

WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Nowa Góra M-34-64-A-c jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych zapoczątkowanych w latach 1996–1999 opracowaniem pilotowego arkusza Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska – M-34-63-B-b Sławków (Lis, Pasieczna, 1999).

Prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zlecenie Ministerstwa Środowiska.

Arkusz Nowa Góra M-34-64-A-c położony jest w południowej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, zajmującej pozycję wyjątkową w obrazie geochemicznym Polski. Region ten stanowi wyrazistą anomalię geochemiczną zespołu pierwiastków Pb–Zn–Cd, silnie zaznaczającą się w środowiskach powierzchniowych Ziemi – glebach, osadach wodnych i wodach powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995a, b, 1997). Na terenie arkusza głównym źródłem anomalii geologiczno-antropogenicznej są wychodnie dolomitów kruszczośnych i związane z nimi złoża rud cynkowo-ołowiowych oraz ich historyczna eksploatacja i przeróbka.

Złoża srebronośnych rud cynkowo-ołowiowych w rejonie śląsko-krakowskim były zaliczane od wieków do najbogatszych w Europie. Najstarsze źródła pisane świadczące o eksploatacji tych złóż pochodzą z pierwszej połowy XII wieku, a zorganizowane górnictwo kruszcowe istniało tu – z niewielkimi przerwami – przynajmniej od końca XII wieku (Molenda, 1960; Pazdur, Pietraszek, 1961; Grzechnik, 1978). Był to jeden z najstarszych ośrodków górnictwo-hutniczych na kontynencie europejskim. Na terenie arkusza do dziś pozostały ślady dawnej działalności górniczej, które mogą nieść pewne zagrożenia dla środowiska. Na zalesionych obszarach pogórnicznych nie są one istotne, ale na bezleśnych, rolniczych terenach stare hałdy są źródłem nadmiernego skażenia gleb. Podczas wieloletniej eksploatacji ubogie rudy galmanowe składowano nie tylko na hałdach, ale również rozsypywano na polach, między innymi w Psarach koło dawnej kopalni Jan (Górecki, Szwed, 2005, 2006).

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 (Rieuwert, 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).

Teren arkusza Nowa Góra stanowi część obszaru o wyjątkowych walorach środowiskowych i turystyczno-krajoznawczych. Leży w granicach Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie, w przewadze na obszarach leśnych. W okolicy przebiega niebieski Szlak Dawnego Górnictwa.

Wersja elektroniczna atlasu jest dostępna 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, R. Habryn, T. Kolecki, K. Lasoń, M. Markowiak, P. Sucharski, P. Woźniak** – 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, P. Dobek** – analizy granulometryczne;
- **A. Pasieczna, H. Tomassi-Morawiec, A. Bliźniuk** – obliczenia statystyczne;
- **A. Pasieczna** – charakterystyka obszaru arkusza;
- **M. Głogowska, J. Górecki** – geologia i złoża kopalin;
- **A. Witkowska, A. Dusza-Dobek** – źródła zagrożenia środowiska.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

Położenie administracyjne i geograficzne. Obszar arkusza Nowa Góra M-34-64-A-c zlokalizowany jest w północno-zachodniej części województwa małopolskiego; administracyjnie należy do powiatów chrzanowskiego, olkuskiego i krakowskiego. Jego północna część to teren gminy Olkusz, środkowa należy do gminy Trzebinia, a południowo-wschodnia do gminy Krzeszowice.

Teren ten znajduje się w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej i prawie w całości należy do jednostki niższego rzędu – Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, której częścią jest z kolei Wyżyna Olkuska (Kondracki, 2000).

W południowej części arkusza znajdują się obszary źródłowe strumieni: Czernka, Miękinka, Filipówka i Dulówka, dopływających do Rudawy, a na zachodzie mają początek dwa lewobrzeżne dopływy Przemszy – Kozi Bród i Sztoła. Sztoła w okolicy osady Polis płynie malowniczymi zakolami, tworząc bogate siedliska roślinne oraz torfowisko niskie, z dobrze wykształconą warstwą mszystą (Cabała, 1994).

Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia. Wyżyna Olkuska jest płaskowyżem zbudowanym ze skał węglanowych triasu i górnej jury (Kurek, Preidl, 1992, 1993). Powierzchnia terenu jest lekko falista, a na południu pokryta warstwą lessów, którą rozcinają głębokie doliny potoków: Czernki, Miękinki, Filipówki i Dulówki. Pomiedzy dolinami i na północ od terenów źródłiskowych potoków teren wznosi się przeciętnie na wysokość 350–460 m n.p.m. Najwyższa kulminacja (462 m n.p.m.) znajduje się w rejonie miejscowości Płoki. Prawie cały obszar charakteryzuje się deficytem wody.

Użytkowanie terenu. Obszar arkusza ma charakter rolniczo-leśny; lasy zajmują ponad połowę jego powierzchni. Gleby użytkowane rolniczo są w większości żyzne, ale trudne do uprawy z powodu bardzo zróżnicowanej rzeźby terenu. Dominującą grupą gleb są rędziny, występują również gleby brunatne, bielcowe i murszowe (Nieć i in., 2001). Działki rolne są niewielkie, zwykle poniżej 1 ha.

W przeszłości na terenie arkusza prowadzona była intensywna eksploatacja rud cynku i ołowiu.

Największym kompleksem leśnym jest Puszcza Dulowska, bogata w siedliska naturalne. Część lasów uległa degradacji w wyniku zmian środowiska spowodowanych historyczną eksploatacją kopalin.

