

Barbara Falkus, Agnieszka Handzlik, Edyta Kajdas

Liczebność mikroorganizmów zasiedlających złoża filtrów węglowych w ZPW „Dzieńkowice”

Węgle aktywne, dzięki odpowiedniej strukturze porowatej i silnie rozwiniętej powierzchni właściwej, mają m.in. zdolność do adsorbowania różnych zanieczyszczeń z roztworów wodnych. Zdolność adsorpcyjna węgla aktywnych zależy od ich struktury porowatej, a głównie od ilości mikro- i mezoporów, kształtu porów oraz ich głębokości, a także od charakteru chemicznego powierzchni węgla. Istotna jest także ilość makroporów, które spełniają rolę kanałów transportujących zanieczyszczenia w głąb struktury porowatej węgla i wpływają na szybkość dyfuzji. Przy wyborze rodzaju węgla aktywnego uwzględnia się, oprócz ich pojemności adsorpcyjnej, także zawartość popiołu, nasiąkliwość wodną, ścieralność i wytrzymałość mechaniczną, gęstość nasypową oraz możliwość regeneracji węgla [1].

Sorpcja zanieczyszczeń na złożach granulowanego węgla aktywnego jest obecnie jednym z podstawowych procesów technologicznych stosowanych w nowoczesnych stacjach uzdatniania wody. Nie ma wątpliwości co do przydatności węgla aktywnych w usuwaniu z wody związków organicznych, występujących nawet w ilościach śladowych. Węgiel adsorbuje również substancje nieorganiczne i metale (chlor, fluor, antymon, arsen, bizmut, chrom, kobalt) [2]. Sorpcji podlegają także wirusy odporne na chlorowanie [2]. Istotny wpływ na efektywność filtrów węglowych mają – obok procesu adsorpcji – także procesy biochemiczne, zachodzące na powierzchni węgla aktywnego przy udziale mikroorganizmów mających zdolność do wykorzystywania rozpuszczonych związków organicznych jako substratów pokarmowych, dzięki czemu następuje ich usuwanie z wody oraz przyrost biomasy drobnoustrojów [3].

Celem badań omówionych w niniejszym artykule była ocena stopnia zasiedlenia przez mikroorganizmy złóż wybranych filtrów węglowych, eksploatowanych w ciągu technologicznym Zakładu Produkcji Wody „Dzieńkowice”, a także ewentualne wyodrębnienie węgla aktywnego najdogodniejszego do rozwoju mikroorganizmów stanowiących błonę biologiczną.

Materiały i metodyka badań

Woda ujmowana ze zbiornika „Dzieńkowice” jest uzdatniania w układzie technologicznym obejmującym ozonowanie wstępne, koagulację siarczanem glinu, sedimentację, filtrację pospieszną, ozonowanie pośrednie, sorpcję, chlorowanie oraz stabilizację antykorozyjną. Woda doprowadzana do filtrów węglowych poddawana jest pośredniemu ozonowaniu dawką

0,5 gO₃/m³. Każdy z filtrów węglowych stanowi prostokątną komorę betonową o powierzchni 55 m² i wysokości 4 m. Filtry zostały wyposażone w system płukania powietrzem i wodą, system opróżniania oraz specjalnie zaprojektowany lewarowy układ do regulacji poziomu wody nad złożem. Do badań wybrano trzy filtry sorpcyjne wypełnione różnymi typami węgla aktywnego, tj. Chemviron F-300 (filtr FW01), WD-extra (filtr FW06) oraz Norit 0,8 Supra (filtr FW10). Badania przeprowadzono w okresie od lutego do października 1998 r., w którym temperatura wody wahała się w zakresie od 3 °C do 22 °C. Próbkę węgla do badań pobierano co tydzień z każdego filtru za pomocą specjalnych próbników rurowych z trzech poziomów złóż węgla, tj. z powierzchni oraz z głębokości 0,5 i 1,0 m. Całkowita wysokość złóż sorpcyjnych wynosiła około 2 m, z czego 1,5 m stanowił węgiel zregenerowany, a około 0,5 m węgiel świeży. Badania prowadzono na filtrach węglowych, nie wyłączając ich z cyklu technologicznego uzdatniania wody.

