

Wojciech Balcerzak  
Wacław Trębacz  
Józef Moryl

## WYKORZYSTANIE DIATOMITU JAKO WYPEŁNIENIA FILTRU SORPCYJNEGO

Wzrost zapotrzebowania na wodę przy jednoczesnym kurczeniu się jej zasobów stworzył pilną potrzebę wprowadzenia technologii odnowy wody pozwalających na osiągnięcie bardzo wysokiego stopnia oczyszczania ścieków, co umożliwi ich ponowne lub wielokrotne użycie. W klasycznych dwustopniowych oczyszczalniach ścieków usuwa się około 85% zanieczyszczeń organicznych. Aby ścieki nadawały się do ponownego wykorzystania, stopień ich oczyszczania musi wynosić >96% [1]. Dla uzyskania tego efektu wprowadzono szereg metod doczyszczania, takich jak: filtracja, koagulacja, adsorpcja, wymiana jonowa, usuwanie związków azotu i fosforu. Stosując te procesy w różnych wariantach można uzyskać nowe źródła wody dla celów przemysłowych. Możliwość taką daje np. zastosowanie procesów filtracji i sorpcji na diatomicie do doczyszczania ścieków z myjni autobusów, w celu zamknięcia obiegów wodnych.

Diatomitami przyjęto nazywać skały zbudowane głównie z krzemionkowych pancerzyków jednokomórkowych alg (okrzemek) o następującym składzie chemicznym:  $\text{SiO}_2$  (70—90%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (2—15%) i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1—5%). Zainteresowanie diatomitami wpływa z ich właściwości fizycznych i chemicznych takich jak: niska gęstość pozorna, wysoka porowatość, niskie przewodnictwo cieplne, wysoka zawartość krzemionki bezpostaciowej, nierozpuszczalność w kwasach, obojętność chemiczna oraz znacznie rozwinięta powierzchnia aktywna. Znajdują one zastosowanie w filtracji, adsorpcji, katalizie, polerowaniu, odlewnictwie metali, jako wypełniacze, nośniki, materiały ściernicze, ceramiczne i polepszające właściwości cementu.

Właściwości te sugerowały możliwość zastosowania diatomitów jako sorbentów w procesach uzdatniania wody i oczyszczania ścieków. Przeprowadzone dotychczas w tym kierunku badania pozwoliły na sformułowanie następujących spostrzeżeń [2, 3]:

— diatomity jako naturalne sorbenty mogą być wykorzystane w procesach oczyszczania wody i ścieków,

— diatomity okazały się dobrymi sorbentami amoniaku i chloru oraz związków ropochodnych oznaczanych jako ekstrakt eterowy,

— diatomity słabo sorbuja i szybko desorbują związki fenolowe, co praktycznie wyklucza ich zastosowanie do oczyszczania ścieków fenolowych,

— przeprowadzone próby regeneracji, tj. spalenie zużytych diatomitów, dały pozytywne wyniki — diatomit nadawał się do ponownego zastosowania.

### Metodyka badań

Celem badań było określenie efektywności procesów filtracji i sorpcji na diatomicie, jak również ustalenie parametrów pracy kolumn diatomitowych, spełniających rolę urządzeń filtracyjno-sorpcyjnych w procesie odnowy wody ze ścieków przemysłowych (obieg zamknięty myjni taboru komunikacyjnego).

Jako materiał filtracyjny użyto diatomit polski wydobyty w Jaworniku Ruskim (woj. przemyskie). Zawiera on w swym składzie  $\text{SiO}_2 > 85\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 2\%$ ,  $\text{Fe} \sim 1\%$ , a także zanieczyszczenia w postaci ilu, kwarcu oraz węgla wapniowego i magnezowego. Diatomit użyty do badań posiadał granulację handlową od 0,5 do 5 mm, porowatość 52%, ciężar właściwy 1,94 g/cm<sup>3</sup>, ciężar nasypowy 1,16 g/cm<sup>3</sup>. Procentowy udział poszczególnych frakcji diatomitu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1  
SKŁAD GRANULOMETRYCZNY DIATOMITU

Frakcja, mm	Udział frakcji, %
> 5,0	11,7
2,5 — 5,0	12,8
1,5 — 2,5	13,8
1,0 — 1,5	22,6
0,5 — 1,0	8,7
0,3 — 0,5	8,6
0,15 — 0,3	12,5
< 0,15	8,2

Badania nad zastosowaniem filtracji i sorpcji do oczyszczania ścieków przy zastosowaniu krajowego diatomitu przeprowadzono w skali laboratoryjnej, w dwóch seriach. Badania wykonano w warunkach statycznych i dynamicznych. W warunkach statycznych określono izotermy adsorpcji wybranego wskaźnika za-

Dr inż. W. Balcerzak, mgr W. Trębacz: Instytut Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska Politechniki Krakowskiej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków.

