). Jej dość monotonną rzeźbę urozmaicają jedynie drobne formy wydmowe o wysokościach rzędu 2–4 m oraz głęboko wcięte doliny Koziego Brodu i Żabnika. Powierzchnia terenu obniża się łagodnie w kierunku północnym, ku dolinie Białej Przemszy. Większa część tego rejonu porośnięta jest lasem.

W obrębie Niecki Wilkoszyńskiej położone jest śródmieście Jaworzna oraz mniejsze osiedla (Cesarówka Dolna, Cesarówka Górna i Koźmin). Miasto rozwinęło się w wyniku przyłączania do centrum kolejnych osad, tworzących obecnie jego dzielnice. Zarówno centrum, jak i osiedla, położone promieniście wokół niego, prezentują krajobrazy miejsko-przemysłowy i wiejski. Dawne wsie zachowały swoją odrębność i różny stopień rozproszenia. Poszczególne elementy zabudowy połączone są siecią linii energetycznych, kolejowych, drogowych, gazociągów i rurociągów.

Antropogeniczne przekształcenia środowiska przyrodniczego wywołane są wielowiekową eksploatacją kopalin: rud Zn–Pb, węgla kamiennego, skał węglanowych i piasku. Do połowy XX w. w rejonie dzielnicy Jaworzna Galmany istniała kopalnia rud Zn–Pb.

W okolicy Szczakowej powstało ogromne wyrobisko w wyniku eksploatacji piasku podsadzkowego, rozpoczętej w 1954 roku. Do roku 2005 wydobyto ponad 650 mln m³ piasku. Głębokość wyrobiska do pierwszego poziomu eksploatacji wynosi 6–14 m, a jego powierzchnia zajmuje około 27 km². Większość terenu kopalni znajduje się na sąsiednich arkuszach mapy od strony północno-wschodniej.

Wśród większych, wklęsłych form antropogenicznych wyróżniają się kamieniołomy dolomitów we wzniesieniu Sodowa Góra (na zachód od Dobrej) oraz między Pieczyskami a doliną Łużnika. Wiele dawnych, mniejszych kamieniołomów znajduje się w obrębie wzniesień zbudowanych z utworów węglanowych triasu.

Szczególnym elementem krajobrazu Jaworzna są warpie – pozostałości kopalnictwa galenowo-galmanowego, pochodzące z okresów odkrywkowej eksploatacji złóż Zn–Pb sposobem ręcznym. Ślady tego wydobywania zaznaczają się w terenie w postaci nieregularnych wgłębień do głębokości kilku metrów oraz wysypisk skały płonnej w formie wałów i kopców.

Na terenie arkusza istnieją hałdy odpadów różnego pochodzenia: energetycznych (Stara Huta), hutniczych (Szczakowa) i górniczych (Jaworzno).

Na znacznej części obszaru miasta Jaworzno występują deformacje nieciągłe (wynoszące 5–10 m), spowodowane osiadaniem terenu na skutek eksploatacji węgla kamiennego.

Cały obszar arkusza należy do dorzecza Wisły i położony jest głównie w obrębie zlewni Białej Przemszy i jej dopływów (Koziego Brodu, Kanału Głównego i Łużnika). Kanał Główny i Kozi Bród mają częściowo uregulowane kamienne lub betonowe koryta, zaś Łużnik jest ciekim o naturalnym korycie. Kanał Główny odwadnia gęstym systemem rowów melioracyjnych teren kopalni piasku Szczakowa w północnej części arkusza. W południowej części arkusza mają swoje źródła strumienie Wąwolnica i Byczynka (dopływy Przemszy).

Płytkie zaleganie utworów nieprzepuszczalnych w zlewni Łużnika i Koziego Brodu powoduje silne zawodnienie centralnego i północno-wschodniego obszaru arkusza.

Na wschód od Szczakowej znajduje się sztuczny zbiornik wodny – Zalew Sosina, o powierzchni 43,8 ha i głębokości 3 m, utworzony w dawnej piaskowni i obecnie wykorzystywany do celów rekreacyjnych.

Zabudowa i użytkowanie terenu. Zachodnią i północno-zachodnią część arkusza (około 25%) pokrywa zabudowa miejska i przemysłowa centrum Jaworzna i Szczakowej (tabl. 2).

W użytkowaniu terenu dominującą rolę odgrywają nieużytki i lasy, zajmujące odpowiednio około 40% i 38% powierzchni arkusza (tabl. 3). Lasy pokrywają środkową i północno-wschodnią część arkusza, a nieużytki rozlokowane są głównie w jego części zachodniej. Użytki rolne zajmują około 6% powierzchni, tworząc niewielkie skupiska w różnych częściach arkusza.

Gospodarka. W ciągu ostatnich stu lat w Jaworznie działało wiele zakładów przemysłowych. Podstawowe znaczenie gospodarcze ma tradycyjnie sektor wydobywczy i energetyczny oraz przemysł mineralny i chemiczny.

Największe przedsiębiorstwa działające na omawianym arkuszu to: Zakład Górniczy (ZG) Sobieski (Zakład..., 2005), Elektrownia Jaworzno III, Zakłady Chemiczne Organika-Azot, Garbarnia Szczakowa, Kopalnia Piasku Szczakowa i PKP Cargo – Zakład Przewozów Towarowych w Szczakowej. W ostatnich latach zlikwidowano KWK Jan Kanty, Cementownię Szczakowa oraz ogłoszono upadłość Huty Szkła Szczakowa. W likwidacji znajdują się też Zakłady Dolomitowe Szczakowa.

Początki jaworznińskiej energetyki związane są z budową małych elektrowni zakładowych, funkcjonujących od końca XIX w. Obecnie najważniejszą rolę odgrywa Elektrownia Jaworzno III. Dzięki inwestycjom ekologicznym prowadzonym w tym zakładzie oraz staraniom zmierzającym do wykorzystania surowca budowlanego (gipsu), będącego produktem ubocznym procesu technologicznego instalacji odsiarczania spalin, ulokowano w mieście zakłady produkcji tynków i płyt gipsowych Knauf Jaworzno III oraz ORTH-Gipse.

Zakłady Chemiczne Organika-Azot, założone w 1917 r., to jedna z najstarszych firm chemicznych w Polsce. Jest producentem środków ochrony roślin i preparatów do higieny sanitarnej (herbicydów, fungicydów, insektycydów i zapraw). W początkowym okresie działalności zakłady produkowały kwas azotowy, związki cyjanowe, chlorek potasu i lonty górnicze, a od połowy lat 30. XX w. – siarczan miedzi, tróchloroetylen, cyjanek wapnia i żelazocyjanki (Proksa, 2008). Po drugiej wojnie światowej produkowano środki ochrony roślin (głównie DDT).

Cementownia Szczakowa, zlokalizowana w dzielnicy Pieczyska, została założona w 1883 r. (Kłodzińska, 2005). Z czasem stała się największą i jedną z najnowocześniejszych w Europie. W 1930 r. został w niej oddany do użytku największy piec rotacyjny do wypału klinkieru cementowego. Po drugiej wojnie światowej cementownia zaczęła chylić się ku upadkowi, a lata 70. były ostatnim okresem jej działania. Przestarzałe urządzenia i technologie oraz wysokie koszty produkcji spowodowały ostateczne zamknięcie firmy pod koniec XX w.

Garbarnia Szczakowa działa od 1919 r., produkując skóry obuwnicze, odzieżowe i klej.

