

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W PROCESACH PRODUKCJI POLIMERÓW STOSOWANYCH W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH

Wioletta M. BAJDUR, Anna HENCLIK

Streszczenie: Nowe metody recyklingu lub zagospodarowania odpadów polimerowych mogą stać się skuteczną formą ich redukcji oraz pozyskiwania bezpiecznych dla środowiska produktów. Szczególne znaczenie w rozwiązaniu problemu recyklingu odpadów ma analiza ich cyklu życia. Innowacyjne rozwiązania tego problemu pozwalają stworzyć modele strategiczne pozyskiwania nowej generacji produktów w jak najmniejszym stopniu obciążających środowisko. Ekologiczna ocena cyklu życia (*LCA* z ang. *Life Cycle Assessment*) polimerów syntezowanych z odpadów zastosowanych jako flokulanty pokazała, iż odpady polimerowe, uciążliwe dla środowiska lub niebezpieczne, o określonych kodach według aktualnej klasyfikacji odpadów mogą stać się by-produktami. W artykule przedstawiono możliwość zastosowania techniki *LCA* w zrównoważonym rozwoju produktu na przykładzie jej zastosowania do identyfikacji źródeł i oceny oddziaływania na środowisko flokulantów syntezowanych z poprodukcyjnych odpadów żywic fenolowo-formaldehydowych zastosowanych w oczyszczaniu ścieków hutniczych. Analiza cyklu życia może stanowić odpowiednie narzędzie do działań pozwalających na ograniczenie zagrożeń środowiskowych i wyboru najbezpieczniejszego dla środowiska produktu (flokulantu).

Słowa kluczowe: recykling odpadów polimerowych, flokulanty, ocena cyklu życia (*LCA*), ścieki hutnicze.

1. Wprowadzenie

W hutnictwie, ścieki powstają w wielu etapach związanych w procesem wielkopiecowym z [1]:

- aglomerowni, zawierające składniki wsadu (rudę, koks, wapień), siarczany, siarczki i rodanki,
- chłodzenia wielkiego pieca (odświeżania obiegu), o podwyższonym zasoleniu, ale do poziomu nie wymagającego oddzielnych procesów oczyszczania,
- mokrego oczyszczania gazu wielkopiecowego, zanieczyszczone zawiesiną trudno opadającą, cyjankami, fenolami, amoniakiem i siarczkami,
- chłodzenia konwertorów, o niewiele podwyższonym zasoleniu i temperaturze,
- gaszenia i granulacji żużla.

Ścieki powstają również przy przeróbce stali w walcowniach, podczas:

- chłodzenia beczek walców i rolek samotoków, zanieczyszczone zendrą, i olejami,
- hydraulicznego zbijania zgorzeliny,
- przeponowego chłodzenia olejów smarnych,
- smarowania łożysk ślizgowych,
- hydraulicznego transportu zgorzeliny (w obiegu zamkniętym).

Przy walcowaniu na zimno powstają dodatkowo ścieki z trawienia i zużyte emulsje olejowe. Ścieki z trawialni zawierają najczęściej kwas siarkowy, rzadziej solny, i sole żelaza, a zawartość zawiesiny jest zwiększona. W związku z różnorodnością ścieków hutniczych stale poszukuje się nowych sposobów ich oczyszczania [2], najczęściej stosowane są metody mechaniczne i chemiczne. W oczyszczaniu chemicznym stosuje się polielektrolity (flokulanty), np. dla ścieków pochodzących ze stalowni stosuje się polielektrolity typu anionowego.

Jednym ze sposobów pozyskania nowej generacji polielektrolitów może być chemiczna modyfikacja odpadów żywicy fenolowo-formaldehydowych (nowolaków). Tego rodzaju recykling może mieć szczególne znaczenie w ograniczeniu wykorzystywania surowców naturalnych do produkcji polielektrolitów. A dodatkowo zastosowana dla opracowanej technologii produkcji nowej generacji flokulantów ocena cyklu życia pozwoli na wiarygodną i rzetelną identyfikację źródeł zagrożeń środowiskowych i ich wpływu na środowisko [3-5].

