

Witold NOCOŃ

Instytut Podstaw inżynierii Środowiska PAN
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy

Przedstawiono wyniki badań zawartości metali ciężkich w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. Badaniami objęto następujące rzeki: Bytomkę, Czarniawkę oraz Potok Toszecki. Badania wykazały najwyższą zawartość metali ciężkich w osadach dennych Bytomki. Na nieco niższym poziomie odnotowano stężenia pierwiastków toksycznych w osadach dennych Czarniawki, natomiast najniższe w Potoku Toszeckim. Zgodnie z klasyfikacją LAWA, osady denne Bytomki i Czarniawki mogą być sklasyfikowane jako silnie zanieczyszczone/zanieczyszczone. Natomiast zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony, jedynie osady Bytomki są zaliczane do zanieczyszczonych. Ponadto wysokie stężenia Zn, Pb i Cd w górnym biegu Bytomki są wynikiem oddziaływania przemysłu wydobywczego rud cynkowo-olowiowych, który tam się rozwijał do końca XIX wieku. Wyniki badań zawartości metali ciężkich w osadach wybranych dopływów Kłodnicy wskazują również na konieczność objęcia monitoringiem niewielkich dopływów tej rzeki, gdyż w okresach wezbrań powodziowych duża część materiału zgromadzonego w osadach zostaje uruchomiona i przetransportowana w niższe partie zlewni, przyczyniając się tym samym do wtórnego zanieczyszczenia rzek. Stan obecny jest przyczyną klęski ekologicznej w obrębie zlewni rzeki Kłodnicy.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, osady denne, zlewnia Kłodnicy

Wstęp

Osady wód powierzchniowych powstają w wyniku sedymentacji na dnie rzek lub zbiorników wodnych autochtonicznego materiału utworzonego w miejscu sedymentacji oraz materiału allochtonicznego powstałego poza obszarem sedymentacji. Materiał autochtoniczny stanowią wytrącające się z wody substancje nieorganiczne i organiczne, np. węglan wapnia, wodorotlenki żelaza i manganu, związki fosforu oraz opadające na dno obumarłe organizmy roślinne i zwierzęce. Natomiast materiał allochtoniczny to przede wszystkim piaski, muły i żwiry, które powstają w wyniku niszczenia dna oraz brzegów rzek i jezior, oraz zawiesiny mineralne i organiczne, przemieszczane do wód powierzchniowych ze spływem powierzchniowym, z wodami dopływów, ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi [1].

Centralna część Wyżyny Śląskiej (zwana Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym) to najsilniej przekształcony przez gospodarkę teren Polski [2, 3]. W wyniku powierzchniowej i wgłębnej eksploatacji górniczej, urbanizacji oraz różnorodnej działalności przemysłowej nastąpiły na tym obszarze nieodwracalne zmiany w śro-



dowisku geograficznym [4]. Eksploatacja surowców mineralnych spowodowała nie tylko intensywny rozwój przemysłu, lecz także masowy napływ ludności [2].

Cieki przepływające przez centralną część GOP-u charakteryzują się bardzo wysokimi wskaźnikami zanieczyszczeń pochodzących ze ścieków przemysłowych i bytowo-gospodarczych [4-6]. Metale ciężkie ze względu na powszechność ich stosowania w różnych dziedzinach życia są szczególnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego [7]. Na skutek procesów samooczyszczania, charakterystycznych dla wód powierzchniowych, rozpuszczalne formy metali ciężkich w procesach sorpcji, a następnie sedymentacji trafiają do osadów dennych, w wyniku czego następuje poprawa jakości wody oraz zwiększenie ilości metali ciężkich w osadach [1].

Skład chemiczny osadów wód powierzchniowych, w tym także zawartość w nich składników szkodliwych dla organizmów żywych, uwarunkowany jest wieloma czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Zależy on głównie od budowy geologicznej zlewni, geomorfologii oraz warunków klimatycznych, które decydują o przebiegu procesów wietrzenia skał oraz uruchomianiu, migracji i akumulacji pierwiastków w środowisku [1]. Ich zawartość w osadach dennych jest dobrym wskaźnikiem stopnia zanieczyszczenia środowiska wodnego.

