

Stanisław Stężala, Stefan Wieczorek, Ewa Świst, Grzegorz Pałka  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach  
Stacja Badawcza ŻOB w Gdańsku

## BADANIA I OCENA SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW PESTYCYDOWYCH METODĄ KOAGULACYJNO-ADSORPCYJNĄ

### Streszczenie

W pracy przedstawiono przebieg i wyniki badań oczyszczania rolniczych ścieków pestycydowych metodą koagulacyjno-adsorpcyjną. Opracowano i dobrano odpowiednie koagulanty oraz parametry ich stosowania podczas oczyszczania ścieków. Na ich podstawie opracowano metodę koagulacyjnego oczyszczania ścieków. Wyznaczono zależności pomiędzy krotnością rozcieńczenia zanieczyszczeń, w postaci pozostałości roboczych roztworów pestycydowych, a ich ChZT i zawartością substancji czynnej oraz zależności zawartości substancji czynnej od wartości ChZT dla badanych roztworów przed i po koagulacji. Zaproponowano kryterium oceny stopnia oczyszczenia, umożliwiającego odprowadzanie oczyszczonych ścieków do naturalnych, otwartych, przepływowych ujęć wodnych, z możliwością wykorzystania wskaźnika ChZT.

**Słowa kluczowe:** pestycydy, ścieki eksploatacyjne, koagulacja, stopień oczyszczenia ścieków

### Wstęp

Środki ochrony roślin stosowane w rolnictwie, mogą być źródłem skażenia gleby, a następnie źródeł i ujęć wody pitnej. Z badań [Górecka, Wolny 2003; Hołownicki 2005] wynika, że głównym źródłem skażeń środowiska nie jest znoszenie rozpylanej na rośliny cieczy do gleby i wód, a przedostawanie się do środowiska skoncentrowanych środków ochrony roślin w miejscach ich nalewania, przesypania, sporządzania roztworu użytkowego – czyli wszędzie tam, gdzie napełnia się opryskiwacze oraz myje je po pracy. Aby zmniejszyć zagrożenie zanieczyszczenia środowiska zalecane jest zachowanie środków ostrożności podczas prac przygotowawczych, które należy prowadzić w bezpiecznej odległości od wód powierzchniowych. W pobliżu terenów o wysokim poziomie wód gruntowych, studni i ujęć wody pitnej nie należy również myć opryskiwaczy oraz wylewać resztek roztworów pestycydowych.

Skutecznym rozwiązaniem tego problemu jest wykonywanie wszystkich wyżej przedstawionych czynności na specjalnie wyznaczonym do tego celu stano-

wisku, wyposażonym w tzw. złoża biobedowe lub urządzenie umożliwiające oczyszczanie skażonego ścieku metodą adsorpcji na aktywnych w stosunku do stosowanych w rolnictwie środków ochrony roślin adsorbentach. Według niektórych doniesień literaturowych [Carter 2000; Torstensson, del Pilar Castillo 1997], złoża biobedowe powodują biodegradację pestycydów zawartych w omawianych ściekach. Stanowiska takie są już użytkowane w Szwecji, skąd się wywodzą, oraz w Norwegii i kilku innych krajach, m.in. w USA i Ameryce Łacińskiej. Znane są również próby wprowadzenia takich złożeń, np. w Wielkiej Brytanii, Niemczech i we Włoszech.

W Polsce były przeprowadzone próby stosowania stanowisk biobedowych, które wykonywano przez adaptację różnego rodzaju odkrytych zbiorników ziemnych oraz jednego, specjalnie zaprojektowanego do tego celu [Artyszak 2007], przy czym brak jest informacji o przeprowadzeniu wymiernej oceny ich skuteczności.

Znane metody adsorpcyjne, które znalazły praktyczne zastosowanie w rolnictwie polskim, to metoda adsorpcyjna opracowana w latach 80. przez pracowników IBMER i zastosowana w kilku ówczesnych Międzykółkowych Bazach Maszynowych pod nazwą AGROEKOBLOK [Stężała i in. 1992; Stężała, Kobiński 1990; Stężała, Kobiński 1998]. W tej metodzie jako adsorbent zastosowano specjalnie aktywowane pyły zatrzymywane w filtrach elektrociepłowni i wapno hydratyzowane. Metoda ta była przeznaczona do stosowania w większych jednostkach organizacyjnych, dlatego była wdrażana jedynie w Międzykółkowych Bazach Maszynowych, specjalizujących się w wykonywaniu usług w zakresie ochrony roślin. Z uwagi na specyficzne i stosunkowo drogie wyposażenie obecnie nie jest stosowana w indywidualnych gospodarstwach rolnych.

