

WSPÓŁCZESNE METODY I ROZWIĄZANIA
W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW CELULOZOWO-PAPIERNICZYCH

Czesław Leszczyński

Instytut Celulozowo-Papierniczy, Łódź

W procesach wytwarzania mas celulozowych i papieru większość operacji technologicznych przebiega przy udziale wody. Woda służy do przygotowania cieczy warzelnych i bielących, do rozczyniania półproduktów włóknistych, przygotowania roztworów dodatków masowych i środków pomocniczych, stosowanych w produkcji papieru, spełnia podstawową rolę w operacjach obróbki półproduktów włóknistych, transporcie zawiesiny włóknistej i jej rozcieńczeniu oraz formowaniu wstęgi papierowej. Ponadto, wodę wykorzystuje się do utrzymania czystości urządzeń produkcyjnych, a także jako czynnik chłodzący, uszczelniający i smarujący.

Woda wprowadzana do układu produkcyjnego w wytwórni masy włóknistej lub papieru po spełnieniu swojej roli odpływa z tego układu w postaci ścieków. Ilość ścieków, praktycznie równa ilości pobieranej wody świeżej, z poszczególnych zakładów produkcyjnych jest znacznie zróżnicowana - w zależności od rodzaju produkcji, stosowanych surowców i technologii, rodzaju i wieku urządzeń, dostępności wody świeżej, warunków zrzutu ścieków itp. Zróżnicowanie jednostkowych ilości ścieków bardzo wyraźnie ilustrują dane w tabeli 1, dotyczące wytwórni papieru w RFN w 1973 r.

Zanieczyszczenia w ściekach celulozowo-papierniczych występują w postaci stałej - zawiesiny opadальной i nieopadальной oraz w postaci rozpuszczonej lub koloidalnej. Skład chemiczny i stopień zanieczyszczenia ścieków zależy od rodzaju użytego surowca włóknistego, rodzaju otrzymywanej masy włóknistej, stosowanej metody roztwarzania drewna, układu technologicznego bielenia masy, rodzaju wsadu włóknistego i dodatków masowych użytych do otrzymywania wyrobów papierowych, stosowanych maszyn i urządzeń, a także od rozwiązania gospodarki wodno-ściekowej w danym zakładzie produkcyjnym.

T a b e l a 1

Jednostkowe ilości ścieków z produkcji najbardziej typowych rodzajów wyrobów papierowych w RFN w 1973 r. [2]

Grupy rodzajowe papierów	Ilość ścieków, m ³ /t		
	min.	średnio	maks.
Bezdrzewne białe	27	74	400
Drzewny biały	12	47	105
Powlekany	28	42	56
Gazetowy	23	24	25
Makulaturowy	0	38	117
Kartony i tektury	6	37	88

Zawiesina w ściekach celulozowo-papierniczych składa się z włókien drzewnych lub ich fragmentów, cząstek kory, wypełniaczy mineralnych, cząstek farby drukarskiej (przerób makulatury), piasku i innych zanieczyszczeń (np. odpadowy węglan wapniowy). Zawiesina opadalna tworzy osady na dnie odbiornika naturalnego ścieków, powodując zmiany strukturalne osadów dennych i zakłócenia życia biologicznego. Materiał na dnie ulega tlenowemu lub beztlenowemu rozkładowi. W przypadku rozkładu tlenowego następuje zużywanie tlenu rozpuszczonego w wodzie, a w przypadku rozkładu beztlenowego powstawanie toksycznych gazów - siarkowodoru i metanu. Natomiast bardzo drobna nieopadalna zawiesina w ściekach powoduje zmętnienie wody i zmniejszenie jej przepuszczalności światła oraz konieczność intensyfikacji procesów uzdatniania wody.

Zanieczyszczenia rozpuszczone lub koloidalne stanowią rozpuszczone składniki drewna oraz dodawane w procesach papierniczych środki pomocnicze (np. siarczan glinowy, środki przeciwpijanowe i przeciwśluzowe itp.).

Rozpuszczone zanieczyszczenia w ściekach celulozowo-papierniczych można podzielić na substancje biorozkładalne, substancje barwne, substancje toksyczne i sole nieorganiczne.