W ocenie cyklu życia (LCA) analizuje się zagrożenia środowiskowe związane z wyrobem w całym okresie jego życia. Wyrobem w technice LCA może być zarówno konkretny przedmiot, jak i cały proces produkcji lub usługa. LCA umożliwia ocenę aspektów i wpływów środowiskowych wynikających ze wszystkich etapów życia wyrobu, obejmujących wydobycie i przetwarzanie surowców mineralnych w tym wytwarzanie (proces produkcji), dystrybucję, transport, użytkowanie, powtórne użycie, recykling, ostateczne unieszkodliwianie odpadów. W LCA bierze się pod uwagę wszystkie ekosystemy i ich elementy, identyfikuje się również transfer oddziaływania na środowisko z jednego komponentu środowiska na inny, dlatego możliwa jest pełna ocena wpływu wyrobu na środowisko. Prawidłowo przeprowadzone badanie LCA ułatwia podjęcie decyzji i wskazanie produktu lub procesu, który w najmniej szkodliwy sposób wpływa na środowisko [6-10].

W niniejszym artykule przedstawiono właściwości aminowej pochodnej nowolaku SE syntezowanej z odpadów żywicy fenolowo-formaldehdowej oraz zastosowanie produktu jako flokulantu w procesie oczyszczania ścieków hutniczych z uwzględnieniem analizy cyklu życia.

2. Materiały i metody badawcze

Do badań użyto następujących substratów: koagulantu, nowosyntezowanego polielektrolitu (pochodnej aminowej nowolaku SE) oraz ścieków hutniczych. Do badań procesu oczyszczania wybranych wód przemysłowych zastosowano siarczan glinu jako koagulant (Al_2SO_4)₃ \cdot 8H₂O cz.d.a., często stosowany do usuwania zanieczyszczeń koloidalnych w procesach technologicznych uzdatniania wód i oczyszczania ścieków.

Aminową pochodną nowolaku SE (żywicy fenolowo-formaldehdowej) otrzymano przez nitrowanie nowolaku o budowie liniowej mieszaniną nitrującą: stężonym kwasem azotowym (V) i stężonym kwasem siarkowym (VI), a następnie w celu otrzymania pochodnej aminowej przeprowadzono proces redukcji pochodnych nitrowych nowolaku o budowie liniowej do pochodnych aminowych mieszaniną: chlorku cyny (II) i wody oraz stężonego kwasu solnego. W wyniku reakcji otrzymano pochodną aminową nowolaku SE o zawartości azotu 2,69%, co odpowiadało zawartości jednej grupy aminowej na 3 jednostki konstytucyjne [11, 12]. Dla zsyntezowanej aminowej pochodnej odpadów poprodukcyjnych nowolaku SE przeprowadzono badania rozpuszczalności w typowych rozpuszczalnikach organicznych i wodzie, w temperaturze pokojowej i temperaturze

wrzenia rozpuszczalnika. W badaniach wykorzystano ścieki hutnicze, których analiza fizyczno-chemiczna objęła wybrane wskaźniki (Tabela 1).

Tab. 1. Wyniki analizy fizyczno-chemicznej ścieków hutniczych [opracowanie własne na podstawie materiałów źródłowych huty w Częstochowie]

Rodzaj wskaźnika	Jednostka	Zakres wartości*
pH	-	6,90÷9,50
Fenole	mg/dm ³	0,5÷5,1
Cyjanki	mg/dm ³	0,5÷15,0
ChZT	mgO ₂ /dm ³	100,0÷300,0
Utlenialność	mgO ₂ /dm ³	20,0÷90,0
Ekstrakt eterowy	mg/dm ³	12,0÷35,0
Azot amonowy	mg/dm ³	100,0÷290,0
Siarczany	mgSO ₄ /dm ³	130,0÷250,0
Chlorki	mgCl/dm ³	800,0÷2000,0
Twardość ogólna	mg/dm ³	830,5÷1262,5
Substancje rozpuszczone -ilość ogólna	mg/dm ³	2,5÷5000,0
Zawiesina -ilość ogólna	mg/dm ³	13,0÷60,0

* najczęściej występujący zakres wartości

Oznaczenia wskaźników fizyczno-chemicznych ścieków i wód przemysłowych wykonano w akredytowanych laboratoriach zgodnie z normami:

- PN-72 C-04559/02 - Oznaczanie zawiesin ogólnych, mineralnych i lotnych metodą wagową
- PN-74 C-04566/09 - Oznaczanie chlorków metodą miareczkowania
- PN-ISO- 659:1999 - Oznaczanie sumarycznej zawartości wapnia i magnezu metodą miareczkową z EDTA
- PN-74 C-04578/03 - Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu metodą dwuchromianową
- PN-85 C-04578/02 - Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu metodą nadmanganianowi
- PN-84 C-04578/04 - Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu (2001-2002)
- PN-EN 1899-1:2002-Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n-dniach (BZT). Część I. metoda rozcieńczania i szczepienia z dodatkiem allilotiomicznika (od 2003)
- PN-EN 1899-2:2002 -Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n- dniach (BZT). Część II Metoda do próbek nierozcieńczonych (od 2003)
- PN-EN 25813:1997- Oznaczanie tlenu rozpuszczonego. Metoda jodometryczna
- PN-86C-04573/01 - Oznaczanie całkowitej zawartości substancji organicznych ekstrahujących się eterem naftowym metodą wagową
- PN-C-04576-5:1994 - Badania zawartości związków azotu metodą bezpośredniej nessleryzacji
- PN-78C-04541 - Oznaczanie suchej pozostałości, pozostałości po prażeniu, straty przy prażeniu oraz substancji rozpuszczonych, substancji rozpuszczonych po

mineralizacji i substancji rozpuszczonych lotnych

- PN-74 C-04566/09 - Oznaczanie siarczanów metodą wagową
- PN-ISO 9280:2002 - Oznaczanie siarczanów (VI) metodą grawimetryczną z chlorkiem baru (od 2003)
- PN-ISO-64-39-1994 - Oznaczenie fenoli
- PN-80/C-04603/01 - Oznaczenie cyjanków

Ocenę wpływu na środowisko metodą LCA oczyszczania ścieków przemysłowych przy wykorzystaniu nowosyntezowanego flokulantu przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania SimaPro i dostępnych w nim baz danych, uwzględniając cztery fazy [3]:

- ustalenie celu i zakresu badań - celem analizy było ustalenie wpływu na środowisko procesu oczyszczania ścieków przy użyciu nowego typu flokulantu. Zakres badań obejmował proces modyfikacji chemicznej nowej generacji flokulantu na bazie odpadów żywicy fenolowo-formaldehidowej, a następnie wykorzystania go do wspomaganie procesu koagulacji ścieków;
- utworzenie zbioru wejść i wyjść - analiza bilansowa systemu, inwentaryzacja danych na podstawie założeń technologicznych produkcji flokulantu i ich wykorzystania w procesie oczyszczania ścieków,
- ocenę wpływu cyklu życia procesu oczyszczania ścieków hutniczych z wykorzystaniem nowosyntezowanego flokulantu;
- interpretację wyników.

3. Analiza i dyskusja wyników

Aminowa pochodna żywicy fenolowo-formaldehidowej rozpuszcza się w wodzie oraz w rozcieńczonych (3%-owych) roztworach KOH i NaOH; stwierdzono, że aminowa pochodna odpadów poprodukcyjnych nowolaku SE równie dobrze rozpuszcza się w tych roztworach [12]. Z tego względu do badań przydatności syntezowanej pochodnej jako flokulantu w procesie wspomaganie koagulacji, stosowano jej rozcieńczony wodny roztwór na bazie KOH. Podczas prowadzenia badań, zaobserwowano niewielki wzrost zasadowości badanej wody, co prawdopodobnie związane jest z zastosowaniem rozcieńzonego roztworu KOH pochodnej aminowej nowolaku, jednak wartość pH nie przekraczała wartości dopuszczalnej dla ścieków odprowadzanych do cieków wodnych. Analiza badań parametru pH ścieków hutniczych z zastosowaniem koagulantu, a następnie flokulantu jako czynnika wspomagającego proces koagulacji wykazała, że parametr pH, obniżył się, ale jedynie w częściach dziesiątych, a w kilku przypadkach nawet setnych częściach po przecinku, podobnie jak i w badaniach wstępnych.

