

Krzysztof Barbusiński, Witold Nocon

Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy

Osady w wodach powierzchniowych powstają w wyniku sedymentacji na dnie rzek lub zbiorników wodnych alochtonicznego materiału powstałego poza obszarem sedymentacji oraz autochtonicznego materiału utworzonego w miejscu sedymentacji. Materiał alochtoniczny to przede wszystkim piaski, muły i żwiry, które powstają w wyniku niszczenia dna oraz brzegów rzek i jezior, a także zawiesiny mineralne i organiczne przemieszczane do wód powierzchniowych wraz ze spływami powierzchniowymi i wodami dopływów oraz ściekami przemysłowymi i komunalnymi. Materiał autochtoniczny stanowią natomiast wytrącające się z wody substancje nieorganiczne i organiczne, np. węglan wapnia, wodorotlenki żelaza i manganu, związki fosforu, a także organizmy roślinne i zwierzęce [1].

Na terenie Górnego Śląska obserwowany jest silny wpływ działalności człowieka na stan czystości rzek. Cieki przepływające przez centralną część Górnos Śląskiego Okręgu Przemysłowego charakteryzują się bardzo wysokimi wartościami wskaźników zanieczyszczeń pochodzących ze ścieków przemysłowych i komunalnych [2–5]. Skład chemiczny osadów w wodach powierzchniowych, w tym także zawartość w nich składników szkodliwych dla organizmów żywych, uwarunkowany jest wieloma czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Skład ten zależy głównie od budowy geologicznej zlewni, geomorfologii, a także warunków klimatycznych, które decydują o przebiegu procesów wietrzenia skał oraz uruchamiania, migracji i akumulacji pierwiastków w środowisku [1].

Metale ciężkie, z uwagi na powszechność ich stosowania w różnych dziedzinach gospodarki, stanowią duże zagrożenie środowiska naturalnego. Na skutek procesów samooczyszczania wód powierzchniowych, rozpuszczalne formy metali ciężkich w procesach sorpcji, a następnie sedymentacji przemieszczają się do osadów dennych, w wyniku czego następuje poprawa jakości wody oraz zwiększenie ilości metali ciężkich w osadach [1]. Na obszarach nieuprzemysłowionych obecność potencjalnie szkodliwych pierwiastków w osadach może być jedynie wynikiem wietrzenia i erozji wychodni okruszczonych skał lub płytko zalegających złóż mineralnych, natomiast na terenach uprzemysłowionych podwyższona zawartość pierwiastków śladowych w osadach dennych jest przede

wszystkim wynikiem różnorodnej działalności gospodarczej człowieka prowadzonej na terenie zlewni rzeki lub jeziora [1, 6]. Ich zawartość w osadach jest dobrym wskaźnikiem stopnia zanieczyszczenia środowiska wodnego [1, 7].

Celem badań była ocena zawartości związków wybranych metali (Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni oraz Fe i Mn) w osadach dennych Kłodnicy pod kątem zawartości metali ciężkich. Badaniami objęto odcinek rzeki przepływający przez centralną część konurbacji katowickiej, który poddany jest wyjątkowo silnej antropopresji. W tej części zlewni rzeki zlokalizowane są takie miasta, jak Katowice, Mikołów, Ruda Śląska, Zabrze i Gliwice. Największa w kraju gęstość zaludnienia oraz obecność na tym obszarze wielu zakładów przemysłowych są powodem odprowadzania do wód powierzchniowych znacznych ilości ścieków komunalnych i przemysłowych.