Substancje biorozkładalne (niskocząsteczkowe węglowodany i inne niskocząsteczkowe związki organiczne jak metanol, kwas octowy itp.) wprowadzone do wody odbiornika dość szybko zużywają potrzebny dla ich rozkładu tlen rozpuszczony w wodzie - często aż do całkowitego jego wyczerpania. Stan beztlenowy odbiornika powoduje za-

kłócenia lub zanik jego życia biologicznego i zniszczenie zdolności wody w odbiorniku do samooczyszczania się.

Substancje barwne, będące głównie związkami ligninowymi, pochodzą z procesów roztwarzania drewna oraz z bielenia mas celulozowych. Substancje te w wodzie odbiornika ulegają bardzo powolnemu rozkładowi biologicznemu - określane w praktyce jako biologicznie nierozkładalne. Obecność ich w wodzie utrudnia uzdatnianie wody przeznaczonej do celów komunalnych i przemysłowych oraz znacznie zwiększa koszty jej uzdatniania. Ponadto, obecność tych substancji w wodzie ogranicza penetrację światła w głąb wody, wskutek czego zostają zakłócone procesy syntezy fotochemicznej w odbiorniku.

Podstawowymi wskaźnikami zanieczyszczenia ścieków celulozowo-papierniczych są: 5-dniowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5), chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT), zawartość zawiesiny i intensywność barwy. Ostatnio wprowadza się oznaczenie określające zawartość węgla organicznego w ściekach (CWO - całkowity węgiel organiczny). W pewnych przypadkach dla celów badawczych lub praktycznych stosuje się oznaczenia rodzaju zanieczyszczeń w ściekach - związków ligninowych, poszczególnych cukrów, fenoli itp.

W celu zilustrowania wielkości ładunków zanieczyszczeń ściekowych, wyrażonych za pomocą niektórych wyżej wymienionych wskaźników, przytoczono w tabeli 2 jednostkowe wielkości tych ładunków w ściekach z wytwarzania różnych rodzajów produktów przemysłu celulozowo-papierniczego. Należy podkreślić, że podane w tabeli 2 jednostkowe ładunki są charakterystyczne dla wytwórni nowoczesnych (1975). Natomiast w wytwórniach starszych wielkości te są przeciętnie dwa razy wyższe, a nawet mogą być kilkakrotnie wyższe.

Spełnienie współczesnych wymogów ochrony wód przed zanieczyszczeniem stwarza konieczność zmniejszenia ilości i uciążliwości ścieków celulozowo-papierniczych, które można realizować przez równoczesne lub niezależne wykorzystywanie tzw. środków wewnętrznych i zewnętrznych. Pod pojęciem środków wewnętrznych rozumie się wprowadzanie nowych metod i procesów wytwórczych oraz udoskonalenie istniejących operacji i technologii, a także odzyskiwanie ze ścieków surowców papierniczych i otrzymywanie produktów ubocznych [13]. Mimo dużych ostatnio w tym względzie osiągnięć nie jest możliwe wyeliminowanie stosowania środków zewnętrznych, czyli oczyszczania ścieków.

T a b e l a 2

Jednostkowe ładunki zanieczyszczeń w ściekach z produkcji mas włóknistych i papieru w warunkach nowoczesnych wytwórni (1975 r.)

[8]

Rodzaj produktu	Zawiesina kg/t	BZT ₅ kg O ₂ /t	Lignina kg/t
Masa celulozowo-wiskozowa	7	91	76
Masa celulozowo-siarczynowa			
niebielona	7	44	60
bielona	9	52	101
Masa celulozowa siarczanowa			
niebielona	5	17	8
bielona	6	31	36
Masa półchemiczna	5	17	7
Ścier	2	16	-
Papier	5	6	-
Tektura	15	26	-

Celem oczyszczania ścieków jest usunięcie z nich zanieczyszczeń stałych i rozpuszczonych przed zrzutem ścieków do odbiornika albo takie uzdatnienie ścieków, aby mogły one służyć do wykorzystania w procesie produkcyjnym, zastępując wodę świeżą.