Z uwagi na dotychczasowy brak prac dotyczących niewielkich, jednak, jak wykazują badania hydrochemiczne [5, 6], silnie zanieczyszczonych rzek, celem przedstawionych badań była ocena stopnia zanieczyszczenia osadów dennych wybranych cieków zlewni rzeki Kłodnicy (Bytomka, Czarniawka, Potok Toszecki) oraz próba ich sklasyfikowania pod kątem zanieczyszczenia metalami ciężkimi w odniesieniu do klasyfikacji LAWA [8] oraz Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 roku w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony [9].

1. Charakterystyka zlewni Kłodnicy

Teren objęty badaniami to centralna i zachodnia część aglomeracji katowickiej, która położona jest na Wyżynie Śląskiej. Fundamentem geologicznym Wyżyny są węglonośne skały karbońskie. W związku z wydobyciem węgla powstał tu silnie zurbanizowany i uprzemysłowiony Górnośląski Okręg Przemysłowy. Oprócz złóż węgla kamiennego w rejonie objętym badaniami (górny odcinek rzeki Bytomki) zalegają również dolomity zawierające złoża rud cynkowo-ołowiowych, które przez kilkaset lat były eksploatowane [3].

Rzeka Kłodnica jest prawobrzeżnym dopływem Odry. Według danych RZGW Gliwice, długość biegu rzeki wynosi 84 km, a całkowita powierzchnia zlewni rzeki 1125,8 km² [10].

W górnej części biegu Kłodnicy zlokalizowane są duże miasta - Katowice, Ruda Śląska, Mikołów, Świętochłowice, Bytom, Zabrze i Gliwice oraz wiele zakładów przemysłowych, w tym kopalnie węgla kamiennego. Zlewnia rzeki na tym odcinku posiada charakter przemysłowy. Dolny odcinek rzeki, od zapory na zbiorniku Dzierżno Duże do ujścia do Odry w miejscowości Kędzierzyn-Koźle, posiada



zlewnię o charakterze rolniczym. Kłodnica od samych źródeł zanieczyszczona jest ściekami bytowo-gospodarczymi i przemysłowymi. Notuje się przekroczenia stężeń związków azotu i fosforu, ponadnormatywne zasolenie oraz stężenia zawiesin ogólnych [11]. Natomiast zawartość metali ciężkich w osadach dennych jest wyższa niż w osadach rzek z regionów Polski niepoddanych silnej antropopresji, a zawartość ołowiu wskazuje na zanieczyszczenie tym pierwiastkiem [12].

Rzeka Bytomka, o długości 22,0 km i powierzchni zlewni 147,8 km² [13], jest prawobrzeżnym dopływem Kłodnicy. Rzeka nie posiada źródeł naturalnych - początkiem rzeki jest Rów Karbowski, prowadzący ścieki miejskie i przemysłowe [14]. Dalej płynie przez tereny miast Ruda Śląska, Zabrze i Gliwice, gdzie, w dzielnicy Sośnica, uchodzi do Kłodnicy.

Na całym swoim biegu Bytomka przepływa przez obszar silnie zurbanizowany [14], niemal na całej długości jest uregulowana, a jej koryto uszczelnione kamiennym brukiem lub ujęte w betonowy żłób [4]. Bytomka posiada bardzo ubogą sieć rzeczną. Zasilana jest głównie przez wody kopalniane, zrzuty ścieków z zakładów przemysłowych, ścieki komunalne i wody deszczowe [14]. Za pomocą wielu rowów i kolektorów odprowadza się do niej znaczne ilości silnie zanieczyszczonych ścieków, stanowiących 80÷90% jej średniego przepływu [4]. Wody Bytomki są zanieczyszczone zarówno ściekami bytowo-gospodarczymi, jak i przemysłowymi. W Bytomce notuje się ponadnormatywne wartości większości wskaźników fizyczno-chemicznych, w szczególności azotu amonowego, związków fosforu, zawiesiny ogólnej, jonów chlorkowych oraz bardzo niskie stężenia tlenu rozpuszczonego. Wysoka przewodność właściwa wody spowodowana jest silnym zasoleniem odprowadzanych do rzeki wód kopalnianych [5].

Rzeka Czarniawka jest prawobrzeżnym dopływem Kłodnicy. Długość rzeki wynosi 10,5 km, a powierzchnia zlewni to tylko 15,5 km² [13]. Źródła Czarniawki znajdują się na terenie miasta Ruda Śląska. Czarniawka przepływa przez południowe dzielnice miasta Zabrze oraz tereny przemysłowe należące do KWK „Makoszowy”. Uchodzi do Kłodnicy w miejscowości Gliwice-Sośnica.