Inną, wzmiankowaną w literaturze i sprawdzoną w skali laboratoryjnej, odmianą tej metody jest zastosowanie jako adsorbentu pylistego węgla aktywnego [Pałka i in. 2009; Sorbak 2000]. Przedstawione w tych pracach rezultaty wskazują na celowość dokładnego sprawdzenia i ewentualnego udoskonalenia obu metod fizykochemicznych w aspekcie praktycznego zastosowania. Informacje zebrane na podstawie przeglądu literatury były podstawą podjęcia omawianego tematu.

Celem pracy było zbadanie i ocena skuteczności oczyszczania ścieków metodą koagulacyjno-adsorpcyjną z wykorzystaniem pylistego węgla aktywowanego i wybranych substancji nieorganicznych jako związków zarówno adsorbujących, jak i koagulujących zanieczyszczenia wytrącane w postaci zawiesiny.

## **Metody badań**

Badania prowadzono w skali laboratoryjnej na zasadzie eksperymentu czynnego, dokonując kolejno:

- wytypowania reprezentatywnych pestycydów;
- wyboru koagulantów i adsorbentów;
- ustalenia parametrów koagulacyjno-adsorpcyjnego oczyszczania ścieków, zawierających wytypowane pestycydy;
- określenia stopnia zanieczyszczenia surowych ścieków oraz czystości zutylizowanych, poprzez wyznaczenie pH, ChZT i zawartości substancji czynnej, a także zawartości zawiesiny i mętności roztworu;
- określenia przed i po oczyszczaniu roztworu zależności pomiędzy wartościami ChZT oraz zawartością substancji czynnej a stopniem rozcieńczenia roztworu, jak również pomiędzy zawartością substancji czynnej a wartością ChZT, dla różnych rozcieńczeń zanieczyszczonego ścieku;
- sprawdzenia skuteczności oczyszczania ścieków opracowaną metodą na przykładzie trójskładnikowego roztworu, składającego się z mieszaniny trzech wcześniej wytypowanych ścieków w systemie odprowadzania części oczyszczonych ścieków i uzupełniania reaktora do pojemności roboczej ściekiem (mieszaniną trójskładnikową) rozcieńczonym.

Jako reprezentatywne wybrano jedne z najczęściej stosowanych w praktyce środki z grupy herbicydów, tj.: Venzar 80WP – zawierający substancję czynną lenacyl, Linurex – z substancją czynną linuron i Triflur 480EC – z substancją czynną trifluraliną. Wykonano z nich roztwory robocze, tj. wodne roztwory o zalecanym przez producenta stężeniu w ich praktycznym stosowaniu, które wynosiło:

- Venzar –  $3 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ , w tym  $2400 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  substancji czynnej;
- Triflur –  $8 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ , w tym  $3840 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  substancji czynnej;
- Linurex –  $8 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ , w tym  $4000 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  substancji czynnej.

Każdy roztwór rozcieńczano 10-krotnie, 15-krotnie, 20-krotnie, 25-krotnie, 30-krotnie, 40-krotnie, 50-krotnie oraz 250-krotnie. Ta ostatnia wartość rozcieńczenia wynika z założonej wydajności urządzenia myjącego o  $Q = 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , jakie proponuje się stosować do mycia maszyn rolniczych oraz czasu zewnętrznego mycia opryskiwacza zagregowanego z ciągnikiem, wynoszącego  $\sim 0,5 \text{ h}$  [Stężala i in. 2011a]. Jako głównego adsorbentu użyto aktywowanego węgla pylistego. Koagulację prowadzono dwuetapowo. W pierwszym etapie koagulantem był wcześniej opracowany i z powodzeniem sprawdzony do oczyszczania ścieków alkaliczno-olejowych z eksploatacyjnego mycia maszyn rolniczych [Stężala i in. 2011b] w Gdańskiej Stacji Badawczej ITP koagulant I, zawierający w  $1 \text{ dm}^3$ : 110 g wapna hydratyzowanego, 25 g osiemnastowodnego hydratu siarczanu glinowego, 400 g dolomitu nawozowego i  $175 \text{ cm}^3$  36-procentowego kwasu solnego rozcieńczonego wodą w stosunku 1:1. Dodawano również  $2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  ścieku pylistego węgla aktywnego w postaci gęstej zawiesiny wodnej i  $3 \text{ cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$  ścieku 40–42% wodnego roztworu siarczanu żelaza III (PIX 112). W kolejnych etapach (od 2–10) stosowano opracowany w trakcie badań koagulant II. Jako podstawowego czynnika adsorbującego, podobnie jak w przypadku koagulantu I,