Oczyszczanie ścieków celulozowo-papierniczych prowadzone jest za pomocą metod mechanicznych, fizykochemicznych, biologicznych i chemicznych, z wykorzystaniem jednej metody lub kombinacji metod - w zależności od lokalnych potrzeb w zakresie stopnia usunięcia zanieczyszczeń ze ścieków.

Oczyszczanie mechaniczne na drodze sedymentacji stosuje się do usuwania ze ścieków zawiesiny. W tego rodzaju oczyszczaniu wykorzystuje się osadniki o różnym kształcie (głównie kołowym) oraz o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych urządzeń do zbierania i odbierania osadu ściekowego. Jako urządzenia zabezpieczające osadniki przed nadmiernym (awaryjnym) obciążeniem zawiesiną stosuje się wyławiacze łukowe typu DSM lub Hydrasieve. W przypadku oczyszczania ścieków równocześnie za pomocą różnych metod oczyszczanie mechaniczne może występować w takim układzie kilkakrotnie dla oddzielenia ze ścieków zawiesin występujących w poszczególnych ogniwach oczyszczalni.

Metody mechaniczne często jednak nie zapewniają dostatecznego usunięcia zawiesiny ze ścieków celulozowo-papierniczych. Metody te są niewystarczające, szczególnie dla usuwania drobnej, trudno-opadającej zawiesiny ze ścieków papierniczych. Wówczas jest ono wspomagane stosowaniem procesów fizykochemicznych - głównie koagulacji. Do koagulacji ścieków papierniczych stosuje się siarczan glinowy, siarczan żelazowy, krzemionkę aktywowaną, bentonit, glinian sodowy i wapno oraz polielektrolity syntetyczne lub naturalne, takie jak poliakryloamidy, polietylenoaminy, skrobie naturalne itp. Wysoką skuteczność usuwania zawiesiny uzyskuje się często przez łączne dawkowanie chemikaliów nieorganicznych i polielektrolitów, co jednocześnie obniża koszty w porównaniu z kosztami samodzielnego stosowania środków nieorganicznych.

Mechaniczne metody oczyszczania pozwalają na usunięcie ze ścieków 70-90% zawiesiny oraz 10-15% BZT₅. Przy zastosowaniu koagulacji stopień usunięcia zawiesiny można zwiększyć o dalsze 10%, a obniżenie BZT₅ do około 50%.

W celu usunięcia ze ścieków biorozkładalnych substancji rozpuszczonych i koloidalnych stosuje się biologiczne metody oczyszczania, które można uważać za zintensyfikowaną postać naturalnego procesu samooczyszczania się wód powierzchniowych. Jak wiadomo, oczyszczanie biologiczne polega na biochemicznym utlenianiu zanieczyszczeń ściekowych, zachodzącym w oparciu o metaboliczne przemiany mikroorganizmów w obecności tlenu rozpuszczonego.

Dla zapewnienia optymalnego przebiegu procesów biologicznego oczyszczania konieczne jest dodawanie do ścieków celulozowo-papierniczych odpowiednich pożywek mineralnych - soli azotu i fosforu - w ilości spełniającej w przybliżeniu stosunek BZT₅:N:P jak 100:5:1. Pożądana jest jednak minimalizacja dodatku pożywek mineralnych, które mogą w nadmiernej ilości przedostawać się do odbiornika ze ściekami oczyszczonymi. Ograniczanie dodatku pożywek, bez pogarszania skuteczności procesu, jest także celowe ze względów ekonomicznych.

Do oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych wykorzystuje się następujące biologiczne metody oczyszczania:

- metoda biologicznych stawów napowietrzanych,
- metoda złóż biologicznych,
- metoda osadu czynnego.

Metoda biologicznych stawów napowietrzanych stosowana jest jako samodzielny proces oczyszczania lub w połączeniu z metodą osadu czynnego jako oczyszczanie końcowe przed zrzutem ścieków do odbiornika. O wykorzystaniu metody stawów napowietrzanych decyduje przede wszystkim dostępność terenu - zapotrzebowanie miejsca jest dość duże i wynosi około $2 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot 24 \text{ godz}$ ścieków [6].