Główna część zlewni rzeki to tereny przemysłowe. Już na początku biegu Czarniawka jest odbiornikiem ścieków bytowo-gospodarczych z terenu miasta Ruda Śląska. Następnie do rzeki odprowadzane są ścieki bytowe z osiedli mieszkaniowych położonych w bezpośrednim sąsiedztwie ciek, ścieki przemysłowe z terenu nieistniejącej już KWK „Zabrze-Bielszowice” oraz innych zakładów przemysłowych, a także ścieki (w tym również pył węglowy i wody dołowe) z terenu KWK „Makoszowy” [6]. Czarniawka jest niewielkim ciekim i nie posiada żadnych naturalnych dopływów mogących wpływać na jakość jej wód. Rzeka zasilana jest w głównej mierze przez zrzuty ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych. Podobnie jak w Bytomiu, obserwowane są podwyższone zawartości azotu amonowego i związków fosforu. Na szczególną uwagę zasługują bardzo wysokie stężenia pyłu węglowego, oznaczonego jako zawiesina ogólna, oraz przewodność właściwa wody w przyujściowym odcinku rzeki [6].

Potok Toszecki to kolejny prawobrzeżny dopływ Kłodnicy. Długość całkowita rzeki to 16,4 km, powierzchnia zlewni Potoku Toszeckiego wynosi 100 km² [15]. Ma on swój początek powyżej wsi Sarnów. Posiada kilka dopływów, których część



stanowią okresowo wysychające rowy melioracyjne. Zlewnia Potoku Toszeckiego ma charakter rolniczy. Obszar zlewni w ponad 80% zajmują użytki rolne, a około 15% powierzchni to lasy [14]. Na granicy wsi Słupsko i Niewiesz Potok Toszecki wpada do zbiornika wyrównawczego „Słupsko”, a następnie, poniżej wsi Niewiesz, do zbiornika „Pławniowice”. Brak zakładów przemysłowych w zlewni Potoku Toszeckiego powoduje, że wody rzeki są znacznie mniej zanieczyszczone w porównaniu z Bytomką i Czarniawką. Jedynie związki azotu i fosforu występują w wyższych stężeniach, które charakterystyczne są dla terenów rolniczych [16].

2. Metodyka badań

Badaniami objęto wybrane dopływy Kłodnicy. Na każdej z rzek objętej badaniami wyznaczono pięć stanowisk poboru próbek. Lokalizację poszczególnych stanowisk przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 1.

Tabela 1

Lokalizacja stanowisk poboru próbek osadów dennych

Rzeka	Stanowisko	Lokalizacja	km biegu
Bytomka	1	Ruda Śląska/Bytom	4,9
	2	Zabrze	10,8
	3	Zabrze	15,8
	4	Zabrze	17,8
	5	Gliwice	21,5
Czarniawka	1	Ruda Śląska/Zabrze	1,0
	2	Zabrze	3,6
	3	Zabrze	5,1
	4	Zabrze	7,7
	5	Gliwice	10,0
Potok Toszecki	1	Sarnów	1,7
	2	Toszek	5,3
	3	Boguszyce	8,5
	4	Słupsko/Niewiesz	12,0
	5	Niewiesz	14,4

Próbki osadów dennych pobierano ze strefy przybrzeżnej z głębokości do 5 cm w miejscach, gdzie możliwa jest sedymentacja materiału zawieszonoego (np. wsteczne prądy, spowolnienie nurtu). Materiał badawczy pobrano w 2004 roku (styczeń, marzec - Bytomka; luty, marzec - Czarniawka; kwiecień - Potok Toszecki). Proces przygotowania próbek osadów dennych do oznaczenia zawartości metali obejmował przesiewanie przez sito o średnicy oczek 1 mm i suszenie w temp. 105°C do stałej masy. Mineralizacja prowadzona była w roztworze kwasu solnego [17], próbki sączono przez twardy sączek, a następnie w uzyskanych przesączach oznaczano stężenia metali ciężkich (Zn, Pb, Cu, Ni, Cr, Cd) oraz Fe i Mn metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej w aparacie firmy Perkin-Elmer. Zawartość metali w osadach dennych wyrażono w mg kg⁻¹ suchej masy (Fe w g kg⁻¹).





