

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

KOAGULACYJNE OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW Z EKSPLOATACYJNEGO MYCIA MASZYN ROLNICZYCH

Streszczenie

Przedstawiono metodę koagulacyjnego oczyszczania ścieków z eksploatacyjnego mycia maszyn rolniczych, opracowaną w Gdańskiej Stacji Badawczej ŻOB Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego. Metoda polega na koagulacyjno-adsorpcyjnym usuwaniu wszystkich zanieczyszczeń piaskowo-olejowych, przez ich adsorpcję i koagulację na specjalnie opracowanych koagulantach. Wszystkie zanieczyszczenia po skoagulowaniu wytrącają się w postaci osadu na dnie zbiornika reaktora, a sklarowana, czysta ciecz, o parametrach umożliwiających jej wprowadzenie do naturalnych zbiorników wodnych, jest odprowadzana z nad zsedymetowanego osadu. Operację można powtarzać 7 razy, po czym należy usuwać zsedymetowany osad, zawierający głównie sole wapnia i magnezu.

Słowa kluczowe: maszyny rolnicze, mycie eksploatacyjne, oczyszczanie ścieków, koagulacja

Wstęp

Znane, lecz rzadko stosowane w rolnictwie z uwagi na małą skuteczność, sposoby oczyszczania ścieków z mycia eksploatacyjnego maszyn rolniczych, polegają głównie na wydzielaniu z nich powstających podczas mycia zanieczyszczeń (błota, żwiru i większych, tworzących nietrwałą zawiesinę cząstek stałych, a także olejów i smarów usuwanych z powierzchni maszyn) oraz klarowaniu w zbiornikach (odstojnikach). Sklarowaną ciecz odprowadza się najczęściej do ziemi lub pobliskich wód powierzchniowych. Operację mycia przeprowadza się zwykle na specjalnie wydzielonych w gospodarstwie powierzchniach placów podwórzowych, bardzo często niewyposażonych nawet we wstępnie oczyszczającą instalację [Stężala, Łapiak 2005]. Powstające ścieki, oprócz zanieczyszczeń piaskowo-olejowych, zawierają najczęściej roztwory skutecznych, lecz trudnych do separacji lub biodegradacji środków myjących, które – kumulując się w glebie – doprowadzają do jej lokalnej degradacji, a rozprowadzane przez powierzchniowe i podpowierzchniowe wody, zagrażają również dalej położonym arealom [Kaleta 2007]. Wykorzystanie, stosowanych w aglomeracjach miejskich i przemysłowych, skutecznych – biologicznych lub fizykochemicznych – metod oczyszczania na-

wet wstępnie podczyszczonych w gospodarstwie rolniczym ścieków, jest technologicznie skomplikowane i związane z dużymi jak na indywidualne gospodarstwo kosztami [Stężala i in. 2008]. Dlatego problem oczyszczania ścieków z mycia maszyn rolniczych w indywidualnych gospodarstwach, niepodłączonych do wiejskiego kolektora zbiorczego, jest w nieskanalizowanych wsiach i osadach bardzo istotny i wymaga wskazania i zastosowania prostych, ale skutecznych metod.

Celem pracy było rozwiązanie przedstawionego problemu, przez opracowanie prostej, skutecznej i taniej metody oczyszczania ścieków, towarzyszących procesom obsługi i użytkowania maszyn rolniczych.

Zakres pracy i metody badań

Po przeprowadzeniu analizy prostych, fizykochemicznych metod oczyszczania ścieków [Anielak 2002, Kemipol 1994, Heidrich 1998, Kieszkowski 1992], których wykorzystanie mogłoby umożliwić osiągnięcie założonego celu, podjęto badania nad zastosowaniem metody koagulacyjno-adsorpcyjnej. Przewadzono je w skali laboratoryjnej oraz ćwierćtechnicznej.