Do oceny liczebności bakterii próbki węgla o masie 5 g przeniesiono do 45 cm³ buforu fosforanowego o pH=7 i wytrąsano przez 30 minut. Po takiej obróbce pobrano po 1 cm³ zawiesin i wykonano rozcieńczenia w sterylnej wodzie, a następnie posiano na podłoża agarowe. Hodowle inkubowano w temperaturze 20 °C przez tydzień [3]. Wyniki podano jako liczbę wyrosłych kolonii bakterii z 1 cm³ zawiesin. Równoległe przeprowadzono mikroskopową ocenę hydrobiologiczną próbek węgla.

Dyskusja wyników

Węgiel aktywny stanowi dobre podłoże do rozwoju mikroorganizmów. Możliwość zasiedlenia złóż węglowych mikroorganizmami wykorzystuje się w tzw. biologicznie aktywnych złożach sorpcyjnych [4]. Ziarna złoża po wpracowaniu pokryte są błoną biologiczną, którą tworzy zespół organizmów powiązanych zależnościami troficznymi od bakterii auto- i heterotroficznych oraz grzybów do równoległe rozwijających się konsumentów bakterii i grzybów, tj. wiciowców, orzęsków i pełzaków osiadłych na materiale filtracyjnym. Ustalenie wzajemnej równowagi biologicznej pomiędzy tymi grupami organizmów określa się mianem biologicznego wpracowania złoża. W błonie biologicznej, do której drogą dyfuzji molekularnej transportowany jest tlen, można wyróżnić strefę, w której zachodzą aerobowe reakcje metaboliczne, zwaną błoną biologiczną aktywną oraz strefę, w której zachodzą reakcje anaerobowe i z której wymywane są metabolity, zwaną błoną nieaktywną. Czynnikiem limitującym tworzenie się błony biologicznej i określającym grubość jej strefy aktywnej jest stężenie tlenu [2].

Utrzymywana w sposób zamierzony populacja mikroorganizmów w złożu węglowym jest odpowiedzialna za biochemiczne utlenianie zanieczyszczeń organicznych, przy czym ilość biodegradowalnych związków organicznych usuniętych z wody jest wprost proporcjonalna do ilości mikroorganizmów zasiedlających złoża węgla [5]. Masowy rozwój mikroorganizmów w złożu następuje po kilku tygodniach jego pracy, przy zapewnieniu odpowiednich warunków tlenowych, temperatury oraz wymaganego stężenia substancji biogenych. Aby zachować stabilność biologiczną wody rozprowadzanej w rozległej sieci wodociągowej, powinna ona charakteryzować się nieznaczną liczebnością bakterii i niską zawartością węgla organicznego. W ZPW „Dzieńkowice” stosuje się filtrację na węglu aktywnym jako drugi stopień filtracji w ciągu technologicznym uzdatniania wody.

Analizując wyniki badań liczebności mikroorganizmów na węglach aktywnych w całym okresie badawczym stwierdzono, iż największy rozwój bakterii zanotowano na powierzchni filtrów węglowych w okresie od marca do maja 1998 r. (tab.1).

Tabela 1. Liczba kolonii bakterii na agarze w 1 cm³ zawiesin z powierzchni filtrów węglowych

Miesiąc	Wartość	F-300 (FW01)	WD-extra (FW06)	ROW 0.8 S (FW10)
Luty 1998	min.	6 700	7 500	17 300
	maks.	22 500	28 000	44 400
Marzec 1998	min.	150 000	136 000	142 000
	maks.	881 000	769 000	780 000
Kwiecień 1998	min.	1 010 000	720 000	777 000
	maks.	3 300 000	4 100 000	3 400 000
Maj 1998	min.	930 000	700 000	860 000
	maks.	5 500 000	7 500 000	2 090 000
Czerwiec 1998	min.	13 000	20 000	15 000
	maks.	660 000	450 000	490 000
Lipiec 1998	min.	13 200	11 100	11 500
	maks.	73 000	126 000	252 000
Sierpień 1998	min.	44 000	28 000	12 500
	maks.	62 000	42 000	39 000
Wrzesień 1998	min.	58 000	38 000	45 000
	maks.	153 000	91 000	96 000
Październik 1998	min.	33 000	20 800	17 200
	maks.	46 400	49 500	38 400

