

Wpływ górnictwa cynkowo-ołowiowego na zanieczyszczenie metalami i siarką wód powierzchniowych i osadów wodnych na obszarze Trzebinia–Chrzanów

Andrzej Bellok*

Ekologiczną konsekwencją górnictwa i przetwórstwa rud cynku i ołowiu są nagromadzenia ogromnych ilości odpadów, deformacja krajobrazu, zapylenie powietrza oraz skażenie gleb i wód powierzchniowych (Szuwarzyński & Kryza, 1993). Szczególnie ostro występuje problem negatywnego oddziaływania na zasoby oraz jakość wód powierzchniowych (Stan środowiska ..., 1993). Wody powierzchniowe w rejonach przemysłowych stanowią nie tylko źródło poboru wody na cele gospodarcze ale są również wykorzystywane jako odbiorniki ścieków przemysłowych. W regionie śląsko-krakowskim, w którym znajdują się dwa największe w kraju ośrodki wydobywania rud cynku i ołowiu (olkuski i chrzanowski), rzeki straciły zdolność do samooczyszczania się i rozcieńczania zanieczyszczeń (Zarys..., 1995). W niektórych rzekach, będących odbiornikami ścieków przemysłowych, średnie przepływy naturalne stanowią zaledwie czwartą część ogólnej ilości niesionej wody. Wysokie stężenia metali ciężkich, w wodach powierzchniowych wokół obszarów górniczych, Zn-Pb występują w ścisłym związku z koncentracją tych składników w osadach wodnych (Ciszewski, 1994). Metale ciężkie są powszechnie uznane jako składniki toksyczne, niebezpieczne dla człowieka oraz flory i fauny. W rejonach o długotrwanie utrzymującej się wysokiej koncentracji tych składników w środowisku (np. rejonach wydobywania i przeróbki rud Zn-Pb), wymagana jest ciągła kontrola ich zawartości w glebach, wodach powierzchniowych oraz osadach wodnych.

W artykule przedstawiono część wyników badań, wykonanych w ramach opracowania *Badanie stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebinia-Chrzanów* (poz.pl. 2.19.5022.02.0), będącego elementem — realizowanego i finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej — programu *Ochrona litosfery*.

Oprócz omówienia składu chemicznego wód i osadów, szczególną uwagę zwrócono na składniki przekraczające dopuszczalne stężenia, ich degradujący wpływ na jakość wód powierzchniowych oraz sposób lokalizowania źródeł zanieczyszczenia. Prace terenowe i badania laboratoryjne były prowadzone w latach 1992–1994.

Zakres i metody badań

Odpady poflotacyjne Zakładów Górniczych Trzebinia (ZGT) w Trzebini są gromadzone w stawach, usytuowanych w rozwidleniu niewielkiej rzeki Luszówki i jej dopływu Wodnej. Wody kopalniane są zrzucane bezpośrednio do wód górnego odcinka tego dopływu. Obydwie rzeki są elementem zlewni Chechła (ryc. 1). Badaniami objęto wody powierzchniowe i osady wodne w strefie bezpośredniego oddziaływania Zakładów Górniczych (Górecka i in., 1995).

Próbki wód powierzchniowych, głównie rzeki Wodnej,

Luszówki i Chechła (pr. 1–20 ryc. 1), zostały pobrane w trzech sezonach hydrologicznych (X 1992, V 1993 i V 1994). W próbkach tych oznaczono stężenie anionów HCO_3^- , F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} oraz metali ciężkich i innych składników: SiO₂, Al, Ca, Mg, Na, K, B; Fe, Mn, Ti, Cr, Co, Ni, V, Mo; Zn, Pb, Cd, Cu, As; Sr, Li i Ba. Ponadto zmierzono odczyn, przewodność, a także twardość ogólną wód.

Próbki osadów wodnych pobrano w 16 punktach (pr. I–XVI, ryc.1). Próbki oznaczone numerami II, III, IV, VI, VII, IX, X, XV, XI, XVI i XIV reprezentują osady rzeki Wodnej i Luszówki, na odcinkach wykorzystywanych przez ZGT jako kanał odbierający zrzuty wód kopalnianych oraz odcieki ze stawów osadnikowych. Próbki I, V i VIII pobrano w części przyźródłowej rzek, w celu scharakteryzowania osadów nie zanieczyszczonych (tła). Próbki nr XII i XIII to aluwia pobrane z dna Chechła powyżej i poniżej ujścia Luszówki. W opróbowanych osadach oznaczono zawartość 23 składników: Ca, Mg, S, P, Zn, Cd, Pb, Ag, As, Tl, Hg, Fe, Mn, Ti, Cu, Ni, Co, V, Cr, Mo, Be, Ba i Sr. Ponadto oznaczono zawartość całkowitego węgla nieorganicznego (węglanowego) TIC oraz całkowitego węgla organicznego TOC. Zmierzony został odczyn osadów.