używano pylistego węgla aktywowanego. Jako czynnik wspomagający i przyspieszający koagulację stosowano 40–42-procentowy wodny roztwór siarczanu żelaza III.

Badania prowadzono w szklanych mieszalnikach-reaktorach o pojemności roboczej 1 lub 2 dm<sup>3</sup>. Do mieszania cieczy używano mieszadła RW 16 basic, stosując 120 obr·min<sup>-1</sup>. Odczyn pH badanych roztworów wyznaczano pH-metrem z dokładnością do 1% jego wskazań, a wartość ChZT z dokładnością do 0,1 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> fotometrem Nova i odpowiednimi testami kuwetowymi. Przed procesem oczyszczania koagulacyjno-adsorpcyjnego oraz 24 godziny po jego zakończeniu wyznaczano dla każdego stopnia rozcieńczenia roztworu odczyn pH i wartości ChZT oraz zawartość substancji czynnej. Tę ostatnią wyznaczano metodą chromatografii gazowej w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu – Oddział Sośnicowice. Separację badanej substancji aktywnej wykonywano tam za pomocą ekstrakcji próbki chlorkiem metylenu i wzbogacenia do suchej pozostałości, którą rozpuszczano w acetonie. Oznaczenie wykonywano na chromatografie gazowym wyposażonym w detektor mikro-EC (oznaczanie związków chloroorganicznych) i NP (oznaczanie związków fosforoorganicznych wraz z połączeniami azotowymi). Wyniki jakościowe potwierdzano na detektorze MS. Granica oznaczalności wynosiła 0,05 µg·dm<sup>-3</sup>. Zawartość zawiesiny i stopień mętności wyznaczano za pomocą fotometru Nova.

Koagulant II oraz optymalną ilość pylistego węgla aktywowanego i ilość dodatku koagulacyjnego PIX 112, jako czynnika zwiększającego efekt koagulacji, jak również parametry procesu koagulacyjno-adsorpcyjnego z zastosowaniem obu koagulantów (I i II), opracowano na podstawie wielokrotnych prób laboratoryjnych. Na koniec, stosując koagulanty o składzie i parametrach umożliwiającym uzyskanie najkorzystniejszego stopnia oczyszczenia utylizowanych roztworów, przeprowadzono ich utylizację, w tym utylizację 1500 cm<sup>3</sup> mieszaniny, w skład której wchodziło po 500 cm<sup>3</sup> roztworów badanych trzech herbicydów, zawierających po 5 cm<sup>3</sup> roztworu roboczego każdego z nich. Uzyskano w ten sposób 100-krotne rozcieńczenie roztworu roboczego trójskładnikowej mieszaniny oraz 300-krotne każdego z nich.

Wyniki zestawiono w tabelach, a wpływ wartości ChZT na zawartość substancji czynnej zilustrowano na rysunkach jako  $C_s = f(\text{ChZT})$ .

## Wyniki badań

W rezultacie przeprowadzonych badań opracowano:

- niezbędny do dokładnego wyeliminowania skażających ścieki herbicydów koagulant II, stanowiący wodną mieszaninę zawierającą w 1 dm<sup>3</sup>: 200 g wapna hydratyzowanego, 250 g dolomitu magnezowego, 15 g osiemnastowodnego hydratu siarczanu glinowego, 105 cm<sup>3</sup> 36-procentowego kwasu solnego rozcieńczonego wodą w stosunku 1:1 oraz oddzielnie

dodawane do ścieku: pylisty węgiel aktywny w ilości  $0,9 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  ścieku w postaci gęstej zawiesiny wodnej i  $0,9 \text{ cm}^3\cdot\text{dm}^{-3}$  ścieku 40–42% wodny roztwór siarczanu żelaza III (PIX 112),