Charakterystyka zlewni

Kłodnica jest prawobrzeżnym dopływem Odry. Całkowita długość rzeki wynosi ponad 80 km, a powierzchnia zlewni ponad 1100 km². Objęty badaniami odcinek rzeki ma długość około 40 km i zlokalizowany jest między Katowicami (dzielnica Brynów) i Gliwicami (dzielnica Łabędy). Kłodnica na tym obszarze przepływa przez tereny miast Katowice, Ruda Śląska, Zabrze i Gliwice. Jednocześnie przyjmuje wody niewielkich, aczkolwiek silnie zanieczyszczonych rzek i potoków: Jamny, będącej „kolektorem ścieków” Mikołowa, Potoku Bielszowickiego, do którego odprowadzane są ścieki komunalne z części obszaru Rudy Śląskiej i południowej części Zabrze oraz ścieki z KWK „Bielszowice”. Kolejnymi dopływami Kłodnicy są Czarniawka – niewielki (ok. 10 km) potok, który – oprócz wprowadzania do Kłodnicy ścieków komunalnych – odpowiada również za zanieczyszczenie rzeki ogromnym ładunkiem pyłu węglowego i silnie zasolonymi wodami dołowymi oraz Bytomka, rzeka mająca swoje źródła na terenie Bytomia, wnosząca do Kłodnicy zanieczyszczenia pochodzące ze ścieków komunalnych oraz silnie zasolone wody dołowe. Szczegółowe dane hydrochemiczne Kłodnicy i jej dopływów znajdują się w pracach [3–5].

Metodyka badań

Na odcinku Kłodnicy objętym badaniami zlokalizowano 8 stanowisk poboru próbek, których lokalizację zawiera tabela 1.

Dr hab. inż. K. Barbusiński: Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Zakład Technologii Wody i Ścieków, ul. S. Konarskiego 18, 44–100 Gliwice, krzysztof.barbusinski@polsl.pl
Mgr inż. W. Nocon: Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41–819 Zabrze, nocon@ipis.zabrze.pl

Tabela 1. Lokalizacja stanowisk poboru próbek osadów dennych
Table 1. Location of sampling sites

Stanowisko	Kilometr biegu rzeki	Lokalizacja
1	3,5	Katowice (Ligota)
2	8,2	Katowice/Ruda Śląska (Kochłowice)
3	14,0	Ruda Śląska (Halemba)
4	17,0	Ruda Śląska (Halemba)
5	21,0	Zabrze/Paniówki
6	29,0	Gliwice (Sośnica)
7	32,0	Gliwice (centrum)
8	40,0	Gliwice (Łabędy)

Stanowisko 1, zlokalizowane w początkowym biegu Kłodnicy, stanowiło punkt odniesienia, gdyż zanieczyszczenia trafiające do rzeki pochodziły przede wszystkim z osiedli mieszkaniowych. Na zanieczyszczenie próbek pobieranych na stanowisku 2 silny wpływ wywierały odpływ z oczyszczalni ścieków oraz zrzuty wód kopalnianych z kopalni KWK „Wujek” Ruch Śląsk (dawnej KWK „Śląsk”). Powyżej stanowiska 3 uchodzi do Kłodnicy największy lewobrzeżny dopływ – potok Jamna, który nadal stanowi odbiornik ścieków z Mikołowa. W zlewni stanowiska 4 pojawiają się zrzuty ścieków bytowo-gospodarczych, przemysłowych i wód dołowych z terenu KWK „Halemba”. Stanowisko 5 zlokalizowane było ok. 1 km poniżej odprowadzenia ścieków oczyszczonych z oczyszczalni „Halemba”. Z uwagi na szybki przepływ wody powyżej stanowiska, kaskadową zabudowę koryta rzeki oraz pewien wpływ odprowadzanych ścieków oczyszczonych obserwuje się intensyfikację procesów samooczyszczania. Najbardziej charakterystycznym źródłem zanieczyszczenia znajdującym się w zlewni stanowiska 6 jest rzeka Czarniawka, do której odprowadzane są ścieki (poflotacyjne i wody dołowe) z terenu KWK „Makoszowy”. Stanowisko 7 zlokalizowano w centrum Gliwic. Wpływ na stan czystości wód Kłodnicy wywiera rzeka Bytomka. W zlewni stanowiska 8 znajduje się centralna część Gliwic oraz odprowadzenie ścieków oczyszczonych z Centralnej Oczyszczalni Ścieków.