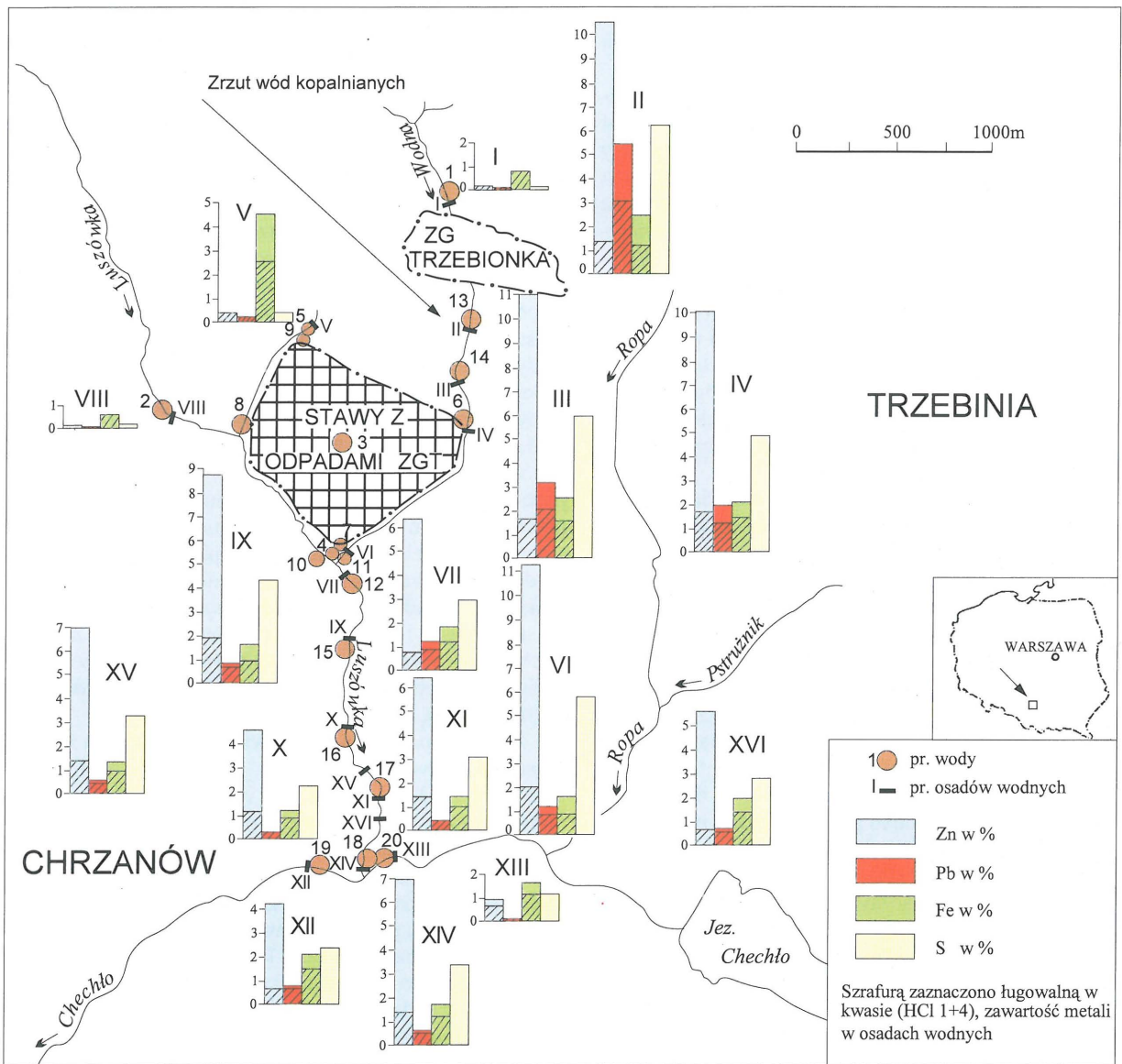
Analizy chemiczne wykonało Centralne Laboratorium Chemiczne Państwowego Instytutu Geologicznego, w oparciu o stosowane w laboratorium standardowe procedury analityczne, z wykorzystaniem metod instrumentalnych: chromatografii jonowej do oznaczania anionów w wodach (analyzer HPLC-WATERS), oraz atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą ICP (spektrometr BGY 70 GEOPLAS-MA), do oznaczania pozostałych składników.