Huta Szkła Szczakowa, założona w 1911 r., produkowała szkło okienne, lane, zbrojone, prasowane, polerowane, dźwiękochłonne, termoizolacyjne i baloniki żarówkowe (Proksa, 2008).

Na północ od śródmieścia Jaworzna (w dzielnicy Niedzielska) w latach 1865–1976 działała Fabryka Bieli Cynkowej, zlikwidowana ze względu na przestarzałe wyposażenie techniczne i niekorzystny wpływ na środowisko.

Obok produkcji przemysłowej na terenie arkusza intensywnie rozwija się działalność usługowa, prowadzona przez firmy zajmujące się handlem hurtowym, detalicznym i obwoźnym oraz usługami remontowymi, transportowymi, pośrednictwem handlowo-usługowym i gastronomią (Program..., 2003).

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

W budowie geologicznej obszaru arkusza wyróżniają się odrębne bloki o złożonej budowie wewnętrznej – fałdowo-zrębowa struktura Niecki Wilkoszyńskiej, (obejmująca część środkową arkusza), blok Jaworzna (na zachodzie) i północny fragment zrębu Cezarówki (na południu). Utwory budujące te struktury reprezentują trzy piętra strukturalne: młodopaleozoiczne piętro karbońskie, piętro mezozoiczne (obejmujące pełny profil triasu) oraz piętro kenozoiczne (Kurek i in., 1994, 1999).

Utwory **karbonu** na obszarze arkusza znane są z licznych wierceń i wyrobisk kopalnianych. Na powierzchni, w okolicy Jaworzna, odsłaniają się jedynie utwory górnego karbonu – westfalu, reprezentowane przez warstwy orzeskie i łaziskie (tabl. 1). Warstwy orzeskie (o miąższości nieprzekraczającej w tym obszarze 100 m) budują skały pelityczne – iłowce i mułowce z syderytami i pokładami węgla kamiennego (grupy 300). W profilu warstw łaziskich (o miąższości przekraczającej 350 m) dominują piaskowce gruboziarniste, wśród których występują nieliczne pokłady węgla kamiennego (grupy 200). Warstwy karbonu zapadają w kierunku południowo-zachodnim pod niewielkim kątem (10–15°), formując szerokopromienne struktury antyklinalne, popręcinyne dyslokacjami nieciągłymi.

Trias występuje niemal w pełnym profilu, poznanym zarówno z wierceń, jak i z licznych odsłoneń powierzchniowych. Trias dolny – pstry piaskowiec budują gruboziarniste, oligomiktyczne osady kontynentalne: żwiry, zlepieńce, piaski i piaskowce, o miąższości nie przekraczającej 30 m oraz morskie osady retu: dolomity, margle dolomityczne i wapienie margliste o miąższości do 30 m. Utwory triasu dolnego odsłaniają się na powierzchni u podnóża Pagórów Jaworznickich (od źródeł Byczynki na południu po Długoszyn na północy) oraz w okolicy Ciężkowic.

Trias środkowy – wapień muszlowy (osiągający miąższość 140 m), to morskie osady węglanowe, tworzące rozległe wychodnie w środkowej oraz południowo-zachodniej części arkusza. W dolnej części profilu są to wapienie i margle warstw gogolińskich, na których zalega seria epigenetycznych dolomitów kruszczośnych. Seria ta obejmuje pierwotnie wapienne warstwy górażdzańskie, terebratulowe i karchowickie, a lokalnie prawdopodobnie strop warstw gogolińskich. Z dolomitami kruszczośnymi wiąże się występowanie mineralizacji cynkowo-ołowiowej. Górna część profilu triasu środkowego to dolomity diploporowe oraz dolomity, margle i łupki ilaste warstw tarnowickich i boruszowickich.

Osady triasu górnego w postaci iłowców i mułowców z wkładkami wapieni znane są tylko z wierceń.

Neogen reprezentowany jest przez słodkowodne i brakiczne iły i mułki oraz piaski i żwiry, o miąższości do 10 m, tworzące nieliczne wychodnie w okolicy Ciężkowic.

Utwory **czwartorzędu** wykazują duże zróżnicowanie litologiczne i genetyczne. Najstarsze osady plejstocenu, pochodzące ze zlodowaceń południowopolskich, to gliny zwałowe i żwiry wodnolodowcowe. Z okresu młodszych zlodowaceń pochodzą piaski i żwiry wodnolodowcowe oraz piaski kopalnej doliny Przemszy i stożków napływowych, pokrywające środkową i północno-wschodnią część arkusza. Miąższość osadów plejstocenu waha się od kilku do 50 m. Na całym obszarze dość licznie występują piaski eoliczne, tworzące wyraźne ciągi wydym parabolicznych. Osady holocenu – piaski, mady i żwiry rzeczne oraz torfowiska niewielkich rozmiarów pokrywają dna dolin rzecznych.

Złóża kopalin. Pierwsza kopalnia głębinowa **węgla kamiennego** Fryderyk August, nosząca później nazwy Piłsudski i Bierut, została założona w 1795 r., a w latach następnych powstały inne kopalnie rządowe i prywatne (Ziemia..., 1969). Wydobycie prowadzono na terenie dzielnic Jaworzna: Śródmieście, Szczakowa, Dąbrowa Narodowa, Długoszyn i Byczyna (Proksa, 2008). W początkach eksploatacji najważniejszym problemem technicznym było odwadnianie kopalń. Zawodnienie powodowało, że głębokość wydobycia osiągała maksymalnie 80 m. Górnictwo węglowe na tym obszarze przechodziło różne etapy rozwoju, a w kopalniach stopniowo wprowadzana była mechanizacja urabiania i transportu, a także stosowana podszadzka płynna. Najdłużej działały kopalnie: Fryderyk August (Piłsudski-Bierut), Jacek Rudolf (Kościuszko-Sobieski) oraz Jan Kanty (Komuna Paryska).

Obecnie na analizowanym obszarze czynna jest tylko kopalnia ZG Sobieski (Pawłaszek, Jarosz, 2001) wydzielona z zamkniętej już KWK Jaworzno, wchodząca od 2005 r. w skład Południowego Koncernu Węglowego (Południowy..., 2005). Obszar górniczy ma powierzchnię 56,6 km², a zasoby wystarczą na kilkadziesiąt lat wydobycia. Zdolność produkcyjna kopalni sięga 2,7 mln t węgla handlowego rocznie. Roboty górnicze prowadzone są w pokładach 207, 209, 302 w odległych o kilka kilometrów rejonach: Piłsudski i Sobieski, połączonych wyrobiskami transportowo-wentylacyjnymi. W przyszłości eksploatacją zostaną objęte dodatkowo pokłady 208, 214, 301 i 304/2. Znaczna część obszaru górniczego ZG Sobieski znajduje się w południowo-zachodniej części arkusza.

ZG Sobieski należy do kopalń o największym dopływie wód dołowych do wyrobisk w Europie; sięga on 50 m³/min. Nadmiar wody niewykorzystywanej do celów technologicznych jest odprowadzany przez osadnik do Przemszy. Zakład eksploatuje pokłady węgla kamiennego warstw łaziskich i orzeskich (pokłady grupy 200 i 300) o miąższości wahającej się od 0,6 do 3 m. Wydobywany jest węgiel energetyczny o średniej kaloryczności 23 000 kJ/kg, zawartości popiołu 7% i zawartości siarki dochodzącej do 2,5%, który podlega przeróbce mechanicznej. Odpady przeróbce lokowane są w wyrobiskach podziemnych. W zakładzie przewiduje się budowę instalacji do głębokiego zatłaczania słonych wód dołowych (Południowy ...2005).