Tabela 2. Liczba kolonii bakterii na agarze w 1 cm³ zawiesin z głębokości 0,5 m filtrów węglowych

Miesiąc	Wartość	F-300 (FW01)	WD-extra (FW06)	ROW 0.8 S (FW10)
Marzec 1998	min.	104 000	125 400	147 600
	maks.	935 000	868 000	886 000
kwiecień 1998	min.	970 000	750 000	1 170 000
	maks.	4 500 000	4 600 000	3 300 000
Maj 1998	min.	970 000	1 260 000	1 220 000
	maks.	5 600 000	7 400 000	1 660 000
Czerwiec 1998	min.	10 000	14 000	14 000
	maks.	730 000	650 000	370 000
Lipiec 1998	min.	10 600	17 800	10 500
	maks.	52 000	34 000	84 000
Sierpień 1998	min.	12 500	15 600	9 100
	maks.	41 000	40 000	51 000
Wrzesień 1998	min.	10 600	12 100	6 500
	maks.	28 400	31 000	46 000
Październik 1998	min.	11 200	11 500	5 200
	maks.	26 000	25 600	30 000

Najwięcej kolonii bakterii uzyskano dla próbek węgla WD-extra, a następnie Chemviron i Norit 0,8 Supra. Podobną tendencję do rozwoju bakterii w okresie od marca do maja stwierdzono w próbkach węgla pobranych z głębokości 0,5 m (tab.2). Najwięcej kolonii bakterii w próbkach z głębokości 0,5 m odnotowano na filtrach wypełnionych węglem WD-extra i Chemviron. Maksymalne wartości liczby bakterii stwierdzono również w maju i czerwcu 1998 r. w próbkach węgla WD-extra i Chemviron, pobranych z głębokości 1,0 m (tab.3).

Tabela 3. Liczba kolonii bakterii na agarze w 1 cm³ zawiesin z głębokości 1,0 m filtrów węglowych

Miesiąc	Wartość	F-300 (FW01)	WD-extra (FW06)	ROW 0.8 S (FW10)
Maj 1998	min.	—	—	—
	maks.	1 620 000	1 120 000	550 000
Czerwiec 1998	min.	18 700	17 300	17 700
	maks.	660 000	380 000	390 000
Lipiec 1998	min.	10 600	11 200	11 800
	maks.	32 000	44 000	60 000
Sierpień 1998	min.	12 800	14 500	11 500
	maks.	43 000	61 000	39 000
Wrzesień 1998	min.	16 000	17 000	12 000
	maks.	92 400	72 000	49 000
Październik 1998	min.	18 000	15 500	12 400
	maks.	45 300	36 800	35 200

Wzrost liczby bakterii na filtrach węglowych w tych miesiącach mógł być wywołany nagłym podwyższeniem temperatury wody od 5 °C do około 20 °C. Utlenialność wody wahała się wówczas w granicach 0,4+1,5 gO₂/m³. Po tym okresie rozwoju bakterii na filtrach węglowych w pozostałych miesiącach okresu badawczego zaobserwowano stopniowe (od sierpnia do października) obniżanie się liczby bakterii w badanych próbkach węgla, aż do osiągnięcia pewnego stałego poziomu ich liczebności w październiku (tab.1–3).

Analizując wyniki badań mikrobiologicznych próbek węgla z wybranych głębokości filtrów nie stwierdzono istotnych różnic w liczebności bakterii uzyskanych z próbek węgla na powierzchni oraz na głębokości 0,5 m poszczególnych filtrów, natomiast w próbkach węgla pobranych z głębokości 1,0 m zanotowano znacznie mniejszą liczbę bakterii, w porównaniu z liczebnością tych mikroorganizmów w górnych warstwach filtrów (tab.1–3). Podobne rezultaty uzyskano w pracach [3] i [5], stwierdzając wyraźną pionową stratyfikację biomasy bakteryjnej, której liczebność i aktywność obniżały się wraz z głębokością złoża.