W obrębie całego arkusza występują tereny objęte ochroną krajobrazu, gleb i lasów (Kawulak, 1997). Znaczna jego część znajduje się w granicach Zespołu Jurajskich Parków

Krajobrazowych i obejmuje fragment Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie. Przewidywane jest objęcie doliny Sztoly zespołem przyrodniczo-krajobrazowym.

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Obszar arkusza Nowa Góra leży na wschodnim obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Można tu wyróżnić cztery piętra strukturalne (Kurek, Preidl, 1993), z których na powierzchni odsłaniają się trzy: młodopaleozoiczne (karbon), permsko-mezozoiczne (perm, trias i jura) i kenozoiczne (czwartorzęd). Utwory piętra staropaleozoicznego (kambru i syluru) znane są tylko z wierceń.

Utwory **karbonu** odsłonięte są fragmentarycznie w południowo-wschodnim krańcu arkusza, w dolinie Czernki. Są to iłowce, mułowce i piaskowce warstw malinowickich namuru/wizenu oraz wapienie wizenu.

Perm reprezentują niewielkie odsłonięcia wapiennych zlepieńców myślachowickich i wulkanicznych tufów filipowickich. Koło Stawisk stwierdzono osady źródłiskowe martwicy karniowickiej.

Utwory **triasu** odsłaniają się w zachodniej części obszaru badań. Są to głównie skały węglanowe środkowego triasu: wapienie i margle gogolińskie, dolomity kruszconośne i dolomity diploporowe. W dolomitach kruszconośnych występują powszechnie utlenione rudy cynku – galmany oraz galena. Mniejsze znaczenie mają dolomity, wapienie jamiste i margle retu. W okolicy Żurady odsłania się mały płat ilów kajpru. W wierceniach stwierdzono kilkumetrowe pakiety piaskowcowo-ilastych osadów dolnego pstręgo piaskowca.

Jura jest reprezentowana przez skały osadowe jury środkowej i górnej. Do jury środkowej zalicza się zlepieńce, piaskowce i wapienie oolitowe o miąższości około 10 m. Powyżej leżą wapienie i margle jury górnej o miąższości kilkudziesięciu metrów. Węglanowe skały jurajskie odsłaniają się przede wszystkim w północnej części arkusza.

Czwartorzęd jest zróżnicowany genetycznie i litologicznie. Do utworów plejstocenu należą piaski wodnolodowcowe, gliny deluwialne i lessy (pokrywające południową i południowo-wschodnią część arkusza). Na północy znaczne powierzchnie zajmują piaski i gliny deluwialne oraz piaski eoliczne. Namuły (mułki, ily i piaski), zaliczane głównie do holocenu, pokrywają dna dolin rzecznych.

Złoża kopalin. Kopaliny, budzące współcześnie zainteresowanie, to **wapienie, dolomity i piaski**. Dolomity diploporowe triasu, udokumentowane w złożu Niesułowice–Lgota (Kawulak, 1997), nie mogą być eksploatowane z uwagi na położenie w obrębie Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie.

Pomimo dobrych parametrów jakościowych nie mogą być wydobywane również wapienie karbońskie, udokumentowane w złożu Kamienice (w południowej części arkusza), gdyż złożo znajduje się na terenie parku krajobrazowego.

Na obszarze arkusza nie wyznacza się też obszarów prognostycznych ze względu na bliskość parku krajobrazowego lub ochronę gleb.

Na terenie arkusza Nowa Góra nie prowadzi się już eksploatacji **rud cynku i ołowiu**. Większość ciał rudnych została wyeksploatowana w okresie od XV do XIX w. Do czasów współczesnych widoczne są jednak ślady dawnego górnictwa (Górecki, Szwed, 2005). Istnieją pośrednie wskazówki, że kopalnictwo kruszcowe było rozwinięte tu w czasach Jagiellonów i najazdu szwedzkiego (Liszka, Świć, 2000), lecz jego ślady zostały zatarte przez późniejsze uprawy rolne. Napotkano je we wsiach Ostrężnica (Góra Ostrąska) i Płoki.

Nazwa wsi Płoki wiąże się z płukaniem galeny i występowała w dokumentach już w latach trzydziestych XIV stulecia. Po roku 1400 wybierano rudy bardzo ubogie i rozproszone w obszarze złożowym, a wydobywanie zeszło do poziomu wodonośnego. O istnieniu kopalń do

połowy XVI w. świadczą dziś głównie zapiski historyczne, m.in. w księgach miejskich Nowej Góry, podające nazwy kilku kopalń.

W połowie XV w. górnictwo rozwinęło się w Psarach, a z przełomu XV i XVI w. pochodzą informacje o żupach i kopalniach w Lgocie. Najżywszy ruch górniczy panował na terenie wsi Gorenice i Ostrężnica, gdzie czynne były kopalnie Gruszka, Wapowska, Żeglarka, Terle, Krzywa, Hynkowska, Szczęsna i Lipia. Z 1556 roku pochodzi poświadczenie eksploatacji w Czernej. Niewielkie zasoby tutejszych złóż zdecydowały o krótkim działaniu większości tych ośrodków wydobywczych.

Krajobraz terenów pogórnicznych z tego okresu zachował się do dnia dzisiejszego, przede wszystkim w okolicy Galmanu (przysiółka Ostrężnicy), Lgoty, Nowej Góry i Czernej.

W 1854 roku została zawiązana spółka Adama Potockiego z przedstawicielami kapitału górnośląskiego i powstały Zakłady Górnicze i Hutnicze w Sierszy, w skład których weszły kopalnie Potockiego (wydobywające rudy Zn–Pb), kopalnia węgla Arcona oraz huta cynku Kunegunda. Kopalnia ostrężnicko-lgocka otrzymała wtedy nazwę „Katarzyna”, a jej centrum znajdowało się koło wsi Galman. W celu usprawnienia transportu wydobywanej rudy przez Galman poprowadzono bity gościniec z Lgoty do stacji kolejowej w Trzebini. Spółka została wprawdzie rozwiązana w 1871 roku, ale kopalnia Katarzyna funkcjonowała aż do 1912 roku. Z zachowanych map górniczych wiadomo, że teren kopalni obejmował około 5 km². Pod ziemią ciągnął się labirynt różnokierunkowych chodników, odległych od siebie najczęściej o kilkanaście metrów.