Próbki osadów pobrano 3-krotnie (w kwietniu, lipcu i listopadzie 2006 r.) z powierzchniowej warstwy (do 5 cm), zawsze w tym samym punkcie, w miejscu, gdzie możliwe było wytworzenie się warstwy osadów – spowolnienie nurtu lub występowanie prądu wstecznego. Pobraną w ten sposób próbkę wysuszone, przesiano przez sito o oczkach 1 mm i poddano procesowi ekstrakcji jednostopniowej stosując metodykę zaproponowaną w pracy [8]. Stosunek masy próbki do objętości ekstrahenta wynosił 1:10. Zawartość metali ciężkich oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej z zastosowaniem aparatu płomieniowego firmy Perkin-Elmer. Wszystkie wartości odniesiono do suchej masy osadu.

Wyniki badań

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości cynku, ołowiu, kadmu, chromu, miedzi, niklu oraz żelaza i manganu w osadach dennych Kłodnicy.

Zawartość cynku w osadach zmieniała się w zakresie 35÷500 mgZn/kg. Na stanowiskach 1 i 2 nie stwierdzono zmian zawartości cynku w osadach, natomiast jej dużą zmienność zaobserwowano na stanowiskach 3–8.

Ilość ołowiu w osadach dennych wykazywała tendencję wzrostową wraz z biegiem rzeki. Największą zawartość tego metalu notowano na stanowisku 8 (ponad 80 mgPb/kg), a najmniejszą na stanowiskach 1 i 3 (7 mgPb/kg).

W przypadku miedzi, wyraźnie większą jej zawartość w osadach dennych Kłodnicy odnotowano na stanowisku 4. Największą ilość odnotowano w lipcu – 46 mgCu/kg. Środek lata charakteryzował się także największymi wahaniami ilości miedzi – w tym czasie odnotowano również najmniejszą zawartość tego pierwiastka – 1 mgCu/kg. Zmiany zawartości miedzi w osadach nie wykazywały określonej tendencji zmian wraz z biegiem rzeki.

Zawartość niklu w osadach zmieniała się od wartości z poziomu oznaczalności tego pierwiastka (1 mgNi/kg) do 30 mgNi/kg. Osady pobrane wiosną wykazywały większą ilość niklu na gliwickim odcinku Kłodnicy (st. 6 i 8), natomiast w dwóch późniejszych seriach poboru próbek zauważalnie większa zawartość niklu odnotowana była na stanowisku 4.

Również najmniejsza zawartość chromu była na poziomie oznaczalności tego składnika około 1 mg/kg, natomiast największa odnotowana ilość wynosiła 24 mgCr/kg. Zaobserwowano zmniejszenie zawartości chromu wraz z biegiem rzeki na stanowiskach 1–3. Charakterystyczny był wzrost ilości tego pierwiastka na stanowisku 4, wyraźnie mniejsze ilości były na stanowisku 5 i kolejnych wraz z biegiem rzeki oraz kolejny wzrost przy ujściu rzeki do zbiornika Dzierżno Duże (st. 8).

Zawartość kadmu zmieniała się od 1,3 mgCd/kg do 8,1 mgCd/kg. Wraz z biegiem rzeki jego ilość zmieniała się w dość szerokim zakresie, wykazując nieco większe wartości latem.