Ponieważ jakość wody odpływającej z filtrów węglowych zależy od właściwości adsorpcyjnych granulowanego węgla aktywnego oraz od liczebności i jakości mikroflory rozwijającej się w złożu, dlatego też równoległe do badań mikrobiologicznych przeprowadzono również jakościową ocenę hydrobiologiczną złóż filtrów węglowych. W tabelach 4 i 5 podano liczebność organizmów fito- i zooplanktonowych w wodzie surowej i po ozonowaniu pośrednim, z uwzględnieniem grup dominujących w danym okresie. Badania szczegółowe wykazały, iż w okresie zimowo-wiosennym (luty–kwiecień) liczebność glonów w wodzie surowej wahała się w granicach od 714 do 2 440 organizmów w 1 cm³, podczas gdy w wodzie po ozonowaniu pośrednim wynosiła w zakresie od 9 do 79 organizmów w 1 cm³ wody. W okresie wiosenno-letnim (maj–sierpień) liczebność glonów w wodzie surowej uległa znacznemu

Tabela 4. Liczebność organizmów fitoplanktonowych w 1 cm³ wody surowej i po ozonowaniu pośrednim

Data	Woda surowa	Organizmy dominujące	Woda po ozonowaniu	Organizmy dominujące
03-02-98	1 482	150 – <i>Cryptomonadales</i> 120 – <i>Fragilaria sp.</i> 75 – <i>Gymnodinium sp.</i>	79	69 – <i>Cryptomonadales</i> 6 – <i>Fragilaria sp.</i>
19-02-98	2 440	740 – <i>Cryptomonadales</i> 552 – <i>Nannoplankton</i> 480 – <i>Fragilaria sp.</i>	27	16 – <i>Nannoplankton</i> 5 – <i>Chlorella sp.</i> 5 – <i>Fragilaria sp.</i>
27-02-98	806	180 – <i>Nannoplankton</i> 194 – <i>Cryptomonadales</i> 163 – <i>Synedra sp.</i>	27	14 – <i>Cryptomonadales</i> 8 – <i>Chlorella sp.</i> 5 – <i>Synedra sp.</i>
05-03-98	901	321 – <i>Fragilaria sp.</i> 232 – <i>Tabellaria sp.</i> 96 – <i>Cryptomonadales</i>	40	16 – <i>Synedra sp.</i> 15 – <i>Fragilaria sp.</i>
27-03-98	714	336 – <i>Synedra sp.</i> 120 – <i>Chlorella sp.</i> 96 – <i>Cryptomonadales</i>	50	26 – <i>Synedra sp.</i> 15 – <i>Chlorella sp.</i>
08-04-98	750	352 – <i>Synedra sp.</i> 140 – <i>Chlorella sp.</i> 96 – <i>Cryptomonadales</i>	9	3 – <i>Cryptomonadales</i> 2 – <i>Chlorella sp.</i>
22-04-98	1 148	476 – <i>Synedra sp.</i> 380 – <i>Chlorella sp.</i> 104 – <i>Cyclotella sp.</i>	14	6 – <i>Synedra sp.</i> 3 – <i>Chlorella sp.</i>
05-05-98	11 937	8 880 – <i>Chlorella sp.</i> 2 100 – <i>Cyclotella sp.</i> 520 – <i>Synedra sp.</i>	10	5 – <i>Chlorella sp.</i> 3 – <i>Synedra sp.</i>