Do obszaru kopalni Katarzyna przylegały obszary kopalń rud Zn–Pb Stanislaus, Gluckauf i Barbara, o łącznej powierzchni około 3,5 km². W niewielkiej odległości istniała też kopalnia galmanu Niwki, po której pozostały do dziś liczne hałdy.

O ożywieniu górnictwa rudnego w XIX w. świadczą pozostałości kopalń w pobliżu Nowej Góry i Czernej. Działały tam kopalnie Róża (na północ od Nowej Góry) oraz Szczęście i Henryk (w południowej części wsi). Galmany wydobywano też w kopalniach Potockich w okolicy Czernej (kopalnie Józef i Sylwester) i na północ od Miękini (kopalnia Artur). Pozostałości eksploatacji rudnej zachowały się także w niewielkiej odległości od klasztoru w Czernej. Dobrze zachowany szyb (tzw. Sztolnia pod Bukami) i liczne doły poeksploatacyjne to ślady górnictwa kruszców i rud żelaza.

W lasach w okolicy Płok, Lgoty i Nowej Góry można spotkać liczne sztolnie, szybiki i hałdy. Tylko w rejonie Lgoty znaleziono ponad 400 dołów poeksploatacyjnych obejmujących swoim zasięgiem obszar 8 km². Średnica niektórych dołów dochodzi do 20 m, a głębokość do 7 m.

W rejonie Czernej i Nowej Góry ilość dołów poeksploatacyjnych jest znacznie mniejsza (pozostało ich kilkadziesiąt). W tej okolicy część dołów zasypano, a hałdy zlikwidowano. Inną formą likwidacji niektórych pozostałych dołów są dziś nielegalne wysypiska śmieci.

Większe miejscowości na analizowanym obszarze to Lgota, Płoki, Psary i Nowa Góra.

ANTROPOPRESJA

Powietrze atmosferyczne. Powietrze atmosferyczne na arkuszu Nowa Góra jest zanieczyszczone tylko w niewielkim stopniu (Ocena..., 2005; Raport...,2005). Teren pokrywają głównie lasy, a zabudowa ogranicza się do kilku niedużych miejscowości. Do lokalnych ognisk zanieczyszczeń zalicza się paleniska indywidualne oraz szlaki komunikacyjne. Pewne oddziaływanie mają emisje zakładów przemysłowych, zlokalizowanych na zachód od granic arkusza, na terenie Chrzanowa i Trzebini.

Wody powierzchniowe i podziemne. Głównymi źródłami zagrożeń jakościowych wód są zanieczyszczenia obszarowe i punktowe. Zanieczyszczenia obszarowe są trudne do oszacowania i kontrolowania. Są wynikiem intensywnego nawożenia i stosowania środków ochrony roślin oraz dawnej eksploatacji górniczej. Ogniska punktowe to głównie miejsca zrzutu ścieków komunalnych i przemysłowych, dzikie wysypiska śmieci, szamba i stacje paliw.

Dla wód podziemnych niekorzystnym zjawiskiem jest lej depresyjny związany z kopalniami rud cynku i ołowiu rejonu Olkusza i jego drenujące oddziaływanie na poziomy triasowy i jurajski.

Wody podziemne występują obficie w skałach węglanowych triasu i jury, tworząc dwa główne zbiorniki wód podziemnych. W południowej części arkusza zagrożenie dla wód stanowią nawozy mineralne rozprowadzane na polach uprawnych, zwąły górnictwa kruszcowego, a także brak sieci kanalizacyjno-sanitarnej. W granicach arkusza nie ma wysypiska komunalnego, można tu jednak spotkać liczne dzikie wysypiska, które stanowią zagrożenie dla wód powierzchniowych i podziemnych.

Gleby. Do źródeł przekształceń gleb zalicza się zarówno czynniki naturalne, jak i antropogeniczne. Główne czynniki naturalne to erozja wodna i wietrzna oraz ruchy masowe (osuwiska, spełzywanie, obrywanie). Natomiast do czynników wywołanych działalnością człowieka należy zaliczyć wydobywanie kopalin, niwelacje dla potrzeb inwestycji i gospodarczą działalność prowadzącą do uaktywnienia naturalnych procesów w środowisku.

Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego stwarzają zagrożenia dla środowiska gleb. Na zalesionych terenach pogórnicznych zagrożenia takie praktycznie nie występują, ale w pobliżu wsi, na bezleśnych, rolniczych terenach stare hałdy mogą być źródłem nadmiernego skażenia gleb. Ze źródeł historycznych wiadomo, że ubogie rudy galmanowe lokowano nie tylko na hałdach, ale również rozsypywano na polach uprawnych.

Wcześniejsze badania wykazały, że gleby w okolicy Lgoty, Ostreżnicy, Czernej i Nowej Góry zawierają metale ciężkie – Zn, Pb, Cd, As i Tl – w ilościach przekraczających dopuszczalne wartości dla gleb przyjęte w Polsce (Sass-Gustkiewicz i in., 2001). W warstwie ornej gleby w rejonach historycznego górnictwa zawartość cynku dochodzi nawet do 5,5%, arsenu do 300 mg/kg, a kadmu >250 mg/kg. Również w podglebiu koncentracje metali ciężkich są znaczne, szczególnie w obszarach najdawniejszej działalności górniczo-hutniczej między Nową Górą a Czerną.