W zachodniej części arkusza znajduje się fragment obszaru górniczego nieczynnej KWK Jan Kanty, w której eksploatacja została zaniechana ze względów ekonomicznych.

Rudy cynku i ołowiu. Górnictwo kruszcowe ma wielowiekową tradycję na obszarze arkusza. Jego początki w okolicy Długoszyna, Jaworzna i Ciężkowic sięgają prawdopodobnie

XIII w. W pierwszym okresie wydobywanie rud Zn–Pb odbywało się metodą odkrywkową, a zasięg eksploatacji uwarunkowany był głębokością występowania zwierciadła wody (Molenda, 1960). Do końca XVIII w. głównym przedmiotem eksploatacji była galena. Rudę wydobywano z płytko zalegających gniazd i pokładów, występujących w obszarach zrębów tektonicznych oraz w strefach wychodni utworów triasu. Eksploatację prowadzono w kopalniach odkrywkowych, urobek poddawano prostym metodom płukania, a następnie wytapiano ołów i srebro.

Od początku XIX w. zaczęło dominować wydobywanie rud cynku. Początkowo eksploatowano rudy utlenione (galmany), a później także rudy siarczkowe, zawierające paragenety minerałów Zn–Pb–Fe, którym towarzyszą Ag, Cd, Tl i As (Górecka 1996; Szuwarzyński, 1996). Już w XIII w. w Długoszynie wybudowano sztolnię odwadniającą złoża, a od XIII do XVI w. działały tu kopalnie Mistrze i Sobota, a w Ciężkowicach – Wielkanoc. Nowe kopalnie galmanu powstały na początku XIX w. w Długoszynie, Byczynie, Jaworznie i Ciężkowicach. Eksploatację prowadzono bardzo intensywnie, o czym świadczy fakt, że kopalnie te posiadały po kilka lub kilkanaście szybów (Cabała, Sutkowska, 2006).

W latach 1922–1958 eksploatowano głównie rudy utlenione w kopalni Galmany w Jaworznie. Po II wojnie światowej kopalnia wykorzystywana była do szkoleń górników w eksploatacji rud Zn–Pb i ostatecznie została zlikwidowana w 1974 r. (łącznie z zasypaniem szybu).

W południowo-wschodniej części obszaru arkusza znajduje się niewielki fragment obszaru górniczego dużej kopalni rud Zn–Pb Zakłady Górnicze Trzebionka, czynnej od 1962 do 2009 r. W związku z wyczerpaniem zasobów rozpoczęła się likwidacja tej kopalni i zatapianie wyrobisk.

Kopaliny skalne o znaczeniu przemysłowym to **dolomity** i **wapienie** triasu oraz **piaski** czwartorzędowe. Na obszarze arkusza znajdują się trzy udokumentowane złoża dolomitów triasu (Gródek, Jaworzno-Ciężkowice i Byczyna) z przeznaczeniem dla hutnictwa i drogownictwa. Złoże Gródek było eksploatowane niemal do końca ubiegłego wieku, a pozostałe są niezagospodarowane.

W północnej części miasta Jaworzno znajduje się nieczynny kamieniołom złoża wapieni warstw gogolińskich (środkowego triasu) Sodowa Góra, a w sąsiedztwie udokumentowane zostało złoże Sodowa Góra II, z przeznaczeniem dla przemysłu cementowego.

W północno-wschodniej części arkusza znajdują się fragmenty udokumentowanych złóż piasków czwartorzędowych Szczakowa Pole I i II. W obydwu złożach eksploatowane są piaski średnio- i drobnoziarniste, wykorzystywane jako piaski podsadzkowe oraz budowlane. Wyrobiska po eksploatacji są stopniowo rekultywowane. W środkowej części arkusza wstępnie zostało rozpoznane złoże piasków eolicznych Ciężkowice dla potrzeb budownictwa.

Oprócz złóż udokumentowanych na obszarze arkusza znajduje się wiele miejsc, z których okresowo eksploatowane są piaski, wapienie i dolomity dla potrzeb miejscowej ludności.

ANTROPOPRESJA

Obszar arkusza Jaworzno jest terenem rozwiniętej, dawnej i obecnej, działalności górniczej i przetwórczej (głównie energetyki). Przemysł wraz z towarzyszącą mu infrastrukturą (linie kolejowe, linie energetyczne przesyłowe, składowiska odpadów, zabudowa przemysłowa) powodują, że środowisko przyrodnicze zostało znacznie zdegradowane (Preidl i in. 1995; Plan..., 2003).

Powietrze atmosferyczne. Na jakość powietrza atmosferycznego mają wpływ emisje pyłów i gazów z zakładów przemysłowych, składowisk odpadów, kotłowni osiedlowych i zakładowych, a także z indywidualnych palenisk domowych. Dodatkowym źródłem zanieczyszczeń jest spalanie paliw, powodujące skażenie środowiska wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Powstają wówczas węglowodory, dwutlenek azotu, tlenki węgla i związki ołowiu. W emisjach gazowych energetyki znaczny udział mają: tlenki węgla, tlenki siarki i azotu (Program..., 2003).

Znaczące ilości zanieczyszczeń (pyłu zawieszonego, dwutlenku siarki, tlenków azotu, metali ciężkich) pochodzą z rejonu Jaworzna-Szczakowej. W ogólnej ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery największy udział ma elektrownia Jaworzno – ponad 5 tys. ton pyłów i 9 tys. ton gazów rocznie. Cały obszar arkusza leży w strefie przekroczenia dopuszczalnych stężeń dwutlenku siarki.

Źródłem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego są też składowiska popiołów lotnych i żużli elektrowni Jaworzno oraz przeterminowanych środków ochrony roślin Zakładów Chemicznych Organika-Azot.

Punktowe źródła zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego stanowią paleniska indywidualne, emitujące głównie pył zawieszony, którego stężenie w okresach grzewczych przekracza często dopuszczalny poziom.

Dodatkowym źródłem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego są pyły i gazy (20% zanieczyszczeń pyłowych i 30% zanieczyszczeń gazowych) przynoszone przez wiatry zachodnie z Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (Plan., 2003).

Wody powierzchniowe i podziemne. Zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych powodowane są przez ścieki z zakładów przemysłowych oraz odcieki ze składowisk odpadów produkcyjnych i komunalnych, które w większości nie posiadają odpowiednich zabezpieczeń. Znaczący wpływ na jakość wód powierzchniowych ma także odprowadzanie ścieków komunalnych. We wszystkich punktach monitoringowych na terenie arkusza występują wody pozaklasowe (Program..., 2003).

Najistotniejsze zanieczyszczenia wód powierzchniowych wiążą się z odwodnieniem ZG Sobieski, odprowadzającego wody o znacznej koncentracji chlorków, siarczanów i metali ciężkich, w ilości około 70 tys. m³/dobę.

Odwadnianie kopalni Trzebieńka wiązało się w ostatnim okresie z pompowaniem około 34 m³/min wody, co doprowadziło do powstania rozległego leja depresyjnego. Woda kopalniana o dobrej jakości służyła do zaopatrzenia okolicznych miast, osiedli i zakładów przemysłowych, w tym własnego zakładu wzbogacania rud.