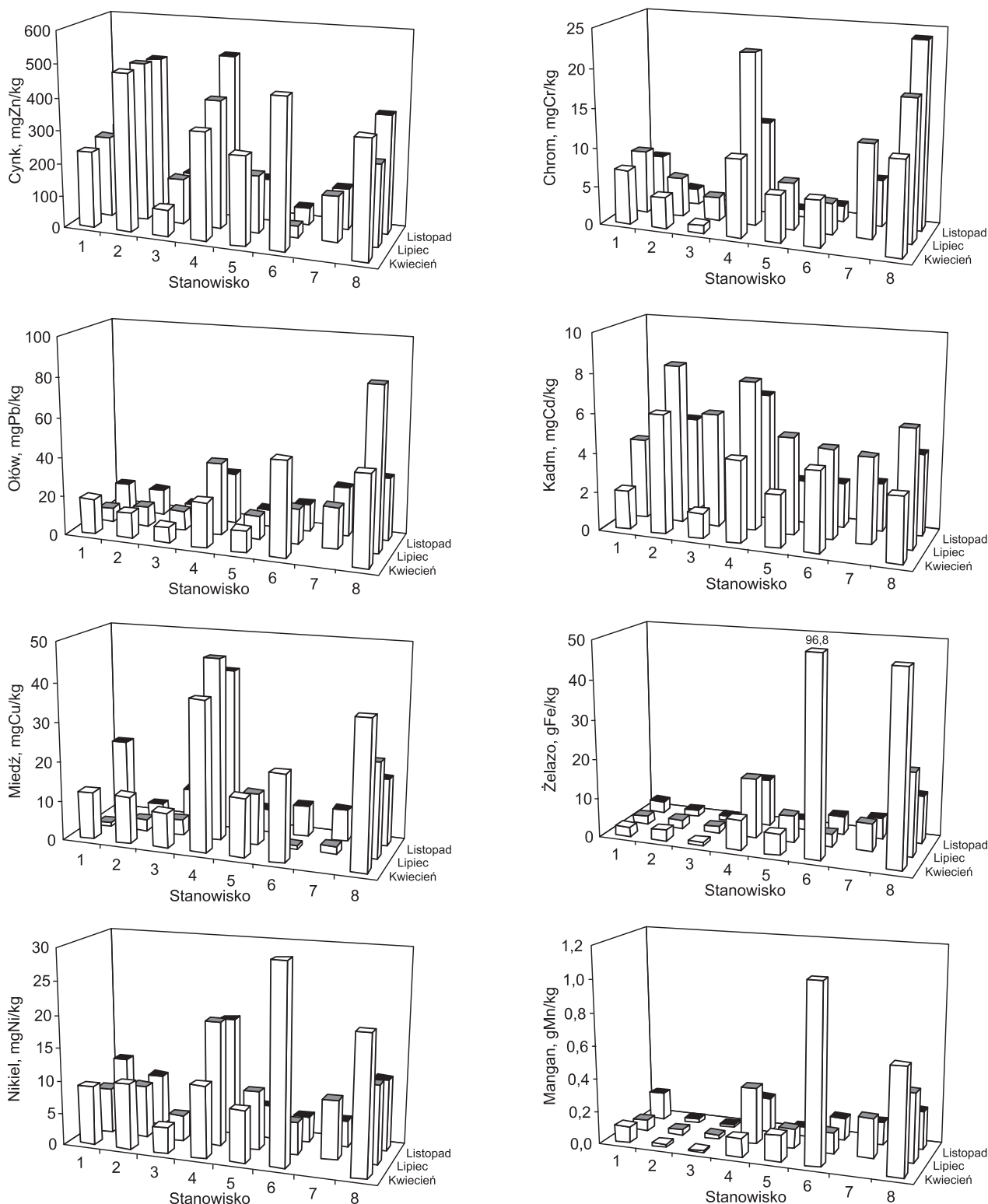
Zawartość żelaza zmieniała się w bardzo szerokim zakresie – od wartości poniżej 1 gFe/kg do blisko 100 gFe/kg. Wyraźnie mniejszą zawartość tego metalu zanotowano na stanowiskach 1–3, następnie wyraźny wzrost ilości żelaza na stanowisku 4, natomiast bardzo duże ilości zaobserwowano wiosną na stanowiskach 6 i 8, przy czym w kolejnych seriach poboru próbek ilość ta znacząco zmalała.

W przypadku manganu, jego najmniejsza zawartość nie przekraczała 10 mgMn/kg, natomiast największe były rzędu 1000 mgMn/kg. W górnym biegu badanego odcinka rzeki (st. 1–3) ilość manganu była wielokrotnie mniejsza. Podobnie jak w przypadku większości oznaczanych metali, również w przypadku manganu zaobserwowano wzrost zawartości na stanowisku 4 oraz wielokrotny wzrost na stanowisku 5 w osadach pobranych wiosną. Wraz z upływem czasu ilość manganu w osadach dolnego odcinka rzeki systematycznie malała.