W trakcie badań w skali laboratoryjnej opracowano mieszaninę imitującą typowe dla większości maszyn rolniczych zanieczyszczenia eksploatacyjne, umożliwiającą uzyskiwanie ścieków o porównywalnym składzie i zawartości zanieczyszczeń. Przyjęto następujący skład chemiczny mieszaniny:

- smar łożyskowy ŁT-43 – 20%
- olej Hipol 15F – 20%
- olej silnikowy przepracowany – 10%
- pokost – 20%
- olej przekładniowy przepracowany – 20%
- pył z odkurzacza – 10%

Mieszanina ta w temperaturze 20°C miała konsystencję gęstego smaru.

Stosowano 0,25% roztwór wodny Na_2CO_3 [Stężala 2006] jako skuteczny środek myjący oraz natryskową metodę usuwania zanieczyszczeń z zabrudzonych powierzchni zewnętrznych próbek. Próbki w kształcie cylinderków o wymiarach: $\varnothing_z = 82$ mm, $h = 60$ mm wykonano ze stali St3. Masa zanieczyszczeń nanoszonych pędzlem na jedną próbkę wynosiła 0,6 do 0,8 g. Próbki myto w temperaturze 85°C, pod ciśnieniem 0,3 MPa przez 10 minut. Do mycia stosowano laboratoryjne, natryskowe urządzenie myjące o zamkniętym obiegu cieczy, napełnione roztworem myjącym do pojemności roboczej, wynoszącej 30 dm³. Roztwór myjący wymieniano po umyciu 300 próbek, które odstawiano na 24 godziny do osiągnięcia temperatury otoczenia. Równolegle, w wyniku licznych prób, opracowano skład i parametry stosowania dwóch skutecznych koagulantów, zawierających jako podstawowy składnik wapno hydratyzowane i dolomit nawozowy, wykorzystywane do nawożenia rolniczego (wapnowanie). Każdy z koagulantów składał się z trzech,

dotychczas dodawanych kolejno do oczyszczanego ścieku, oddzielnych porcji: A, B i C (tab. 1).

Tabela 1. Skład opracowanych koagulantów
Table 1. Composition of devised coagulants

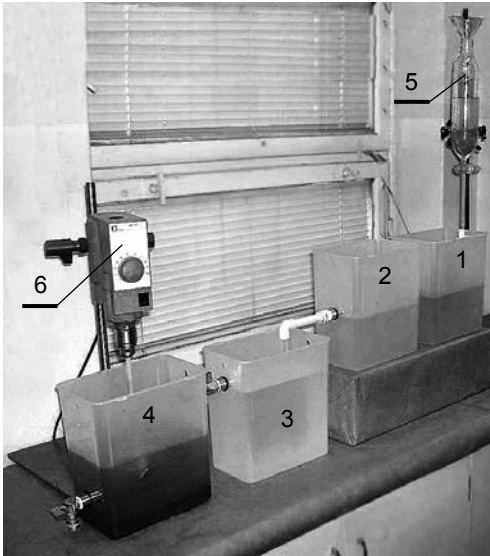
Porcja Portion	Koagulant I Coagulant I	Koagulant II Coagulant II
Porcja A – 10 cm ³ ·dm ⁻³ ścieku Portion A – 10 cm ³ ·dm ⁻³ sewage wapno hydratyzowane hydrated lime osiemnastowodny hydrat siarczanu glinowego hydrated aluminium sulphate dolomit nawozowy dolomite fertilizer 36% rozcieńczony wodą w stosunku 1:1 kwas solny 36% hydrochloric acid mixed with water in 1:1 ratio	1,5 g·dm ⁻³ 0,3 g·dm ⁻³ 5 g·dm ⁻³ 1,5 cm ³ ·dm ⁻³	2 g·dm ⁻³ 0,15 g·dm ⁻³ 3 g·dm ⁻³ 1,0 cm ³ ·dm ⁻³
Porcja B – 6 cm ³ ·dm ⁻³ ścieku Portion B – 6 cm ³ ·dm ⁻³ sewage gęsta wodna zawiesina zawierająca pylisty węgiel aktywny w ilości: dense water suspension containing powdered active carbon in following amount:	0,33 g·dm ⁻³	0,3 g·dm ⁻³
Porcja C·dm ⁻³ ścieku Portion C·dm ⁻³ of sewage 40–42% roztwór wodny siarczanu żelaza III (PIX 112) 40–42% water solution of iron (III) sulphate (PIX 112)	3 cm ³	2 cm ³

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Wykonano laboratoryjną instalację, umożliwiającą ustalenie parametrów koagulacyjnego dynamicznego oczyszczania (rys. 1). Pojemność robocza przedstawionych na rysunku 1 zbiorników wynosiła: osadnika zanieczyszczeń stałych – 2 dm³, separatora olejów – 2 dm³, zbiornika retencyjnego – 4 dm³, reaktora – 2,5 dm³.