12-05-98	6 744	6 000 – <i>Chlorella sp.</i> 460 – <i>Cyclotella sp.</i> 180 – <i>Synedra sp.</i>	0	–
27-05-98	3 474	2 400 – <i>Chlorella sp.</i> 540 – <i>Cyclotella sp.</i> 250 – <i>Asterionella sp.</i>	28	25 – <i>Chlorella sp.</i> 3 – <i>Cyclotella sp.</i>
02-06-98	2 566	2 250 – <i>Chlorella sp.</i> 76 – <i>Scenedesmus sp.</i> 56 – <i>Ceratium sp.</i>	31	17 – <i>Chlorella sp.</i> 7 – <i>Ceratium sp.</i>
30-06-98	3 330	530 – <i>Chlorella sp.</i> 360 – <i>Microcystis sp.</i> 300 – <i>Staurastrum sp.</i>	64	14 – <i>Chlorella sp.</i> 14 – <i>Trachelomonas sp.</i>
14-07-98	2 260	1 200 – <i>Fragilaria sp.</i> 250 – <i>Cryptomonadales</i> 180 – <i>Asterionella sp.</i> 120 – <i>Tabellaria sp.</i>	40	40 – <i>Fragilaria sp.</i>
29-07-98	2 031	570 – <i>Fragilaria sp.</i> 505 – <i>Microcystis sp.</i> 285 – <i>Gomphosphaeria sp.</i>	53	14 – <i>Microcystis sp.</i> 10 – <i>Trachelomonas sp.</i>
11-08-98	2 975	570 – <i>Gomphosphaeria sp.</i> 540 – <i>Cyclotella sp.</i> 480 – <i>Fragilaria sp.</i> 310 – <i>Microcystis sp.</i>	19	10 – <i>Trachelomonas sp.</i>
20-08-98	4 832	1 550 – <i>Fragilaria sp.</i> 1 380 – <i>Gomphosphaeria sp.</i> 550 – <i>Cyclotella sp.</i> 510 – <i>Chlorophyceae</i> inne	40	19 – <i>Trachelomonas sp.</i> 9 – <i>Chlorophyceae</i>
27-08-98	5 395	2 620 – <i>Fragilaria sp.</i> 1 660 – <i>Cyclotella sp.</i> 760 – <i>Gomphosphaeria sp.</i>	23	7 – <i>Chlorella sp.</i> 5 – <i>Cyclotella sp.</i> 4 – <i>Trachelomonas sp.</i>
08-09-98	7 646	6 240 – <i>Fragilaria sp.</i> 470 – <i>Cyclotella sp.</i> 350 – <i>Gomphosphaeria sp.</i>	106	70 – <i>Fragilaria sp.</i> 12 – <i>Microcystis sp.</i> 11 – <i>Trachelomonas sp.</i>
15-09-98	4 672	2 215 – <i>Fragilaria sp.</i> 1 300 – <i>Cyclotella sp.</i> 540 – <i>Gomphosphaeria sp.</i> 250 – <i>Microcystis sp.</i>	7	5 – <i>Cyclotella sp.</i>
29-09-98	6 714	3 730 – <i>Cyclotella sp.</i> 2 155 – <i>Fragilaria sp.</i> 390 – <i>Gomphosphaeria sp.</i> 160 – <i>Microcystis sp.</i>	20	13 – <i>Cyclotella sp.</i> 7 – <i>Trachelomonas sp.</i>
07-10-98	4 323	1 480 – <i>Cyclotella sp.</i> 1 170 – <i>Fragilaria sp.</i> 1 130 – <i>Gomphosphaeria sp.</i>	0	–
28-10-98	5 553	3 450 – <i>Fragilaria sp.</i> 950 – <i>Gomphosphaeria sp.</i> 420 – <i>Cyclotella sp.</i> 320 – <i>Asterionella sp.</i>	25	22 – <i>Fragilaria sp.</i> 3 – <i>Gomphosphaeria sp.</i>