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 1330 miejsc 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 (o masie ok. 500 g) pobierano za pomocą ręcznej sondy holenderskiej firmy 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: strumieni, rowów melioracyjnych i sadzawek. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła około 250 m. Próbki osadów o masie około 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czerpaka i umieszczano w woreczkach z gęstego płótna, opisanych numerami. Do woreczków wkładano fiolki plastikowe z tymi samymi numerami próbek w celu zabezpieczenia na wypadek ewentualnego rozmycia numerów na woreczkach. Woreczki z próbkami umieszczano w specjalnym pojemniku na sicie plastikowym umożliwiającym odciekanie wody.

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

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

Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS (*Global Positioning System*). Stosowano urządzenie GS 20 firmy Leica, wyposażone w zewnętrzną antenę oraz komputer umożliwiający obok pomiarów współrzędnych rejestrację dodatkowych informacji (wartości pH i EC wód, danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz charakterze litologicznym próbek). Pomiar bezpośredni z tego urządzenia jest rejestrowany z dokładnością ± 2 –10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono sieć współrzędnych miejsc pobierania próbek. Kolejne miejsca pobierania próbek były wyszukiwane w terenie metodą nawigacji satelitarnej. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe notowane były również na specjalnie przygotowanych kartach (fig. 2).

PRACE LABORATORYJNE

Analizy chemiczne

Analizy chemiczne wykonano w laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Przygotowanie próbek do analiz. Próbki gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sита 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 sита 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.

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 termostatawanym bloku aluminiowym.

Oznaczenia zawartości pierwiastków i kwasowości. Oznaczenia zawartości Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach oraz osadach wodnych wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem

plazmowym (ICP-AES). Do analiz stosowano spektrometr JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon.

Analizy zawartości 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.

Wartość odczynu 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 zawartości Ag, As, Ba, Cd, Cl, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, SO₄, Sr, Tl i U – metodą ICP-MS (ISO 11885).

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

Kontrola jakości analiz. Poprawność wykonywanych analiz 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

Oznaczenia granulometryczne 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.

Analiza sitowa. 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.

Analiza laserowa. Pomiar wielkości ziarn we frakcji <0,5 mm przeprowadzono za pomocą laserowego miernika wielkości cząstek Analysette-22 firmy Fritsch. Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe poszczególnych frakcji) przedstawiono na mapach z uwzględnieniem wybranych klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm – frakcja piaszczysta, 0,10–0,02 mm – frakcja pylasta, <0,02 mm – frakcja ilasta.

BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Podkład topograficzny. Jako podkładu dla map geochemicznych w skali 1:25 000 użyto najbardziej aktualnej mapy topograficznej w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992, arkusz Olkusz M-34-64-A. Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

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

Mapa geologiczna. Dla ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski 1:50 000 arkusz Olkusz (Kurek, Preidl, 1992). 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, lokalizacja miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki 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 próbki 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 i glebach terenów bez zabudowy (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. Wyliczono 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 jako podstawa do wyznaczania klas zawartości przy tworzeniu map geochemicznych.

Opracowanie map. Dla arkusza Nowa Góra 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 postęp geometryczny.

Odczyn gleb (tabl. 7 i 8) przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie:

gleby	pH
bardzo kwaśne	<5
kwaśne	5,1–6,3
obojętne	6,4–7,4
zasadowe	>7,4

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 każdego arkusza. Utworzono je w formie kartodiagramów kołowych, przypisując im odpowiednie średnice do poszczególnych klas zawartości, ułożonych najczęściej w postępie geometrycznym.

Dla celów publikacji monopierwiastkowe mapy geochemiczne opracowano poprzez połączenie parami na jednej tablicy mapy geochemicznej gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m z mapą geochemiczną osadów wodnych oraz mapy geochemicznej gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m z mapą geochemiczną wód powierzchniowych (tabl. 7–62). Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkownika, mapy wydrukowano w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map. Dla zainteresowanych mapami w skali rzeczywistej (1:25 000) istnieje możliwość udostępnienia całości opracowania lub poszczególnych map drukowanych na ploterze.

WYNIKI BADAŃ

GLEBY

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

Na przeważającej powierzchni arkusza Nowa Góra występują gleby piaszczyste i silnie piaszczyste (tabl. 4). Gleby z dominującym udziałem frakcji pylastych lub ilastych obserwuje się jedynie w południowej i południowo-wschodniej części arkusza. Bardzo silnie piaszczyste gleby, o zawartości >90% frakcji 1,0–0,1 mm występują w szerokim pasie od północno-zachodniego naroża mapy do okolic wsi Gorenice (tabl. 4). Mniejsze płaty tych gleb obserwuje się na zachodzie arkusza – na północ i południe od miejscowości Płoki oraz w rejonie Karniowic. Skałami macierzystymi tych gleb są głównie piaski i gliny deluwialne, piaski eoliczne oraz piaski wodnolodowcowe (tabl. 1). W glebach rozwiniętych na starszym

podłożu (na węglanowych skałach jurajskich i triasowych) udział drobnych frakcji wyraźnie wzrasta, osiągając niekiedy >30% frakcji pylastej (tabl. 5) i >15% frakcji ilastej (tabl. 6).

Specyficznym składem granulometrycznym charakteryzują się gleby rozwinięte na lessach plejstocenijskich, występujących w kierunku południowo-wschodnim od linii Psary–Ostrężnica–Gorenice. Udział frakcji piaszczystych rzadko przekracza w nich 10%, a dominują frakcje pylaste (0,1–0,02 mm) i ilaste (<0,02 mm).