Wszystkie zbiorniki były połączone przewodami rurowymi. Brudny ściek z pojemnika (5) dozowano do zbiornika (1), na którego dnie osiadała większość drobnych zanieczyszczeń stałych, utrzymując stałe natężenie jego wypływu $Q = 8-9 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, co odpowiadało $\sim 0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Z tym samym natężeniem oczyszczony ściek przepływał grawitacyjnie do zbiornika (2), w którym oddzielały się frakcje olejowe, a następnie – jako wstępnie oczyszczony – do zbiornika retencyjnego (3) i po jego napełnieniu – do reaktora (4), aż do osiągnięcia roboczej wysokości słupa cieczy H , odpowiadającej objętości 2,5 dm³. W tym momencie dozowanie ścieku z pojemnika (5) przerywano.



Rys. 1. Stanowisko do oczyszczania ścieków w skali laboratoryjnej: 1 – separator piasku i mułu, 2 – separator oleju, 3 – zbiornik retencyjny, 4 – reaktor, 5 – pojemnik z brudnym ściekiem po myciu, 6 – mieszadło

Fig. 1. Stand for sewage purification in laboratory scale: 1 – silt and sand separator, 2 – oil separator, 3 – retention tank, 4 – reactor, 5 – container with sewage after washing, 6 – stirrer

Źródło: własne. Source: own.

Do znajdującego się w reaktorze $2,5 \text{ dm}^3$ ścieku dodawano 25 cm^3 porcji A koagulantu I, mieszano mieszadłem (6), zarówno w trakcie dodawania, jak i przez kolejne 10 minut, po upływie których dodawano 15 cm^3 porcji B koagulantu I, zawierającej 5 g pylistego węgla aktywnego i mieszano kolejne 15 minut, a następnie $7,5 \text{ cm}^3$ porcji C koagulantu, mieszając kolejne 15 minut. Na koniec uzyskany roztwór pokoagulacyjny pozostawiano na co najmniej 8 godzin, aż do całkowitego sklarowania. Sklarowaną ciecz odprowadzano z reaktora, pozostawiając w nim osad z nadosadową częścią roztworu, który sięgał 40% wysokości roboczej, po czym ponownie napełniano reaktor do wysokości H wstępnie podczyszczonym roztworem doprowadzanym ze zbiornika retencyjnego (3). Następnie do reaktora dodawano (mieszając) porcję A koagulantu II w ilości 25 cm^3 i – po 15 minutach mieszania – 15 cm^3 porcji B koagulantu II, zawierającej 4,5 g pylistego węgla aktywowanego.

Po kolejnych 15 minutach mieszania dodawano 5 cm^3 porcji C koagulantu i mieszano 15 minut. Uzyskany roztwór pokoagulacyjny pozostawiano na co najmniej 8 godzin do kolejnego sklarowania. Następnie, w taki sam sposób jak poprzednio, odprowadzano oczyszczony roztwór oraz uzupełniano reaktor roztworem wstępnie oczyszczonym pobieranym ze zbiornika retencyjnego (3). W ten sposób przeprowadzono 6 kolejnych koagulacji z koagulantem II.

Po siedmiokrotnym oczyszczaniu koagulacyjnym (1 x koagulant I+6 x koagulant II) i odprowadzeniu oczyszczonej, klarownej cieczy, reaktor opróżniano do górnego poziomu zsedymetowanych osadów. Osady usuwano, tworząc z nich pryzmę, która po roku sezonowania, po rolniczych badaniach, ma być wykorzystana jako bogata w wapń i magnez substancja nawozowa. Sklarowany w reaktorze (4) roztwór i ścieki wstępnie oczyszczone ze zbiornika re-

tencyjnego (3) poddawano analizie fizykochemicznej wyznaczając: pH – pehametrem CP-411, zawartość oleju – aparatem Soxhleta oraz mętność, zawiesinę, ChZT i BZT₅ i zawartość jonów SO₄⁻² i Cl⁻¹ – spektrofotometrycznie.