W wyniku zastosowania nowosyntezowanej pochodnej aminowej nowolaku SE do wspomaganie procesu koagulacji ścieków hutniczych i dokonania analizy tych ścieków na podstawie czterech prób (P-1, P-2, P-3, P-4) stwierdzono redukcję wszystkich badanych parametrów (Tabele 2-5). Dla porównania, przeprowadzono również analizę wykorzystując jeden z ogólnodostępnych w handlu flokulantów (P-2515). Analizą objęto parametry takie jak: mętność, fenole, cyjanki, ChZT, utlenialność, ekstrakt eterowy, azot amonowy, chlorki, siarczany, twardość ogólną, ilość substancji rozpuszczonych i zawiesiny. Szczególnie istotne były redukcje cyjanków i fenoli (poniżej 0,005 mg/dm³) w badanych ściekach. Przedstawione tabele pokazują również znaczną redukcję chlorków i siarczanów oraz twardości ogólnej i substancji rozpuszczonych we wszystkich badanych próbach ścieków hutniczych.

Tab. 2. Wyniki analizy ścieków hutniczych P-1 po procesie koagulacji wspomaganej nowosyntezowanymi flokulantami oraz handlowym flokulantem

Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika		
	przed oczyszczeniem	po oczyszczeniu PA-N-SE	po oczyszczeniu P-2515
Fenole [mg/dm ³]	4,9	< 0,005	< 0,005
Cyjanki [mg/dm ³]	2,3	< 0,005	< 0,005
ChZT [mgO ₂ /dm ³]	210	70,5	96,2
Utlenialność [mgO ₂ /dm ³]	53,0	19,6	29,1
Eskstrakt eterowy [mg/dm ³]	13,9	9,0	10,5
Azot amonowy [mg/dm ³]	161,0	11,96	82,78
Siarczany [mgSO ₄ /dm ³]	150,4	97,5	140,7
Chlorki [mgCl/dm ³]	1556,5	148,9	1350,3
Twardość ogólna [mval/dm ³]	1111,0	247,5	858,5
Substancje rozpuszczone - ilość ogólna [mg/dm ³]	4791,3	489,0	2954,3
Zawiesina - ilość ogólna [mg/dm ³]	28,9	11,8	

Tab. 3. Wyniki analizy ścieków hutniczych P-2 po procesie koagulacji wspomaganej nowosyntezowanymi flokulantami oraz handlowym flokulantem

Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika		
	przed oczyszczeniem	po oczyszczeniu PA-N-SE	po oczyszczeniu P-2515
Fenole [mg/dm ³]	3,8	< 0,005	< 0,005
Cyjanki [mg/dm ³]	1,2	< 0,005	< 0,005
ChZT [mgO ₂ /dm ³]	171,5	69,4	79,2
Utlenialność [mgO ₂ /dm ³]	43,0	24,8	30,1

c.d. tab. 3.

Eskstrakt eterowy [mg/dm ³]	10,7	7,0	9,6
Azot amonowy [mg/dm ³]	140,5	10,94	65,0
Siarczany [mgSO ₄ /dm ³]	130,5	69,5	112,5
Chlorki [mgCl/dm ³]	1270,8	139,9	1143,2
Twardość ogólna [mval/dm ³]	909,0	222,2	833,3
Substancje rozpuszczone - ilość ogólna [mg/dm ³]	3986,0	464,0	2894,6
Zawiesina - ilość ogólna [mg/dm ³]	23,7	11,3	11,1

Tab. 4. Wyniki analizy ścieków hutniczych P-3 po procesie koagulacji wspomaganej nowosyntezowanymi flokulantami oraz handlowym flokulantem

Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika		
	przed oczyszczeniem	po oczyszczeniu PA-N-SE	po oczyszczeniu P-2515
Fenole [mg/dm ³]	5,0	< 0,005	< 0,005
Cyjanki [mg/dm ³]	2,6	< 0,005	< 0,005
ChZT [mgO ₂ /dm ³]	203	72,1	73,7
Utlenialność [mgO ₂ /dm ³]	45,0	20,1	31,4
Eskstrakt eterowy [mg/dm ³]	14,0	11,0	12,0
Azot amonowy [mg/dm ³]	167,3	11,70	80,78
Siarczany [mgSO ₄ /dm ³]	184,0	115,6	152,0
Chlorki [mgCl/dm ³]	1344,8	179,2	1187,6
Twardość ogólna [mval/dm ³]	959,5	287,8	808,0
Substancje rozpuszczone - ilość ogólna [mg/dm ³]	4628,3	429,4	3120,3
Zawiesina - ilość ogólna [mg/dm ³]	26,3	10,9	11,9