Odprowadzanie ścieków komunalnych powoduje deficyty tlenowe w wodach powierzchniowych, zanieczyszczenia bakteriologiczne oraz podwyższenie zawartości biogennych związków organicznych (Program..., 2003). Ścieki z Jaworzna spływają do mechaniczno-biologicznej oczyszczalni, w dzielnicy Jeleń-Dąb (poza południową granicą arkusza), skąd odprowadzane są do Przemszy (Oczyszczalnia..., 2008). Odprowadzanie oczyszczonych ścieków do Przemszy (poniżej wodowskazu Jeleń) wpływa na zmniejszenie w jej wodach ilości tlenu, oraz wzrost zawartości manganu, amoniaku, zawiesiny ogólnej, żelaza, fosforanów i siarczanów.

Odprowadzanie ścieków jest też powodem zanieczyszczenia wód Koziego Brodu, które uznane zostały za pozaklasowe na podstawie oznaczeń fizykochemicznych oraz zanieczyszczeń ołowiem i cynkiem (Program..., 2003).

Na obszarze arkusza wyróżniane są dwa główne zbiorniki wód podziemnych. Są one narażone na zanieczyszczenia obszarowe, spowodowane skażeniem powietrza oraz infiltracją odcieków ze składowisk odpadów przemysłowych i komunalnych (Kleczkowski, 1990). W części północno-wschodniej jest to zbiornik wód czwartorzędowych Biskupi Bór, o charakterze zbiornika dolin kopalnych. Zbiornik jest odkryty dla zanieczyszczeń, a jego wody wymagają uzdatniania. Zagrożeniem jest działalność dużych piaskowni i zrzuty zanieczyszczonych wód do sieci rzecznej. Pozostałą część obszaru zajmuje zbiornik wód triasowych Chrzanów, o 100-metrowym zasięgu głębokościowym utworów wodonośnych. Zbiornik ma charakter szczelinowo-krasowy i wykazuje niski stopień odporności na zanieczyszczenia.

Gleby. Degradacja chemiczna gleb spowodowana jest działalnością przemysłu, komunikacją, składowaniem odpadów, a także nieprawidłowo prowadzoną gospodarką rolną. Zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego powodują obniżenie ilości próchnicy, zmiany kwasowości i spadek urodzajności gleb. W zanieczyszczeniu gleb ważną rolę odgrywa opad pyłów atmosferycznych oraz procesy ich chemicznego degradowania przez niewłaściwie prowadzoną gospodarkę ściekową i odpadową. Według waloryzacji ekologicznej gruntów rolnych (Program..., 2003), ze względu na lokalne stężenie metali ciężkich, a także z uwagi na podwyższone zawartości siarki w powietrzu na rozpatrywanym terenie konieczne jest stosowanie upraw selektywnych oraz odpowiednich zabiegów agrotechnicznych.

W glebach okolic Jaworzna stwierdzano wysokie zawartości metali: do 5500 mg/kg cynku, do 2200 mg/kg ołowiu i do 35 mg/kg kadmu (Lis, Pasieczna, 1997), spowodowane oddziaływaniem historycznego przemysłu wydobywczego i przetwórczego rud Zn–Pb oraz wysokim tłem geochemicznym tych metali w glebach rozwiniętych na utworach węglanowych triasu.

Przekształcenia mechaniczne gleb powodowane są przez zabudowę terenu, utwardzanie i ubijanie podłoża, zdejmowanie pokrywy glebowej lub jej wymieszanie z elementami obcymi (gruzem budowlanym, złomem) oraz formowanie wykopów, nasypów i wyrównań. Do specyficznych form degradacji gleb, występujących przy eksploatacji kopalni, należy zaburzenie stosunków hydrogeologicznych. W obszarach dolin rzecznych źródłem zanieczyszczeń gleb są wylewy powodziowe zanieczyszczonych wód.

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2005–2008 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 1289 miejsc. W każdym miejscu pobierano gleby z głębokości: 0,0–0,3 m 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 60 mm, umieszczano w płóciennych woreczkach opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych pobierano z 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 pojemnikach plastikowych o pojemności 500 ml, opisanych odpowiednimi numerami.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów wodnych. Przewodność elektryczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH) mierzono w terenie. Do pomiarów EC stosowano konduktometr z automatyczną kompensacją temperatury, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C. 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.

Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS (*Global Positioning System*), stosując urządzenie 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 o charakterze litologicznym próbek). Pomiar współrzędnych rejestrowano z dokładnością ± 2 –10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzano 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. Po przewiezieniu do laboratorium próbki gleb były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm (ISO 11464). Każdą próbkę gleby z 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 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 laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego-Państwowego Instytutu Badawczego 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). Analizy Hg w próbkach gleb i osadów wodnych wykonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS) z systemem przepływowym. Odczyn gleb oznaczono pehametrycznie w wyciągach wodnych, a zawartość w nich węgla organicznego metodą kulometryczną. Oznaczenia zawartości B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, SiO₂, SO₄, Sr, Ti i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES, a zawartości Ag, Al, As, Cd, Cl, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, 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 (około 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 głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Zakładzie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Państwowego Instytutu Geologicznego-Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie, łącząc analizę sitową z metodą laserowego pomiaru wielkości cząstek.

Badania składu ziarnowego przeprowadzono metodą odbiegającą od analiz tradycyjnych (wykonywanych metodą sitowo-sedymencyjną zgodnie z klasyfikacją przyjętą w podziałach międzynarodowych FAO i USDA). Porównania wyników składu ziarnowego uzyskane metodą sitowo-sedymencyjną i metodą laserową, wskazują na znaczne różnice w zawartości poszczególnych frakcji (Issmer, 2000; Kasza, 1992). Bezpośrednie wykorzystanie wyników uzyskanych za pomocą tej metody nie umożliwia zatem podziału gleb według kryteriów gleboznawczych. Dane są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

Próbki przesiewano przez zestaw sit o oczkach 2 mm, 1 mm i 0,5 mm. Próbki niektórych gleb gliniastych rozdrabniano w moździerzu porcelanowym przed przesiewaniem. Ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,5 mm i <0,5 mm. Pomiary wielkości ziaren we frakcji <0,5 mm przeprowadzono za pomocą laserowego miernika wielkości cząstek Analysette-22 firmy Fritsch. Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach z uwzględnieniem wybranych klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm – frakcja piaszczysta, 0,1–0,02 mm – frakcja pylasta, <0,02 mm – frakcja ilasta (tabl. 4–6).

BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Podkład topograficzny. Jako podkładu map geochemicznych w skali 1:25 000 użyto najbardziej aktualnej mapy topograficznej w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992, arkusz Jaworzno M-34-63-B (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, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

Mapa geologiczna. Dla ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski 1:50 000, arkusz Jaworzno (Kurek i in., 1999). Korzystając z plików ArcInfo, tworzono obrazy wektorowe poszczególnych elementów mapy geologicznej zakrytej, które połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

Bazy danych. Utworzono oddzielne bazy danych dla:

- gleb z głębokości 0,0–0,3 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 wydzielania podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, 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. Wyliczano 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 Jaworzno opracowano następujące mapy (tabl. 2–63):

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszczystej, pylastej i ilastej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m,
- pH w glebach z głębokości 0,0–0,3 m 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 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m oraz w osadach wodnych,
- pH i EC oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Cl, Co, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, SiO₂, SO₄, Sr, Ti, Tl, U i Zn w wodach powierzchniowych,

– klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m wskazująca właściwy sposób ich użytkowania (z wydzieleniem grup użytkowania gleb na podstawie Rozporządzenia..., 2002).