Klasyfikacji osadów dennych dokonano zgodnie z klasyfikacją LAWA [8], która w przeciwieństwie do obowiązujących w naszym kraju przepisów dotyczących zanieczyszczenia osadów dennych metalami ciężkimi [9] dzieli osady na klasy czystości w miarę wzrastających zawartości metali ciężkich. Na szeroką skalę oceny zanieczyszczenia osadów dennych Odry podjęła się Helios-Rybicka [18] w oparciu o powyższą klasyfikację. W związku z tym celowym jest odniesienie się do niej, dokonując próby klasyfikacji osadów dennych zlewni Kłodnicy. Przedyskutowano również zawartość metali ciężkich w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 roku w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony.

Klasyfikacja LAWA (tab. 2) obejmuje 7 klas czystości, zależnie od zawartości metali ciężkich. Przyjmuje się, iż zawartość metali w suchej masie osadów dla klas I oraz I-II jest na poziomie tła geochemicznego, natomiast klasy od II do IV świadczą o wzrastającym wpływie antropogenicznym na zanieczyszczenie osadów rzek, a tym samym całego ekosystemu wodnego.

Tabela 2

Klasyfikacja LAWA

	Klasa czystości						
	I	I – II	II	II – III	III	III – IV	IV
Cynk, mg kg ⁻¹	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	≤ 3200	> 3200
Ołów, mg kg ⁻¹	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Miedź, mg kg ⁻¹	≤ 20	≤ 40	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	> 640
Nikiel, mg kg ⁻¹	≤ 30	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960	≤ 960
Chrom, mg kg ⁻¹	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	≤ 1280	≤ 2560	≤ 2560
Kadm, mg kg ⁻¹	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	≤ 9,6

Klasa I	Niezanieczyszczone
Klasa I – II	Niezanieczyszczone / Umiarkowanie zanieczyszczone
Klasa II	Umiarkowanie zanieczyszczone
Klasa II – III	Umiarkowanie zanieczyszczone / Mocno zanieczyszczone
Klasa III	Mocno zanieczyszczone
Klasa III – IV	Mocno / Bardzo mocno zanieczyszczone
Klasa IV	Bardzo mocno zanieczyszczone

Stężenia substancji, które powodują, że urobek z pogłębienia zbiorników wodnych, cieków naturalnych, kanałów itp. jest zanieczyszczony [9], podano w tabeli 3.



Tabela 3

**Stężenia metali ujęte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r.,
które powodują, że osady są zanieczyszczone**

Metal	Wartość progowa
Cynk	w stężeniu równym lub wyższym 1000 mg/kg suchej masy
Ołów	w stężeniu równym lub wyższym 200 mg/kg suchej masy
Kadm	w stężeniu równym lub wyższym 7,5 mg/kg suchej masy
Chrom	w stężeniu równym lub wyższym 200 mg/kg suchej masy
Miedź	w stężeniu równym lub wyższym 150 mg/kg suchej masy
Nikiel	w stężeniu równym lub wyższym 75 mg/kg suchej masy

3. Wyniki badań

Zawartość metali ciężkich, również w odniesieniu do klasyfikacji LAWA, w osadach dennych wybranych cieków zlewni Kłodnicy zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Zawartość metali ciężkich w osadach dennych dopływów Kłodnicy

pierwiastek		Zn	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
jednostka		mg kg ⁻¹							g kg ⁻¹
Bytomka									
Stanowisko	1	1775	277	6,1	17	127	26	580	13,9
	2	1900	287	5,7	15	89	21	619	13,5
	3	1010	216	3,7	12	40	15	556	9,3
	4	1460	257	4,7	15	60	21	694	11,4
	5	1060	131	2,7	25	42	11	294	7,3
Czarniawka									
Stanowisko	1	1050	143	4,0	38	90	25	613	7,4
	2	375	63	1,7	15	39	11	235	4,5
	3	131	14	0,6	9	7	4	67	2,6
	4	349	289	1,4	5	22	39	973	42,1
	5	80	33	0,4	4	ppo.	8	185	5,0
Potok Toszecki									
Stanowisko	1	175	56	2,6	11	10	15	650	16,4
	2	100	17	0,6	8	6	6	550	8,8
	3	100	5	0,3	3	3	2	75	3,6
	4	50	5	0,7	3	2	4	100	5,3
	5	25	2	0,3	2	ppo.	ppo.	150	2,7