Tab. 5. Wyniki analizy ścieków hutniczych P-4 po procesie koagulacji wspomaganą nowosyntezowanymi oraz handlowym flokulantem

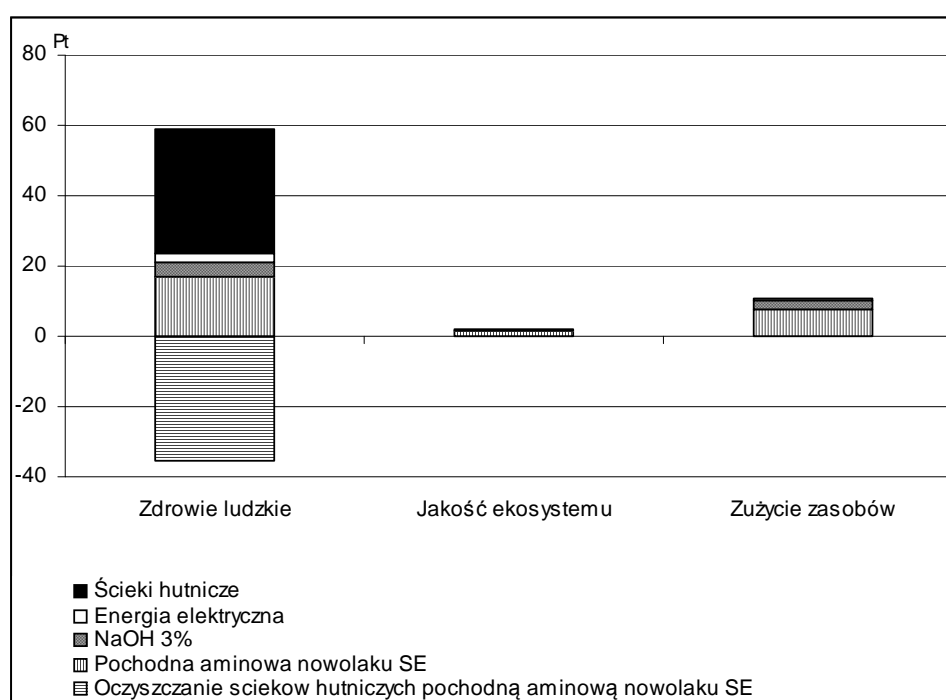
Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika		
	przed oczyszczaniem	po oczyszczeniu PA-N-SE	po oczyszczeniu P-2515
Fenole [mg/dm ³]	5,1	< 0,005	< 0,005
Cyjanki [mg/dm ³]	3,0	< 0,005	< 0,005
ChZT [mgO ₂ /dm ³]	260	90,1	105,6
Utlonialność [mgO ₂ /dm ³]	69,0	25,2	31,4
Eskstrakt eterowy [mg/dm ³]	17,0	12,2	14,1
Azot amonowy [mg/dm ³]	187,0	13,80	102,12
Siarczany [mgSO ₄ /dm ³]	196,0	117,4	129,1
Chlorki [mgCl/dm ³]	1384,8	153,4	1195,7
Twardość ogólna [mg/dm ³]	1060,5	242,4	833,3
Substancje rozpuszczone - ilość ogólna [mg/dm ³]	4734,7	558,5	3139,5
Zawiesina - ilość ogólna [mg/dm ³]	31,2	10,9	11,0

Bardzo dobre efekty oczyszczania badanych ścieków hutniczych dały podstawę do zaproponowania technologii wytwarzania nowej generacji flokulantów na bazie odpadów żywic fenolowo-formaldehydowej. Opracowano schematy technologiczne oraz zaproponowano linię technologiczną do wytwarzania tego typu flokulantów [12]. Ze względu na to, iż we wszystkich badanych próbach otrzymano pozytywne efekty procesu oczyszczania ścieków do dalszych badań wybrano próbę dowolnie P-1. Dla procesu oczyszczania ścieków hutniczych przeprowadzono analizę LCA, przy wykorzystaniu programu komputerowego SimaPro, wraz z zaimplementowanymi bazami danych. Do badań LCA wykorzystano metodę Eco-Indicator 99.