- sposób i parametry prowadzenia procesu koagulacji, który przebiega następująco:  
do odpowiednio rozcieńczonego wodą, oczyszczonego wstępnie z zanieczyszczeń olejowo-piaskowych ścieku skażonego pestycydami wprowadza się pylisty węgiel aktywny w ilości  $2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  ścieku, miesza oczyszczany roztwór przez 30 minut i dodaje  $10 \text{ cm}^3\cdot\text{dm}^{-3}$  ścieku koagulantu I i miesza dalsze 30 minut, po czym dodaje się  $2 \text{ cm}^3\cdot\text{dm}^{-3}$  ścieku preparatu PIX 112, miesza przez kolejne 20 minut. Oczyszczany roztwór pozostawia się na co najmniej 16 godzin, w czasie których następuje sedymentacja skoagulowanego osadu i sklarowanie cieczy nadosadowej, którą w 60% odprowadza się jako ściek oczyszczony. Reaktor, w miarę potrzeb, napełnia się ponownie do pojemności roboczej i prowadzi reakcję koagulacji ponownie 8–9 razy w podobny sposób, zastępując koagulant I koagulantem II. Po dokonaniu 9–10 koagulacji (1x koagulant I + 8–9 razy koagulant II) i osiągnięciu przez zsedymetowany osad pokoagulacyjny poziomu 0,4 wysokości reaktora oraz po odprowadzeniu z niego sklarowanej, oczyszczonej cieczy, reaktor opróżnia się z osadu, płucze wodą i ponownie wykorzystuje do oczyszczania ścieków. Wyniki umożliwiające wyznaczenie stopnia zanieczyszczenia surowych ścieków pestycydowych i stanu ich czystości po utylizacji oraz określenie przed i po oczyszczeniu zależności ChZT i zależności pomiędzy zawartością substancji czynnej, a ChZT, zestawiono w tabelach 1 i 2 oraz zilustrowano na rysunkach 1–3.

Wyniki badań skuteczności opracowanej metody oczyszczania ścieku zawierającego mieszaninę trzech wytypowanych herbicydów z zastosowaniem 10 kolejnych koagulacji, przedstawiono w tabeli 2.

Na podstawie uzyskanych wyników przyjęto, że aby uzyskać ściek pestycydowy, który można uznać za dostatecznie oczyszczony do stopnia umożliwiającego jego bezpieczne odprowadzenie do ziemi oraz przepływowych ujęć lub zbiorników wodnych, należy go co najmniej 50-krotnie rozcieńczyć po założeniu, że suma zanieczyszczeń pestycydowych pozostałych po opryskach na powierzchni opryskiwacza i współpracującego z nim ciągnika, nie przekracza zanieczyszczeń odpowiadających  $1 \text{ dm}^3$  roztworu roboczego. Na tej podstawie przyjęto kryterium określające maksymalną zawartość pestycydów w oczyszczonym ścieku do wartości  $C_s \leq 5,2 \mu\text{g}$  substancji czynnej  $\cdot\text{dm}^{-3}$  i  $\text{ChZT} \leq 9 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ . Zastosowanie urządzenia myjącego, o wydajności  $200\text{--}400 \text{ dm}^3\cdot\text{godz.}^{-1}$  w trakcie półgodzinnego mycia opryskiwacza, umożliwi 2- do 4-krotnie większe rozcieńczenie substancji czynnej niż w proponowanym kryterium minimum czystości ścieku.

Analiza uzyskanych wyników wskazuje na zależność wszystkich badanych wskaźników charakteryzujących stopień zutylizowania ścieku od ilości za-

wartych w nim pozostałości pestycydów (tab. 1), w wyniku której ich wartości zmniejszają się w miarę wzrostu rozcieńczenia. Zaobserwowano, że w przypadku oczyszczania koagulacyjnego wszystkich monoroztworów badanych herbicydów w 50-krotnym rozcieńczeniu pozostałości poeksploatacyjnych każdego sporządzonego z nich roztworu roboczego, wszystkie zutyliżowane herbicydy spełniają kryterium górnej granicy zanieczyszczeń. Zawartość substancji czynnej „C<sub>s</sub>” wynosi dla tego rozcieńczenia od 1,4–5,0 µg·dm<sup>-3</sup>, a ChZT od 0,5–5,8 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> oczyszczanego ścieku (tab. 1). W przypadku 250-krotnego rozcieńczenia, wartości tych parametrów są znacznie mniejsze i wynoszą: C<sub>s</sub> od 0,1–2,3 µg·dm<sup>-3</sup>, a ChZT od 0,1–2,6 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Zestawione w tabelach 1 i 2 wyniki wskazują na możliwość uzyskania wysokiego stopnia czystości zutyliżowanego ścieku, szczególnie przy koagulacji ścieków wieloskładnikowych, gdzie zawartość sumy substancji czynnych usuwanych z nich herbicydów, może być zmniejszona w porównaniu do stanu przed koagulacją od ~16 tys. do ~20 tys. razy już po trzeciej koagulacji, a ChZT od 15 do 180 razy po dziesiątej koagulacji.