ppo. - poniżej poziomu oznaczalności



3.1. Bytomka

Zawartość cynku w osadach dennych Bytomki zmieniała się od ponad 1000 do blisko 2000 mg/kg s.m. Zauważyć można, iż wyższą zawartość tego pierwiastka wykazywały osady pobrane w górnym odcinku rzeki. Stężenie ołowiu zmieniało się od ponad 130 do prawie 290 mg/kg s.m. W odcinku przyujściowym rzeki zanotowano niższą zawartość tego pierwiastka w osadach dennych. Zawartość kadmu zmieniała się od 2,7 do 6,1 mg/kg s.m. Chrom występował w stężeniach od 11,5 do prawie 25 mg/kg s.m. Zawartość miedzi wahała się od 40 do prawie 130 mg/kg s.m., niklu natomiast od 11 do 26 mg/kg s.m. Mangan występował w stężeniach od ok. 300 do prawie 700 mg/kg s.m. Żelazo natomiast występowało w ilościach od 7,3 do 13,9 g/kg s.m. W rzece Bytomce obserwowano najwyższe, w porównaniu z pozostałymi ciekami, stężenia cynku, ołowiu i kadmu. Porównując wyniki badań z klasyfikacją LAWA, można stwierdzić, że osady Bytomki są silnie zanieczyszczone tymi metalami. Obecność podwyższonych ilości tych pierwiastków wiąże się z występowaniem na terenie zlewni rzeki eksploatowanych wcześniej złóż rud cynku, ołowiu, a także współwystępującego kadmu oraz lokalizacją hałd pochodzących z tego rodzaju eksploatacji górniczej. Odnosząc wyniki badań do Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony, jedynie zawartość cynku i ołowiu wskazuje na to, że osady są zanieczyszczone.

3.2. Czarniawka

Zawartość cynku w osadach Czarniawki zmieniała się od 80 do ponad 1000 mg/kg s.m. Obserwowano tendencję spadku zawartości tego pierwiastka z biegiem rzeki. Stężenie ołowiu wahało się w granicach 14 do prawie 289 mg/kg s.m. Na stanowisku 4 notowano znaczny wzrost zawartości ołowiu w osadach dennych. Stężenie kadmu wahało się w granicach od 0,4 do 4,0 mg/kg s.m. Również w przypadku tego pierwiastka obserwowany jest spadek stężenia z biegiem rzeki. Chrom w osadach dennych występował w ilościach od 4 do 38 mg/kg s.m. Wyrażna jest tendencja spadku zawartości tego metalu z biegiem rzeki. Również taka tendencja obserwowana jest w przypadku zawartości miedzi, z niewielkim wzrostem zawartości na stanowisku 4. Jej stężenia zmieniały się od wartości poniżej progu oznaczalności (ok. 1 mg/kg s.m.) do 90 mg/kg s.m. Zawartość niklu w osadach rzeki zmieniała się od 4 do 39 mg/kg s.m. Wyraźny wzrost zawartości tego pierwiastka notowano na stanowisku 4. Zawartość manganu zmieniała się od 67 do ponad 970 mg/kg s.m. Bardzo duży wzrost koncentracji manganu obserwowano na stanowisku 4. Żelazo występowało w ilościach od 4 do 42 g/kg s.m. Również w przypadku tego metalu największą jego zawartość notowano na stanowisku 4. Znaczny wzrost zawartości ołowiu i niklu oraz żelaza i manganu, a w mniejszym stopniu również cynku, kadmu i miedzi można wytłumaczyć ich zawartością w pyłe węglowym wprowadzanym do rzeki powyżej stanowiska 4. Odnosząc się do klasyfikacji LAWA, osady Czarniawki wykazują podwyższone zawartości cynku, ołowiu oraz kadmu. Jednakże w odniesieniu do Rozporządzenia Ministra Środowiska z 16 kwietnia 2002 r. traktować je można jako zanieczyszczone jedynie punktowo.