Tabela 5. Liczebność organizmów zooplanktonowych w 1 dm³ wody surowej i po ozonowaniu pośrednim

Data	Woda surowa	Woda po ozonowaniu
03-02-98	12 – Ciliata, 4 – Crustacea, 2 – Rotifera	0
19-02-98	48 – Ciliata	1 – Ciliata
27-02-98	10 – Ciliata	0
05-03-98	12 – Ciliata, 7 – Crustacea	0
27-03-98	18 – Ciliata, 3 – Rotifera	0
08-04-98	20 – Ciliata, 12 – Crustacea	0
22-04-98	12 – Crustacea, 8 – Ciliata	1 – Rhizopoda
05-05-98	22 – Ciliata, 12 – Rhizopoda, 10 – Crustacea, 8 – Rotifera	0
12-05-98	9 – Ciliata, 6 – Crustacea, (2 – Nauplii), 1 – Rotifera	0
27-05-98	5 – Ciliata, 3 – Crustacea, (2 – Nauplii), 3 – Rotifera	0
02-06-98	7 – Ciliata, 3 – Crustacea, 2 – Rotifera, 2 – Rhizopoda	0
30-06-98	10 – Ciliata, 7 – Rotifera, 5 – Rhizopoda	4 – Ciliata, 5 – Rotifera
14-07-98	9 – Ciliata, 8 – Rhizopoda, 7 – Rotifera, 6 – inne	0
29-07-98	14 – Ciliata, 5 – Rotifera, 6 – inne	6 – Ciliata, 1 – Rotifera
11-08-98	7 – Ciliata, 3 – Rotifera	4 – Ciliata
20-08-98	14 – Ciliata, 8 – Rotifera	5 – Ciliata
27-08-98	16 – Rotifera, 10 – Rhizopoda, 4 – Ciliata, 1 – Crustacea (Nauplii),	1 – Ciliata, 2 – Rotifera
08-09-98	9 – Rotifera	0
15-09-98	7 – Rotifera, 6 – Ciliata, 2 – Rhizopoda	0
29-09-98	10 – Ciliata, 7 – Rhizopoda, 4 – Rotifera, 1 – Crustacea	0
07-10-98	5 – Ciliata, 5 – Rhizopoda, 3 – Rotifera	0
28-10-98	2 – Ciliata, 2 – Rotifera, 2 – Crustacea	0

podwyższeniu i osiągnęła wartość 2 031+11 937 organizmów w 1 cm³, natomiast w wodzie po ozonowaniu pośrednim – 19+64 organizmów w 1 cm³. Znaczny wzrost liczby organizmów planktonowych w wodzie surowej nastąpił zwłaszcza w maju 1998 r. Wśród fitoplanktonu dominowały organizmy zaliczane do *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, a zooplanktonu – *Ciliata*, *Crustacea*, *Rotifera* (tab. 4,5). W okresie letnio-jesiennym (wrzesień–październik) liczba glonów w wodzie surowej obniżyła się i wynosiła 4 323+7 646 organizmów w 1 cm³, natomiast w wodzie po ozonowaniu pośrednim – 7+106 organizmów w 1 cm³. Wśród fitoplanktonu zaobserwowano organizmy zaliczane do *Cyanophyceae*, *Bacillariophyceae*, a zooplanktonu – *Ciliata*, *Rotifera* (tab. 4,5).

Obserwacje mikroskopowe próbek węgla pobranych z trzech głębokości badanych filtrów wykazały obecność organizmów roślinnych i zwierzęcych w okresie przeprowadzonych badań, tj. od lutego do października 1998 r. W okresie od lutego do kwietnia w próbkach węgla pobranych z powierzchni filtrów stwierdzono występowanie nielicznych organizmów roślinnych (*Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae*) oraz zwierzęcych (*Ciliata*), natomiast w próbkach węgla pobranych z głębszych warstw złóż, tj. 0,5 m i 1,0 m, nie stwierdzono obecności organizmów roślinnych i zwierzęcych. Nie wszystkie glony dostające się wraz z wodą na filtry mogą się dobrze rozwijać przy ograniczonym dostępie światła. Dużo z nich ginie i powiększa ilość martwego detrytusy zanieczyszczającego filtry.

Głony obecne na filtrach węglowych mogą przyczyniać się do zatrzymywania zawieszin, polepszając efekt filtracji, mogą również zużywać nieorganiczne substancje pokarmowe i przyczyniać się do natlenienia wody; mogą też obniżać

liczebność bakterii przez wydzielanie fitoncydów. Glony mogą mieć również działanie niekorzystne, np. pęcherzyki powietrza wydzielane w czasie intensywnej fotosyntezy mogą powodować odrywanie się płatów błony biologicznej. Tak więc przy masowym rozwoju glony mogą wpływać hamująco na przebieg filtracji. Dużą rolę na filtrach węglowych odgrywają również organizmy zwierzęce. Ich obecność jest korzystna ze względu na fakt, że konsumują bakterie i pewną część martwego detrytusy [6]. Jednak podczas płukania filtru drobne zwierzęta bywają włączane wraz z detrytusem w głąb węgla, gdzie giną i zanieczyszczają filtr.

