

Barbara Juraszka, Dominika Macek

## PODCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW Z PRZEMYSŁU DRZEWNEGO W PROCESIE ADSORPCJI STATYCZNEJ

**Streszczenie.** Niniejsza praca zawiera wyniki oraz interpretację badań własnych podczyszczania ścieków z Zakładu Drewexim w procesie adsorpcji statycznej.

Celem pracy było określenie optymalnych parametrów tj. czasu kontaktu ścieków z węglem aktywnym oraz masę węgla aktywnego w procesie podczyszczania ścieków w procesie adsorpcji na pylistym węglu aktywnym.

Na podstawie badań własnych procesu adsorpcji statycznej na pylistym węglu aktywnym CWZ-22 największe zmniejszenie wartości stężeń wszystkich badanych wskaźników zanieczyszczeń – zawiesiny ogólnej, substancji rozpuszczonych oraz ogólnego węgla organicznego – uzyskano dla dawki węgla równej  $100 \text{ g/dm}^3$  i czasu trwania procesu 30 min. Stopień usunięcia zawiesiny ogólnej  $Z_o$  w opisywanym przypadku wyniósł ponad 93%, substancji rozpuszczonych SR – 58%, OWO – ponad 97%.

Zauważono zdecydowane zmniejszenie wartości stężeń badanych wskaźników zanieczyszczeń już przy najniższej zastosowanej dawce równej  $25 \text{ g/dm}^3$  ( stopień usunięcia ZO – 86%, SR – 46,5%, OWO – 93%). Przy stopniowym zwiększaniu dawki adsorbenta zmniejszenie wartości badanych wskaźników nie była już tak wyraźna.

W dalszej części badań – wpływu czasu trwania procesu na stopień zmniejszenia wartości stężeń omawianych wskaźników – widoczne rezultaty uzyskano przy najkrótszym czasie – 10 min, przy czym najlepsze efekty uzyskano dla czasu równego 30 min (dawka pylistego węgla aktywnego stała =  $100 \text{ g/dm}^3$ ). Stopień usunięcia zawiesiny ogólnej – ponad 92%, substancji rozpuszczonych – 60%, OWO – blisko 98%.

Analizując wyniki badań własnych można zauważyć, że zmniejszenie wartości stężenia OWO uzyskany dla pylistych węgla aktywnych jest o kilka procent wyższy od stężenia OWO uzyskanej przy zastosowaniu ziarnistych węgla aktywnych.

**Słowa kluczowe:** adsorpcja statyczna, podczyszczanie ścieków przemysłowych.

## WPROWADZENIE

Ścieki poprodukcyjne z zakładów drzewnych powstają na drodze płukania i mycia instalacji klejowych [3] oraz urządzeń technicznych. Są one przetrzymywane w zbiornikach lub odstojnikach, gdzie zachodzi wytrącanie części stałych. Ciecz otrzymana po sedymentacji odprowadzana jest do kanalizacji, a powstałe osady składowane na składowiskach [10]. Dotychczas prowadzone prace badawcze nad podczyszczaniem ścieków z Zakładu Drewexim miały na celu określenie optymal-

---

Barbara JURASZKA, Dominika MACEK – Katedra Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów, Politechnika Koszalińska

nych parametrów prowadzenia poszczególnych procesów jednostkowych według zaproponowanego układu technologicznego [6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,19]. Posiadanie przez zakład Drewexim linii technologicznej podczyszczania ścieków poprodukcyjnych na dzień dzisiejszy jest ekonomicznie nieuzasadnione, ze względu na niewielką ich ilość. Wzrost produkcji przy jednoczesnym wzroście ilości ścieków może ten stan zmienić. Dysponując gotowymi opracowaniami łatwiej będzie podjąć decyzję o uruchomieniu takiej linii. Celem pracy było określenie optymalnych parametrów tj. czasu kontaktu ścieków z węglem aktywnym oraz masę węgla aktywnego w procesie podczyszczania ścieków w procesie adsorpcji na pylistym węglu aktywnym.

## METODYKA PROWADZENIA PROCESU SORPCJI STATYCZNEJ

Ścieki przemysłowe użyte do badań procesu adsorpcji statycznej w pierwszym etapie podczyszczano w procesie koagulacji z zastosowaniem PIX-u 113, którego dawka wynosiła 2,0 g/dm<sup>3</sup> oraz flokulantu FLOPAM DW 2160. Flokulant dawkowano w ilości 0,9 g/dm<sup>3</sup> z około 1,5 min opóźnieniem. Po dwugodzinnym czasie sedymentacji sklarowaną ciecz podczyszczano w procesie adsorpcji statycznej. Szczegółową charakterystykę ścieków przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Charakterystyka ścieków surowych oraz po procesach koagulacji z zastosowaniem PIX-u, którego dawka wynosiła 2,0 g/dm<sup>3</sup> i dwugodzinnej sedymentacji [b.w.]

