

Bernard Gałka*, Mirosław Wiatkowski**

**METALE CIĘŻKIE W WODZIE I OSADACH DENNYCH MAŁEGO
ZBIORNIKA WODNEGO PSURÓW**

**HEAVY METALS IN WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL
WATER RESERVOIR PSURÓW**

Słowa kluczowe: metale ciężkie, woda, osady denne, zbiornik wodny.

Key words: heavy metals, water, bottom sediments, water reservoir.

This paper reports the data on concentrations of selected heavy metals in water (Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, Cr) and in bottom sediments (Ni, Zn, Pb, Cu) of a small reservoir Psurów situated on the river Pratwa, in the opolskie voivodship. Examined water in the reservoir indicated low concentrations of heavy metals. Similarly, the bottom sediments were poor in metals and did not show any contamination with analysed elements. Therefore, the sediments are considered as suitable for agricultural usage without any risk of pollution for soil environment. The results of this research will be used for assessment of the pressure exerted on the bottom sediments of small water reservoirs situated in agricultural catchments. They will also be used for examining the future changes in metal concentrations that may occur with the run of time. These purposes stay in accordance with the requirements of Frame Water Directive that recommends creating the bases for activities aimed to improve water quality and to protect water from contamination.

1. WPROWADZENIE

Dyrektywa nr 2000/60 WE Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, tzw. „Dyrektywa Wodna” [2000] zobowiązała każdy kraj członkowski Unii Europejskiej do ustanowienia programów monitorin-

* *Dr inż. Bernard Gałka – Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław, kontakt: tel. 71 320 56 35; e-mail: bernard.galka@up.wroc.pl*

** *Dr inż. Mirosław Wiatkowski – Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi, Uniwersytet Opolski, ul. Oleska 22, 45-052 Opole; kontakt: tel. 77 401 60 27, e-mail: wiatkowski@uni.opole.pl*

gu wód powierzchniowych, które mają dostarczyć pełnej i spójnej informacji o stanie ekologicznym i chemicznym wód w obrębie każdej zlewni, a także umożliwić przeprowadzenie klasyfikacji tych wód. W aspekcie przywołanej dyrektywy niezwykle ważne ze względu na uzyskanie pełnej informacji o środowisku wodnym są badania zawartości metali zarówno w wodach, jak i osadach dennych, retencjonowanych w zbiornikach wodnych.

Zbiorniki wodne ze względu na położenie w najniższym miejscu zlewni są odbiornikami zanieczyszczeń z obszaru całej zlewni, co decyduje o ich dużej wrażliwości na procesy w niej zachodzące [Wiatkowski i in. 2006]. Skład chemiczny osadów zbiornika jest więc uzależniony w dużym stopniu od gospodarki prowadzonej przez człowieka w zlewni. Metale ciężkie dopływające wraz z wodami rzecznyymi gromadzą się głównie w osadach dennych, w wyniku procesów sedymentacji materii i sorpcji. Procesy te mogą unieruchamiać metale w osadach nawet na dłuższy czas [Dobicki 2004, Polechoński 2004].

Analiza zawartości metali ciężkich zakumulowanych w osadach dennych zbiornika stanowi cenny materiał do opisu źródeł, prędkości oraz dróg dystrybucji metali w zbiorniku i jest podstawą w ustaleniu możliwego powtórnego zanieczyszczenia wód zbiornika [Kostecki i in. 1998]. Osady denne są ważnym elementem ekosystemów wodnych, bardzo przydatnym do oceny jakości wód ze względu na zatrzymywanie przez nie między innymi metali ciężkich. Metale ciężkie są odprowadzane do wód powierzchniowych ze ściekami przemysłowymi i ściekami komunalnymi pośrednio także z pól i łąk, gdzie dostają się jako domieszki nawozów sztucznych i środków ochrony roślin, z transportu, a także z emisji do atmosfery znacznych ilości pyłów [Kajak 2001, Strutyński i Łojek 2002]. Ważną cechą, która wyróżnia metale ciężkie wśród innych toksycznych zanieczyszczeń jest to, że nie ulegają one biodegradacji, a jedynie biotransformacji [Wojtkowska i in. 2005].

Zawartość metali ciężkich w wodzie i osadach dennych może posłużyć do bardziej szczegółowej chemicznej charakterystyki środowiska wodnego oraz sytuacji geochemicznej panującej w zlewni, a także rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i identyfikacji ich źródeł. Szczególne znaczenie ma to w odniesieniu do małych zbiorników wodnych, nieobjętych badaniami monitoringowymi w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska realizowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny i Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska. Określenie właściwości osadów jest bardzo ważne, szczególnie w odniesieniu do osadów w małych zbiornikach wodnych, m.in. ze względu na szybkie tempo ich zamulania [Tarnawski i Michalec 2008] i konieczność okresowego ich odmulania. Po każdorazowym odmuleniu ważne jest właściwe zagospodarowanie usuniętych osadów.