Charakterystyka chemiczna wód powierzchniowych

Nadmiar wód kopalnianych, oraz przesiąkające ze stawów osadowych roztwory (ryc. 2, 3), są odprowadzane bezpośrednio i pośrednio — systemem rowów opaskowych — do środowiska wód dorzecza, decydując tym samym o ich składzie chemicznym i klasie czystości. Stężenia cynku i ołowiu występujące w badanych wodach, z racji eksploatowanych przez kopalnię złóż rud Zn-Pb, mogą być wysokie. Składniki te, według podziału zaproponowanego przez Kabatę-Pendias i Pendiasa (1979), występują w *I grupie pierwiastków toksycznych o bardzo wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia środowiska biologicznego*. Charakteryzują się bardzo dużym współczynnikiem kumulacji, a ich nadmiar stwarza szczególnie duże ryzyko zachwiania równowagi chemicznej w lokalnej biosferze (Kabata-Pendias & Pendias, 1993).

Przedstawione w tab. 1, stężenie cynku i ołowiu, występujące w wodach Luszówki i Wodnej nie mieści się w żadnej klasie czystości wód powierzchniowych, opisanej w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Dz.U. Nr 116 poz. 503 z dnia 5.11.1991 r.), i degraduje te wody do grupy ścieków przemysłowych. W ściekach wprowadzanych bezpośrednio do wód powie-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pobrania próbek wody i osadów wodnych oraz zawartość metali i siarki w rejonie Trzebinia-Chrzanów



Ryc. 2. Rzeka Wodna (próbka 13), zrzut wód kopalnianych



Ryc. 3. Rów opaskowy (próbka 9), odcieki ze stawów z odpadami flotacyjnymi; obie fot. E. Górecka

rzchniowych, dopuszczalne stężenie metali według cytowanego wyżej Rozporządzenia MOŚZNiL wynosi w $\mu\text{g/l}$, dla Zn — 2000 i Pb — 500.

Służba hydrogeologiczna ZGT prowadzi systematyczne pomiary objętości przepływów w istotnych dla kopalni przekrojach koryta Luszówki, Wodnej i Chechła. Przepływy w przekrojach usytuowanych na odcinkach Wodnej, oraz poniżej jej ujścia na Luszówce, charakteryzują się dużą zmiennością w poszczególnych latach, a w czasie pobierania próbek wód znacznie odbiegały od średniej wielkości przepływu z 10 kolejnych lat (Szuwarzyński & Kryza, 1994). Obliczone, na podstawie pomiarów przepływów wykonanych w latach 1992–1994, szacunkowe ładunki metali transportowanych i lokowanych w Chechle przez wody Luszówki i Wodnej wynoszą dla Zn ok. 930g/h i dla Pb ok. 115g/h. Polskie przepisy, chroniące wody powierzchniowe, nie regulują wielkości dopuszczalnych ładunków metali deponowanych w rzeckach lub zbiornikach wodnych.

Przytoczone dla porównania normy obowiązujące w Niemczech, przewidują graniczne wielkości ładunku metali, składanych przez ścieki w środowisko naturalne, dla cynku 20 g/h, a dla ołowiu 8 g/h lub 2,5 kg Pb/r (Hutter, 1990). Obliczone ładunki Zn i Pb pozwoliły na dokładne ustalenie ognisk zanieczyszczenia wód. Przyjmując za całkowity (= 100%) ładunek metali obliczony w przekroju usytuowanym na granicy strefy ochronnej ZGT (punkt nr 15 ryc. 1) stwierdzono, że główna część ładunku Zn i Pb (ok. 70%), niesiona jest przez wody kopalniane, reszta (ok. 27%) pochodzi z odcieków ze stawów osadowych. Udział naturalnej, a więc nie będącej efektem działalności górnictwa, ilości cynku i ołowiu w całkowitym ładunku poszczególnych metali składanych w Chechle nie przekracza 3%.