W okresie badań od końca maja do sierpnia 1998 r. zaobserwowano stopniowy wzrost liczebności organizmów zwierzęcych zasiedlających złoża filtrów węglowych. W obserwacjach mikroskopowych próbek węgla pobranych z powierzchni badanych filtrów wykazano obecność organizmów zwierzęcych zaliczanych do *Ciliata*, *Rotifera* i *Crustacea*. Wśród *Ciliata* dominowały *Holotricha* (*Chilodonella* sp., *Glaucoma* sp., *Paramecium* sp) i *Spirotricha* (*Spirostomum* sp., *Euplotes* sp., *Aspidisca* sp.). Organizmy te mają duże znaczenie w procesach obiegu materii i konsumują głównie bakterie, sinice i okrzemki. Wśród orzęsków jest również wiele form drapieżnych, które z kolei mogą stanowić pokarm dla wielu bezkręgowców wodnych. Tak więc prawdopodobnie wzrost liczby *Ciliata* na powierzchni filtrów węglowych, zwłaszcza na węglu WD-extra, spowodował stopniowe obniżenie liczby komórek bakteryjnych. Również stopniowo zmniejszyła się na powierzchni filtrów liczba organizmów roślinnych zaliczanych do *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae* i *Bacillariophyceae*.

W próbkach węgla pobranych z głębokości 0,5 m poszczególnych filtrów stwierdzono znacznie mniejszą liczbę organizmów zwierzęcych, natomiast na głębokości 1,0 m nie zaobserwowano organizmów zwierzęcych i roślinnych. Ponieważ badania odbywały się w warunkach ciągłej pracy filtrów węglowych, dlatego też płukanie danego filtra powodowało przemieszanie się warstw węgla i niektóre mniejsze organizmy przedostawały się w głębsze warstwy złoża. Jednocześnie powietrze polepszało warunki tlenowe panujące w złożu, co sprzyjało rozwojowi organizmów.

Niekorzystnie na żywotność organizmów zwierzęcych zasiedlających filtry wpłynęło okresowe ograniczenie wydajności ZPW „Dzieńkowice”, zwłaszcza w miesiącach letnich. Niższy poziom wody nad filtrem spowodował zmianę warunków tlenowych, co doprowadziło do ograniczenia liczebności organizmów i wystąpienia warunków beztlenowych.

W okresie od czerwca do sierpnia w próbkach węgla pobranych z powierzchni filtrów zaobserwowano zmniejszenie liczebności *Ciliata*, przy jednoczesnym rozwoju *Crustacea* (*Cladocera* i *Copepoda*). Organizmy zaliczane do *Cladocera*, odżywiające się glonami planktonowymi, wpływały na zagęszczenie i skład gatunkowy planktonu roślinnego. Obserwacje mikroskopowe wykazały również obecność w tym czasie na powierzchni filtrów przedstawieli *Copepoda* i ich stadia larwalne typu *nauplius*. Do *Copepoda* zaliczane są gatunki drapieżne, odżywiające się pierwotniakami i wrotkami (*Rotifera*), a także gatunki roślinożerne, których pokarm stanowią glony. Im więcej organizmów zwierzęcych zasiedlało złoża filtrów węglowych tym mniejsza była liczba organizmów roślinnych i kolonii bakterii.

W próbkach węgla aktywnego pobranych z głębokości 0,5 m (czerwiec–sierpień) zanotowano nieznacznie mniejszą liczbę organizmów zwierzęcych niż na powierzchni filtrów, natomiast na głębokości 1,0 m stwierdzono pojedyncze (marte) duże osobniki zaliczane do *Crustacea*. Ich obecność na tej głębokości była prawdopodobnie wywołana cyklicznymi płukaniem poszczególnych filtrów. We wrześniu i październiku w powierzchniowych próbkach węgla z poszczególnych filtrów zaobserwowano zmniejszenie liczby organizmów zwierzęcych do pojedynczych (żywych) orzęsków, natomiast nieznacznie wzrosła liczebność organizmów fitoplanktonowych, wśród których dominowały *Bacillariophyceae* (*Fragillaria* sp.).

Podobną tendencję zmian liczebności organizmów zanotowano w próbkach węgla pochodzących z głębokości 0,5 m poszczególnych filtrów. Obserwacje mikroskopowe próbek węgla badanych filtrów nie wykazały obecności analizowanych organizmów na głębokości 1,0 m.