Czas zatrzymania ścieków w stawach wynosi od 3 do 10 dni. Spośród zalet stawów napowietrzanych należy wymienić niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, dobre wyrównanie jakości ścieków oczyszczonych oraz odporność na zmiany obciążenia ładunkiem BZT. Do wad natomiast należy zaliczyć głównie niską skuteczność oczyszczania w przypadku niskich temperatur otoczenia i braku pożywek mineralnych, osadzanie się zawiesiny w obszarach o małej prędkości ruchu ścieków. Stąd, w warunkach europejskich metoda stawów napowietrzanych nie odgrywa większej roli.

Metoda złoż biologicznych, polegająca na przesączaniu się ścieków przez przepuszczającą powietrze warstwę materiału wypełniającego złożę (tłuczeń granitowy, kamień polny, żużel, koks itp.), nie znajduje szerszego zastosowania do oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych. Duże ilości tych ścieków wymagają dużej ilości złoż, a poza tym zawiesina włóknista znajdująca się w ściekach powoduje zatykanie się złoż i spadek sprawności oczyszczania. Złoża wypełnione kształtkami z tworzyw sztucznych są bardziej odporne na zatykanie się zawiesiną włóknistą. Złoża z takim wypełnieniem pracują obecnie w czterech papierniach w Szwecji jako jednostki wstępnego oczyszczania ścieków przed ich skierowaniem do oczyszczalni pracującej według metody osadu czynnego lub stawów napowietrzanych [8].

Podobnym do procesu złoż biologicznych jest proces stosujący obrotowe filtry biologiczne. Filtry te składają się z szeregu tarcz zamontowanych blisko siebie na wale napędowym. Około 40-45% powierzchni każdej tarczy jest zamurzone w ściekach, a pozostała część pozostaje w kontakcie z powietrzem. Na powierzchni tarcz tworzy się „błona” biologiczna, adsorbująca na przemian zanieczyszczenia ściekowe w czasie zanurzenia i natleniająca zaadsorbowane zanieczyszczenia w czasie pozostawania w kontakcie z powietrzem. Głównymi zaletami tego procesu są - zdolność adsorbowania "uderzeniowego" ładunku substancji toksycznych, potrzeba minimum zabiegów konserwacyjnych, dobra opadalność kłaczków błony w osadniku wtórnym. W USA pracuje oczyszczalnia stosująca obrotowe fil-

try biologiczne, których sprawność oczyszczania jest taka sama jak złóż biologicznych [8].

Metoda osadu czynnego znalazła najszersze zastosowanie do oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych - np. w radzieckim przemyśle celulozowo-papierniczym pracuje już ponad 40 oczyszczalni z osadem czynnym, dalsze są w budowie lub projektowaniu [14]. Polega ona na oczyszczaniu ścieków na drodze ich napowietrzania z charakterystyczną formą skupisk mikroorganizmów, zwaną osadem czynnym, a następnie usunięciu tego osadu z oczyszczonych ścieków. Metoda ta pozwala na stosowanie wyższych obciążeń ładunkiem BZT pojemności reaktorów (komór napowietrzania) w porównaniu do złóż biologicznych czy stawów napowietrzanych. Zapotrzebowanie miejsca na oczyszczalnię pracującą według metody osadu czynnego wynosi przeciętnie $0,04 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot 24 \text{ godz}$ ścieków [6].

Oczyszczanie osadem czynnym ścieków celulozowo-papierniczych wymaga dodawania do nich pożywek mineralnych - soli azotu i fosforu. Metoda osadu czynnego umożliwia usunięcie 85-90% BZT₅ ścieków. Porównując różne metody oczyszczania biologicznego należy stwierdzić, że metoda osadu czynnego daje najwyższe redukcje BZT - sięgające 90%. Złóża biologiczne i stawy napowietrzane dają zwykle ok. 70% redukcję BZT. Oczywiście sprawności oczyszczania są zależne od rodzaju oczyszczanych ścieków celulozowo-papierniczych [8].

W niektórych przypadkach w celu uzyskania wysokich redukcji BZT ścieków stosuje się układy dwóch metod biologicznych, np. osad czynny - stawy napowietrzane, złóża biologiczne - staw napowietrzany, złóże biologiczne - osad czynny.