Pozostałe, zbadane składniki I grupy szkodliwości, jak Cd, Cu i Cr występują w nieznacznych ilościach, poniżej lub na granicy oznaczalności metody analitycznej, wynoszącej w $\mu\text{g/l}$, dla Cd — 3, Cu — 5 i Cr — 10, przy dopuszczalnym stężeniu w wodach I klasy czystości w $\mu\text{g/l}$, Cd — 5, Cu — 50. Większe ilości chromu (maks. 80 $\mu\text{g/l}$) stwierdzono jedynie w nie sączonych próbkach, zrzucanych wód podszadzkowych. Rozporządzenie MOŚZNiL dopuszcza obecność chromu w ilości od 50–100 $\mu\text{g Cr/l}$ w I i II klasie czystości.

II grupa pierwiastków toksycznych, spośród których zba-

dano Fe, Mn, Ti, Mo i Ba, to pierwiastki o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia środowiska biologicznego. Żelazo w wodach Luszówki i Wodnej, występuje w formie rozpuszczonej w niewielkich ilościach (< 10–380 $\mu\text{g/l}$), co pozwala na sklasyfikowanie tych wód w I klasie czystości. Natomiast stężenie żelaza całkowitego (w próbkach nie sączonych), mierzone w trakcie zrzutu wód podszadzkowych wynosi średnio 3700 $\mu\text{g/l}$, co klasyfikuje te wody — podobnie jak roztwory przesiąkające ze stawów, zawierające średnio 1440 $\mu\text{g/l Fe}$ — do grupy ścieków przemysłowych.

Stężenie manganu w wodach Luszówki i Wodnej, wynoszące od 13 do 300 $\mu\text{g/l}$, pozwala zaliczyć je do wód I i II klasy czystości. Całkowity ładunek Mn, lokowany w Chechle przez wody dorzecza Luszówki i Wodnej, wynosi ok. 167 $\mu\text{g Mn/h}$. W tej ilości, ok. 40% ładunku to Mn pochodzący z wód kopalnianych, a ok. 55% pochodzi ze stawów osadnikowych. Udział wód czystych, z części przyźródłowych rzek, w całym ładunku Mn wynosi ok. 5%. Charakterystyczna dla badanych wód, duża zmienność stężenia żelaza i manganu jest wynikiem podatności tych składników na zmieniające się warunki zewnętrzne. Żelazo i mangan to pierwiastki mobilne w środowisku redukcyjnym, a bezwładne w środowisku utleniającym. W badanej sytuacji, zarówno żelazo jak i mangan występujące w formie rozpuszczonej w wodach kopalnianych, po ich wypompowaniu na powierzchnię i połączeniu ze świeżą, dobrze natlenioną wodą powierzchniową bardzo szybko ulegają utlenieniu i wytrąceniu do osadu.

Tak samo przebiega proces wytrącania Fe i Mn z przesiąkających roztworów ze stawów osadnikowych. Zmienność stężenia Fe i Mn w badanych wodach może być również spowodowana trudnościami w rozdzieleniu badanych faz „roztwór–faza stała”, a więc w oddzieleniu składnika w formie koloidalnej od rozpuszczonej. Koloidalna forma występowania żelaza to cząstki o rozmiarach < 0,5 μ , podczas gdy w roztworach dwu i trójwartościowe jony Fe mają rozmiar $n \times 10^{-4} \mu$ (Kabata-Pendias & Pendias, 1993). Średnica oczek w filtrach zastosowanych do sączenia wód wynosiła 0,45 μ .

Tytan, w badanych wodach, występował w ilości mniejszej niż granica oznaczalności metody analitycznej, określona na 5 $\mu\text{g/l}$. Nie sączone próbki wód podszadzkowych zawierały średnio 25 $\mu\text{g Ti/l}$.

Stężenie molibdenu w wodach nie przekroczyło 20 $\mu\text{g/l}$, jedynie w wodach obiegu zamkniętego „staw–przepompownia” zaobserwowano podwyższone stężenie Mo w granicach 40–44 $\mu\text{g/l}$. Takie same wyniki uzyskano w trzech kolejnych latach. Dla porównania w USA, dopuszczalna ilość Mo w wodzie pitnej wynosi 2–3 $\mu\text{g/l}$.