Mgr inż. J. Moryl: Główne Biuro Studiów i Projektów Zaplecza Motoryzacji „Prozam”, ul. Smoleńsk 29, 31-112 Kraków.

nieczyszczenia ścieków (ChZT) w zależności od wielkości uziarnienia użytego w badaniach diatomitu. W warunkach dynamicznych dokonano analizy porównawczej pracy dwóch kolumn filtracyjnych (A) i (B) o parametrach zestawionych w tabeli 2.

nych wyników pozwala stwierdzić, że proces filtracji przez złożo z wypełnieniem diatomitowym jest procesem bardzo efektywnym. Otrzymano wysoki stopień usuwania praktycznie wszystkich badanych wskaźników zanieczyszczenia.

PARAMETRY TECHNOLOGICZNE FILTRÓW DIATOMITOWYCH

Tabela 2

Parametr	Jednostka	Filtr (A)			Filtr (B)			
Wysokość złoża	cm			130,0			90,0	
Wysokość warstw	cm	5,0	5,0	10,0	90,0	20,0	10,0	80,0
Uziarnienie warstw	mm	10,0—15,0	5,0—10,0	2,5—5,0	1,0—2,5	0,5—1,0	10,0—15,0	1,0—2,5
Porowatość poszczególnych frakcji	%	—	50,0	51,5	58,0	52,5	—	58,0
Prędkość przepływu	m/h		3,2		6,5		4,0	8,0
Przepływ	dm <sup>3</sup> /h		2,76		5,82		28,0	56,4
Straty hydrauliczne	cm		6,0		12,0		—	—
Intensywność płukania	dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s		8,5	11,4	14,2		9,9	15,5
Ekspansja złoża	%		8,75	12,5	16,25		6,25	18,75

W trakcie badań wykonywano pomiary całkowitych strat ciśnienia, pomiar intensywności płukania, kontrolę szybkości filtracji oraz analizy fizykochemiczne ścieków surowych i oczyszczonych. Badania fizykochemiczne obejmowały następujące oznaczenia: pH, BZT<sub>5</sub>, ChZT, utlenialność, chlorki, kwasowość, zasadowość, zawiesinę ogólną, substancje rozpuszczone, zapach, barwę, detergenty, fenole i ekstrakt eterowy. Do badań używano ścieków surowych, które uprzednio były oczyszczone mechanicznie w osadnikach oraz dodatkowo skoagulowane dawką 50 g Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>. Skład fizykochemiczny badanych ścieków oraz uzyskane efekty usuwania zanieczyszczeń przedstawiono w tabelach 3 i 4.

WYNIKI BADAŃ NAD OCZYSZCZANIEM ŚCIEKÓW NA ZŁOZU DIATOMITOWYM (A)

Wskaźnik	Ścieki surowe	Ścieki po filtracji	
		V <sub>x</sub> = 6,5 m/h	V <sub>x</sub> = 3,2 m/h
pH	7,8	7,03	7,11
zasadowość, val/m <sup>3</sup>	8,9	9,0	9,0
kwasowość, val/m <sup>3</sup>	0,6	0,5	0,4
mętność, g/m <sup>3</sup>	40	2	0
barwa, gPt/m <sup>3</sup>	30	15	10
utlenialność, gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	10,5	2,8	2,0
ChZT, gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	68,0	31,2	21,0
BZT <sub>5</sub> , gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	18,0	5,5	4,0
detergenty, g/m <sup>3</sup>	0,5	0,25	0,22
ekstrakt eter., g/m <sup>3</sup>	9,6	1,2	nw
fenole, g/m <sup>3</sup>	0,025	0,004	0,003
zawiesina, g/m <sup>3</sup>	32,0	3,0	0,0

## Wyniki badań

### Izotermy adsorpcji

Równania izoterm adsorpcji wyznaczono dla ChZT w zależności od wielkości frakcji diatomitu i tak dla frakcji:

$$< 0,5 \text{ mm izoterma przybiera postać: } a = 5,89 \cdot c^{0,47},$$

$$0,5-1,0 \text{ mm izoterma przybiera postać: } a = 4,47 \cdot c^{0,45},$$

$$1,0-2,5 \text{ mm izoterma przybiera postać: } a = 4,37 \cdot c^{1,6},$$

gdzie:

a — ilość zaadsorbowanego ChZT w mg/g diatomitu,

c — stężenie równowagowe ChZT w g/m<sup>3</sup>.