Obecnie koncentruje się prace badawcze i rozwojowe nad poprawieniem wskaźników techniczno-ekonomicznych oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego, względnie układów oczyszczania biologicznego. Wyniki tych prac znajdują już wyraz w stosowaniu w skali przemysłowej różnych modyfikacji metody osadu czynnego. Należy tu wymienić przede wszystkim zastosowanie czystego tlenu zamiast dostarczania tlenu bezpośrednio z powietrza do zawartości komór z osadem czynnym. Zaletami tej modyfikacji są: mniejsze reaktory, możliwość utrzymania wyższego stężenia osadu czynnego w komorach, bezwonność gazów odlotowych, wyższa odporność osadu na szokowe obciążenia ładunkiem BZT itp. Wysokie koszty otrzymywania czystego tlenu i stosowanych urządzeń stanowią czynniki ograniczające dla tej metody. Tym niemniej w połowie 1976 r. w światowym prze-

myśle celulozowo-papierniczym (głównie w USA) pracowało już 11 takich oczyszczalni, a dalszych 8 było w budowie. W innych krajach oczyszczalnie takie pojawiają się coraz częściej. W nowym polskim kombinacie celulozowo-papierniczym w Kwidzynie również wybudowano oczyszczalnię pracującą według metody osadu czynnego z zastosowaniem czystego tlenu.

Inną modyfikację metody osadu czynnego wykorzystano w jednej z celulozowni w USA produkującej 500 t/24 godz masy celulozowej siarczynowej do przerobu chemicznego [12]. Według tej modyfikacji ścieki oczyszcza się w reaktorze, stanowiącym wieżę o wysokości 21 m i średnicy 37 m. Doprowadzenie powietrza do zawartości wieży ma miejsce w dolnej części reaktora, Uzyskiwana sprawność oczyszczania wynosi ponad 90%. System ten wykazuje m.in. takie zalety w stosunku do konwencjonalnego sposobu realizacji metody osadu czynnego, jak: dużą odporność na szokowe obciążenia ładunkiem BZT, pracuje przy dość wysokim obciążeniu osadu - 1,7 kg BZT₅/kg osadu, mniejsze zapotrzebowanie miejsca na komory napowietrzania oraz niższe koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Dalszą cechą charakterystyczną oczyszczalni jest usuwanie zawiesiny ze ścieków oczyszczonych nie w osadnikach, lecz w urządzeniach flotacyjnych, zapewniających bardzo skuteczne oddzielanie zawiesiny osadu czynnego. Obciążenie powierzchni urządzenia flotacyjnego wynosi 0,25 m³/m² · min.

Wśród wprowadzanych usprawnień procesu oczyszczania osadem czynnym należy także wymienić wprowadzanie specjalnych rur do napowietrzania (zaopatrzonych w dysze), umieszczanych na dnie komór i pozwalających na uzyskanie bardzo drobnych pęcherzyków powietrza. Zaletą takiego sposobu napowietrzania jest m.in. poprawienie stopnia wykorzystania tlenu z powietrza i zmniejszenie zapotrzebowania energii na napowietrzanie.

W procesach biologicznego oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych nie ulegają usunięciu substancje barwne, odporne na rozkład na drodze biochemicznej. Barwa ścieków posiarczanowych w procesach oczyszczania biologicznego nie ulega praktycznie zmniejszeniu, a ścieków posiarczynowych zostaje nawet zintensyfikowana.

Usuwanie barwy ścieków z produkcji mas celulozowych siarczanowych dokonuje się już w skali przemysłowej na drodze chemicznej przez traktowanie ścieków wapnem lub siarczanem glinu, a także na drodze fizykochemicznej z wykorzystaniem metody wymiany jonowej lub adsorpcji na aktywowanym tlenku glinowym [1, 5].

Najbardziej rozpowszechnione usuwanie barwy ze ścieków po-siarczanowych za pomocą wapna (dawki 2-20 kg CaO/m³ ścieków) pozwala zredukować barwę tych ścieków o 85-95%, a także ich ładunek BZT o ok. 30%. Powstający w tym procesie osad wapniowo-organiczny kieruje się po odwodnieniu do pieca do wypalania kamienia wapiennego lub szlamu pokaustyzacyjnego.