3.3. Potok Toszecki

Stężenie cynku zmieniało się od 25 do 175 mg/kg s.m., ołów występował w stężeniach od 2 do 57 mg/kg s.m. Z biegiem Potoku Toszeckiego notowano obniżenie koncentracji tych pierwiastków w osadach dennych. Stężenie kadmu w osadach Potoku Toszeckiego zmieniało się w zakresie 0,3÷2,6 mg/kg s.m., chrom występował w ilościach 1,5÷11 mg/kg s.m. Badania wykazały zawartość miedzi na poziomie od wartości poniżej poziomu oznaczalności do 10 mg/kg s.m., niklu natomiast zanotowano od 1,3 do 14,5 mg/kg s.m. Badania wykazały zawartość manganu i żelaza odpowiednio 75÷650 mg/kg s.m. oraz 2,7÷16,4 g/kg s.m. Z uwagi na brak przemysłu oraz złóż węgla czy rud metali zawartość oznaczanych pierwiastków w osadach Potoku Toszeckiego przyjęć można jako tło geologiczne. Zarówno klasyfikacja LAWA, jak i Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16 kwietnia 2002 r. pozwalają zaklasyfikować osady Potoku Toszeckiego do niezanieczyszczonych.

4. Dyskusja

Trzy poddane badaniom ciekły prezentują dwa różniące się typy zlewni. Bytomka i Czarniawka to rzeki posiadające zlewnię o charakterze przemysłowym. Natomiast Potok Toszecki zalicza się do rzek o zlewni rolniczej.

Zawartość metali ciężkich w osadach dennych odzwierciedla stan zlewni poszczególnych fragmentów Kłodnicy. Przemysł ciężki, przemysł wydobywczy czy też transport drogowy odpowiedzialne są za zanieczyszczenie środowiska metalami. Wyższe zawartości cynku, kadmu, ołowiu i miedzi notowano w osadach rzeki Bytomki. W odniesieniu do klasyfikacji LAWA zawartość metali ciężkich w osadach dennych zarówno w Bytomce, jak i Czarniawce jest na poziomie świadczącym o silnym zanieczyszczeniu rzek. Biorąc jednak pod uwagę wartości progowe podane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 roku, jedynie osady Bytomki oraz w bardzo ograniczonym zakresie Czarniawki można uznać za zanieczyszczone metalami ciężkimi. Notowano również spadek koncentracji metali ciężkich z biegiem rzeki. Bytomka i Czarniawka posiadają bardzo zbliżone zlewnie, biorąc pod uwagę lokalizację zakładów przemysłowych. Wyraźną różnicę w charakterze zlewni zaobserwować można w rzece Czarniawce w przyujściowym jej odcinku. Dopływ ścieków z terenu kopalni węgla kamiennego, w tym przede wszystkim dużych ilości pyłu węglowego, przyczynia się do zmiany składu jakościowego osadów. Obserwuje się znaczny wzrost zawartości metali ciężkich - ołowiu i niklu oraz manganu i żelaza.

Osady denne w Potoku Toszeckim prezentują odmienny skład ilościowy. Zauważyć można znacznie niższe stężenia wszystkich spośród oznaczanych metali ciężkich. Na terenie zlewni Potoku Toszeckiego nie działają żadne większe zakłady przemysłowe, sieć dróg jest znacznie uboższa, a budownictwo mieszkaniowe to w przeważającej części zabudowa niska i rozproszona. Można zatem przyjąć, iż



poziom zawartości metali ciężkich w osadach dennych Potoku Toszeckiego stanowi lub nieznacznie przekracza wartości tła geochemicznego tych obszarów Polski. Potwierdzają to badania Lisa i Pasicznej [17]. Należy również wspomnieć, że Potok Toszecki nie jest bezpośrednio połączony z rzeką Kłodnicą. W jego dolnym biegu utworzono dwa zbiorniki zaporowe - większy, zbiornik Pławniowicki już od kilkudziesięciu lat jest miejscem akumulacji zanieczyszczeń niesionych z wodami Potoku Toszeckiego, mniejszy natomiast, powstały kilka lat temu, oprócz funkcji wyrównawczej w stosunku do zbiornika Pławniowickiego, spełnia również rolę „osadnika wstępnego”, kumulując pewne ilości zanieczyszczeń i biogenów, pochodzących głównie z miasta Toszek. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych Potoku Toszeckiego nie przedstawia obecnie żadnego zagrożenia dla środowiska.

Zawartość niklu i chromu w osadach wszystkich rzek ujętych w niniejszym opracowaniu jest na poziomie tła geochemicznego. Żelaza i manganu nie traktuje się jako zanieczyszczeń niekorzystnie oddziałujących na środowisko. Jednak biorąc pod uwagę ich podwyższoną koncentrację w osadach dennych oraz zdolności sorpcyjne w stosunku do metali ciężkich ich zawartość na stwierdzonym poziomie może świadczyć o zanieczyszczeniu rzeki.