**Table 1.** Characteristics of raw wastewater and after coagulation with PIX (dose of 2.0 g/dm<sup>3</sup> and two hour sedimentation)

Lp	Wskaźnik	Jednostka	Ścieki surowe	Ścieki po koagulacji i sedymentacji	Norma*
1	pH	-	6	7,0	6,5 ÷ 9,0
2	Zawiesina ogólna Z <sub>o</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	2233	722,5	35
4	Substancje rozpuszczone S <sub>R</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	5195,5	2566	-
5	Sucha pozostałość S <sub>p</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	7428,5	3288,5	-
6	BZT <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	10	0,0	25
7	OWO	mgC/dm <sup>3</sup>	16800	3900	30

(\*) – Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, z dnia 24 lipca 2006r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [21].

Jako parametry zmienne niezależne w procesie sorpcji przyjęto:

$x_1$  – dawka węgla aktywnego – D<sub>WA</sub> [g/dm<sup>3</sup>],  $x_2$  – czas kontaktu – t<sub>k</sub> [min].

Jako parametry wynikowe procesu sorpcji przyjęto:

$y_1$  – odczyn - pH [-],  $y_2$  – zawiesina ogólna – Z<sub>o</sub> [mg/dm<sup>3</sup>],  $y_3$  – substancje rozpuszczone – S<sub>R</sub> [mg/dm<sup>3</sup>],  $y_4$  – sucha pozostałość – S<sub>p</sub> [mg/dm<sup>3</sup>],  $y_5$  – biologiczne

zapotrzebowanie na tlen –  $BZT_5$  [ $\text{mgO}_2/\text{dm}^3$ ],  $y_6$  – ogólny węgiel organiczny – OWO [ $\text{mgC}/\text{dm}^3$ ].

Proces adsorpcji prowadzono w dwóch etapach:

W pierwszym etapie badań procesu adsorpcji, jako parametr stały przyjęto czas trwania procesu, który wynosił 30 min. Jako parametr zmienny niezależny przyjęto dawkę adsorbentu równą kolejno 25, 50, 75 i  $100 \text{ g}/\text{dm}^3$ .

W trakcie badań użyto pylistego węgla aktywnego CWZ-22 Elbar – Katowice, którego charakterystykę przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Charakterystyka pylistego węgla aktywnego CWZ-22 [22]

**Table 2.** Characteristics of dusty activated carbon CWZ-22 [22]

Rodzaj analizy	Wymagania *
Stopień rozdrobnienia	pył
Uziarnienie [mm]	$0 \div 0,12$
Gęstość nasypowa [ $\text{g}/\text{dm}^3$ ]	$290 \div 320$
Zawartość popiołu [%]	max 8
Zawartość wilgoci [%]	max 12
pH	powyżej 8
Liczba jodowa [ $\text{mg}/\text{g}$ ]	ok. 850
Liczba metylenowa [ml]	min 22

(\*) Oznaczenie jakości – według normy PN-90/C-97551

W tej części badań wykorzystano 4 szklane zlewki, do których kolejno wsypało naważkę pylistego węgla aktywnego w ilości 25, 50, 75 i  $100 \text{ g}/\text{dm}^3$ . Następnie materiał zalano ściekami do objętości  $0,5 \text{ dm}^3$  i umieszczono na wytrząsarce laboratoryjnej na czas 30 min. Po upływie tego czasu podczyszczono ścieki odsączono na średniej grubości sączkach. W uzyskanych odsączach wykonano badania parametrów wynikowych [5].

W kolejnym etapie badań parametrem stałym była dawka sorbentu, którą na podstawie wyników uzyskanych w pierwszym etapie ustalono na  $100 \text{ g}/\text{dm}^3$ . Jako parametr zmienny niezależny przyjęto w tym przypadku czas kontaktu równy kolejno 10, 20 i 30 min.

Po upływie wyznaczonego czasu szklane naczynia zdjęto z wytrząsarki, a ich zawartość jak w poprzednim przypadku przesączono przez sączek. W uzyskanych odsączach wykonano analizy parametrów wynikowych przyjętych w badaniach.