Za jednostkę funkcjonalną przyjęto 20 000 m³ (dobową ilość oczyszczanych ścieków hutniczych). Uwzględniono zarówno oczyszczanie ścieków powstających w hucie produkującej stal, jak i proces produkcji omawianego flokulantu. W analizie we wszystkich metodach pominięto kategorie wpływu mające mniejszy wpływ niż 0,05%. Wyniki przedstawiono dla kategoriach wpływu: czynniki rakotwórcze, wpływ na układ oddechowy związków nieorganicznych, zmiany klimatu, ekotoksyczność, zakwaszenie/eutrofizacja, zagospodarowanie terenu, minerały, paliwa kopalne. Wyniki przedstawiono

w ekopunktach, gdzie 1 ekopunkt [Pt] odzwierciedla stosunek całkowitego obciążenia środowiska (emisje, wielkość zużycia surowców, zużycia gruntów) w Europie do liczby jej mieszkańców, pomnożony następnie przez 1000. W ten sposób eko-wskaźnik o wartości 1000 Pt odpowiada rocznemu obciążeniu środowiska przez przeciętnego mieszkańca Europy (i przypadającego na 1 mieszkańca Europy).

Analiza wyników oceny cyklu życia procesu oczyszczania ścieków hutniczych przy użyciu nowego typu flokulantu, przy zastosowaniu metody Eco-indicator 99 (Rys. 1) pozwoliła stwierdzić, że największy potencjalny negatywny wpływ na środowisko, w cyklu życia oczyszczania ścieków mają same ścieki oraz produkcja flokulantu.

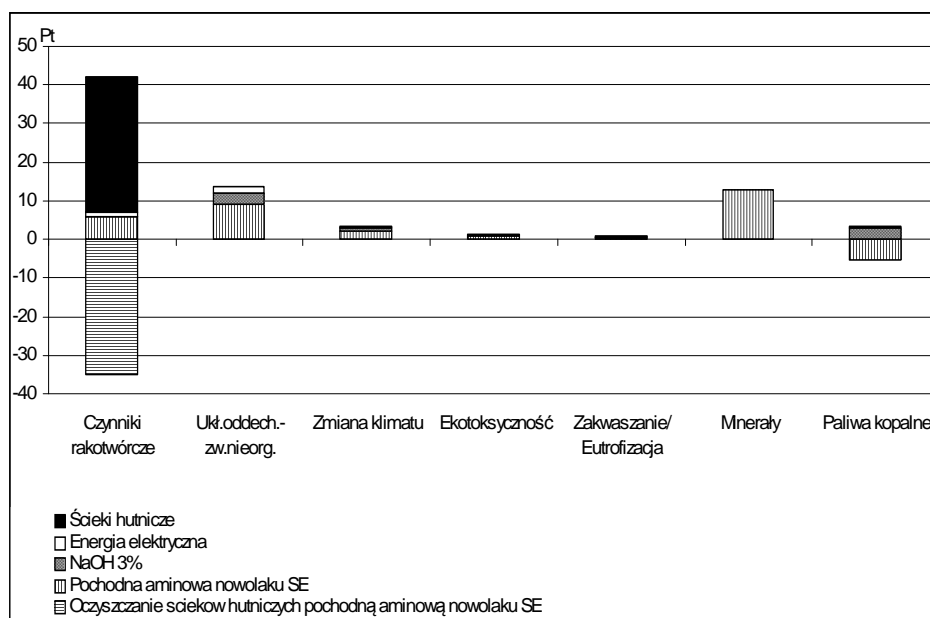


Rys. 1. Histogram ważenia dla procesu oczyszczania 20 000 m³ ścieków przy wykorzystaniu nowego typu flokulantu - pochodnej aminowej nowolaku SE w trzech kategoriach szkody [opracowanie własne na podstawie SimaPro]

W dużo mniejszym stopniu widoczny jest wpływ KOH (użytego do rozcieńczenia flokulantu) oraz energii elektrycznej. Potencjalny negatywny wpływ użytego do oczyszczania ścieków flokulantu, mimo wykorzystania podczas jego produkcji odpadów żywic fenolowo-formaldehadowych jest negatywny. Wynika to z dużej ilości substratów użytych do produkcji: żeby uzyskać 1 Mg flokulantu potrzebne jest ok. 1,5 Mg odpadów nowolaku, co jest korzystne, ale również: ponad 4 Mg kwasu siarkowego, ponad 1,6 Mg kwasu azotowego (50%), 0,03 Mg wody, ponad 4,8 Mg kwasu solnego i prawie 4 Mg chlorku cyny. Negatywny wpływ ścieków hutniczych na jakość środowiska (głównie dla zdrowia ludzkiego) spowodowany jest głównie poprzez potencjalną emisję fenoli do wód).