Należy podkreślić, że w nowszych rozwiązaniach gospodarki ściekowej w celulozowniach usuwanie barwy dokonuje się jedynie dla wybranych strumieni ścieków, najsilniej obciążonych substancjami barwnymi - głównie ścieków z sortowni masy niebielonej i niektórych ścieków z bielarni masy celulozowej.

Inne metody mające na celu usuwanie barwy ze ścieków celulozowych, takie jak adsorpcja na węglu aktywnym, ultrafiltracja i osmoza odwrócona, ekstrakcja za pomocą amin czy ozonowania, pozostają na etapie badań półtechnicznych, ukierunkowanych na poprawienie wskaźników techniczno-ekonomicznych tych metod [9, 15]. Niektóre z tych metod (np. węgiel aktywny) przewidywane są także do końcowego „doczyszczania” ścieków (usuwanie resztkowych zanieczyszczeń) i odzysku ze ścieków wody przydatnej do celów produkcyjnych [11].

Należy jeszcze zwrócić uwagę na problem obecności w ściekach celulozowo-papierniczych składników toksycznych dla organizmów wodnych. Do składników toksycznych zalicza się kwasy żywiczone i nie-nasycone kwasy tłuszczowe oraz szereg związków (głównie chloropochodnych) chemicznych, powstających w wyniku reakcji pomiędzy chemikaliami stosowanymi do bielenia mas celulozowych i związkami organicznymi w masie celulozowej [8]. Wymienione substancje toksyczne na ogół prawie w całości ulegają degradacji w procesach biologicznego oczyszczania lub usunięciu w procesach fizykochemicznych oczyszczania ścieków [3]. W ściekach celulozowo-papierniczych mogą się znajdować również środki stosowane do konserwacji drewna, środki przeciwpianowe, środki przeciwśluzowe i wiele innych tzw. środków pomocniczych, wprowadzanych do masy papierniczej dla nadania pożądanych własności papierowi. Środki te, zwykle organiczne, mogą posiadać właściwości toksyczne. Dlatego ich stosowanie może być możliwe tylko wtedy, gdy będą one rozkładalne w biologicznej oczyszczalni ścieków, usuwane na innej drodze, lub gdy są biorozkładalne i ich zrzut do rzeki będzie dozwolony.

Dla efektywnego przebiegu procesów oczyszczania ścieków wymagane jest posiadanie zbiorników wyrównujących ilość i jakość ście-

ków kierowanych do oczyszczalni. W przeciwnym razie konieczna jest budowa oczyszczalni większej, dostosowanej do szczytowych obciążeń, aby zapewnić pożądaną skuteczność oczyszczania. Zwrócenie uwagi na to zagadnienie jest bardzo ważne w przypadku ścieków celulozowo-papierniczych - np. w celulozowniach szereg procesów i związany z nimi zrzut ścieków ma charakter okresowy.

W stosowanych procesach mechanicznego, biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych powstają na ogół trudnoodwadnialne osady ściekowe, których zagospodarowanie stwarza poważne problemy techniczne i ekonomiczne. Osady ściekowe przed usunięciem ich z terenu oczyszczalni muszą być częściowo odwodnione w celu umożliwienia ich transportu lub spalania. Urządzeniami stosowanymi do odwadniania osadów są wirówki, filtry próżniowe, a ostatnio coraz szersze przyjęcie zyskują prasy taśmowe.

Zwiększenie zdolności osadów do oddawania wody w procesach mechanicznego ich odwadniania uzyskuje się głównie przez kondycjonowanie osadów dodatkiem chemikaliów takich jak: wapno, sole glinu lub żelaza oraz polielektrolity organiczne.

Osady z mechanicznego (wstępnego) oczyszczania ścieków celulozowo-papierniczych wykorzystywane są jako składnik wsadu surowcowego niższych jakościowo gatunków papierów oraz do produkcji tekstur (szczególnie wielowarstwowych), często jednak stanowią produkt odpadowy.