Dyskusja wyników

Klasyfikacja LAWA (Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) powstała w 1997 r. Dzieli ona wody, osady dennie oraz zawiesiny na 7 klas czystości, w zależności od zanieczyszczenia tych składników ekosystemu wodnego metalami ciężkimi. Wartości graniczne, dzielące osady dennie na klasy czystości, przyjęte w klasyfikacji LAWA [9], przedstawione zostały w tabeli 2, natomiast średnią zawartość oznaczanych metali w osadach dennych przedstawiono w tabeli 3.

Zawartość wszystkich metali oznaczonych w osadach dennych Kłodnicy wykazała zmienność zarówno wraz z biegiem rzeki, jak i w czasie trwania badań. Stwierdzono,



Rys. 1. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy
 Fig. 1: Concentrations of heavy metals in the bottom sediments of the Kłodnica river

że badane osady dennie nie były zanieczyszczone nikiem i chromem – ich ilość była zbliżona do tła geochemicznego. Odnotowano również niewielkie ilości ołowiu i miedzi w osadach, chociaż w przypadku tych metali stwierdzono przekroczenie tła geochemicznego. Zanotowano również zwiększoną zawartość cynku w osadach. Zgodnie z klasyfikacją LWA, średnioroczna zawartość ołowiu, miedzi, niklu i chromu w osadach dennych Kłodnicy mieściła się w II klasie czystości (zalecane dopuszczalne wartości zanieczyszczenia), co świadczyło o niewielkim obciążeniu

środowiska tymi pierwiastkami. Nieco większe wartości odnotowano w przypadku cynku (klasa II–III), natomiast istotnym problemem z punktu widzenia jakości osadów dennych Kłodnicy stanowił kadm. W przypadku tego pierwiastka odnotowano zanieczyszczenie osadów dennych charakterystyczne w III–IV klasie czystości (tab. 3). Kadm jest najbardziej mobilny spośród oznaczanych metali ciężkich, dzięki czemu łatwo ulega kumulacji zarówno w organizmach roślinnych, jak i zwierzęcych i w ten sposób zostaje wprowadzany do łańcucha pokarmowego.

Tabela 2. Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w osadach dennych – klasyfikacja LAWA [7]
Table 2. Permissible concentration of heavy metals in bottom sediments – LAWA classification [7]

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

*zalecana wartość dopuszczalna

Tabela 3. Średnioroczna zawartość metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy
Table 3. Average annual content of heavy metals in the bottom sediments of the Kłodnica river

Stanowisko	Zn	Pb	Cu	Ni	Cr	Cd	Mn	Fe
	mg/kg							g/kg
1	245	13	11	9	7	2,6	112	2
2	480	12	6	9	4	6,4	27	2
3	114	8	7	3	2	3,1	16	1
4	408	29	42	16	15	6,1	225	12
5	192	11	11	7	4	3,3	112	5
6	179	27	10	13	4	3,7	449	35
7	133	23	5	7	9	3,5	191	6
8	322	54	26	15	18	4,5	434	27

Żelazo i mangan nie są traktowane jako zanieczyszczenia. Jednak oznaczenie ich zawartości jest również istotne z punktu widzenia analityki środowiska, gdyż tlenki tych metali są dobrymi sorbentami innych zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich. Wysoka zawartość tych pierwiastków w osadach dennych może świadczyć o dopływie określonych rodzajów ścieków [6]. W Kłodnicy stwierdzono charakterystyczny wzrost zawartości żelaza i manganu w osadach dennych na stanowiskach 4 i 6, który był

spowodowany dopływem ścieków z terenu kopalń węgla kamiennego. W kopalniach, obok złóż węgla, występują również pewne ilości innych minerałów, m.in. siarczek żelaza (piryt) i siarczek manganu. W procesie flotacji węgla wykorzystuje się również magnetyt. Pewne znaczenie ma także występowanie jonów tych metali w wodach dołowych. Wypompowywanie tych wód i odprowadzanie ich do wód powierzchniowych przyczynia się do utlenienia związków żelaza do form nierozpuszczalnych w wodzie. Tlenki oraz inne minerały tych pierwiastków transportowane są na pewną odległość od źródła ścieków, a następnie sedimentują, przyczyniając się do wzrostu zawartości tych metali w osadach dennych. Dobre właściwości sorpcyjne tlenków tych pierwiastków mogą być z kolei przyczyną wzrostu ilości miedzi i niklu w osadach pobranych na tych stanowiskach.