## WYNIKI BADAŃ

W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań wpływu dawki węgla aktywnego  $D_{WA}$  na wartość stężenia zanieczyszczeń w eluacie. Analiza wyników badań wskazuje, że wraz ze wzrostem dawki węgla aktywnego zawierającej się w przedziale od  $25 \text{ g/dm}^3$  do  $100 \text{ g/dm}^3$ , przy stałym czasie kontaktu  $t_k$  równym 30 min., zawartość zawiesiny ogólnej  $Z_o$  w eluacie malała. Przy wartości początkowej wynoszącej  $722,5 \text{ mg/dm}^3$  wartość tę zmniejszono do  $49 \text{ mg/dm}^3$  (przy dawce sorbenta równej  $100 \text{ mg/dm}^3$ ), co stanowiło ponad 93% obniżkę. Stężenie substancji rozpuszczonych z wartości początkowej  $2566 \text{ mg/dm}^3$  zmniejszono do wartości  $1089 \text{ mg/dm}^3$ , co stanowi 57,5% obniżkę. Wartość stężenia suchej pozostałości  $S_p$  w stosunku do jego wartości początkowej wynoszącej  $3288,5 \text{ mg/dm}^3$  zmalała o ponad 65% – do  $1138 \text{ mg/dm}^3$ . Już przy dawce węgla równej  $25 \text{ g/dm}^3$  spadek stężenia ogólnego węgla organicznego maleje ponad 14-krotnie (93%), aby przy dawce węgla  $100 \text{ g/dm}^3$  – 97% zmniejszenie wartości stężenia.

Tabela 3. Charakterystyka ścieków po procesie sorpcji [b.w.]

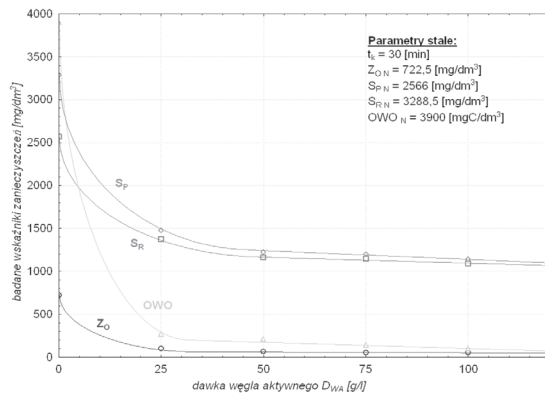
Table 3. Characteristics of wastewater after sorption process

Lp.	Zmienne niezależne	Wartość	Zmienne wynikowe					
			pH	$Z_o$	$S_R$	$S_p$	OWO	BZT <sub>5</sub>
			[-]	[mg/dm <sup>3</sup> ]	[mg/dm <sup>3</sup> ]	[mg/dm <sup>3</sup> ]	[mgC/dm <sup>3</sup> ]	[mg/dm <sup>3</sup> ]
1	Ścieki surowe		6,0	2233	5195,5	7428,5	16800	10,0
2	Ścieki po koagulacji PIXem 113		7,0	722,5	2566	3288,5	3900	0,0
3	Dawka węgla aktywnego $D_{WA}$ [g/dm <sup>3</sup> ] ( $t_k = \text{const} = 30 \text{ min}$ )	25	7,0	102	1372	1474	270	0,0
		50	7,0	64	1161	1225	210	0,0
		75	7,0	53	1145	1198	140	0,0
		100	7,0	49	1089	1138	100	0,0
4	Czas kontaktu $t_k$ [min] ( $D_{WA} = \text{const} = 100 \text{ g/dm}^3$ )	10	7,0	106	1405	1511	180	0,0
		20	7,0	58	1273	1331	130	0,0
		30	7,0	56	980	1036	90	0,0

Wyniki badań wpływu czasu kontaktu  $t_k$  ścieków w przedziale od 10 do 30 min. z węglem aktywnym na wartości stężenia zanieczyszczeń przedstawiono w tabeli nr 3. Wartość wskaźnika zawiesiny ogólnej z wartości początkowej równej  $722,5 \text{ mg/dm}^3$  do wartości  $56 \text{ mg/dm}^3$  (po 30 min. trwania procesu). Stanowi to ponad 92% obniżkę badanego wskaźnika.