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

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

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

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

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

Sporządzając mapę klasyfikacji gleb powierzchniowych (tabl. 63), wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, 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 0,0–0,3 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 występujące na terenie arkusza zostały ukształtowane przez naturalne czynniki glebotwórcze oraz antropogeniczne procesy przemysłowo-urbanizacyjne. Podstawowym typem gleb są rędziny wykształcone ze skał węglanowych. Na utworach gliniastych i piaskach wytworzyły się gleby pseudobielicowe i brunatne (Program..., 2003). Na obszarach leśnych, zlokalizowanych głównie w rozległych obniżeniach terenu, występują gleby bielicowe, wytworzone z piasków wodnolodowcowych. W dolinach rzecznych pospolite są gleby bagienne i mułowo-błotne, a w niewielkich obniżeniach terenu (w okolicach Szczakowej) gleby glejowe.

Zmiany spowodowane działalnością gospodarczą przejawiają się w postaci degradacji pokrywy glebowej (zmian profilu glebowego i właściwości fizykochemicznych). Procesy degradacji gleb występują przede wszystkim w rejonach budowy nowych osiedli mieszkaniowych, tras komunikacyjnych, obiektów przemysłowych i w miejscach składowania odpadów.

Skład granulometryczny. Badania uziarnienia gleb wykonano z uwagi na jego 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 większe stężenia graniczne przy opracowywaniu zaleceń ich użytkowania (Kabata-Pendias i in., 1995). Ten sposób opracowania wytycznych wynika z faktu wyższych zawartości pierwiastków i ich mniejszą zdolnością migracji w tych glebach.

Zróznicowanie granulometrii gleb na arkuszu wiąże się z litologią skał macierzystych. Najliczniej reprezentowane są gleby piaszczyste (67%), utworzone na plejstocenijskich piaskach i żwirach akumulacji fluwioglacjalnej oraz na piaskach eolicznych. Znaczna ich część zawiera ponad 75% frakcji 1,0–0,1 mm, a w północno-wschodnim obszarze arkusza ponad 90%. Gleby te charakteryzują się niewielką zawartością frakcji pylastej ($<5\%$) i ilastej ($<5\%$). Gleby rozwinięte na wychodniach skał węglanowych triasu są znacznie wzbogacone we frakcję pylastą (0,1–0,02 mm) i ilastą ($<0,02$ mm). Zawartość frakcji pylastej waha się w nich najczęściej w przedziale 10–30%, a ilastej od 5 do 10%.

Odczyn. W warstwie powierzchniowej przeważają gleby o odczynie obojętnym (42%) i zasadowym (41%), co wiąże się z ich rozwojem ze skał węglanowych triasu oraz znacznym udziałem gruntów antropogenicznych. Gleby o odczynie obojętnym (pH 6,3–7,4) występują w północno-wschodniej i południowej części arkusza. Część północno-zachodnią pokrywają gleby zasadowe. Największe pH (>8) zanotowano w glebach przemysłowego rejonu Szczakowej (w sąsiedztwie byłej cementowni, huty szkła i kamieniołomu dolomitu). Odczyn alkaliczny wiąże się z rozpraszaniem pyłów i odpadów podczas wieloletniej eksploatacji skał węglanowych. Największy rejon kwaśnych gleb (o pH $<6,3$) występuje na terenie lasów i łąk, w południowej części zlewni Łużnika zlokalizowanej na podłożu czwartorzędowych piasków oraz w okolicy hałd odpadów skał płonnych kopalni Jaworzno utworzonych między dzielnicami Bory i Stara Huta.

Na głębokości 0,8–1,0 m zwarte rejonu gleb obojętnych i zasadowych występują na terenie wzniesień zbudowanych z węglanowych skał triasu oraz w przemysłowym obszarze Szczakowej, a gleb o odczynie kwaśnym – tylko w niewielkim rejonie południowej części zlewni Łużnika.

W dzielnicach miejsko-przemysłowych alkalizację gleb można wiązać zarówno z występowaniem węglanowych utworów triasu w podłożu, jak i z rozpraszaniem pyłów przemysłowych, bogatych w związki wapnia i magnezu. Większe znaczenie ma skład chemiczny skał macierzystych, o czym świadczy zwiększenie powierzchni zajmowanych przez gleby zasadowe na głębokości 0,8–1,0 m (62%).

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 wartość mediany pH wynosi 7,0 i wzrasta do 7,6–7,7 w rejonach z zabudową miejską i przemysłową.

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.

Analiza składu chemicznego gleb arkusza wskazuje na wyraźny związek rozkładów przestrzennych wielu pierwiastków (glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu) z budową geologiczną podłoża. Gleby na wychodniach węglanowych utworów triasowych wyróżniają się znacznymi zawartościami tych pierwiastków. Pasy gleb wzbogaconych w pierwiastki geogeniczne rozciągają się od Koźmina i Cezarówki na południu, poprzez Jaworzno-Śródmieście do Długoszy na północy oraz od Ciężkowic przez Pieczyska do Szczakowej i Długoszy. Najmniejszymi zawartościami tych pierwiastków charakteryzują się gleby utworzone na plejstocenijskich piaskach stożków napływowych pokrywających obszar zlewni Łużnika i północno-wschodni fragment arkusza. Obserwacja dotyczy zarówno powierzchniowej, jak i głębszej warstwy gleb. Niewielkie zawartości pierwiastków wiążą się z ubogim składem chemicznym piaszczystych skał macierzystych oraz ich kwaśnym odczynem, który sprzyja ługowaniu wielu pierwiastków.

Powierzchniowa warstwa gleb wzbogacona jest w bar, wapń, chrom i stront na skutek oddziaływania czynników antropogenicznych.

Zawartość baru w zakresie głębokości 0,8–1,0 m rzadko przekracza 120 mg/kg, zaś w powierzchniowej warstwie gleb rozległe obszary, przekraczające tę zawartość, występują w przemysłowych dzielnicach Jaworzna (rejon hałdy KWK Jaworzno, Galmany, Warpie, Szczakowa). Antropogenicznym źródłem baru są prawdopodobnie płonne skały karbonu zgromadzone na hałdach oraz pozostałości odpadów po historycznej eksploatacji rud Zn–Pb w rejonie Galmanów, Warpi i Piaszkowej Góry.

W rejonie kamieniołomu dolomitu między Pieczyskami a Dobrą, w powierzchniowej warstwie gleb zaznaczają się geologiczno-antropogeniczne anomalie wapnia z maksimum 15,20% i strontu z maksimum 380 mg/kg. Znacznie wyraźniejsza intensywność i zasięg anomalii na głębokości 0,0–0,3 m wiąże się z wieloletnią eksploatacją i rozpraszaniem odpadów dolomitowych oraz pyłów z już nieczynnej cementowni. Podwyższenie zawartości wapnia (a także magnezu) w glebach jest korzystne dla środowiska, ponieważ pierwiastki te powodują zwiększanie stopnia alkalizacji co sprzyja wiązaniu metali ciężkich.

Wzbogacenie w chrom powierzchniowej warstwy gleb w Długoszy znotowano w glebach aluwialnych doliny Koziego Brodu. Źródłem tego pierwiastka jest odprowadzanie ścieków poprodukcyjnych garbarni w Szczakowej.

Kadm, cynk, ołów i arsen są pierwiastkami związanymi z eksploatacją rud Zn–Pb. Ich anomalie występują w południowej i zachodniej części arkusza. W powierzchniowej warstwie gleb w rejonie Galmany–Warpie–Sodowa Góra–Długoszyń, we wschodniej części Ciężkowic oraz w Jeziorkach zanotowano stężenia kadmu >8 mg/kg, ołowiu >250 mg/kg i cynku >1000 mg/kg. Intensywne anomalie kadmu i ołowiu zanotowano też w rejonie położonym na północ od dzielnicy Bory. Kadm, ołów i cynk koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb, a na głębokości 0,8–1,0 m następuje zmniejszenie obszaru anomalii i jednocześnie wzrost ich intensywności. W glebach z większej głębokości maksymalna koncentracja kadmu wynosi 197 mg/kg, ołowiu 22 000 mg/kg, arsenu 319 mg/kg, a cynku 43 100 mg/kg.