Stężenie baru w wodach badanego obszaru jest mało zróżnicowane i mieści się w granicach 50–87 $\mu\text{g Ba/l}$. Normy w Polsce dopuszczają jego obecność w wodzie pitnej w ilości do 1000 $\mu\text{g/l}$.

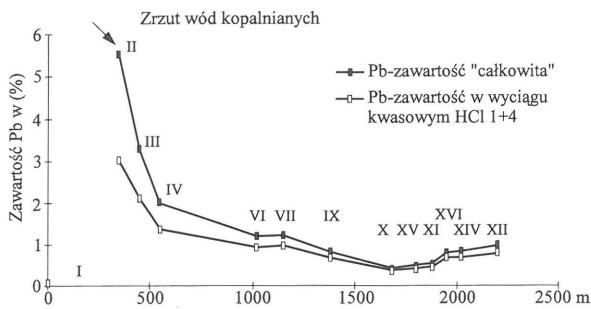
III grupa oznaczanych pierwiastków toksycznych o *średnim stopniu potencjalnego zagrożenia* to V, Ni, Co, As, Li, B i Al. Granica oznaczalności V, Ni, i Co w wodach, przy zastosowanej metodzie analitycznej, wynosi 10 $\mu\text{g/l}$. Analizowane próbki wód nie zawierały więcej niż możliwe do oznaczenia

Tab. 1. Stężenia głównych składników zanieczyszczeń wód powierzchniowych w strefie oddziaływania ZG Trzebieńka

Składniki wód		Zn $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	SO ₄ mg/l
Wskaźniki zanieczyszczeń wód powierzchniowych*		dla kl. I–III <200	dla kl. I–III <50	dla kl. I–III; 150–250
Lokalizacja	Numer próbki	Średnie** stężenie składnika		
Wodna — cz. przyźródłowa	1	147	<30	105
Luszówka — cz. przyźródłowa	2	35	<30	149
Wodna, na odcinku zrzutu wód kopalnianych	13, 14	800	80	188
Staw–przepompownia (wody obiegu zamkniętego)	3, 4	158	60	860
Rowy opaskowe (głównie ocieki)	6, 7, 8, 9	3700	<30	1210
Wodna, na odcinku zrzutu wód kopalnianych i spływu wód z rowów opaskowych	11	830	92	230
Luszówka, na odcinku spływu wód z rowów opaskowych	10	520	30	540
Połączone wody Luszówki i Wodnej	12	670	68	315
Luszówka, na granicy strefy ochronnej ZGT	15	670	82	300
Luszówka przed ujściem do Chechła	18	690	80	265

*wg Rozporządzenia MOŚZNiL Dz. U. Nr 116 poz. 503 z dn. 05.11. 1991 r.

**średnie stężenie z sezonów: 10.1992 r., 05. 1993 r. i 05.1994 r.



Ryc. 4. Zawartość Pb w osadach wodnych w profilu podłużnym rzeki Wodna-Luszkówka

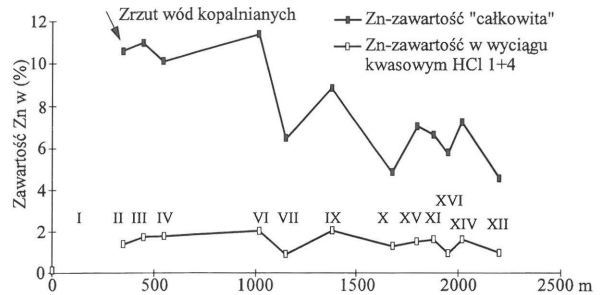
10 $\mu\text{g/l}$ składnika. Większe stężenie niklu obserwowano w wodzie obiegu zamkniętego „staw-przepompownia” oraz w rowach opaskowych. Według Rozp. MOŚZNiL, w I kl. czystości wód dopuszcza się stężenie każdego z tych składników w ilości do 1000 $\mu\text{g/l}$. Pozostałe składniki omawianej grupy pierwiastków nie przekraczają, bądź utrzymują się na granicy oznaczalności metody w $\mu\text{g/l}$, dla As — 40 (dopuszczalne stężenie w I kl. czystości — 50), Li — 20 i Al — 50.