Odczyn gleb. W warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m) przeważają gleby o odczynie kwaśnym (pH 5,0–6,3) – 38,5% oraz obojętnym (pH 6,3–7,4) – 38,7%. Udział gleb silnie kwaśnych (pH ≤5,0) wynosi 16,9%, a alkalicznych – 5,9%. W zakresie głębokości 0,8–1,0 m wzrasta udział gleb o odczynie obojętnym (54,2%) i alkalicznym (15,9%). Ilość gleb kwaśnych wynosi 26,6%, a silnie kwaśnych – 3,4%.

Z punktu widzenia użytkowania gruntów odczyn ich jest stosunkowo mało zróżnicowany, szczególnie w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m. Na obszarach pól uprawnych i lasów przeciętny odczyn jest taki sam – 6,7 (tab. 4). Powierzchniowa warstwa gleb leśnych jest wyraźnie bardziej kwaśna – mediana pH 5,4 (tab. 3).

Na alkalizację powierzchniowego poziomu gleb wpływ ma działalność człowieka. Świadczą o tym wyższe wartości pH gleb w obszarach z zabudową wiejską (mediana pH 7,1).

W głębszej warstwie badanych gleb obserwuje się bardzo wyraźnie związek odczynu ze składem chemicznym skał podłoża geologicznego. Gleby o odczynie alkalicznym zalegają na wapieniach i dolomitach środkowego triasu w zachodniej części arkusza oraz na wapieniach jury górnej w części północnej.

Geochemia. Skład chemiczny gleb w znacznej mierze został odziedziczony po skałach macierzystych, z których powstały. W wyniku procesów glebotwórczych dochodzi do mniejszych lub większych zmian tego składu w stosunku do chemizmu skał macierzystych. Najczęściej jednak podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są czytelne. Przestrzenne rozmieszczenie pierwiastków odziedziczonych po skałach macierzystych pozwala prześledzić zróżnicowanie tła geochemicznego i wydzielić lokalne anomalie pierwiastków.

Rozmieszczenie pierwiastków w glebach na arkuszu Nowa Góra wskazuje na silny związek ze składem chemicznym skał macierzystych w ich podłożu. Gleby utworzone na plejstocenijskich piaskach wodnolodowcowych, piaskach eolicznych oraz na piaszczystych utworach deluwialnych, charakteryzujące się udziałem frakcji piaszczystej często przekraczającym 90%, zawierają najmniejsze ilości glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu. Dotyczy to zarówno gleb z głębokości 0,0–0,3 m, jak i 0,8–1,0 m.

Gleby, dla których skałami macierzystymi są węglanowe utwory jury i triasu, wyróżniają się szczególnie wysokimi koncentracjami wapnia (tabl. 19 i 20) i wzbogaceniem w większość badanych pierwiastków. Obraz ten jest szczególnie wyrazisty w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m. Gleby utworzone na utworach węglanowych środkowego triasu są też bogate w magnez, którego zawartość osiąga maksymalnie 7,18% w warstwie powierzchniowej (tabl. 36) i 10,13% w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m (tabl. 37).

Specyficznym składem chemicznym wyróżniają się gleby powstałe z plejstocenijskich lessów, występujących w południowej i południowo-wschodniej części arkusza. Charakteryzują się one podwyższonymi zawartościami glinu, kobaltu, chromu, żelaza, tytanu i wanadu oraz wzbogaceniem w te pierwiastki gleb z głębokości 0,8–1,0 m w stosunku do warstwy powierzchniowej. Gleby te są natomiast ubogie w wapń i magnez.

Najuboższe w badane pierwiastki są gleby leśne (tab. 2 i 3), najczęściej silnie piaszczyste. Podwyższona jest w nich jedynie zawartość węgla organicznego – najczęściej wynosi 1,5–6,0% (tabl. 18). Gleby pól uprawnych (obecnie często ugorów), ogródków przydomowych i działkowych oraz trawników przyulicznych są nieco bogatsze w większość

pierwiastków. Wpływ czynnika antropogenicznego wyraża się wyraźnie większymi zawartościami wielu pierwiastków w glebach z obszarów z zabudową wiejską w stosunku do gleb z terenów bez zabudowy (tab. 2).

Kadm, cynk, ołów, arsen, rtęć, magnez i wapń są pierwiastkami związanymi z formacją triasową rud cynkowo-ołowiowych i działalnością górniczo-hutniczą. Ich anomalie zajmują większe obszary w powierzchniowej warstwie gleb. W zakresie głębokości 0,8–1,0 m następuje bardzo silna redukcja obszaru zajmowanego przez gleby o anomalnej koncentracji kadmu, cynku i ołowiu (tabl. 22, 47 i 62). Prawidłowość tę obserwuje się jeszcze wyraźniej przez liczbowe porównanie powierzchni zajmowanych przez gleby o podwyższonych stężeniach tych pierwiastków (tab. 7).

Najsilniejsze anomalie kadmu, cynku i ołowiu obserwuje się w glebach w rejonie dawnej kopalni galmanów Katarzyna między Psarami, Płokami, Lgotą i Ostrężnicą. Mniej intensywne anomalie zanotowano w obszarach źródłiskowych Miękinki, Czernki i Filipówki, gdzie odsłaniają się niewielkie płyty dolomitów kruszonośnych. W przeszłości w tym rejonie również prowadzono wydobycie galmanów (Cygoryjni, 1970; Górecki, Szwed, 2006). Na terenie anomalii w powierzchniowej warstwie gleb zawartość kadmu przekracza 16 mg/kg (tabl. 21), ołowiu 1000 mg/kg (tabl. 46), a cynku 5000 mg/kg (tabl. 61).