5. Podsumowanie

Geograficzne położenie badanych rzek odgrywa decydującą rolę w opisie charakteru zlewni. Czarniawka i Bytomka przepływają przez jedną z najbardziej uprzemysłowionych części Polski. Zakłady przemysłowe, zwarta zabudowa mieszkaniowa oraz przemysł górnictwa węglowego odpowiadają za silne zanieczyszczenie wód powierzchniowych. Obserwowany od wielu lat stale obniżający się poziom zwierciadła wód gruntowych oraz coraz częstsze susze w okresie letnim powodują, iż nieraz ponad 90% przepływu tych rzek stanowią różnego rodzaju ścieki [4]. Zabudowa koryt rzek zlewni Kłodnicy, ich skanalizowanie i zmniejszenie powierzchni naturalnych terenów zalewowych (m.in. prawie całkowita likwidacja terenów podmokłych w dolinach rzek) powodują, iż w okresie intensywnych opadów deszczu często występują wezbrania wody, mające charakter powodziowy. Stan taki jest szczególnie niebezpieczny, biorąc pod uwagę skażenie osadów dennych pierwiastkami toksycznymi. Fala powodziowa powoduje ponowne uwolnienie zdeponowanych w osadach dennych metali ciężkich, ich przemieszczanie z biegiem rzek i ponowną sedymentację niejednokrotnie poza obrębem koryta rzeki, co stanowi poważne niebezpieczeństwo dla tysięcy ludzi mieszkających w najbliższym jego sąsiedztwie. Brak kompleksowych rozwiązań problemów gospodarki wodno-ściekowej oraz bagatelizowanie istniejącego stanu jest przyczyną klęski ekologicznej obserwowanej na terenie zlewni Kłodnicy.

Należy podjąć w najbliższym czasie działania zmierzające do poprawy istniejącego stanu zlewni Kłodnicy. Głównym kierunkiem działań winno być uregulowanie gospodarki wodno-ściekowej. Niespełnienie tego warunku uniemożliwia po-



dejmowanie jakichkolwiek działań zmierzających do przywrócenia Kłodnicy i jej dopływom stanu zbliżonego do naturalnego.

Wnioski

1. Osady Bytomki ze względu na zawartość cynku, ołowiu, i kadmu klasyfikuje się jako zanieczyszczone lub silnie zanieczyszczone (w zależności od przyjętej metody klasyfikacji).
2. Zgodnie z klasyfikacją LAWA również osady rzeki Czarniawki traktować można jako zanieczyszczone. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 16 kwietnia 2002 roku osady Czarniawki jedynie w niewielkim stopniu mogą być traktowane jako zanieczyszczone.
3. Wyższe stężenia cynku, ołowiu i kadmu w osadach górnego odcinka Bytomki są prawdopodobnie wynikiem oddziaływania przemysłu wydobywczego rud cynkowo-ołowiowych, który istniał w zlewni rzeki przez kilkaset lat.
4. Obecnie nie może być mowy o zanieczyszczeniu metalami ciężkimi osadów dennych Potoku Toszeckiego. W osadach dennych tej rzeki zawartość metali jest na poziomie tła geochemicznego.
5. Celowe wydaje się objęcie stałym monitoringiem niewielkich dopływów Kłodnicy, gdyż mogą one w przyszłości stanowić istotne źródło zanieczyszczenia niżej położonych obszarów zlewni.

Literatura

- [1] Bojakowska I., Gliwicz T., Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000- 2002, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2003.
- [2] Jankowski A.T., Rzętała M., Wyzyna Śląska i jej obrzeża - stan i antropogeniczne zmiany jakości wód powierzchniowych, [w:] Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce (pod red. J. Burcharda), Wydawnictwo UŁ, Łódź 2000.
- [3] Kondracki J., Geografia regionalna Polski, WN PWN, Warszawa 1998.
- [4] Czaja S., Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej), Wydawnictwo UŚ, Katowice 1999.
- [5] Nocoń W., Kostecki M., Hydro-chemical characteristic of the Bytomka River, Arch. Ochr. Środ. 2005, nr 31(1), 31-42.
- [6] Nocoń W., Kostecki M., Hydro-chemical characteristic of the Czarniawka River, Arch. Ochr. Środ. 2005, nr 31(2), 95-104.
- [7] Ryborz-Masłowska S., Moraczewska-Majkut K., Krajewska J., Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych zbiornika w Kozłowej Górze na Górnym Śląsku, Arch. Ochr. Środ. 2000, 26.
- [8] LAWA - Landesarbeitsgemeinschaft Wasser, 1998: Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland - chemische Gewässergüteklassifikation, Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer binnengewässer - Band 2, Berlin.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony, DzU Nr 55, poz. 498.
- [10] Materiały własne RZGW Gliwice, umieszczone na stronie internetowej www.rzgw.gliwice.pl