Porównując otrzymane wyniki z badaniami przeprowadzonymi w innych rzekach [1, 10–14], można zauważyć, że wbrew wielu opiniom na temat zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego Górnego Śląska, zawartość metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy nie odbiegała znacząco od stanu obserwowanego w innych regionach Polski. Można nawet stwierdzić, iż zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów dennych Odry, Wisły, Białej Przemszy, Kanału Gliwickiego czy rzeki Dramy jest niejednokrotnie znacznie większe niż w Kłodnicy, natomiast w porównaniu z osadami dennymi rzek podgórskich [13, 15] oczywisty jest fakt, że ilości oznaczanych metali w Kłodnicy były na ogół znacznie większe. Jedynym odstępstwem była zawartość chromu w osadach dennych dopływów Dunajca, którego większa ilość była spowodowana występowaniem w zlewni tych cieków przemysłu garbarskiego, który wykorzystuje w procesie produkcyjnym sole tego metalu [13, 14].

Porównanie wyników badań przeprowadzonych w latach 2004 [16] i 2006 zaprezentowano w tabeli 4. Z zestawienia tego wynika, że zmniejszyło się zanieczyszczenie osadów dennych takimi metalami, jak cynk, ołów i mangan. W zależności od stanowiska występowały różnice w porównaniu z 2004 r. w przypadku miedzi, niklu, chromu i żelaza, jednak obserwowane wahania zawartości tych metali spowodowane były raczej zmiennością sezonową. Porównanie to potwierdza pojawienie się problemu nadmiernych ilości kadmu w osadach dennych – w porównaniu z 2004 r. zawartość tego pierwiastka na poszczególnych stanowiskach poboru próbek była nawet kilkakrotnie większa.

Tabela 4. Porównanie zawartości związków metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy w latach 2004 i 2006
Table 4. Comparison of heavy metal concentrations in the bottom sediments of the Kłodnica river in 2004 and 2006

Metal	Zawartość metalu, mg/kg									
	st. 1		st. 2		st. 4		st. 6		st. 8	
	2004	2006	2004	2006	2004	2006	2004	2006	2004	2006
Cynk	525	245	505	480	473	408	233	179	220	322
Ołów	46	13	15	12	31	29	62,5	27	198	54
Miedź	22	11	6	6	36	42	12	10	25	26
Nikiel	7	9	3	9	9	16	20	13	20	15
Chrom	21	7	3	4	9	15	3	4	8	18
Kadm	1,6	2,6	3,0	6,4	3,3	6,1	0,5	3,7	0,5	4,5
Mangan	237	112	35	27	150	225	920	449	715	434
Żelazo*	3,9	2	1,6	2	6,9	12	64	35	45	27

*zawartość żelaza w gFe/kg

Wnioski

♦ Coraz większym problemem z punktu widzenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego jest zawartość kadmu w osadach dennych Kłodnicy. Należy zwrócić szczególną uwagę na zawartość tego pierwiastka oraz identyfikację źródeł jego pochodzenia.

♦ Zanieczyszczenie pozostałymi metalami (cynk, ołów, mangan) zmniejszyło się lub pozostało na zbliżonym poziomie (miedź, nikiel, chrom, żelazo).

♦ Górnictwo węgla kamiennego nadal wywiera duży wpływ na zanieczyszczenie wód aglomeracji katowickiej – zawartość żelaza i manganu w osadach dennych Kłodnicy jest znacznie większa poniżej punktu odprowadzania ścieków kopalnianych.