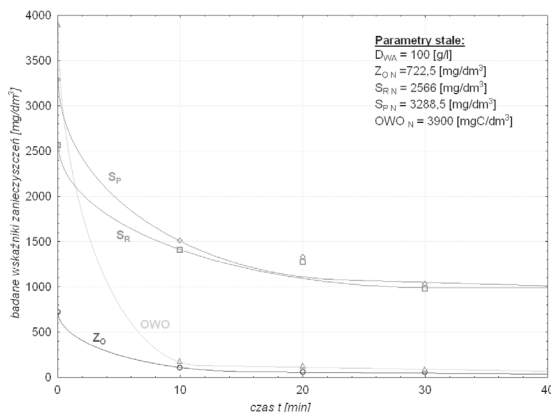
Ilość substancji rozpuszczonych w badanym roztworze (po 30 min. trwania procesu) zmniejszono z wartości początkowej równej  $2566 \text{ mg/dm}^3$  do wartości  $1036 \text{ mg/dm}^3$  co stanowi prawie 60%-wą obniżkę. Wartość wskaźnika suchej pozostałości  $S_p$  po procesie wyniosła  $980 \text{ mg/dm}^3$ , co stanowi 70% redukcję. Podobnie jak w poprzednich przypadkach – wzrost czasu kontaktu powoduje zmniejszenie wartości ogólnego węgla organicznego o 98%.

Na rys. 1 i 2 przedstawiono wyniki badań wpływu dawki węgla aktywnego  $D_{WA}$  oraz czasu kontaktu  $t_k$  ścieków z węglem aktywnym na wartości zanieczyszczeń.



**Rys. 1.** Wpływ dawki węgla aktywnego  $D_{WA}$  na zawartość badanych wskaźników zanieczyszczeń w eluacie

**Fig. 1.** Effect of dose of activated carbon  $D_{WA}$  on the concentration of examined indicators in the eluate



**Rys. 2.** Wpływ czasu kontaktu  $t_k$  na zawartość badanych wskaźników zanieczyszczeń w eluacie

**Fig. 2.** Effect of contact time  $t_k$  on the concentration of examined indicators in the eluate

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych, może wyciągnąć następujące wnioski:

1. Na podstawie badań własnych procesu adsorpcji statycznej na pylistym węglu aktywnym CWZ-22 najlepszą redukcję wszystkich badanych wskaźników zanieczyszczeń – zawiesiny ogólnej, substancji rozpuszczonych oraz ogólnego węgla organicznego – uzyskano dla dawki węgla równej  $100 \text{ g/dm}^3$  i czasu trwania procesu 30 min. Stopień usunięcia zawiesiny ogólnej  $Z_o$  w opisywanym przypadku wyniósł ponad 93%, substancji rozpuszczonych SR – 58%, OWO – ponad 97%.
2. Zauważono, że zastosowanie najmniejszej dawki węgla aktywnego –  $25 \text{ g/dm}^3$  (stopień usunięcia ZO – 86%, SR – 46,5%, OWO – 93%). Przy stopniowym zwiększaniu dawki węgla aktywnego zmniejszenie wartości zanieczyszczeń nie była już tak wyraźna.
- 3). Analiza wyników badań wskazuje, że najlepsze efekty zmniejszenia wartości zanieczyszczeń osiągnięto dla najdłuższego czasu kontaktu ścieków z węglem aktywnym, Można jednak stwierdzić, że wydłużanie czasu kontaktu powyżej 10 minut nie daje już tak znacznych efektów prowadzenia procesu. Przykładowo dla czasu równego 30 min. (dawka pylistego węgla aktywnego stała =  $100 \text{ g/dm}^3$ ). Stopień usunięcia zawiesiny ogólnej – ponad 92%, substancji rozpuszczonych – 60%, OWO – blisko 98%.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anielak A. M. 2000., Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
2. Apolinariski M., Perchuć M., Wąsowski J. 2008., Procesy jednostkowe w technologii wody. Laboratorium., Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
3. Cagle Ch.V., 1977, Kleje i klejenie., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
4. Dębowski Z.: 1993., Sorpcyjne oczyszczanie wody na węglu aktywnym., Ochrona Środowiska, T. 3.
5. Hermanowicz W., Dojlido J., Kosiorowski B., Zerbe J. 1999., Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków., Wydanie drugie, Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
6. Juraszka B. 2007., Oczyszczanie ścieków przemysłowych pochodzących z klejenia w produkcji drzwi i okien drewnianych., Praca doktorska, promotor prof. dr hab. inż. Tadeusz Piecuch., Politechnika Koszalińska, Koszalin.
7. Juraszka B., Piecuch T. 2008., Badania odwadniania osadów pokoagulacyjnych w procesie sedymentacji odśrodkowej., Ekologia i Technika, Bydgoszcz, vol. XVI, nr 3, s. 97-105.,
8. Juraszka B., Piecuch T.2008., Badania podczyszczania ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie filtracji grawitacyjnej., Gaz woda technika 4/2008, s.29-34.
9. Juraszka B., Piecuch T. 2007., Matematyczny opis technologii podczyszczania ścieków zawierających kleje organiczne., Rocznik Ochrony Środowiska Tom 9, s. 107-131, Koszalin.
10. Juraszka B., Piecuch T.: Podczyszczanie ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne metodą koagulacji chlorkiem żelaza., Rocznik Ochrony Środowiska Tom 10, s. 221-242, Koszalin 2008.