Na zbiorniku małej retencji Psurów na rzece Prośnie (dopływ Warty), oprócz systematycznych badań hydrologicznych i jakości wody wykonywanych na terenie zbiornika [Wiatkowski 2008], za konieczne uznano także przeprowadzenie analizy zawartości metali ciężkich w wodzie i osadach dennych zbiornika i jego dopływu. Dotychczas takich badań tego zbiornika nie wykonywano. Badania te posłużą jako tło zanieczyszczeń do dalszych badań.

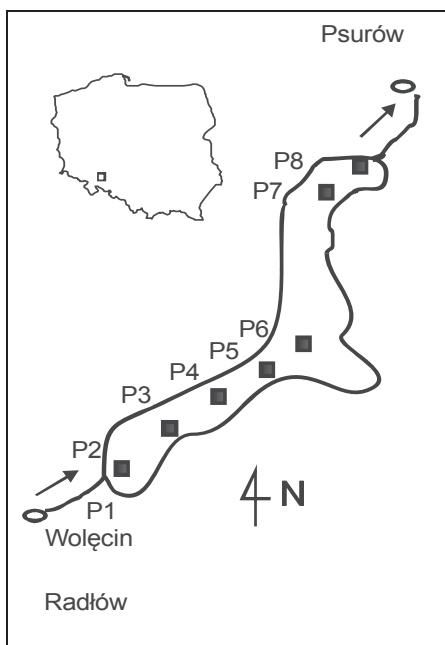
Celem pracy jest analiza zawartości metali ciężkich w wodach i osadach dennych z terenu zbiornika wodnego Psurów.

2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO

Zbiornik Psurów zlokalizowany jest w biegu rzeki Proсны, km 212,095. Zlewnia w przekroju zapory zbiornika wynosi 10,6 km² i jest użytkowana rolniczo. Zbiornik wybudowano w latach 1994–1995. Zaliczany jest do tzw. małych zbiorników wodnych. Pojemność całkowita zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi 63 000m³, a powierzchnia zalewu – 4,58 ha.

Charakterystyczne przepływy rzeki Proсны w przekroju zbiornika wynoszą: średni roczny – 0,042 m³·s⁻¹, najniższy – 0,006 m³·s⁻¹, średni niski – 0,013 m³·s⁻¹, Q_{1%} – 5,97 m³·s⁻¹.

Obecnie zbiornik jest wykorzystywany jako źródło wody do nawodnień użytków rolnych. Ponadto zbiornik jest wykorzystywany także do rekreacji, przede wszystkim do amatorskiego połowu ryb. Administracyjnie znajduje się w powiecie oleskim, gminie Radłów, w województwie opolskim. Na rysunku 1 przedstawiono schemat zbiornika Psurów [Wiatkowski 2008].



Rys. 1. Zbiornik Psurów – stanowiska pomiarowe do poboru osadów dennych P1 – P8 i próbek wody P1, P6, P8

Fig. 1. The reservoir Psurów –the measurement sites from which bottom sediments P1-P8 and water samples P1, P6, P8 were collected

3. METODYKA BADAŃ

Wybrane metale ciężkie w osadach dennych (Cu, Ni, Pb, Zn) i wodzie (Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, Cr) oznaczono w profilu podłużnym zbiornika Psurów, a także na dopływie do zbiornika w rzece Proсна.

Opróbowanie zbiornika wykonano jesienią 2006 r., w dwunastym roku użytkowania zbiornika. Punkty poboru osadów dennych usytuowano w następujący sposób (patrz rys. 1):

- punkt 1 – rzeka Proсна (dopływ do zbiornika),
- punkt 2 – ujście do zbiornika rzeki Proсны,
- punkt 3 – cofka zbiornika (prawa strona),
- punkt 4 – wysokość ostrogi po lewej stronie, punkt 5 – 50 m przed zatoczką,
- punkt 6 – środek zbiornika (na wysokości prawej zatoczki),
- punkt 7 – 50 m powyżej zaporę,
- punkt 8 – przy zaporze.