Osady z biologicznego oczyszczania ścieków po ich częściowym odwodnieniu - często w mieszaninie z osadem wstępnym - składowane są na nieużytkach rolnych lub spalane. To ostatnie postępowanie powoduje jednak zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego i jest nieopłacalne pod względem energetycznym [10].

Najwłaściwszym kierunkiem zagospodarowania biologicznych osadów ściekowych jest ich utylizacja, np. przez stosowanie jako dodatku przy kompostowaniu kory lub stosowaniu dla poprawienia struktury gleby i wzbogacenie jej w cenne składniki mineralne [4, 10]. W dwóch polskich celulozowniach z powodzeniem wykorzystuje się nadmierny osad czynny przy kompostowaniu kory.

Poważny problem w dziedzinie oczyszczania ścieków stwarza światowy kryzys energetyczny. Zużycie energii dla ochrony środowiska przed zanieczyszczeniem szybko wzrasta wraz z rosnącymi potrzebami utrzymania czystości środowiska. Stwarza to konflikt pomiędzy działaniami dla ochrony środowiska i koniecznością oszczęd-

dzania energii. Dlatego zalecenia Organizacji d/s Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) zmierzają do stworzenia systemu ułatwień dla przenoszenia w skali światowej technologii, wyników badań naukowych i rozwojowych oraz praktycznych rozwiązań dotyczących oszczędności energii i ochrony środowiska [7].

Dla przykładu można podać, że zastosowanie w celulozowni produkującej masy celulozowe siarczanowe bielone oczyszczania ścieków na drodze mechanicznej, chemicznej i biologicznej (łącznie z zagospodarowaniem osadów) stwarza zapotrzebowanie na energię elektryczną w ilości 66-100 kWh/t masy, co stanowi 8,4-12,5% ogólnego zapotrzebowania celulozowni na energię elektryczną [7].

Należy także podkreślić, że zmniejszenie zanieczyszczenia przez zakład celulozowo-papierniczy pociąga za sobą ogólny wzrost zanieczyszczenia środowiska. Zużycie energii na ochronę środowiska w tej fabryce powoduje zanieczyszczenie środowiska produktami spalania zasobów energetycznych, zużywanych dla otrzymania energii elektrycznej, chemikaliów, stali itp. - dostarczanych dla danego zakładu celulozowo-papierniczego.

Przemysł celulozowo-papierniczy dla sprostania coraz ostrzejszym wymaganiom ochrony środowiska ponosi znaczne koszty inwestycyjne na budowę urządzeń zabezpieczających środowisko przed zanieczyszczeniem. Skalę tego problemu ilustrują wydatki inwestycyjne na ochronę środowiska w stosunku do ogólnych nakładów inwestycyjnych na rozwój przemysłu celulozowo-papierniczego poniesionych w 1975 r.: w Szwecji - 14%, w RFN - od 12 do 14%, we Francji - 10%, w USA - 20%. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne ochrony środowiska w zakładach nowobudowanych mogą być zminimalizowane z uwagi na możliwość wcześniejszego adoptowania i wymiarowania urządzeń produkcyjnych, stosownie do wymogów ochrony środowiska. Natomiast w zakładach istniejących urządzenia te wprowadzane są później, co drastycznie zwiększa koszty, a także ogranicza zakres możliwych modyfikacji technologiczno-technicznych w układach produkcyjnych. Tym niemniej ocenia się, że przeciętne wydatki inwestycyjne na ochronę środowiska w nowobudowanych zakładach wynoszą od 15 do 25% ogólnych kosztów inwestycyjnych budowy zakładów [7].

UWAGI KOŃCOWE

Istnieją dzisiaj rozwiązania technologiczne i techniczne, które pozwalają usunąć ze ścieków celulozowo-papierniczych wszelkie zanieczyszczenia, występujące zarówno w postaci zawiesiny jak i substancji rozpuszczonych. Usunięcie tych zanieczyszczeń można uzyskać w takim stopniu jaki jest pożądanym.

Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne oczyszczalni ścieków stanowią obecnie czynnik decydujący w zakresie ochrony wód przed zanieczyszczeniem przez przemysł celulozowo-papierniczy. Wydaje się, że w okresie najbliższych 10 lat dla usuwania zawiesiny ze ścieków będą stosowane sposoby sedymentacyjne, połączone często z procesem koagulacji, a dla usuwania substancji biorozkładalnych stosowane będą biologiczne metody oczyszczania ścieków. Co do wyboru metody usuwania ze ścieków celulozowych substancji barwnych brak jest dotąd wyraźnie określonego poglądu.

Szczególną uwagę będzie się zwracać na wszelkie umożliwiające minimalizację zapotrzebowania energii w wyższej wymienionych procesach oczyszczania ścieków.

Ponadto, problemami do rozwiązania pozostają usuwanie zawiesiny resztkowej ze ścieków biologicznie oczyszczonych oraz odwadnianie i zagospodarowanie osadów ściekowych. W tym ostatnim przypadku złagodzenia problemu należy szukać na drodze zmniejszenia potrzeby oczyszczania ścieków przez stosowanie wewnątrzfabrycznych modyfikacji technologiczno-technicznych, pozwalających na zagospodarowanie potencjalnych zanieczyszczeń ściekowych możliwie w pobliżu miejsca ich powstawania.

LITERATURA

1. Andersson K. A.: Prz. pap., 33, 3, 1977, 103.
2. Dalpke H., Gotsching L.: Wochbl.für Papierfabr., 102, 19, 1974, 721.
3. Easty D. B., Borchardt L. G., Wobers B. A.: Tappi Environmental Conf. Proc., 1978, s. 37.
4. Eberhardt W. A. i inni: J. Wat. Poll. Control Feder., 50, 8, 1978, 1893.
5. Eberle S. H.: jak w poz. 8.
6. FAO Advisory Committee on Pulp and Paper, "Study of pulp and paper industry effluent treatment", EKONO, Helsinki 1972.
7. FAO Forestry Paper, World Pulp and Paper Demand, Supply and Trade, t. I, Rome 1977, s. 173.

8. Hargback H.: Proc. of the "Seminar on recent development in the technological field in respect to prevention of the Baltic Sea Area", Espoo, Finlandia 1976.
9. Maples G., Lang E. W.: Tappi Environmental Conf. Proc., 1978, s. 71.
10. Marshall D. W.: Southern Pulp Paper Manuf., 40, 12, 1977, 19.
11. OECD Environment Directorate, "Advanced pollution abatement technology in the pulp and paper industry", Paris 1972.
12. Severeid D. E.: Tappi, 62, 2, 1979, 61.
13. Surewicz W., Nowakowski J.: Prz. pap., 29, 9, 1973, 326.
14. Tipisev A. J.: Pulp and Paper Can., 78, 8, 1977, 31.
15. Wiley A. J. i inni: Tappi Environmental Conf. Proc., 1978, s. 63.

Ч. Лещиньски

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И РЕШЕНИЯ В ОЧИСТКЕ СТОКОВ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ЗАВОДОВ

Р е з ю м е

Представлено происхождение стоков в целлюлозно-бумажной промышленности, их количество, состав и величину нагрузки загрязнений и вредность этих загрязнений для естественных водоприёмников. Доказано, что в случае высокой степени загрязнения стоков целлюлозно-бумажной промышленности требуется применить один из механических, физикохимических или биологических методов или их комбинацию. Особое внимание обратили на очистку стоков с применением модификации метода активного или представляя технические, экономические и энергетические проблемы. Обсудили затраты на защиту окружающей среды, которые в настоящее время составляют 15-25% капитальных расходов для новостроенных целлюлозно-бумажных заводов.

C. Leszczyński

PRESENT METHODS AND DEVELOPMENTS IN PULP AND PAPER MILL
WASTE WATER TREATMENT

S u m m a r y

Waste water formation (origination) in pulp and paper industry, their amounts, type and size of pollution loads and their detrimental effect on natural water receivers were presented. It was indicated that the high pollution load of pulp and paper mill effluents required to use mechanical, chemical, physical - chemical and biological methods of treatment - either one or a combina-

tion of few. Special attention was given to waste water treatment by different active sludge method modifications with regard to technical, economical and energetical aspects. The expenditures on pollution control, amounting in new pulp and paper mills to 15-25 percent of total investment costs, were discussed.