Zanieczyszczenie gleb przez srebro, arsen, rtęć, miedź i siarkę wiąże się oddziaływaniem czynników antropogenicznych.

Punktową anomalię srebra (z maksimum 28 mg/kg) stwierdzono w glebie leśnej na północ od Ciężkowic. Jej źródłem jest prawdopodobnie nielegalne wysypisko śmieci.

Antropogeniczna anomalia arsenu (do 1260 mg/kg) występująca w powierzchniowej warstwie gleb aluwialnych w Szczakowej wywołana jest obecnością związków tego pierwiastka w ściekach zrzucanych z garbarni. Obszar anomalii jest niewielki (około 1 km²), ale powinien być przedmiotem zainteresowania władających terenem, z uwagi na toksyczne właściwości arsenu, wywołujące różnorodne schorzenia (Seńczuk, 2002; Charlet, Polya, 2006; Hopenhayn, 2006).

Zwiększone zawartości miedzi występują w powierzchniowej warstwie gleb w rejonie stacji kolejowej Jaworzno-Szczakowa, w otoczeniu wysypiska śmieci w miejscu dawnego kamieniołomu dolomitu na południe od Pieczysk oraz w okolicy hałdy odpadów pogórnich KWK Jaworzno. Najwyraźniejsza antropogeniczna anomalia (do 530 mg/kg miedzi) została zanotowana w rejonie ulicy Upadowej w Chropaczówce. W glebach z głębokości 0,8–1,0 m zawartość miedzi osiąga 1160 mg/kg na terenie KWK Jaworzno (rejon bazy transportowej i torów kolejowych przy ul. Rzemieślniczej). Można przypuszczać, że pierwiastek ten pochodzi ze źródeł antropogenicznych – odcieków z hałd górnictwa węglowego oraz składowania złomu metalowego i kabli.

Silna anomalia rtęci (z maksimum 9,96 mg/kg) występuje w powierzchniowej warstwie gleb na terenie Zakładów Chemicznych Organika-Azot. Zanieczyszczenie kontynuuje się na głębokości 0,8–1,0 m, osiągając maksymalnie 0,80 mg/kg rtęci. Źródłem rtęci są z pewnością jej związki używane w zakładach do produkcji środków ochrony roślin, zawierające między innymi rtęć, arsen i związki chloroorganiczne. W latach 70. i 80. w zakładach wytwarzano m.in. DDT i lindan – substancje owadobójcze stosowane w rolnictwie, a obecnie zakazane w większości krajów świata. W sąsiedztwie terenu hałd KWK Jaworzno zwraca uwagę anomalia rtęci, bardziej intensywna w zakresie głębokości 0,8–1,0 m (do 17 mg/kg).

Zawartość siarki w glebach arkusza rzadko przekracza 0,16%. W pobliżu hałd KWK Jaworzno i huty szkła w Szczakowej w glebach występują podwyższenia jej zawartości, do 2,55% maksymalnie w warstwie powierzchniowej i do 2,03% na głębokości 0,8–1,0 m.

Zawartość węgla organicznego w powierzchniowej warstwie gleb pozostaje najczęściej w zakresie 0,70–3,00 %. W glebach łąkowych w zlewni Koziego Brodu i Łużnika zawartość tego składnika jest większa (3,00–12,00%), a lokalnie osiąga koncentrację 24,00%. Maksymalna zawartość węgla organicznego (45,90%) została zanotowana w glebach

antropogenicznych, obfitujących w okruchy węgla kamiennego, z rejonu zachodniego krańca hałdy KWK Jaworzno.

Udział obszarów gleb zanieczyszczonych w różnym stopniu kadmem, ołowiem i cynkiem zestawiono w tabeli 6. Na przeważającym obszarze arkusza (72,23%) gleby warstwy powierzchniowej zawierają poniżej 4 mg/kg kadmu. Zawartość ołowiu <100 mg/kg stwierdzono dla 51,28% gleb, a zawartość cynku <100 mg/kg dla 18,31% gleb.

Gleby bardzo zanieczyszczone kadmem (>16 mg/kg), ołowiem (>500 mg/kg) i cynkiem (>2500 mg/kg) zajmują tylko kilka % powierzchni arkusza w warstwie powierzchniowej i na głębokości 0,8-1,0 m.

Dla gleb z głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania A, B i C na podstawie zawartości dopuszczalnych (tab. 7). Przy klasyfikacji sumarycznej stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną.

Ze względu na zawartość metali 14,12% spośród badanych gleb zaliczono do grupy A. Do grupy B zaklasyfikowano 30,26% analizowanych próbek, a do grupy C 55,62%. Gleby zaliczone do grup A i B spełniają warunki ich wielofunkcyjnego użytkowania. Gleby zaklasyfikowane do grupy C występują głównie w południowej i zachodniej części arkusza na terenach obiektów przemysłowych i w rejonach wychodni węglanowych utworów triasu. Największy udział w zanieczyszczeniu gleb mają cynk, kadm i ołów (tab. 7). Klasyfikacja (tabl. 63) 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

Badane osady pochodzą ze strumieni: Kozi Bród, Łużnik, Wąwolnica i ich dopływów (głównie rowów melioracyjnych) oraz Kanału Głównego. Największym zbiornikiem wód stojących jest Zalew Sosina.

Kozi Bród i jego zlewnia. Zawartości glinu, arsenu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, manganu, niklu, fosforu, tytanu i wanadu wykazują nieznaczną zmienność w osadach zlewni. Wartości median tych pierwiastków w zlewni Koziego Brodu są zbliżone do wartości median dla osadów całego arkusza (tab. 4).

W osadach cieków między Ciężkowicami a Pieczyskami zaznacza się skoncentrowanie zawartości arsenu (do 80 mg/kg), kadmu (do 98 mg/kg), ołowiu (do 1090 mg/kg) i cynku (do 9700 mg/kg). Prawdopodobnym źródłem tych pierwiastków są odpady po odkrywkowej historycznej eksploatacji i przetwarzaniu rud Zn-Pb w rejonie Ciężkowic. W tej części zlewni osady są też wzbogacone w kobalt, miedź, mangan, nikiel i wanad. Zawartości fosforu, siarki, tytanu i strontu w dopływach Koziego Brodu, drenujących czwartorzędowe namuły dolinne, są kilkakrotnie mniejsze w stosunku do zawartości w aluwjach tego potoku.

Zanieczyszczenie osadów w dolnym odcinku Koziego Brodu spowodowane jest głównie zrzutami ścieków z zakładów przemysłowych oraz drenażem hałd huty szkła,

zakładów dolomitowych, cementowni i garbarni w Szczakowej. W Szczakowej (poniżej mostu na ul. Jagiellońskiej) w osadach zanotowano do 21 mg/kg srebra, podczas gdy w górnej części potoku jego zawartość najczęściej nie przekracza 1 mg/kg. Zanieczyszczenie można wiązać ze zrzutami ścieków z zakładu obróbki metali Vitroform (Plan..., 2003).