Próby osadów dennych pobrano 23 września 2006 r. Próbki wody do oznaczeń metali natomiast pobrano 29 listopada 2006 r., na stanowiskach P1, P6 i P8. Osady denne na stanowiskach od P2 do P8 pobierano za pomocą chwytacza *Ekmana-Birge*'a i sondy Nurek, wyposażonej w zagłębnik szklany. Do badań brano wierzchnią, uśrednioną warstwę osadu. Na dopływie do zbiornika materiał denny pobierano za pomocą specjalnego czerpaka.

Metale w osadach dennych oznaczono po mineralizacji próbek w wodzie królewskiej, techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej AAS, w laboratorium Instytutu Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wodę pobierano do polietylowych pojemników.

Metale w wodzie zbiornika oznaczano metodą absorpcji atomowej AAS, w Pracowni Spektrometrii Katedry Ochrony Powierzchni Ziemi Uniwersytetu Opolskiego.

Wyniki zawartości miedzi (Cu), cynku (Zn) i chromu (Cr) w wodach zbiornika Psurów porównano z wartościami granicznymi wskaźników jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego odnoszących się do dobrego i wyższego niż dobry stan ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych, a wyniki zawartości kadmu (Cd), niklu (Ni) i ołowiu (Pb) z wartościami granicznymi chemicznych wskaźników jakości wód [Rozporządzenie... 2008].

Uzyskane dane dotyczące zawartości metali ciężkich w osadach dennych porównano z zawartością metali stwierdzoną w innych zbiornikach wodnych w kraju oraz z tłem geochemicznym, a także z klasyfikacją podaną w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. [Rozporządzenie... 2002] w sprawie standardów jakości ziemi i z klasyfikacją opracowaną w Państwowym Instytucie Geologicznym [Bojakowska 2001].

4. WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki badań zawartości metali ciężkich w wodzie z terenu zbiornika Psurów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość wybranych metali ciężkich [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w próbkach wody z terenu zbiornika Psurów pobranych w listopadzie 2006 r.

Table 1. Concentrations [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] of selected heavy metals in water samples collected from the area of Psurów reservoir in November 2006

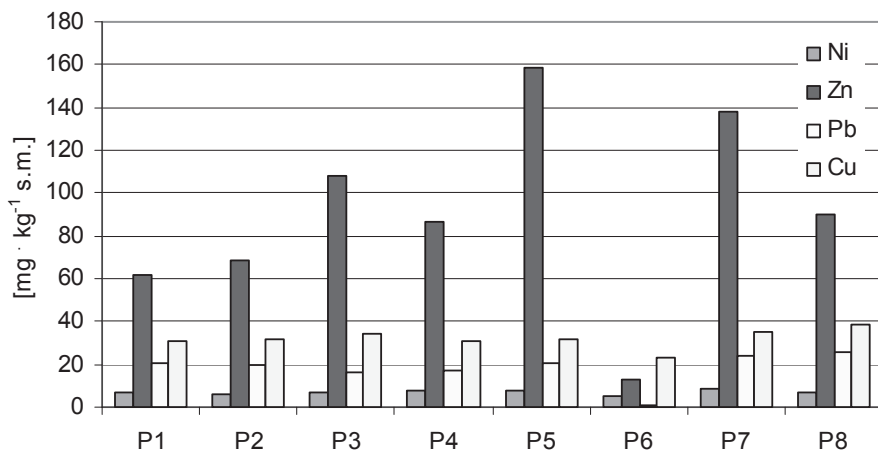
Stanowisko poboru próbek wody	Cu	Zn	Cd	Ni	Pb	Cr
	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$					
P1	<0,002	0,011	<0,001	<0,006	<0,003	<0,008
P6	<0,002	0,010	<0,001	<0,006	<0,003	<0,008
P8	<0,002	0,010	<0,001	<0,006	<0,003	<0,008

W wodzie dopływającej do zbiornika (P1) i wodzie ze zbiornika (P6 i P8) stwierdzono stężenia miedzi, kadmu, niklu, ołowiu i chromu poniżej zakresu oznaczalności (tab.1). Wyjątek stanowi zawartość cynku. Zawartość tego metalu w toni wodnej zbiornika Psurów mieściła się w granicach $0,010 - 0,011 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (tab. 1).

Według klasyfikacji zawartej w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji jednolitych części wód powierzchniowych [Rozporządzenie... 2008] badane wody pod względem zawartości miedzi, cynku i chromu nie przekraczają wartości granicznych wskaźników jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz nie przekraczają wartości granicznych chemicznych wskaźników jakości wód ze względu na zawartość kadmu, niklu i ołowiu i tym samym osiągają dobry stan chemiczny.