Według Macioszczykowej (1987) w grupie *bardzo ruchliwych składników wód* należy wymienić aniony S, Cl i B oraz kationy Ca, Na, Mg i Sr. W omawianym obszarze, spośród wymienionych i zbadanych w tej grupie składników, tylko siarczany i azotyny występują w stężeniu większym niż dopuszczalne dla I kl. czystości wód. Pozostałe składniki, jak Cl, B, NO_3 , Na i K występują w stężeniach odpowiadających I kl. czystości; inne jak np. Ca, Mg i Sr są całkowicie pominięte w Rozporządzeniu MOŚZNiL, z listopada 1991 r. Zanieczyszczenie wód azotynami nie jest spowodowane działalnością górnictw. Źródłem azotynów są zanieczyszczone wody potoku Balinówki, będącej dopływem Luszkówki, oraz ścieki gospodarstw domowych usytuowanych wzdłuż dolnego odcinka Luszkówki. Wpływ ZGT, w tym również stawów z odpadami flotacyjnymi na zmianę stężenia jonu siarczanowego SO_4^{2-} w wodach Wodnej i Luszkówki przedstawia tabela 1.

Charakterystyka chemiczna osadów wodnych

Rezultaty analiz próbek osadów wodnych potwierdziły wcześniejsze opinie o dużym nagromadzeniu się w nich składników związanych z wydobywaniem i wzbogacaniem rud Zn-Pb (Bojakowska, 1994, 1995; Ciszewski, 1994; Szuwarczyński & Kryza, 1994). Przyjmując jako porównawczy skład chemiczny osadów pobranych w części przyźródłowej obserwuje się — począwszy od punktu zrzutu wód dołowych (pr. II) — wyraźny wzrost zawartości w osadach Zn i Pb, następnie S, Ba, Sr oraz TIC. Składniki te charakteryzują się dużą zmiennością zawartości w poszczególnych próbkach osadów. Niewielkie zmiany, również w porównaniu z osadami przyźródłowej części rzek, można zauważyć w zawartości Fe, Ti, V, Ni, Co i Cr. Widoczny jest wyraźny spadek zawartości TOC, wskaźnika procesów biologicznych. Wykonane badania składu mineralnego metodą dyfrakcji rentgenowskiej wykazały, że zawartość Zn, Pb i S w osadach dennych Wodnej i Luszkówki związana jest wyłącznie z występowaniem w nich galeny i sfalerytu.

Do analizy chemicznej osadów wodnych wykorzystano metodę zastosowaną przy opracowaniu *Atlasu geochemiczne-*



Ryc. 5. Zawartość Zn w osadach wodnych w profilu podłużnym rzeki Wodna-Luszkówka

go Górnego Śląska, szczegółowo opisaną i zarekomendowaną do badań geochemicznych przez zespół pracowników Centralnego Laboratorium Chemicznego PiG (Górecka i in., 1993). Metoda ta opiera się na trawieniu próbek kwasem solnym (HCl 1+4) i według autorów pozwala na wytrawienie Zn i Pb w granicach 80,3–83,5% ich zawartości całkowitej. Autorzy *Atlasu geochemicznego Śląska* (Lis & Pasieczna, 1995), w jego części opisowej pt. *Prace Laboratoryjne piszą: ... W przypadku niniejszego atlasu przedmiotem zainteresowania nie była całkowita zawartość pierwiastków w glebach i osadach wodnych, lecz ta ich część, której źródłem mogły być zanieczyszczenia antropogeniczne....*, oraz dalej ... *W zastosowanym procesie ługowania kwasowego ilości pierwiastków uwalnianych do roztworu w stosunku do ich całkowitej zawartości są różne, w zależności od formy występowania, i wahają się od kilku do 100%*.

Uwzględniając cytowane wyżej informacje, dla uzyskania możliwości porównania wyników badań, wykonano dodatkowe oznaczenie „całkowitej” zawartości Zn, Cd, Pb, Fe i Ag, w pr. I–XVI, stosując rozkład kwasowy próbki wodą królewską. Porównując otrzymane wyniki z rezultatami analiz wykonanych na podstawie próbek trawionych kwasem solnym (HCl 1+4) wykazano, że procentowy udział ługowalnych (w kwasie HCl 1+4) form występowania Zn i Pb, w stosunku do ich zawartości całkowitej wynosi 12–24% dla Zn i 54–80% dla Pb, w zależności od odległości źródła zanieczyszczenia. Zawartość — zarówno całkowitą jak i ługowalną — Zn, Pb, Fe i S w osadach wodnych ilustruje ryc. 1.