Należy zauważyć jednak, iż metoda Eco-Indicator 99 wykorzystywana jest głównie do oceny procesów (np. produkcyjnych) i użytych do nich materiałów. Oceniane są głównie emisje do powietrza, wykorzystanie minerałów i paliw kopalnych, a w mniejszym stopniu emisje do wód i gleb. Większość wskaźników potrzebnych do oceny wpływu na jakość środowiska zanieczyszczeń kierowanych do wód jest jeszcze ciągle na etapie badań (zarówno w tej metodzie badań LCA jak i w innych). Metoda Eco-Indicator nie bada takich parametrów jak np. ChZT, twardość ogólna czy substancje rozpuszczone, więc część parametrów jakościowych wody nie ma wpływu na wyniki końcowe oczyszczania ścieków hutniczych. Wartości ujemne na rysunku 1 świadczą o pozytywnym wpływie oczyszczania ścieków na jakość środowiska i spowodowane są redukcją głównie fenoli.

Na rys. 2 przedstawiono wyniki analizy z rozbiciem na szczegółowe kategorie wpływu. Kategorie wpływu sumują się do kategorii szkód przedstawionych na rys. 1.



Rys. 2. Histogram ważenia dla procesu oczyszczania 20 000 m³ ścieków przy wykorzystaniu nowego typu flokulantu - pochodnej aminowej nowolaku SE w jedenastu kategoriach wpływu [opracowanie własne na podstawie SimaPro]

Na rys. 2, pominięto kategorie, które miały wpływ mniejszy niż 1%. Najbardziej widoczny jest wpływ ścieków hutniczych i ich oczyszczania (kategoria: czynniki rakotwórcze). Potencjalnie duży wpływ ma pochodna aminowa nowolaku SE, którą użyto jako flokulantu – wpływ ten rozdzielony jest pomiędzy kilka kategorii wpływu: największy jest w kategorii „minerały, potem „wpływ związków nieorganicznych na układ oddechowy”. Widoczny jest potencjalny pozytywny wpływ w kategorii „paliwa kopalne” spowodowany użyciem odpadów żywicy fenolowo-formaldehydowej do produkcji flokulantu. Nie kompensuje on jednak potencjalnie negatywnego wpływu pochodzącego od pozostałych substratów użytych do produkcji flokulantu.

Całkowity potencjalny wpływ na środowisko dobowej ilości oczyszczanych ścieków hutniczych wynosi ok 37 Pt, gdyby przemnożyć to na roczny wpływ, przy założeniu ciągłej pracy oczyszczalni, wyniósłby on 13 473 Pt, co oznaczało by, iż jest to wpływ jaki rocznie wywiera na środowisko 13-14 Europejczyków.

4. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono, że wykorzystanie żywic fenolowo-formaldehydowych w celu uzyskania skutecznego polielektrolitu stanowić może bardzo korzystne rozwiązanie dla środowiska. Pochodna aminowa odpadów żywicy fenolowo-formaldehydowej wykazuje dobre właściwości flokulacyjne i można ją zastosować jako polielektrolit we wspomaganiu procesu koagulacji ścieków hutniczych. Uzyskanie pozytywnych wyników badań procesu flokulacji oraz redukcji zanieczyszczeń z zastosowaniem modyfikowanych odpadów poprodukcyjnych żywicy fenolowo-formaldehydowej jako flokulantu, potwierdza że stosowanie takich substancji do wspomagania procesów flokulacji ścieków i wód przemysłowych o zbliżonych właściwościach oraz parametrach chemicznych i fizycznych pozwoli na poprawę efektywności ich oczyszczania. Obecny stan środowiska oraz dostępność zasobów wymusza podejmowanie prób wykorzystania odpadów w różnego rodzaju recyklingu. Jest to korzystna forma wykorzystania odpadów nie tylko dla środowiska, ale i dla społeczeństwa. Takie podejście do gospodarowania odpadami jest zgodne z celami polityki Unii Europejskiej dotyczącej zapobiegania powstawania odpadów, ich recyklingu lub odzysku, celem zredukowania ich negatywnego oddziaływania na środowisko. Celem polityki EU jest również powszechne stosowanie recyklingu pozwalającego na wyeliminowanie wytwarzanych odpadów lub ich wykorzystanie w postaci substytutów. Na podstawie przeprowadzonej analizy oczyszczania ścieków hutniczych stwierdzono, iż ich wpływ na środowisko kompensowany jest przez proces oczyszczania, natomiast proces produkcji pochodnej aminowej nowolaku SE, wpływa niekorzystnie na jakość środowiska: decydującym czynnikiem potencjalnie obciążającym środowisko jest duża materiałochłonność procesu produkcji pochodnej aminowej nowolaku SE.