11. Juraszka B., Piecuch T. 2007., Podczyszczanie ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie sorpcji., Inżynieria i Ochrona Środowiska, Częstochowa Tom 9, nr 3, s. 173-192.
12. Juraszka B., Piecuch T. 2007., Spalanie osadów pokoagulacyjnych zawierających kleje organiczne oraz utylizacja powstałych popiołów., Polityka Energetyczna, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków. Tom 10, zeszyt 2, s. 85-101.
13. Juraszka B., Piecuch T. 2008., Study on Pre-Cleaning of Post Production Wastewater Containing Organic Glue by the Proces of Coagulation with the Use of Calcium Hydroxide., Archives of Environmental protection, PAN. Vol.34, no. 4, p. 47-61.
14. Juraszka B., Piecuch T., Piekiełko J. 2002., Analiza możliwości podczyszczania ścieków poprodukcyjnych Fabryki Okien i Drzwi DREWEXIM w Nowych Bielicach., Rocznik Ochrona Środowiska, Koszalin, Tom 4, s. 167-187.
15. Juraszka B., Sumara A. 2010., Badania efektu oczyszczania ścieków poprodukcyjnych zawierających kleje organiczne w procesie koagulacji z zastosowaniem koagulanta PAX XL 19F i PIX 113., Rocznik Ochrony Środowiska, Koszalin Tom 12.,s. 663-688.
16. Kowal A.L., Świdarska-Bróz M. 1996., Oczyszczanie Wody., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław.
17. Ościk J. 1973., Adsorpcja., PWN, Warszawa.
18. Paderewski M.L. 1999., Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
19. Piecuch T., Piekarski J. 2001., Opracowanie technologii podczyszczania ścieków przemysłowych pochodzących z produkcji płyt wiórowych., Rocznik Ochrony Środowiska, Koszalin, Tom 3. s. 7-31.
20. Praca zbiorowa pod redakcją Nawrockiego J. i Biłozora S. 2000., Uzdatnianie wody. Procesy chemiczne i biologiczne., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Poznań.
21. Dziennik Ustaw Nr 137 Poz. 984 z dnia 24 lipca 2006 r.
22. Karta Katalogowa firmy Elbar-Katowice Sp.z o.o. Oddział CARBON w Raciborzu.

## PRE-TREATMENT OF WASTEWATER IN THE PROCESS OF STATIC ADSORPTION

**Abstract.** The paper presents results and interpretation of own research of pre-treatment of wastewater from Drewexim Company in the process of static adsorption.

The aim of the research was to determine the most optimum conditions of static adsorption process and to determine sorptional capacity of dusty activated carbon.

Results of research with application of activated carbon CWZ-22, show that the biggest reduction of examined parameters (total suspension  $Z_o$ , dissolved substances DS and TOC) were obtained for activated carbon dose  $100 \text{ g/dm}^3$  and process duration 30 min. Degree of total suspension removal in this case was over 93%, dissolved substances – 58%, TOC – over 97%.

Substantial reduction of concentration of examined parameters was noted already at the lowest applied dose  $25 \text{ g/dm}^3$  (degree of removal of  $Z_o$  - 86%,  $S_R$  - 46.5%, TOC - 93%). With progressively increasing doses of adsorbent reduction of concentration was no longer so substantial.

Next stage of research – influence of time of process duration on the decrease of parameters – showed that the biggest decrease of parameters values was noted at the first applied contact time – 10min. The best results were obtained for the contact time 30 min (dose of dusty activated carbon =  $100 \text{ g/dm}^3$ ). Degree of  $Z_o$  removal – over 92%,  $S_R$  – 60%, TOC – almost 98%.

Analysis of the results also shows that decrease of TOC concentration obtained for dusty activated carbon is a few percent bigger than the one obtained for granular activated carbon.

**Keywords:** static adsorption, pre-treatment of wastewater.