LITERATURA

1. I. BOJAKOWSKA, T. GLIWICZ: Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000–2002. *Biblioteka Monitoringu Środowiska* 2003, ss. 46–81.
2. S. CZAJA: Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej). Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999, ss. 73–75.
3. W. NOCON, M. KOSTECKI: Hydro-chemical characteristic of the Bytomka River. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2005, vol. 31, nr 1, ss. 31–42.
4. W. NOCON, M. KOSTECKI: Hydro-chemical characteristic of the Czarniawka River. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2005, vol. 31, nr 2, ss. 95–104.
5. W. NOCON, M. KOSTECKI, J. KOZŁOWSKI: Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Kłodnicy. *Ochrona Środowiska* 2006, vol. 28, nr 3 ss. 39–44.
6. E. SZALIŃSKA, A. KOPERCZAK, A. CZAPLICKA-KOTAS: Badania zawartości metali ciężkich w osadach dennych dopływów Jeziora Goczałkowickiego. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 1, ss. 21–25.
7. L. WOLSKA, K. MĘDRZYCKA: Ocena ekotoksyczności osadów dennych z portów morskich w Gdańsku i Gdyni. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 1, ss. 49–52.
8. J. LIS, S. PASIECZNA: Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1995, ss. 18–23.
9. LAWA – Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – chemische Gewässergüteklassifikation, Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer. Band 2. Berlin 1998, 10, S. 26.
10. E. HELIOS-RYBICKA, M. WARDAS, E. ADAMIEC, M. STRZEBOŃSKA: Ocena zanieczyszczenia rzek Odry i Wisły – przeszłość i teraźniejszość. *Geologia* 2001, vol. 27, z. 2–4, ss. 659–671.
11. M. KOSTECKI: Wpływ zabudowy kaskadowej na zawartość metali ciężkich w osadach dennych Kanału Gliwickiego. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2001, vol. 27 nr 4, ss. 63–87.
12. M. KOSTECKI, E. KOWALSKI, A. DOMURAD: Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Cz. II. Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych rzeki Dramy. *Archiwum Ochrony Środowiska* 1998, vol. 24, nr 1, ss. 45–56.
13. B. WIŚNIEWSKA-KIELIAN, M. NIEMIEC: Zawartość metali ciężkich w osadach dennych wybranych dopływów Dunajca. *Journal of Elementology* 2005, vol. 10, nr 2, ss. 435–443.
14. A. CZAPLICKA-KOTAS, E. SZALIŃSKA, M. WACHAŁOWICZ: Rozkład stężeń chromu w osadach dennych zbiornika czorsztyńskiego. *Gospodarka Wodna* 2008, nr 11, ss. 457–462.
15. A. CZAPLICKA-KOTAS, Z. ŚLUSARCZYK, J. ZAGAJSKA, A. SZOSTAK: Analiza zmian zawartości jonów wybranych metali ciężkich w wodzie Jeziora Goczałkowickiego w latach 1994–2007. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 4, ss. 51–56.
16. W. NOCON: Zawartość metali ciężkich w osadach dennych rzeki Kłodnicy. *Journal of Elementology* 2006, vol. 11, nr 4, ss. 457–466.

Barbusinski, K., Nocon, W. Heavy Metal Compounds in the Bottom Sediments of the River Kłodnica (Upper Silesia). *Ochrona Środowiska* 2011, Vol. 33, No. 1, pp. 13–17.

Abstract: The paper reports on the changes in the concentrations of heavy metals (Zn, Pb, Cu, Ni, Cr, Cd, Mn, Fe) measured in the bottom sediments of the river Kłodnica in 2004 and 2006. The study has produced the following findings. According to the LAWA classification, the values of the nickel and chromium content determined in the bottom sediments did not exceed the values measured in the geochemical background. The concentrations of lead, copper and zinc were indicative of moderate contamination, whereas the concentration of cadmium showed

that the bottom sediments of the Kłodnica were severely contaminated. The rise observed in the iron and manganese content of the bottom sediments was associated with the wastewater discharge from coal mines. This finding indicates that the problem of reducing the impact of mining operations on the quality of the river water has taken on a sense of urgency. In 2006, the cadmium content measured in the bottom sediments was higher than in 2004, which suggests an increased accumulation of this metal in the organisms of plants and animals. The results of the study make it clear that heavy metal concentrations in the bottom sediments of the Kłodnica river should be monitored on a regular basis.

Keywords: Heavy metals, bottom sediments, Kłodnica river, LAWA classification.