Wobec przedstawionych wyżej danych, nasuwają się uwagi odnośnie metod ługowania, stosowanych w analizie chemicznej osadów wodnych, wzbogaconych w minerały siarczkowe. W takich osadach, metoda trawienia kwasem (HCl 1+4) nie daje jednoznacznej i pełnej oceny zawartości metali, których źródłem mogły być zanieczyszczenia antropogeniczne. Opisany problem występuje szczególnie w sytuacji, kiedy są badane osady wodne rzek, do których bezpośrednio są odprowadzane nadmiary wód dołowych z kopalni, eksploatujących siarczkowe złoża polimetaliczne. Sfaleryt i galena, a często także siarczki żelaza, są prekursorami każdej późniejszej formy występowania w osadach wodnych Zn, Cd, Pb, Fe i S, jak również związanych z tymi siarczkami pierwiastków śladowych.

Obserwując zmiany zawartości metali wzdłuż kanału odprowadzającego wody dołowe ZGT można stwierdzić, że szybko spada zawartość ołowiu, wysoka zawartość cynku natomiast utrzymuje się na znacznych odległościach od źródła zanieczyszczenia. Rozkład zawartości ołowiu w przekroju

podłużnym jest bardzo płynny — od wysokich zawartości w miejscu zrzutu do ilości umiarkowanych przy ujściu Luszówki do Chechła (ryc. 4). Inny jest rozkład zawartości cynku (ryc. 5), wraz z związanym z nim geochemicznie kadmem. Zmiany mają charakter skokowy o tendencji malejącej.

Takie same rezultaty badań otrzymał Ciszewski (1994), obserwując występowanie dużych koncentracji Zn i Cd (a więc i sfalerytu) we frakcji 0,63 mm, w miejscach znacznie oddalonych od źródła zanieczyszczenia. Badania rozkładów zawartości metali, w charakterystycznych punktach przekroju poprzecznego, prowadzone przez Ciszewskiego, tłumaczą skokowy charakter rozkładu zawartości cynku, w przekroju podłużnym cieków. Wynika on m.in. z trudności w reprezentatywnym opróbowaniu osadów. Sfaleryt, będący źródłem cynku w osadach, jest lżejszy od galeny i występuje w przekroju poprzecznym bardzo nierównomiernie, w zależności od lokalnych zmian warunków sedymentacji.

W badanych osadach, w zdecydowanej większości nie stwierdzono rtęci (<0,01 ppm). Występowanie tego pierwiastka (1,15 ppm) wykryto jedynie w próbce osadu dennego rzeki Chechła, powyżej dopływu Luszówki (pr. XIII). W tej samej próbce stwierdzono duże ilości Ag (28 ppm), P (0,185%), i As (80 ppm) oraz toksycznego związku organicznego — toluenu (6,8 µg toluenu w 1 g osadu). Nagromadzenie w osadzie Hg, As, Ag i szkodliwych związków organicznych może wynikać z obecności, w miejscu pobrania próbki, dużej ilości węgla organicznego (4,81% TOC) o właściwościach sorpcyjnych.

Podsumowanie

Reasumując powyższe, oddziaływanie ZGT na jakość wód Luszówki i Wodnej jest bardzo duże. Bezpośrednie odprowadzanie do tych rzek wód kopalnianych oraz odcieków ze stawów degraduje przyźródłowe — znajdujące się w I kl. czystości wód — odcinki Luszówki i Wodnej, w ich środkowym i dolnym biegu do grupy ścieków przemysłowych. Efektem końcowym jest wnoszenie przez wody Luszówki w środowisko wodne Chechła — w ciągu 1 godziny — ładunku ok. 930g Zn, 115g Pb i ok. 130 kg S. Cynk i ołów oraz jony siarczanowe to główne składniki, których stężenia w wodach Luszówki są niepokojąco wysokie. W ostatnich latach ZGT podjęły praktyczne działania dla zmniejszenia odcieków ze stawów osadnikowych (ok. 30 % ładunku Zn i Pb oraz ok. 55 % SO_4^{2-} i Mn), poprzez uszczelnienie brzegów stawów (głównie stopy obwałowania) i obniżenia zwierciadła wody nadosadowej. Prowadzone są badania nad poprawą procesu przeróbki wydobytego urobku. Systematycznie jest eliminowana ilość zawiesziny w wodach kopalnianych. Prawdopodobnie, pozytywnym efektem tych działań było zmniejszenie w 1994 r., w stosunku do lat poprzednich, stężeń Zn, Mn oraz SO_4^{2-} . Zostało to stwierdzone w wodach rowów opaskowych (pkt. 7 i 8, ryc. 1).