Aluwia dolnego odcinka są też zanieczyszczone przez chrom, pochodzący ze zrzucania ścieków technologicznych garbarni Szczakowa. Koncentracja tego pierwiastka w kilku próbkach przekracza 1000 mg/kg (maks. 2200 mg/kg).

Na całej długości Koziego Brodu osady są wzbogacone w rtęć. Wartość mediany tego pierwiastka wynosi 0,20 mg/kg, a koncentracja maksymalna osiąga 0,43 mg/kg.

Łużnik i jego zlewnia. Osady cieków w zlewni Łużnika są mało zanieczyszczone. Dla większości pierwiastków przeciętne ilości (wyrażone wartościami median) są mniejsze niż wartości tła geochemicznego regionu śląskiego (tab. 4).

Najmniejsze zawartości glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, siarki, tytanu i wanadu występują w aluwjach w dolnym biegu strumienia, który drenuje piaszczyste osady plejstoceny o ubogim składzie chemicznym. Obszary źródłowe dopływów Łużnika w południowej części zlewni położone są na wychodniach węglanowo-ilastych utworów triasu, których wietrzenie uwalnia niektóre pierwiastki, powodując wzrost ich ilości w aluwjach. Zanotowano wzbogacenie osadów w glin, kobalt, żelazo, mangan, stront i wanad. Osady w tej części zlewni obfitują też w pierwiastki związane z mineralizacją kruszcową – arsen, kadm, ołów i cynk. Zawartość arsenu najczęściej wynosi kilkadziesiąt mg/kg, podczas gdy w aluwjach dolnego biegu Łużnika rzadko przekracza 5 mg/kg. Zawartość kadmu osiąga maksymalnie 67 mg/kg, ołowiu 450 mg/kg, a cynku 2800 mg/kg.

Kanał Główny i jego zlewnia. Kanał Główny (zwany także Kanałem Szczakowskim) powstał w celu odprowadzania wód z terenu odkrywkowej kopalni piasku Szczakowa, powstałej w połowie lat 50. ubiegłego stulecia. Kanał ma wiele dopływów w postaci mniejszych kanałów i rowów. Przepływa przez tereny, które od wielu lat podlegają rekultywacji. Aluwia kanału charakteryzują się znacznymi zawartościami glinu, chromu, siarki, strontu, tytanu i wanadu.

W osadach małych cieków drenujących podmokły teren położony na południe od Zalewu Sosina występują zwiększone ilości kadmu, kobaltu, żelaza, manganu, niklu, tytanu, wanadu, siarki i strontu. Zawartość arsenu dochodzi do 154 mg/kg a baru do 2770 mg/kg. Wzbogacenia wiążą się prawdopodobnie z gromadzeniem odpadów różnego pochodzenia (głównie z elektrowni Siersza), stanowiących źródło metali, w starych wyrobiskach kopalni piasku Szczakowa. Na zrehabilitowanym terenie wyrobisk utworzyły się łąki pokryte glebami torfowymi, które są dogodnym środowiskiem sorpcji pierwiastków z uwagi na obfitość tlenków i wodorotlenków żelaza w ich składzie.

Wąwolnica. W południowo-zachodniej części arkusza znajduje się źródłowy odcinek strumienia. W jego osadach zanotowano wysokie stężenia metali (miedzi, rtęci, ołowiu, siarki i cynku) w rejonie zakładów chemicznych Organika-Azot. Zawartość miedzi dochodzi do 150 mg/kg, ołowiu do 21 670 mg/kg, siarki do 7,40% i cynku do 2270 mg/kg. Najpoważniejsze jest zanieczyszczenie osadów rtęcią, której koncentracja osiąga 182 mg/kg, stwarzając duże niebezpieczeństwo zatrucia roślin i zwierząt. Występuje też nieznaczne wzbogacenie osadów w srebro (2–3 mg/kg). Zanieczyszczenie osadów wiąże się z wieloletnią produkcją

różnorodnych substancji chemicznych w zakładach Organika-Azot. W latach 30. XX w. w zakładach produkowano siarczan miedzi, cyjanek wapnia, żelazocyjanki i inne produkty, a po II wojnie światowej w procesach produkcyjnych stosowano metodę elektrolizy rtęciowej (Proksa, 2008) oraz używano związków ołowiu do produkcji środków ochrony roślin.

WODY POWIERZCHNIOWE

Kozi Bród i jego zlewnia. W wodach zlewni potoku Kozi Bród pH zmienia się od 6,8 do 8,6 (tab. 5), a większość wód ma odczyn słabo zasadowy. Ich przewodność elektryczna właściwa (EC) waha się w granicach 0,20–2,35 mS/cm (tab. 5). Wody cieków bez nazwy w górnej części zlewni charakteryzuje wartość EC granicach 0,30–0,70 mS/cm, a wód Koziego Brodu najczęściej od 0,80 do 0,90 mS/cm. Największą mineralizację, wyrażoną wartością EC w granicach 1–2 mS/cm, zanotowano w wodach potoku poniżej zrzutu ścieków z garbarni w Szczakowej. Należy podkreślić, że wartość przewodności wód powyżej 1 mS/cm wskazuje na ich znaczne zanieczyszczenie (Witczak, Adamczyk, 1994).

W wodach Koziego Brodu występują znaczne zawartości boru, chloru, potasu, litu, magnezu, molibdenu, sodu, talu i siarczanów, a w mniejszym stopniu wapnia, rubidu i antymonu. Wzbogacenie w te same pierwiastki występuje również w wodach górnej części potoku, na terenie sąsiedniego arkusza Myślachowice. Ich źródłem są zrzuty odsolin pochłoniczych z elektrowni Siersza, położonej w górnej części zlewni. Elektrownia czerpie wodę do procesów technologicznych między innymi z szybu Artur nieczynnej KWK Siersza. Przeciętne stężenie boru w wodach Koziego Brodu ($911 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) jest kilkakrotnie większe niż w innych ciekach na terenie arkusza Jaworzno (tab. 5). Bardzo charakterystyczny jest rozkład zawartości chloru i sodu. Przed ujściem potoku Łużnik do Koziego Brodu zawartość chloru waha się w granicach 50–60 mg/dm^3 , a sodu od 30 do 40 mg/dm^3 . Po przyjęciu znacznie mniej zmineralizowanych wód Łużnika następuje rozcieńczenie zawartości tych pierwiastków, odpowiednio do 30 mg/dm^3 i 20 mg/dm^3 . Poniżej zrzutu ścieków z garbarni w Szczakowej obserwuje się gwałtowny wzrost koncentracji chloru (do 390 mg/dm^3) i sodu (do 433,2 mg/dm^3).

Łużnik i jego zlewnia. Wody zlewni charakteryzuje odczyn obojętny (7,1–7,2) oraz małe wartości przewodności elektrycznej (0,26 mS/cm) (tab. 5).

Górna część zlewni Łużnika i jego dopływów położona jest w obszarze płytkiego zalegania węglanowych utworów triasu, okruszczonych siarczkami cynku i ołowiu, a jednocześnie górnego karbonu, w którym stwierdzono słabą mineralizację uranową w strefach przyuskokowych (Sałdan, 1965). Wzbogacenie wód w tym obszarze w kadm, miedź, tal, uran i cynk wiąże się przypuszczalnie z drenażem skał obfitujących w związki tych pierwiastków.