Osady dennie z terenu zbiornika wodnego Psurów charakteryzuje duża zmienność zawartości analizowanych metali ciężkich. Przebieg zmian stężeń badanych metali w osadach dennych w przekroju podłużnym zbiornika Psurów wskazuje na ich zróżnicowanie przestrzenne (rys. 2). Największe stężenia niklu zaobserwowano na stanowisku P7, a cynku na stanowisku P5, a maksymalne stężenia ołowiu i miedzi zanotowano na stanowisku P8. Najmniejsze stężenia zaobserwowano na stanowisku P6: niklu – $4,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, cynku – $13,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, ołowiu – $1,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i miedzi – $22,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Badania osadów dennych wykonane na terenie zbiornika Psurów wykazały, że zawartość metali ciężkich w osadach dennych przekracza nieznacznie wartości tła geochemicznego dla Polski, jeżeli chodzi o nikiel, ołowiu i cynk, a jeżeli chodzi o miedź, jest to przekroczenie znaczne (tab. 2). Zawartość metali ciężkich w porównaniu z zawartościami stwierdzonymi w innych zbiornikach jest znacznie mniejsza, jeżeli chodzi o nikiel i cynk, a nieznacznie większa miedzi.



Rys. 2. Zawartość wybranych metali ciężkich [mg·kg⁻¹ s.m.] w próbkach osadów dennych ze zbiornika Psurów oraz jego dopływu pobranych w 2006 r.

Fig. 2. Concentrations of selected heavy metals [mg·kg⁻¹ d.m.] in the samples of bottom sediments collected from the reservoir Psurów and its tributaries in 2006.

Tabela 2. Porównawcze zestawienie średnich wartości stężeń metali ciężkich [mg·kg⁻¹ s.m.] w osadach dennych z terenu zbiornika Psurów oraz innych akwenów wodnych

Table 2. Comparison of mean heavy metal concentrations [mg·kg⁻¹ d.m.] in bottom sediments collected from the area of Psurów reservoir and other water basins

Stanowisko poboru osadów dennych	Cu	Ni	Pb	Zn
Zbiornik Psurów	32,09	7,02	18,20	90,66
Tło geochemiczne	7	5	15	73
Zbiornik Dzierżno Małe [Kostecki i in. 1998]	27,1	22,9	106,6	560
Zbiornik Goczałkowice [Bojakowska i in. 2000]	27,7	32	78,8	173
Zbiorniki wodne Małopolski i Podkarpacia [Tarnawski i Michalec 2008]	17,09	22,32	14,26	–
Zbiornik Brzózki [Wiatkowski i in. 2008]	12,9	17,2	18,0	122,7
Rozporządzenie MŚ z dnia 9 września 2002 r.	B	A	A	B
Klasyfikacja osadów wodnych na podstawie kryteriów geochemicznych PIG [Bojakowska 2001]	miernie zanieczyszczony	słabo zanieczyszczony		

Zawartość ołowiu w osadach zbiornika Psurów jest nieznacznie większa niż w osadach 6 małych zbiorników wodnych z obszaru Małopolski i Podkarpacia, przebadanych przez Tarnawskiego i Michalca [2008], oraz w osadach małego zbiornika wodnego Brzózki na rzece Pratwie, w województwie opolskim [Wiatkowski i in. 2008], tab. 2. Taki stan rzeczy wskazuje, że w zlew-

ni zbiornika Psurów, użytkowanej rolniczo, brak jest wieloletniej kumulacji zanieczyszczeń metalicznych pochodzących ze zrzutów ścieków przemysłowych z zakładów, jak to zaobserwowano w badaniach Kosteckiego i in. [1998] na zbiorniku Dzierżono Małe [Kostecki i in. 1998], tab. 2. Biorąc pod uwagę zanieczyszczenie osadów zbiornika Psurów metalami ciężkimi, można zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi stwierdzić, że osady te pod względem zawartości niklu i ołowiu należą do grupy A, zawartości cynku i miedzi natomiast klasyfikują badane osady do grupy B. Osady te mogą być więc stosowane jako grunty z przeznaczeniem rolniczym. Jednocześnie nie stanowią zagrożenia dla środowiska glebowego.

Zgodnie z klasyfikacją osadów wodnych opracowaną przez PIG badane osady ze zbiornika Psurów ze względu na zawartość niklu, cynku i ołowiu zakwalifikowano do osadów słabo zanieczyszczonych, a pod względem miedzi do osadów miernie zanieczyszczonych (tab. 2).