Kadm, cynk i ołów koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb, co wiąże się ze współczesną i historyczną eksploatacją i przeróbką rud Zn–Pb. Na głębokości 0,8–1,0 m następuje bardzo silna redukcja obszaru zajmowanego przez gleby o ich anomalnej koncentracji. Najwyraźniej prawidłowość tę obserwuje się dla kadmu, cynku i ołowiu (tab. 7). Wysokie koncentracje metali w glebach z głębokości 0,8–1,0 m stwierdzono w obrębie występowania skał kruszonośnych lub w miejscach intensywnej działalności hutnictwa metali.

W obszarze anomalii kadmu, ołowiu i cynku w glebach występuje też podwyższenie zawartości arsenu (tabl. 14 i 15) i rtęci (tabl. 32 i 33). Maksymalne koncentracje w warstwie powierzchniowej i na głębokości 0,8–1,0 wynoszą odpowiednio: dla arsenu 375 mg/kg i 329 mg/kg, a dla rtęci 0,48 mg/kg i 1,39 mg/kg.

Podobne wyniki zanotowano w badaniach Sass-Gustkiewicz i współautorów (2001). Wykazały one, że gleby w okolicy Lgoty, Ostrężnicy, Czernej i Nowej Góry zawierają do 5,5% cynku, do 300 mg/kg arsenu i >250 mg/kg kadmu. Autorzy ci stwierdzali, że również w głębszej warstwie koncentracje metali ciężkich są znaczne, szczególnie w obszarach najdawniejszej działalności górniczo-hutniczej między Nową Górą a Czerną.

W wielu regionach świata w miejscach historycznego wydobycia kruszców notowane jest podobnie wysokie zanieczyszczenie gleb metalami. W Wielkiej Brytanii w rejonie Shipham i Somerset zawartość kadmu w glebach osiąga 360 mg/kg, ołowiu 6540 mg/kg, a cynku 37 200 mg/kg (Aslibekian, Moles, 2003).

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 21,73% spośród badanych próbek spełnia warunki klasyfikacji do grupy A. Do grupy B zaliczono 36,32% analizowanych próbek, a do grupy C – 41,95%. Gleby zaliczone do grupy C, o największych zawartościach arsenu, kadmu, ołowiu i cynku, występują w lasach w rejonie dawnej kopalni galmanów Katarzyna między Psarami, Płokami, Lgotą i Ostrężnicą, w obszarach źródłiskowych Miękinki, Czernki i Filipówki, gdzie odsłaniają się niewielkie płyty dolomitów kruszonośnych, oraz lokalnie w rejonie Nowej Góry (tabl. 63).

OSADY WODNE

Sieć hydrograficzna na arkuszu Nowa Góra jest bardzo uboga. W jego północnej części mają początek Sztoła i Witeradówka. Przy zachodniej granicy arkusza położony jest górny odcinek strumienia Kozi Bród, a na południu – źródłiska strumieni Czernka, Miękinka, Filipówka i Dulówka. Nieliczne są niewielkie zbiorniki wód stojących (sadzawki).

Sztoła. W górnym odcinku rzeki (ok. 2 km) aluwia charakteryzują się niskimi zawartościami srebra (mediana <1 mg/kg), glinu (med. 0,11%), arsenu (med. <5 mg/kg), baru (med. 15 mg/kg), wapnia (med. 0,23%), kadmu (med. <1mg/kg), kobaltu (med. <1 mg/kg), chromu (med. 3 mg/kg), miedzi (med. 1 mg/kg), żelaza (med. 0,21%), rtęci (med. <0,05 mg/kg), magnezu (med. 0,11%), manganu (med. 33 mg/kg), niklu (med. 1 mg/kg), fosforu (med. 0,007%), siarki (med. 0,009%), strontu (med. 3 mg/kg), tytanu (med. 93 mg/kg) i wanadu (med. 1 mg/kg). Znaczne zawartości ołowiu (do 361 mg/kg), kadmu (do 9 mg/kg), manganu (do 362 mg/kg), siarki (do 0,230 %) i cynku (do 670 mg/kg) mają prawdopodobnie związek z występującymi w pobliżu dolomitami kruszconymi triasu.

Witeradówka. Aluwia krótkiego (ok. 500 m), górnego odcinka strumienia są bardzo ubogie we wszystkie badane pierwiastki.

Kozi Bród. W aluwjach tego strumienia zawartości glinu, arsenu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, siarki, tytanu i wanadu na całej jego długości (ok. 750 m) są niewielkie i mało zróżnicowane. Podwyższone koncentracje ołowiu (do 750 mg/kg) i cynku (do 1183 mg/kg) mają źródło w wychodniach dolomitów kruszconymi triasu.

Górna Dulówka i jej zlewnia. Aluwia górnego odcinka strumienia, który drenuje plejstoceny lessy oraz dolomity i wapienie środkowego triasu, charakteryzują się podwyższonymi zawartościami glinu (med. 0,29%), baru (med. 48 mg/kg), wapnia (med. 1,18%), kadmu (med. 5 mg/kg), miedzi (med. 11 mg/kg), żelaza (med. 0,59%), magnezu (med. 0,38%), manganu (med. 167 mg/kg), siarki (med. 0,040%), strontu (med. 19 mg/kg) i tytanu (med. 106 mg/kg). Wysokie zawartości ołowiu (med. 217 mg/kg), kadmu (do 34 mg/kg) i cynku (med. 821 mg/kg) mają prawdopodobnie związek z występującymi w górnych partiach potoku dolomitami kruszconymi triasu. Aluwia licznych dopływów Dulówki zawierają podobne lub mniejsze zawartości analizowanych pierwiastków.