Bardzo dobre wyniki w usuwaniu zanieczyszczeń w ściekach przy zastosowaniu tego rodzaju flokulantu pozwalają wnioskować, że zmiana w modyfikacji żywic fenolowo-formaldehydowych w procesie syntezy pochodnej aminowej nowolaku dałaby oczekiwane efekty również środowiskowe.

Literatura

1. Bartkiewicz B.: Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Wyd. PWN, Warszawa, 2002.
2. Kowal A.L., Świdorska-Bróz M.: Oczyszczanie wody. WN PWN, Wyd 1, Warszawa, 1996, Wyd. 5 zmienione, Warszawa, 2007.
3. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M.: Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA). Wyd. PWN, Warszawa, 2007.
4. Adamczyk W.: Ekologia Wyrobów. Wyd. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2004.
5. Nielsen P. H., Oxenboll K. M., Wenzel H.: Cradle- to-Gate Environmental Assessment of Enzyme Products Produced Industrially in Denmark by Novozymes A/S. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2007, 12, 6, 432-438.
6. Kulczycka J.: Ekoefektywność projektów inwestycyjnych WZ wykorzystaniem koncepcji

- cyklu życia. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 2011.
7. Millet D., Bistagnino L., Lanzavecchia C., Camous R., Poldma T.: Does the potential of the use of LCA match the design team needs? *Journal of Cleaner Production* 2007, 15, 335-346.
 8. Morrissey A.J., Browne J.: Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Management*, 2004, 24, 297-308.
 9. Morselli L., Bartoli M., Bertacchini, Brighetti A., Luzi J., Passarini F., Masoni P.: Tools for evaluation of impact associated with MSW incineration: LCA and integrated environmental monitoring system. *Waste Management*, 2005, 25, 191-196.
 10. Skowron-Grabowska B.: Invest issues in environment protection. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 20 nr 4A, 2011, s. 299-306.
 11. Bajdur W. M., Sułkowski W.: Application of Modified Wastes from Phenol-Formaldehyde Resin and Expanded Polystyrene in Sewage Treatment Processes. *Macromolecular Symposia*, 202, s. 325-337, 2003.
 12. Bajdur W.M.: Eko-polielektrolity syntetyczne redukujące ładunki zanieczyszczeń w ściekach i wodach przemysłowych. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 2011.
 13. Bajdur W., Henclik A.: Life Cycle Assessment of Sewage Coagulation Process Using a New Type of Flocculant. *Ecol. Chem. Eng. A* 2008, Vol.15 nr 12, s. 1397-1406.
 14. Bajdur W., Henclik A.: Application of Selected Life Cycle Assessment Methods for the Environmental Impact of Mine Water Treatment Process. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol.18 nr 3A, 2009, s.20-26.
 15. Bajdur W., Henclik A., Idzikowski A.: Technological Process of Obtaining Ecologic Synthetic Polyelectrolytes. [w:] *Kvalita a Spoľahlivost Technických Systemov. Quality and Reliability of Technical Systems. Zborník vedeckých prac 2011.* Nitra: 2011, s. 153-159.

Dr inż. Wioletta M. BAJDUR
Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa Pracy
Politechnika Częstochowska
42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 36B
email: wiolawb@poczta.onet.pl

Mgr inż. Anna HENCLIK
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polska Akademia Nauk
31-261 Kraków, ul. J. Wybickiego 7
email: ahenclik@meeri.pl