5. WNIOSKI

Przeprowadzone badania i analiza uzyskanych wyników pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wody z terenu zbiornika Psurów charakteryzują niewielkie stężenia metali ciężkich. Zawartości miedzi, cynku i chromu nie przekraczają wartości odpowiadających granicznym wskaźnikom jakości wód z grupy substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz nie przekraczają wartości granicznych chemicznych wskaźników jakości wód ze względu na zawartość kadmu, niklu i ołowiu podanych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r.
2. Badania osadów dennych wykonanych na terenie zbiornika Psurów wykazały, że zbiornik charakteryzują stosunkowo czyste osady, o zawartości pierwiastków śladowych zbliżonej do wartości tła geochemicznego. W związku z tym istnieje możliwość rolniczego wykorzystania osadów bez ryzyka skażenia środowiska glebowego. Zgodnie z klasyfikacją PIG osady te należy zaliczyć do osadów słabo i miernie zanieczyszczonych.
3. Przeprowadzone badania posłużą do oceny stopnia obciążenia wody i osadów dennych w małych zbiornikach wodnych, usytuowanych w zlewniach rolniczych. Pozwolą one także na oszacowanie zmian stężeń metali ciężkich w osadach wraz z upływem czasu. Jest to także zgodne z zapisami Ramowej Dyrektywy Wodnej, w której zaleca się stworzenie podstaw do podejmowania działań na rzecz poprawy stanu jakości wód oraz ich ochrony przed zanieczyszczeniem.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., SOKOŁOWSKA G. 2000. Wyniki monitoringu geochemicznego osadów wodnych w Polsce w latach 1998 i 1999. Bibl. Monit. Środ. IOŚ, Warszawa.

- BOJAKOWSKA I. 2001. Kryteria oceny zanieczyszczeń osadów wodnych. *Przegląd Geologiczny*, vol. 49: 213–218.
- DOBICKI W. Biodostępność metali ciężkich w środowisku jezior Suwalskiego Parku Krajo-
brazowego. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu* Nr 504, Rozprawy CCXXV Wrocław 2004.
- Dyrektywa nr 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, www.mos.gov.pl**
- KAJAK Z. 2001. *Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. PWN, Warszawa.
- KOSTECKI M., DOMURAD A., KOWALSKI E., KOZŁOWSKI J. 1998. Badania limnologiczne zbiornika zaporowego Dzierżno Małe. Cz.III. Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika. *Archiwum Ochrony Środowiska* 24, nr 2: 73–81.
- POLECHOŃSKI R. 2004. Ołów w ekosystemie jeziora Sława – przemieszczanie kumulacja oraz próba bilansu w dziesięcioleciu 1993 – 2003. *Zesz. Nauk. Akademi Rolniczej we Wrocławiu* nr 497. Rozprawy CCXXIII. Wrocław.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.** (Dz.U. Nr 165. poz.1359).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji jednolitych części wód powierzchniowych.** (Dz.U. Nr 162 poz. 1008).
- STRUTYŃSKI J., ŁOJEK J. 2002. Zawartość kadmu, ołowiu, miedzi i cynku w wodach i osadach dennych środkowego biegu rzeki Wieprzówki. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie* nr 393. *Inżynieria Środowiska* z. 23:53–59.
- TARNAWSKI M., MICHALEC B. 2008. Badania wybranych metali ciężkich w osadach dennych zbiorników wodnych Małopolski i Podkarpacia. W: A. Dubicki (red.). *Meteorologia, Hydrologia, Ochrona Środowiska – kierunki badań i problemy*. Seria Monografie. Wyd. IMGW, Warszawa: 392–397.
- WIATKOWSKI M., CZAMARA W., KUCZEWSKI K. 2006. Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych. *Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN: Zabrze*: 122.
- WIATKOWSKI M. 2008. Wstępne wyniki badań jakości wody dopływającej i odpływającej ze zbiornika Psurów na rzece Prośnie. W: A. Dubicki (red.) *Meteorologia, Hydrologia, Ochrona Środowiska – kierunki badań i problemy*, Seria Monografie. Wyd. IMGW, Warszawa: 407–414.
- WIATKOWSKI M., CIESIELCZUK T., KUSZA G. 2008. Occurrence of some heavy metals in waters and bottom sediments in two small dam reservoirs. *Ecological Chemistry and Engineering* 15(12): 1369–1376.
- WOJTKOWSKA M., NIESIOBĘDZKA K., KRAJEWSKA E. 2005. Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych Jeziora Czerniakowskiego. W: B. Gworek (red.). *Obieg pierwiastków w przyrodzie*, Monografia t.III. IOŚ, Warszawa: 194–197.