Górna Filipówka i jej zlewnia. Obszar alimentacji zlewni Filipówki budują głównie plejstoceny lessy. Starsze skały (wapienie i dolomity triasu, zlepienie myślachowickie permu) tworzą niewielkie wychodnie w dolinach potoków. Skład chemiczny aluwii Filipówki i jej dopływów jest podobny do chemizmu aluwii zlewni Dulówki. Mniejsze są tu zawartości kadmu, ołowiu i cynku.

Górna Czernka i jej zlewnia. Skład chemiczny skał podłoża geologicznego zlewni Czernki jest podobny jak w przypadku Filipówki i podobny jest też skład chemiczny aluwii. Obecność licznych, niewielkich wychodni utworów węglanowych środkowego triasu powoduje podwyższenie zawartości ołowiu (med. 201 mg/kg) i cynku (med. 363 mg/kg).

Aluwia małych cieków bez nazwy. Wśród aluwii badanego obszaru wyjątkową pozycję zajmują osady niewielkiego cieku bez nazwy, zlokalizowanego między doliną potoku Kozi Bród a wsią Płoki. Aluwia te są wzbogacone w arsen (do 139 mg/kg), bar (do 68 mg/kg), wapń (do 8,06%), kadm (do 155 mg/kg), żelazo (do 2,63%), magnez (do 4,04%), mangan (do 680 mg/kg), ołów (do 29 570 mg/kg) i cynk (do 36 230 mg/kg). Źródłem anomalii są prawdopodobnie odpady położonej w pobliżu dawnej kopalni galmanów Katarzyna.

WODY POWIERZCHNIOWE

Sztoła. Badane wody wykazały odczyn słabo zasadowy (pH 7,7) i wartość przewodnictwa elektrycznego 0,26–0,46 mS/cm, wskazującą na niski stopień ich mineralizacji. Wody te charakteryzują się podwyższoną zawartością baru (med. 143,3 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i małymi zawartościami srebra (med. $<0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), glinu (med. 14 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), arsenu (med. $<2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), boru (20–26 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), wapnia (med. 66,2 mg/dm³), kadmu (med. $<0,2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), chloru (med. 14 mg/dm³), kobaltu (med. $<0,2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), miedzi (med. $<0,5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), żelaza (med. $<0,01 \text{mg}/\text{dm}^3$), potasu (med. 0,8 mg/dm³), litu (med. $<2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), magnezu (med. 25,6 mg/dm³), manganu (med. 0,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), molibdenu (med. 0,22 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), sodu (med. 1,7 mg/dm³), niklu (med. 1 mg/dm³), fosforu (med. $<0,05 \text{mg}/\text{dm}^3$), ołowiu (med. 0,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), rubidu (med. 0,7 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), antymonu (med. $<0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), siarczanów (med. 60 mg/dm³), krzemionki (med. 6,0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), strontu (med. 106 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), talu (med. 0,10 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), tytanu (med. $<2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), uranu (med. 0,65 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynku (med. 29 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

Witeradówka. Wody tego potoku są słabo zmineralizowane (EC w granicach 0,40–0,41 mS/cm) i słabo zasadowe (pH 7,6). Zawierają niewielkie ilości wszystkich badanych składników.

Kozi Bród. Słabo zasadowe (pH 7,7) i nisko zmineralizowane (med. EC 0,34 mS/cm) wody Koziego Brodu zawierają niewielkie ilości prawie wszystkich badanych składników. Podwyższone zawartości kadmu (do 1,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), cynku (do 137 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i baru (do 120,96 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) mają źródło w wychodniach dolomitów kruszczońskich triasu.

Górna Dulówka i jej zlewnia. Wody źródłowej części zlewni Dulówki są słabo zasadowe (pH 7,7) i nisko zmineralizowane (EC 0,46–0,51 mS/cm). Zawierają bardzo małe ilości srebra, glinu, arsenu, kadmu, kobaltu, miedzi, litu, fosforu, antymonu i tytanu, rzadko przekraczające granice wykrywalności w stosowanych metodach analitycznych. Nieco wyższe są w nich zawartości boru (19–55 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), wapnia (67,13–184,77 mg/dm³), chloru (9–16 mg/dm³), żelaza ($<0,01$ –0,03 mg/dm³), potasu (0,9–2,6 mg/dm³), manganu ($<0,5$ –16,1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), molibdenu (0,08–0,46 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), sodu (2,9–6,5 mg/dm³), niklu (1,9–3,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), ołowiu ($<0,2$ –1,4 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), rubidu (0,7–2,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), siarczanów (59–78 mg/dm³), krzemionki (5,5–14,6 mg/dm³), talu ($<0,05$ –0,28 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i uranu (0,46–1,95 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Do składników występujących w podwyższonych ilościach należą: bar (59,85–24,81 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), magnez (8,6–25,7 mg/dm³), stront (92,8–870,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) oraz cynk (15–942 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

Górna Filipówka i jej zlewnia. W wodach Filipówki i jej zlewni zanotowano odczyn słabo zasadowy (pH 7,8) i niską mineralizację (EC 0,47–0,51 mS/cm). Zawartości srebra, glinu, arsenu, kadmu, kobaltu, miedzi, litu, fosforu, ołowiu, antymonu, tytanu i talu są w nich bardzo małe. W nieco większych ilościach występuje bor (<10 –28 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), wapń (72,15–118,68 mg/dm³), chlor (7–21 mg/dm³), żelazo ($<0,01$ –0,13 mg/dm³), potas (0,9–2,6 mg/dm³), mangan (0,9–94,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), molibden ($<0,05$ –0,19 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), sód (2,8–12,6 mg/dm³), nikiel (1,7–2,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), rubid (0,9–4,1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), siarczany (37–69 mg/dm³), krzemionka (8,0–26,0 mg/dm³), uran (0,44–1,18 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynk (<3 –5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Zawartości baru (28,46–310,43 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), magnezu (14,4–33,6 mg/dm³) i strontu (70,7–1219,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) są podwyższone.