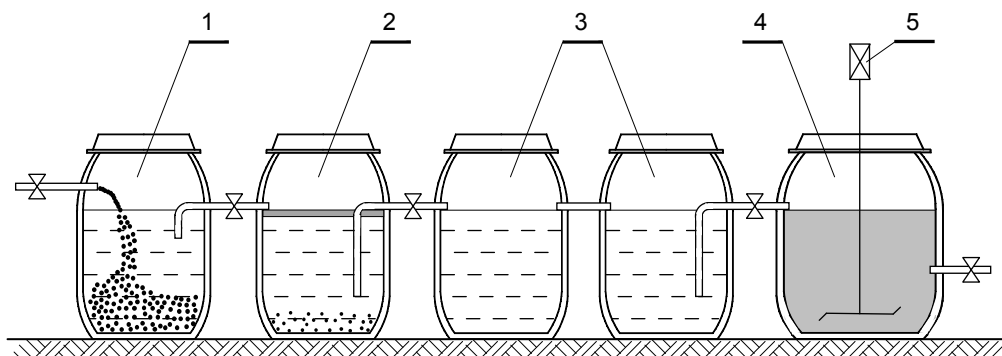
Wyniki, uzyskane po wstępnym oczyszczeniu oraz po I, III, V i VII koagulacji, z których każdy stanowi średnią z 3 prób, zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wskaźniki oceny czystości ścieków uzyskane w skali laboratoryjnej
Table 2. Sewage cleanness indices obtained in laboratory scale

Faza procesu oczyszczania Phase of cleaning process	pH	Mętność Turbidity FTU	Zawiesina Suspension [mg·dm ⁻³]	Olej Oil [mg·dm ⁻³]	ChZT COD [mgO ₂ ·dm ⁻³]	BZT ₅ BOD [mgO ₂ ·dm ⁻³]	SO ₄ ⁻² [mg·dm ⁻³]	Cl ⁻ [mg·dm ⁻³]
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	10,14	176	140	130,0	1.312	210	-	-
Po I koagulacji After I coagulation	7,0	10	13	10,5	13	7,0	920	530
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	9,89	171	134	132,0	1.285	200	-	-
Po III koagulacji After III coagulation	8,83	10	13	11,0	10	6,0	605	680
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	9,90	175	133	120,0	1.291	232	-	-
Po V koagulacji After V coagulation	8,56	8	12	11,5	12	7,0	630	730
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	9,92	173	142	115,0	1.294	217	-	-
Po VII koagulacji After VII coagulation	8,23	8	11	11,5	16	8,5	653	810

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Podczas badań w skali ćwierćtechnicznej wykonano instalację do sprawdzenia opracowanej laboratoryjnie metody w skali 80-krotnie większej, tj. w warunkach natężenia przepływu oczyszczanych ścieków $Q = 40 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (rys. 2). Pojemność robocza zbiorników wchodzących w skład instalacji oczyszczającej również była 80 razy większa i wynosiła: separatora piasku i mułu – $0,16 \text{ m}^3$, separatora oleju – $0,16 \text{ m}^3$, zbiornika retencyjnego – $0,32 \text{ m}^3$



Źródło: własne. Source: own.