- [11] Nocoń W., Kostecki M., Kozłowski J., Charakterystyka hydrochemiczna Kłodnicy, Ochr. Środ. 2006, nr 3, 39-44.
- [12] Nocoń W., Zawartość metali ciężkich w osadach dennych rzeki Kłodnicy, J. of Element. 2006, 4, 457-466.
- [13] Pistelok F., Program „Czysta Kłodnica”, Spotkanie warsztatowe „Kłodnica”, 5 października 1995.
- [14] Raport o stanie środowiska w Bytomiu - 2001 r., Wydział Ekologii UM w Bytomiu.
- [15] Kostecki M., Kozłowski J., Domurad A., Zych B., Charakterystyka hydrochemiczna Potoku Toszeckiego w aspekcie oddziaływania na zbiornik zaporowy Pławniowice, Arch. Ochr. Środ. 2001, nr 2, 125-140.
- [16] Kozłowski J., Kostecki M., Nocoń W., Wpływ zmian jakości wody w Potoku Toszeckim w latach 1976-2004 na stopień zanieczyszczenia wody w zbiorniku zaporowym Pławniowice, Ochrona Środowiska 2006, 4, 35-40.
- [17] Lis J., Pasieczna A., Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1995.
- [18] Helios-Rybicka E., Adamiec E., Aleksander-Kwaterczak U., Distribution of trace metals in the Odra River system: Water-suspended matter, Limnologia 2005, 35, 185-198.

Heavy Metals in Bottom Sediments in Selected Tributaries of the Kłodnica River

Research results of heavy metals concentrations in bottom sediments in selected tributaries of the Kłodnica river are showed in this paper. Studies were taken out in the following rivers: the Bytomka, the Czarniawka and the Potok Toszecki. Bottom sediments were collected from five sample points in each river. Research showed the highest heavy metals contamination in bottom sediments of the Bytomka river (Zn up to 1900 mg kg⁻¹, Pb - 287 mg kg⁻¹, Cd - 6.1 mg kg⁻¹, Cu - 127 mg kg⁻¹, Ni - 26 mg kg⁻¹, Cr - 25 mg kg⁻¹, Mn - 694 mg kg⁻¹, Fe - 13.9 g kg⁻¹). Contamination of bottom sediments in the Czarniawka river was a bit lower than in the Bytomka river. Concentrations of Zn - up to 1050 mg kg⁻¹, Pb - 289 mg kg⁻¹, Cd - 4.0 mg kg⁻¹, Cu - 90 mg kg⁻¹, Ni - 39 mg kg⁻¹, Cr - 38 mg kg⁻¹, Mn - 973 mg kg⁻¹, Fe - 42.1 g kg⁻¹ were determined. The lowest heavy metals concentrations was observed in sediments of the Potok Toszecki. Both the Bytomka and the Czarniawka are the rivers with industrial basin area. The Potok Toszecki is the river with agricultural basin. Concentration of heavy metals in this river's sediments is at the level of geochemical background. Concentration of heavy metals in the Bytomka and the Czarniawka bottom sediments shows that these rivers are under strong anthropogenic influence. Classification of bottom sediments according to LAWA shows that the Bytomka and the Czarniawka sediments are strongly contaminated/contaminated. But according to ordinance of Polish Government from 16th April 2002 only the Bytomka river sediments can be classified as contaminated. Moreover, high concentrations of Zn, Pb and Cd in the upper Bytomka bottom sediments are caused by zinc-lead mine industry which was localized there to the end of 19th century. Results of research show the necessity of small tributaries monitoring, because a huge load of contaminants which is deposited in sediments is discharged and transported to the lower parts of river basin during the floods, and it is conducted to secondary basin contamination. The present condition is a reason of ecological disaster which is observed in the area of the Kłodnica river basin.

Keywords: heavy metals, bottom sediments, the Kłodnica basin