Z przedstawionych równań wynika, że największą zdolność sorpcyjną wykazuje frakcja 1,0—2,5 mm. Z tego też względu w dalszych badaniach frakcja ta stanowiła główne wypełnienie złoża filtracyjnego.

W badaniach efektywności działania filtru (A) użyto ścieków z myjni autobusowej po uprzedniej sedymentacji (tab. 3). Analiza otrzymana-

WYNIKI BADAŃ NAD OCZYSZCZANIEM ŚCIEKÓW NA ZŁOZU DIATOMITOWYM (B)

Wskaźnik	Etap I				Etap II	
	Ścieki surowe	Ścieki po filtracji		Ścieki po koagulacji	Ścieki skoagulowane po filtr.	
		V <sub>x</sub> = 8 m/h	V <sub>x</sub> = 4 m/h		V <sub>x</sub> = 8 m/h	V <sub>x</sub> = 4 m/h
pH	7,8	7,5	7,6	7,4	7,5	7,6
zasadowość, val/m <sup>3</sup>	9,0	8,9	8,5	8,3	8,0	7,8
kwasowość, val/m <sup>3</sup>	0,4	0,5	0,6	0,25	0,4	0,3
mętność, g/m <sup>3</sup>	80	40	35	20	5	2
barwa, gPt/m <sup>3</sup>	40	35	30	35	30	25
utlenialność, gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	13,8	9,2	7,6	10,4	7,6	6,5
ChZT, gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	130	73,5	69	90	53	49
BZT <sub>5</sub> , gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	36,5	6,8	6,4	15,8	2,8	2,6
detergenty, g/m <sup>3</sup>	0,9	0,50	0,40	0,85	0,40	0,35
ekstrakt eter., g/m <sup>3</sup>	28	8,0	6,7	17	4,0	2,9
fenole, g/m <sup>3</sup>	0,028	0,024	0,024	0,018	0,015	0,014
zawiesina, g/m <sup>3</sup>	37,0	5,6	5,4	7,8	0,8	0,8
substancje rozpuszczone, g/m <sup>3</sup>	1082	1042	1013	—	—	—

Do badań efektywności działania filtru (B) pobrano ścieki bezpośrednio po procesie mycia autobusów. Charakteryzowały się one znacznie wyższymi wskaźnikami zanieczyszczenia (tab. 4). W związku z tym filtrację przeprowadzono w dwóch etapach:

- etap I to filtracja ścieków po uprzedniej sedymentacji,
- etap II to filtracja ścieków uprzednio skoagulowanych dawką  $50 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3/\text{m}^3$ .

Stwierdzono, że filtracja ścieków nie koagulowanych daje gorsze rezultaty, natomiast zastosowanie procesu koagulacji zdecydowanie poprawia uzyskane efekty. Obserwuje się również poprawę efektywności działania procesu przy niższych prędkościach filtracji. Porównanie efektywności działania filtrów (A) i (B) w zakresie usuwania wybranych wskaźników przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Wskaźnik g/m <sup>3</sup>	Filtr (A)		Filtr (B)			
	6,5m/h	3,2m/h	bez koagulacji		z koagulacją	
	% re- dukcji	% re- dukcji	8 m/h % re- dukcji	4 m/h % re- dukcji	8 m/h % re- dukcji	4 m/h % re- dukcji
ChZT	54,1	68,2	43,5	47,0	59,0	62,3
Zawiesina	90,6	100	84,8	85,0	98	98
Mętność	95,0	100	50,0	56,2	93,7	97,5
Ekstrakt eterowy	87,5	100	71,4	76,1	85,7	89,6

### Parametry układu technologicznego

W oparciu o przeprowadzone badania zaproponowano układ technologiczny oczyszczania ścieków z myjni autobusowej, złożony z sedymentacji z odtłuszczaniem, koagulacji i filtracji na diatomicie. Badania pozwoliły na określenie następujących parametrów projektowych i eksploatacyjnych procesu filtracji:

- uziarnienie złoża filtracyjnego: 1,0—2,5 mm,
- maksymalna prędkość filtracji dla złoża (A): 6,5 m/h,
- zalecana prędkość filtracji dla złoża (B): 4 m/h (maksymalna 8 m/h),
- stężenie zawiesiny w dopływie:  $<35 \text{ g/m}^3$ ,
- chwilowe przekroczenie stężenia zawiesiny w dopływie: do  $150 \text{ g/m}^3$ ,
- straty hydrauliczne początkowe dla  $V_x \leq 4 \text{ m/h}$ : 6 cm; dla  $V_x \leq 8 \text{ m/h}$ : 15 cm,
- częstotliwość płukania ze względu na straty hydrauliczne spowodowane zawiesiną: dla  $V_x \leq 4 \text{ m/h}$  co 7 dni; dla  $V_x \leq 8 \text{ m/h}$  co 3—4 dni,
- płukanie powietrzno-wodne: 5 minut powietrzem o intensywności płukania 15—20  $\text{dm}^3/\text{m}^2\text{s}$ ; do 10 minut wodą o intensywności płukania 14—16  $\text{dm}^3/\text{m}^2\text{s}$ ,
- odległość odpływu filtratu od górnego poziomu złoża: 20 cm,

— odległość odpływu popłuczyn od górnego poziomu złoża: 50% wysokości złoża filtracyjnego,

— procentowy udział powierzchni otworów w drenażu filtru: 10%,

— sposób usuwania materiału filtracyjnego z filtru: hydraulicznie, płukanie wodą o intensywności  $34 \text{ dm}^3/\text{m}^2\text{s}$ ,

— czas eksploatacji złoża filtracyjnego ze względu na pochodne ropy naftowej (ekstrakt eterowy): 3—4 miesiące dla prędkości filtracji 4 m/h, dla ścieków o wartości ekstraktu eterowego w dopływie nie przekraczającej  $15 \text{ g/m}^3$ ,

— dyspozycyjny zakres strat ciśnienia: 1,3—1,5 m.

### Wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono możliwość zastosowania krajowego diatomitu jako złoża filtracyjno-sorpcyjnego do oczyszczania ścieków z myjni autobusowych.

2. Na efektywność procesu mają wpływ:

- granulacja i wysokość złoża filtracyjno-sorpcyjnego,
- prędkość filtracji,
- stężenie zanieczyszczeń w dopływie.

3. Filtracyjno-sorpcyjne złożo o wysokości 0,8—1,3 m, o uziarnieniu 1,0—2,5 mm, pracujące z prędkością filtracji do 8 m/h pozwoli na usunięcie ze ścieków, poddanych procesowi sedymentacji i koagulacji, zawiesiny do wartości poniżej  $5 \text{ g/m}^3$  i ekstraktu eterowego do wartości  $5 \text{ g/m}^3$ .

4. Filtracja ścieków poddanych jedynie sedymentacji, przy dużej zmienności składu dopływających ścieków, nie gwarantuje uzyskania zamierzonych efektów w usuwaniu zawiesiny i ekstraktu eterowego. Dopiero łączne stosowanie procesów wstępnej sedymentacji i koagulacji pozwoli na uzyskanie zadowalających efektów usuwania zanieczyszczeń oraz wydłużyć czas eksploatacji złoża.

### LITERATURA

1. K. ŻEGLIN: Analiza zjawisk w procesie adsorpcji zanieczyszczeń ze ścieków biologicznie oczyszczonych i ocena przydatności węgla aktywnych w odnowie wody. Praca doktorska. Politechnika Krakowska, Kraków 1980.
2. J. KOTLARCZYK: Diatomity karpackie w ogólnym bilansie diatomitów na świecie. Nowe kierunki zastosowań diatomitów polskich w gospodarce narodowej. Mat. Konf., Przemysł 1980. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1981.
3. M. GRANOPS: Zastosowanie diatomitów polskich w oczyszczaniu ścieków. Nowe kierunki zastosowań diatomitów polskich w gospodarce narodowej. Mat. Konf., Przemysł 1980. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1981.

**W. Balcerzak, W. Trębacz, J. Moryl****DIATOMITE: AN ADSORBING FILTER MEDIUM**

*Possible applications of domestic diatomites as adsorbing filter media for the needs of wastewater*

*treatment are considered. In the experimental study reported here, the diatomite bed was applied to the treatment of the effluent from a bus washing stand by filtration and adsorption. Adsorption isotherms were determined for different diatomite fractions. Established were also the design parameters and operating conditions for diatomite filters.*