Wnioski

♦ W badaniach przeprowadzonych w okresie od lutego do października 1998 r. wykazano, że największy rozwój bakterii w próbkach węgla pobranych z wybranych filtrów sorpcyjnych w ZPW „Dzieńkowice” zanotowano w okresie od marca do maja, przy czym największa liczba kolonii bakterii rozwinęła się na powierzchni filtrów węglowych. Najwięcej komórek bakteryjnych stwierdzono w próbkach węgla typu WD-extra oraz kolejno Chemviron i Norit, jednakże różnice w liczebności bakterii dla poszczególnych typów węgla były nieznaczne.

♦ Badania jakościowe identyfikujące organizmy zwierzęce i roślinne zasiedlające poszczególne filtry węglowe wykazały duże ich zróżnicowanie gatunkowe (największe w okresie od czerwca do sierpnia), zwłaszcza na powierzchni filtrów. Skład gatunkowy organizmów zasiedlających złoża filtrów węglowych w dużej mierze odpowiadał składowi gatunkowemu wody zasilającej filtry.

♦ Wzrost liczebności organizmów zwierzęcych w próbkach węgla badanych filtrów spowodował stopniowe zmniejszenie liczebności komórek bakteryjnych. Heterotroficzne orzęski odgrywały istotną rolę w eliminacji biomasy bakteryjnej na filtrach, jednakże pewna część tych organizmów została wyeliminowana w czasie filtracji lub podczas płukania filtrów, co wskazuje na konieczność ciągłej kontroli składu jakościowego i ilościowego mikroflory rozwijającej się w złożu filtrów węglowych.

LITERATURA

1. A. GROSSMAN, J. PAPROWICZ: Ocena przydatności krajowych węgla aktywnych do usuwania zanieczyszczeń organicznych w procesie uzdatniania wody. Mat. sem. „Węgiel aktywny”, Zakopane 1980.
2. J. PAPROWICZ: Ocena przydatności granulowanych węgla aktywnych do oczyszczania wody. Ochrona Środowiska, 1987, nr 2–3(32–33), ss. 109–114.
3. M. ŁEBKOWSKA, J. WĄSOWSKI, U. WOJSA-ŁUGOWSKA: Zastosowanie analizy mikrobiologicznej do oceny biologicznej aktywności węgla aktywnych. Ochrona Środowiska, 1997, nr 3(66), ss. 43–46.
4. Najnowsze rozwiązania w technologii uzdatniania wody oraz analiza organicznych zanieczyszczeń wody. Cz. II. Mat. kursu podypl., Poznań 1997.
5. P. SERVAIS et al.: Microbial activity in GAC filters at the Choisy-Le-Roi treatment plant. Journal AWWA, 1991, Vol. 2, p. 62.
6. K. STARMACH, S. WRÓBEL, K. PASTERNAK: Hydrobiologia. PWN, Warszawa 1978.

Assessment of Microorganism Growth in the Activated Carbon Beds of the Dzieńkowice Water Treatment Plant (Upper Silesia)

The treatment train made use of by the Upper Silesian Waterworks of Dzieńkowice involves activated carbon beds. Investigations were carried out for three filter types of choice, including Chemviron F-300, WD-extra, and Norit 0.8 Supra activated carbon, respectively. Samples were taken at three depths of the bed (top layer, 0.5 m and 1.0 m). Microorganism growth was particularly intensive between March and May. The number of microorganisms varied from one sample to another

and was the greatest on the surface of each filter bed. According to the activated carbon type, bacterial counts were the highest in WD-extra samples and the lowest in Norit 0.8 Supra samples, but these differences are negligible. Microscopic examinations revealed the presence of a variety of species. The plant and animal species identified in the investigated filter beds corresponded with those detected in the treated water. However, as the number of animal species increased, the number of bacterial

cells decreased, irrespective of the carbon type used. On the other hand, a certain portion of the animal plankton growing in the filter bed is likely to be removed in the course of filtration or during washing. Summing up, these findings show that the carbon filters need continuous control (both qualitative and

quantitative) of microorganism growth. The bacterial counts determined in the effluent from the activated carbon filters of the Upper Silesian Waterworks of Dzieńkowice in the period of February–November 1998 indicate that the efficiency of the investigated filter beds was sufficiently high.