Tabela 1. Zestawienie wyników badań ścieków uzyskiwanych z wytypowanych herbicydów

Table 1. List of test results on sewage containing selected herbicides

Herbicyd Herbi- cide	Parametry ścieku Parameters of the sewage	Krotność rozcieńczenia roztworu roboczego Multiplication factor of dilution of working solution								
		10	15	20	25	30	40	50	250	
Venzar	ChZT [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	A	435	256	228	173	157	115	85	0,2
	COD [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	B	9,0	6,1	4,0	2,5	2,1	0,3	0,5	0,1
	Zawartość substancji czynnej [µg dm <sup>-3</sup> ]	A·10 <sup>3</sup>	240	160	120	92	80	60	48	9,5
	Contents of active substance [µg dm <sup>-3</sup> ]	B	5,2	3,5	2,1	2,0	1,7	1,5	1,4	0,1
Linurex	ChZT [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	A	590	358	264	201	172	159	100	20
	COD [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	B	30,0	25,7	20,1	17,5	12,1	9,5	5,8	2,6
	Zawartość substancji czynnej [µg dm <sup>-3</sup> ]	A·10 <sup>3</sup>	400	266	200	160	133	100	80	16
	Contents of active substance [µg dm <sup>-3</sup> ]	B	325	195	109	30	21	5	3,7	2,3
Triflur	ChZT [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	A	1 845	1 052	686	612	500	405	304	53
	COD [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	B	43,6	34,7	26,2	21,5	19,6	5	1,2	0,2
	Zawartość substancji czynnej [µg dm <sup>-3</sup> ]	A·10 <sup>3</sup>	384	256	192	154	128	96	77	61
	Contents of active substance [µg dm <sup>-3</sup> ]	B	144	52	35	17	8	6	5	0,1

Objaśnienia: A – wyniki uzyskane przed koagulacją, B – wyniki uzyskane po koagulacji, ChZT – chemiczne zapotrzebowanie tlenu.

Explanations: A – results obtained before coagulation, B – results obtained after coagulation, COD – chemical oxygen demand.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 2. Zestawienie wyników uzyskanych w trakcie badań mieszaniny VLT zawierającej  $5 \text{ cm}^3 \text{ V (RR)} \cdot 1,5 \text{ dm}^{-3} \text{ VLT} + 5 \text{ cm}^3 \text{ L (RR)} \cdot 1,5 \text{ dm}^{-3} \text{ VLT} + 5 \text{ cm}^3 \text{ T (RR)} \cdot 1,5 \text{ dm}^{-3} \text{ VLT}$

Table 2. The results obtained during tests of the VTL mixture containing:  $5 \text{ cm}^3 \text{ V (WS)} \cdot 1,5 \text{ dm}^{-3} \text{ VLT} + 5 \text{ cm}^3 \text{ L (WS)} \cdot 1,5 \text{ dm}^{-3} \text{ VLT} + 5 \text{ cm}^3 \text{ T (WS)} \cdot 1,5 \text{ dm}^{-3} \text{ VLT}$

Kolejność koagulacji Sequence of coagulation	pH	ChZT COD [ $\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ]	Substancja czynna Substance active [ $\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ]	Zawiesina Suspension [ $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ]	Mętność Turbidity [FTU]
Przed koagulacją Before coagulation	8,10	55	34 200	32	93
Po I koagulacji After I coagulation	7,10	3,7	2,1	3	0
Po II koagulacji After II coagulation	7,60	1,4	0,7	1	0
Po III koagulacji After III coagulation	8,10	0,2	0,1	0	0
Po X koagulacji After X coagulation	7,70	0,3	0,1	1	0

Objaśnienia: V – Venzar, L – Linurex, T – Triflur, VLT – mieszanina V+L+T, RR – roztwór o stężeniu roboczym.