Górna Czernka i jej zlewnia. Wody w źródłowym obszarze zlewni Czernki są słabo zasadowe (pH 7,6–7,7) i nisko zmineralizowane (EC 0,45–0,60 mS/cm). Zawierają bardzo małe ilości srebra, glinu, arsenu, kadmu, kobaltu, miedzi, żelaza, litu, fosforu, ołowiu, antymonu i tytanu. Nieco większe są ilości boru (do 84 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), baru (18,6–35,6 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), wapnia (57,65–90,49 mg/dm³), chloru (8–21 mg/dm³), potasu (0,5–6,7 mg/dm³), manganu (1,8–21,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), molibdenu (0,11–0,43 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), sodu (2,6–9,2 mg/dm³), niklu (2,5–3,3 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), rubidu (0,7–2,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), siarczanów (40–94 mg/dm³), krzemionki (7,4–10,4 mg/dm³), talu ($<0,05$ –0,28 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), strontu (42,9–82,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), uranu (0,28–0,68 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynku (25–78 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$).

Wody małych zbiorników bez nazwy. Wody niewielkiego cieku bez nazwy, zlokalizowanego między doliną potoku Kozi Bród a wsią Płoki, wyróżniają się podwyższonymi zawartościami baru (do 159,07 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), magnezu (do 22,2 mg/dm^3), ołowiu (do 18,2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) i cynku (do 200 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Źródłem anomalii są prawdopodobnie odpady dawnej kopalni galmanów Katarzyna.

W wodzie niewielkiej sadzawki położonej po wschodniej stronie wsi Ostrężnica stwierdzono obecność boru (676 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$), potasu (18,5 mg/dm^3) i sodu (24,5 mg/dm^3).

WNIOSKI

1. Stwierdzone zawartości metali ciężkich, szczególnie kadmu, ołowiu i cynku, wskazują na istotne zanieczyszczenie gleb z obydwu zakresów głębokości (0,0–0,3 i 0,8–1,0 m) oraz osadów i wód niektórych zbiorników wodnych.

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

3. Najsilniejsze anomalie metali ciężkich w glebach z obydwu zakresów głębokości występują w rejonach płytkiego zalegania dolomitów kruszczośnych triasu, stanowiących naturalne (geologiczne) źródło zanieczyszczeń.

4. Antropogenicznym źródłem zanieczyszczeń badanych środowisk powierzchniowych jest historyczna eksploatacja i przeróbka rud cynkowo-ołowiowych, a szczególnie oddziaływanie starych hałd odpadów pogórnich.

*

* *

LITERATURA REFERENCES

- ATANASSOV I., ANGELOVA I., 1995 – Profile differentiation of Pb, Zn, Cd and Cu in soils surrounding lead and zinc smelter near Plovdiv (Bulgaria). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, **1**: 343–348.
- ASLIBEKIAN O., MOLES R., 2003 – Environmental risk assessment of metals contaminated soils at silvermines abandonem mine site, Co Tipperary, Ireland. *Environ. Geochem. Health*, **25**: 247–266.
- CABAŁA S., 1994 – Ocena walorów przyrodniczych doliny rzeki Sztoły. Uniwersytet Śląski, Katowice.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- GÓRECKI J., SZWED E., 2005 – Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego na Ziemi Krzeszowickiej. *Pr. Nauk. Inst. Gór. PWroc.*, **111**, Konferencje, 43.
- GÓRECKI J., SZWED E., 2006 – Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego na Ziemi Krzeszowickiej. Internet: <http://www.teberia.pl/>
- GRZECHNIK Z., 1978 – Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–42.
- ISO 11464. 1999. Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analyses. International Organization for Standardization.
- ISO 11885. 1996. Water quality – determination of 33 elements by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. 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.
- KAWULAK M., 1997 – Objąsnienia do Mapy geologiczno-gospodarczej Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- KONDRACKI J., 2000 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.
- KUREK S., PREIDL M., 1992 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Wyd. Geol. Warszawa.
- KUREK S., PREIDL M., 1993 – Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Wyd. 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.
- LISZKA J., ŚWIĆ E., 2000 – Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”. Dzieje – Wydarzenia – Ludzie. Bukowno.
- MOLENDĄ D., 1960 – Górnictwo kruszców. W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich (red. J. Pazdur). T. 1: 120–162. Wyd. Górn.-Hutn. Katowice.
- 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., 2005. WIOŚ Kraków. Internet. <http://www.krakow.pios.gov.pl/>
- PAZDUR J., PIETRASZEK E., 1961 – Górnictwo rud metali nieżelaznych. W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich (red. J. Pazdur). T. 2: 91–106. Wyd. Górn.-Hutn. Katowice.
- RAPORT o stanie środowiska naturalnego w województwie małopolskim w 2004 r., 2005. WIOŚ Kraków. Internet. <http://www.krakow.pios.gov.pl/>
- RIEUWERTS J., FARAGO M., 1996 – Heavy metal pollution in the vicinity of a secondary lead smelter in the Czech Republic. *Appl. Geochem.*, **11**: 17–23.

- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. D.U. Nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., MAYER W., GÓRALSKI M., LEACH D.L., 2001 – Zawartość metali ciężkich w glebach na obszarach eksploatacji rud Zn–Pb w rejonach olkuskim i chrzanowskim. Warsztaty 2001 Przywracanie wartości użytkowych terenom górniczym: 189–208. PAN-IGSMiE, WUG. Kraków.
- 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.
- 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.