Jednak o faktycznym skutku czynionych zabiegów można będzie powiedzieć dopiero po ewentualnym powtórzeniu analiz w latach następnych. Zatem celowe wydaje się przyjęcie obliczonych wielkości ładunków cynku, ołowiu oraz jonów siarczanowych, jako porównawczych, dla przyszłych obserwacji zmian w ilości tych składników, odprowadzanych poza teren kopalni i składanych w Chechle. Skład

chemiczny i mineralny badanych osadów wodnych, charakterystyczny dla rejonów wydobywania rud Zn-Pb, był i jest kształtowany przez osadzanie się zawiesziny wód kopalnianych i odcieków ze stawów.

Na badanych odcinkach rzek, których koryta są kanałami odprowadzającymi wody kopalniane, brakuje warunków do tworzenia się klasycznych form aluwialnych. Można zatem postawić tezę, że występujące w kanale osady są świeże i regularnie odnawiane. Tak postawiona teza tłumaczy występowanie różnic pomiędzy całkowitą i ługowalną częścią zawartości Zn, Pb oraz innych metali. Druga teza, również prawdopodobna, wskazuje na możliwość jednorazowego zanieczyszczenia dna Wodnej w przeszłości, poprzez zdeponowanie nadawy w miejscu zrzutu wód dołowych (pr. II).

Obydwie tezy należałoby jednak sprawdzić poprzez zbadanie historii tworzenia się osadów, w tym ustalając ich miąższość. Oczyszczenie dna cieków Wodnej oraz Luszówki z osadów o dużej koncentracji Zn i Pb jest obecnie niemożliwe, a nawet niewskazane. Wybranie bowiem osadów z cieku wypełnionego wodą spowodowałoby uruchomienie zalegających na stosunkowo niewielkim obszarze metali ciężkich. Nieznana jest ponadto wielkość zasobów osadów zawierających dużą ilość metali. Słuszne wydaje się zaprojektowanie dalszych badań, w celu określenia rozprzestrzenienia i miąższości osadów dennych, wzbogaconych w metale oraz ich wpływu na środowisko. Celowe jest szczegółowe zbadanie wód i osadów dorzecza Chechła na odcinku od jeziora Chechło do ujścia Luszówki.

Decydujący wpływ na skład chemiczny osadów Chechła powyżej ujścia Luszówki mają: Zakłady Metalurgiczne, Rafineria Ropy, ZSO Górka, Zakłady Tłuszczowe oraz ścieki komunalne Trzebini (Szuwarzyński & Kryza, 1994).

L i t e r a t u r a

- BOJAKOWSKA I. 1994 — Instr. Met. Bad. Geol. PIG, 53: 24, 25, 89, 112.
 BOJAKOWSKA I. 1995 — Ibidem, 55: 33, 34.
 CISZEWSKI D. 1994 — Prz. Geol., 42: 116–121.
 GÓRECKA E., BELLOK A. & KIBITLEWSKI S. 1995 — Badanie stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebina–Chrzanów (poz. pl. 2.19.5022.02.0). CAG PIG, nr inw. 1303/95, Warszawa.
 GÓRECKA E., HNATYSZAK K. & PASŁAWSKI P. 1993 — Prz. Geol., 41: 719–721.
 HUTTER L.A. 1990 — Wasser und Wasseruntersuchung. Verlag Salle, Frankfurt/M: 163–178.
 KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS H. 1979 — Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geol.
 KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS H. 1993 — Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN.
 LIS J., PASIECZNA A. 1995 — Atlas geochemiczny Górnego Śląska, w skali 1 : 200 000. Wyd. Geol.
 MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol.
 Stan środowiska w Polsce (pr. zbiorowa) 1993 — PIOŚ, Centrum Informacji o Środowisku GRID. Warszawa; 72.
 SZUWARZYŃSKI M. & KRYZA A. 1993 — Prz. Geol., 41: 629–633.
 SZUWARZYŃSKI M. & KRYZA A. 1994 — [W]: Górecka E. i in. 1995. Badania stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebina–Chrzanów (poz. pl. 2.19.5022.02.0). CAG PIG, nr inw. 1303/95, Warszawa.
 Zarys ekotoksykologii (pr. zbiorowa) 1995 — EKO-Pharma. Gdańsk; 247.