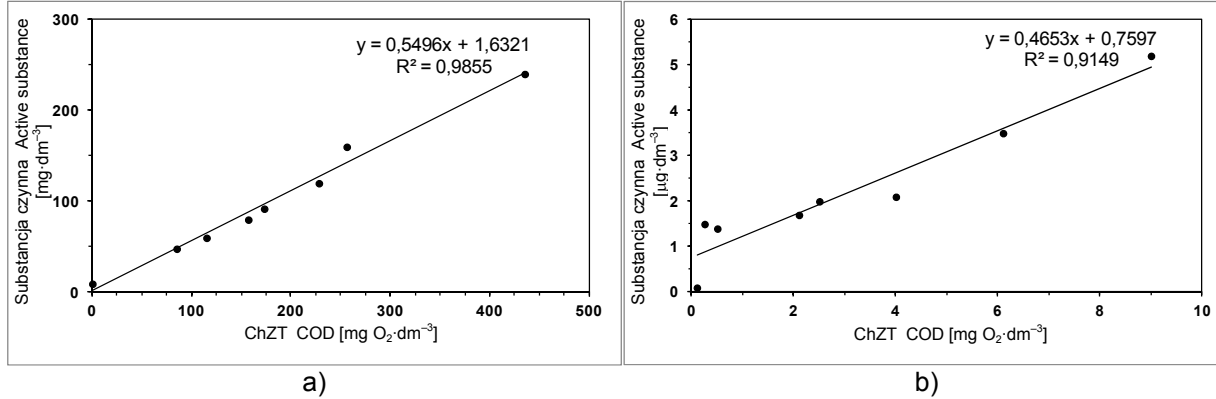
Explanations: V – Venzar, L – Linurex, T – Triflur, VLT – mixture V+L+T, WS – working solution.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Szczególnie istotna jest zależność zawartości substancji czynnej od wartości ChZT w oczyszczonym ścieku pokoagulacyjnym. Umożliwia ona prostsze (za pomocą aparatury) niż stosowanie innych bardziej skomplikowanych metod (np. chromatografia gazowa lub cieczowa) przeprowadzenie kontroli zgodności stopnia oczyszczenia ścieku z założonym kryterium czystości na podstawie wyznaczenia wskaźnika ChZT (tab.1, rys. 1b, 2b, 3b). Na tej podstawie zaproponowano, z uwagi na brak kryteriów określających dopuszczalność stopnia zanieczyszczenia ścieków pestycydowych odprowadzanych do naturalnych, otwartych i przepływających ujęć wody, nieprzeznaczonych do celów spożywczych oraz do gleby, graniczne kryterium, określające maksymalną zawartość substancji czynnej oraz ChZT w oczyszczonym ścieku, umożliwiające jego odprowadzenie do ww. ujęć. Zaproponowano, aby wynosiło ono dla sumy substancji czynnych  $C_s \leq 5,2 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$  lub  $\text{ChZT} \leq 9 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ .

## Wnioski

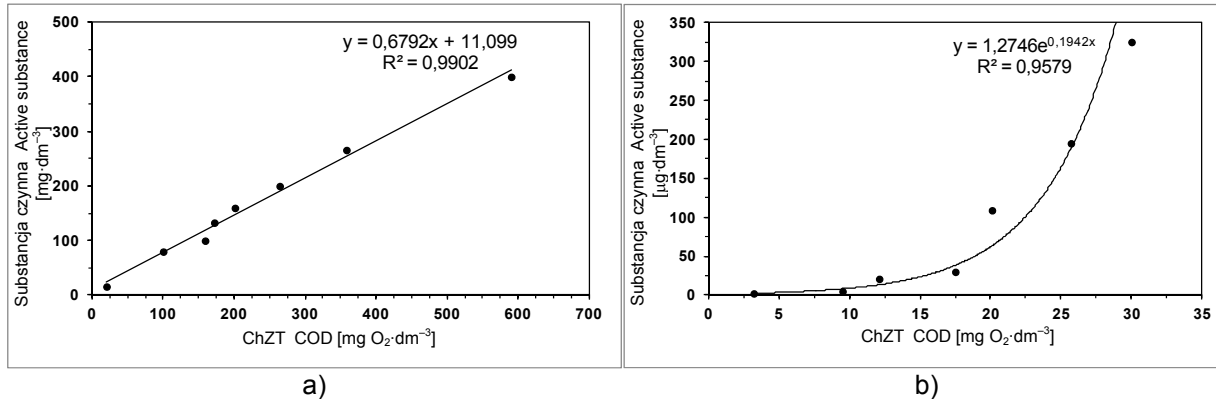
- Opracowano i z powodzeniem sprawdzono w warunkach laboratoryjnych skuteczną, koagulacyjno-adsorpcyjną metodę utylizacji ścieków pestycydowych, która może znaleźć zastosowanie w średnio, a szczególnie w wielkoobszarowych gospodarstwach rolnych i sadownictwie. Umożliwia ona szybką neutralizację ścieków i odpadów popestycydowych z oddzieleniem od wytrąconego osadu oczyszczonej, klarownej cieczy.
- W ramach przeprowadzonych badań eksperymentalnych ww. metody, opracowano koagulanty umożliwiające praktyczne jej zastosowanie w rolnictwie.
- Wyznaczono między innymi zależności pomiędzy wartością ChZT i zawartością substancji czynnej zutylizowanego ścieku, a krotnością rozcień-



Rys. 1. Zależność zawartości substancji czynnej od ChZT w ścieku zawierającym herbicyd Venzar: a – przed koagulacją, b – po koagulacji

Fig. 1. Relationship between active substance content and COD in sewage with Venzar herbicide: a – before coagulation; b – after coagulation

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

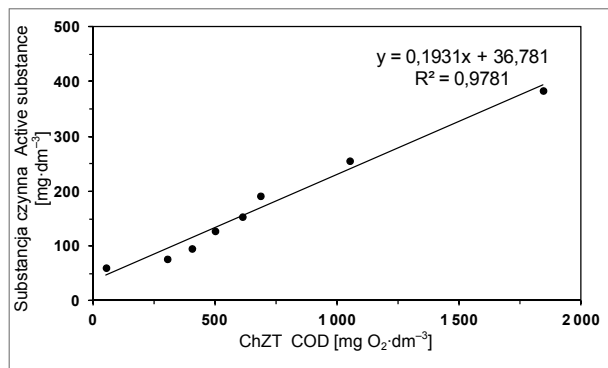


Rys. 2. Zależność zawartości substancji czynnej od ChZT w ścieku zawierającym herbicyd Linurex: a – przed koagulacją, b – po koagulacji

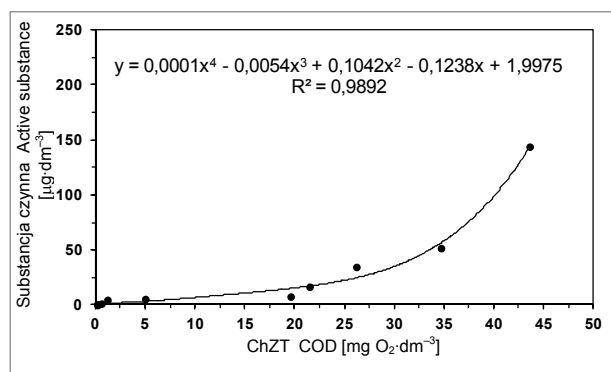
Fig. 2. Relationship between active substance content and COD in sewage with Linurex herbicide: a – before coagulation; b – after coagulation

Źródło: wyniki własne. Source: own study.





a)



b)

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 3. Zależność zawartości substancji czynnej od ChZT w ścieku zawierającym herbicyd Triflur: a – przed koagulacją, b – po koagulacji

Fig. 3. Relationship between active substance content and COD in sewage with Triflur herbicide: a – before coagulation, b – after coagulation

czenia ścieku surowego oraz szczególnie istotną zależność pomiędzy zawartością substancji czynnej a ChZT uzyskiwaną po koagulacyjnym oczyszczeniu.

4. Z uwagi na brak kryteriów określających dopuszczalność stopnia zanieczyszczenia ścieków pestycydowych odprowadzanych do naturalnych, otwartych i przepływających ujęć wody, nieprzeznaczonej do celów spożywczych oraz do gleby, zaproponowano na podstawie analizy uzyskanych w trakcie badań laboratoryjnych wyników, graniczne kryterium, określające maksymalną zawartość substancji czynnej oraz ChZT w oczyszczonym ścieku, umożliwiające jego odprowadzenie do ww. ujęć. Wynosi ono dla sumy substancji czynnych  $C_s \leq 5,2 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$  lub  $\text{ChZT} \leq 9 \text{ mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ .

## **Bibliografia**

- Artyszak A. 2007. Biobed w Żelaznej. Farmer [online]. Nr 22 s. 4. [Dostęp 04.02.2008]. Dostępny w Internecie: [http://www.farmer.pl/druk/?id\\_strona=7703](http://www.farmer.pl/druk/?id_strona=7703)
- Carter A.D. 2000. How pesticides get into water-and proposed reduction measures. Pesticide Outlook. Vol. 11 iss. 4 s. 9.
- Górecka H., Wolny S. 2003. Stanowisko napełniania i mycia opryskiwacza w każdym gospodarstwie polskiego rolnika, czyli tzw. „biobed”. Ochrona roślin. Nr 10 s 2.
- Hołownicki R. 2005. Zbuduj sobie biobed. Hasło ogrodnicze [online]. Nr 11. [Dostęp 22.03.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.ho.haslo.pl/article.php?id=2533>
- Pałka G., Małkiewicz A., Stężala S. 2009. Wstępne, niekonwencjonalne próby utylizacji ścieków skażonych środkami ochrony roślin. Materiały X Międzynarodowej Konferencji Naukowej nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. Warszawa. IBMER s. 176–179.
- Sorbak Z. 2000. Adsorpcja i adsorbenty. Węgłe aktywne. Poznań. WN UAM Poznań s. 135–150.
- Stężala S., Kobierski M. 1990. Mycie aparatów do ochrony roślin wraz z neutralizacją ścieków. Eksploatacja Maszyn. Nr 1 s. 23–24.
- Stężala S., Kobierski M. 1998. Agro-Ekoblok – oczyszczalnia ścieków pestycydowych. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 1 s. 41–42.
- Stężala S., Kobierski M., Grabowski Z. Sposób i instalacja do mycia aparatury ochrony roślin z jednoczesnym oczyszczaniem wody w obiegu zamkniętym. Polska. Opis Patentowy. PL 156861 B1 Int Cl<sup>5</sup> B08B 3/02. Opubl. 30.04.1992 WUP 04/92.
- Stężala S., Małkiewicz A., Wieczorek S., Świst E. 2011a. Koagulacyjne oczyszczanie ścieków z eksploatacyjnego mycia maszyn rolniczych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 125–137.
- Stężala S., Wieczorek S., Małkiewicz A., Nowicki J. Sposób oczyszczania ścieków z eksploatacyjnego mycia maszyn rolniczych. Polska. Zgłoszenie Patentowe nr WIPO ST 10/L PL 38840. Ogłoszenie o zgłoszeniu. Opubl. 28.02.2011b. BUP 5/2011.
- Torstensson L., del Pilar Castillo M. 1997. Use of biobeds in Sweden to minimize environmental spillages from agricultural spraying equipment. Pesticide Outlook. Vol. 8 iss. 3 s. 24–27.

**STUDIES EVALUATING THE EFFECTIVENESS  
OF PESTICIDE SEWAGE PURIFICATION  
WITH THE USE OF COAGULATION-ADSORPTION METHOD**

**Summary**

Paper presented the course and results of studies on the treatment of agricultural pesticide sewage with the use of coagulation-adsorption method. Suitable coagulants, as well as their parameters during sewage treatment, were devised and selected. On such a basis coagulation method of sewage purification was elaborated. Relationships were determined between degree of contamination dilution in form of active pesticide residues in solutions and their COD, as well as the dependence of active substance content on COD value for the solutions tested, before and after coagulation. A criterion based on the possibility of using COD value was proposed to evaluate the purification degree of treated sewages, enabling their release into open, natural water intakes.

**Key words:** pesticides, exploitation sewage, coagulation method, treatment, sewage purification degree

Praca wpłynęła do Redakcji: 05.10.2011 r.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Stanisław Stężala  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
ŻOB Stacja Badawcza w Gdańsku  
ul. Trakt Św. Wojciecha 293e, 80-001 Gdańsk  
tel. 58 301-00-54; e-mail: s.stezala@itep.edu.pl