W wodach lewobrzeżnych dopływów Łużnika (szczególnie w rejonie położonym na północ od wsi Jezioraki) zanotowano duże koncentracje glinu (do 2800 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), arsenu (do 13 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), żelaza (do 10 mg/dm^3), tytanu (do 11 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i talu (do 0,65 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Jest to rejon podmokły, który pokrywają piaszczyste osady fluwioglacjalne i utwory doliny Praprzemszy, a lokalnie torfy. Zawartość węgla organicznego w glebach przekracza 24%. Pierwiastki te mogą przechodzić do wód powierzchniowych w wyniku uwolnienia (w sprzyjających warunkach fizykochemicznych) z materii organicznej i minerałów ilastych gleb i osadów.

Kanał Główny i jego zlewnia. W wodach zlewni zanotowano odczyn obojętny (pH 7,2) i przeciętną przewodność elektryczną 0,40 mS/cm (tab. 5).

W wodach Zalewu Sosina i jego południowych dopływów występują znaczne zawartości boru ($400\text{--}1000\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), kobaltu ($>1,6\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), kadmu (często $>3\text{ }\mu\text{g/dm}^3$) i niklu ($6\text{--}16\text{ }\mu\text{g/dm}^3$). Wody Zalewu Sosina są dodatkowo wzbogacone w miedź ($>40\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), molibden ($>4\text{ }\mu\text{g/dm}^3$) i siarczany ($>200\text{ mg/dm}^3$). Podłożem zlewni są piaszczyste czwartorzędowe osady o ubogim składzie mineralnym. Zanieczyszczenie wód można zatem przypisywać czynnikom antropogenicznym (wymywaniem pierwiastków ze zwałowisk w starych wyrobiskach kopalni piasku Szczakowa).

Wąwolnica. W wodach Wąwolnicy pH zmienia się od 2,9 (w rejonie hałdy KWK Jaworzno) do 9,0 (Zakłady Chemiczne Organika-Azot), a przeciętna przewodność elektryczna właściwa osiąga $2,5\text{ mS/cm}$. Koncentracje boru ($>1000\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), chloru (500 mg/dm^3), potasu ($20\text{--}25\text{ mg/dm}^3$), litu ($50\text{--}100\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), magnezu (90 mg/dm^3), sodu (300 mg/dm^3), rubidu ($30\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), siarczanów ($300\text{--}400\text{ mg/dm}^3$), strontu ($1600\text{ }\mu\text{g/dm}^3$), a prawdopodobnie również wzbogacenie w kadm (do $51\text{ }\mu\text{g/dm}^3$) i miedź (do $50\text{ }\mu\text{g/dm}^3$) wiąże się ze spływami odcieków z hałdy odpadów KWK Jaworzno.

WNIOSKI

1. Gleby z obydwu zakresów głębokości ($0,0\text{--}0,3\text{ m}$ i $0,8\text{--}1,0\text{ m}$) są wyraźnie zanieczyszczone metalami ciężkimi w obszarach występowania węglanowych utworów triasu (w zachodniej i południowej części arkusza). Metale ciężkie (przede wszystkim kadm, ołów i cynk) koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb. Na głębokości $0,8\text{--}1,0\text{ m}$ następuje zmniejszenie obszaru anomalii i jednoczesny wzrost ich intensywności.

2. Naturalnym (geologicznym) źródłem cynku, kadmu i ołowiu, a w dużym stopniu również arsenu i talu są wychodnie kruszczośnych utworów triasu.

3. Antropogenicznym źródłem zanieczyszczeń metalami jest historyczna eksploatacja i przeróbka rud Zn–Pb, zwłaszcza oddziaływanie starych hałd odpadów pogórnich.

4. Kontaminacja osadów wodnych i wód powierzchniowych ma głównie charakter antropogeniczny. Wiąże się ze zrzutami ścieków z zakładów przemysłowych (w większości nieczynnych), drenażem hałd, składowisk odpadów oraz niewłaściwie prowadzoną rekultywacją wyrobisk po eksploatacji piasku.

LITERATURA

- ATANASSOV, I. ANGELOVA, I., 1995 – Profile differentiation of Pb, Zn, Cd and Cu in soils surrounding Lead and Zinc smelter near Plovdiv (Bulgaria), *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, **1**, 343–348.
- CABAŁA J., SUTKOWSKA K., 2006 – Wpływ dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn-Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusza I Jaworzna. *Pr. Nauk. Inst. Górn. PWroc.*, 117, Stud. i Mater., **32**, 13–22.
- 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.
- CHARLET L, POLYA D., 2006 – Arsenic in shallow, reducing groundwaters in southern Asia: an environmental health disaster. *Elements* **2**, 2: 91–96.
- 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.
- 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.
- 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.
- HOPENHAYN C., 2006 – Arsenic in drinking water: impact on human health. *Element*, **2**, 2: 103–107.
- ISO 11464. 1999. Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analyses. International Organization for Standardization.
- 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. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- KASZA I., 1992 – Laserowa metoda określania składu granulometrycznego utworów gliniastych, pylastych i ilastych. *Prz. Geol.*, **40**,5: 323–325.
- KLECZKOWSKI A.S., 1990 – Mapa obszarów Głównych Zbiorników wód Podziemnych (GZWP) w Polsce, wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. Wyd. AGH, Kraków.
- KŁODZIŃSKA E., 2005 – Jaworzno: szansa dla Pieczysk, nadzieja dla ludzi. <http://www.panorama-miast.com.pl>
- KONDRACKI J., 2000 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KUREK S., PASZKOWSKI M., PREIDL M., 1994 – Objaśnienia 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.
- 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.
- MOLENDĄ D., 1960 – Górnictwo kruszców. W: *Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich* (red. J. Pazdur). T. 1: 120–162. Wyd. Górniczo-Hutnicze, Katowice.
- OCZYSZCZALNIA Jeleń-Dąb, 2008. <http://www.mpwik.jaworzno.pl/>
- PAWŁASZEK G., JARCZYK M., 2001 – ZGE Sobieski Jaworzno III jako przykład wykorzystanej szansy powstania nowego organizmu gospodarczego. X Szkoła Eksploatacji Podziemnej: 61–83. Inst.GSMiE PAN, Kraków.
- PLAN gospodarki odpadami dla Jaworzna – miasta na prawach powiatu na lata 2004–2015, 2003. <http://www.jaworzno.pl/>
- POLUDNIOWY Koncern Węglowy SA, 2005. <http://www.pkwsa.pl/>
- 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 województwa śląskiego do 2004 r. oraz cele długoterminowe do roku 2015, 2003. <http://www.silesia-region.pl/>
- PROKSA S., 2008 – Dzieje przemysłu. <http://www.jaworzno.pl>
- RIEUWERTS J., FARAGO M. 1996 – Heavy metal pollution in the vicinity of a secondary lead smelter in the Czech Republic. *Appl. Geochem.*, **11**: 17–23.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU Nr 165, poz. 1359.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. DzU Nr 32, poz. 284.
- SALMINEN r. (red.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Geological Survey of Finland. Espoo.
- SALDAN M., 1965 – Metalogeneza uranu w utworach karbońskich Górnosławskiego Zagłębia Węglowego. *Biul. Inst. Geol.*, **193**.
- SEŃCZUK W., 2002 – Toksykologia. PZWŁ, 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.
- SZUWARZYŃSKI M., 1996 – Ore bodies in the Silesian-Cracow Zn–Pb Ore District, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 9–24.
- 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 Publ. Ecology, 141, Book 2.
- 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. Geological Survey of Finland, Espoo.
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. 1. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- ZAKŁAD Górniczy Sobieski, 2005. <http://pl.wikipedia.org/>
- ZIEMIA Chrzanowska i Jaworzno, 1969. Wyd. Literackie, Kraków