Rys. 2. Stanowisko do oczyszczania ścieków w skali ćwierćtechnicznej: 1 – separator piasku i mułu, 2 – separator oleju, 3 – zbiornik retencyjny, 4 – reaktor, 5 – mieszadło

Fig. 2. Sewage cleanliness indices obtained in laboratory scale: 1 – sand and silt separator, 2 – oil separator, 3 – retention tank, 4 – reactor, 5 – container with sewage after washing

(2 zbiorniki po $0,16 \text{ m}^3$) oraz reaktora – $0,2 \text{ m}^3$. Zbiorniki te to typowe, handlowe beczki tworzywowe o pojemności $0,2 \text{ m}^3$ (4 szt.) oraz $0,25 \text{ m}^3$ (zbiornik retencyjny). Zbiorniki połączone przewodami z ocynkowanej, stalowej rury $\varnothing = 3/4''$, wyposażonymi w zawory odcinające, umożliwiające uzyskanie odpowiedniego natężenia przepływu ($40 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Oczyszczane ścieki, podobnie jak w przypadku badań prowadzonych z zastosowaniem instalacji laboratoryjnej, były doprowadzane do separatora piasku i mułu (1). Po napełnieniu jego przestrzeni roboczej przepływały grawitacyjnie do separatora oleju (2), a następnie – już jako wstępnie oczyszczone – do zbiornika retencyjnego (3), a stamtąd do reaktora (4). Po napełnieniu reaktora (4) do wysokości H , odpowiadającej jego pojemności roboczej ($V = 0,2 \text{ m}^3$), uruchamiano mieszadło i przeprowadzano proces oczyszczania ścieków analogicznie jak w skali laboratoryjnej.

Dawki poszczególnych porcji koagulantów wynosiły: 2 dm^3 porcji A koagulantu I i koagulantu II, $1,2 \text{ dm}^3$ porcji B koagulantu I i koagulantu II oraz $0,6 \text{ dm}^3$ porcji C koagulantu I i $0,4 \text{ dm}^3$ porcji C koagulantu II. Po każdorazowym oczyszczeniu ścieku i odprowadzeniu tej samej ilości ($0,12 \text{ m}^3$) sklarowanej cieczy, identycznie jak w trakcie badań laboratoryjnych, uzupełniano zawartość reaktora ściekami doprowadzanymi ze zbiornika retencyjnego (3) do jego pojemności roboczej, powtarzając tę czynność 7-krotnie, po czym zsedymetowane osady usuwano i przeznaczano do kompostowania. Po każdej koagulacji sklarowaną ciecz i wstępnie oczyszczone ścieki ze zbiornika retencyjnego poddawano analizie fizykochemicznej, analogicznie jak w badaniach laboratoryjnych (tab. 3). Analizowano również zawartość jonów Al^{+3}

Tabela 3. Wskaźniki oceny czystości ścieków uzyskane w skali ćwierćtechnicznej
Table 3. Sewage cleanness indices obtained in a quarter-commercial scale

Faza procesu oczyszczania Phase of cleaning process	pH	Mętność Turbidity FTU	Zawiesina Suspension [mg·dm ⁻³]	Olej Oil [mg·dm ⁻³]	ChZT COD [mgO ₂ ·dm ⁻³]	BZT ₅ BOD [mgO ₂ ·dm ⁻³]	SO ₄ ⁻² [mg·dm ⁻³]	Cl ⁻ [mg·dm ⁻³]
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	10,38	185	273	153,0	890	191	–	–
Po I koagulacji After I coagulation	7,35	7	14	13,0	11	8,0	890	600
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	10,39	115	178	141,0	725	162	–	–
Po III koagulacji After III coagulation	8,17	7	9	11,0	13	5,0	585	700
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	10,21	121	188	95,5	510	141	–	–
Po V koagulacji After V coagulation	8,15	8	8	11,0	12	4,0	520	760
Po wstępnym oczyszczeniu After initial cleaning	10,39	70	148	99,5	535	150	–	–
Po VII koagulacji After VII coagulation	7,82	4	5	10,0	13	6,0	535	790

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

i sumy jonów Fe⁺² + Fe⁺³, uzyskując wyniki od 3,2 do 2,1 mg·dm⁻³ Al i od 0,3 do 1,2 mg·dm⁻³ (Fe⁺² + Fe⁺³).

Wskaźniki czystości ścieków uzyskane w skali ćwierćtechnicznej (tab. 4) świadczą o tym, że proponowana metoda jest skuteczna i umożliwia uzyskanie ścieków o czystości odpowiadającej warunkom, jakie należy spełnić wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r.

Tabela 4. Parametry czystości ścieku
Table 4. Parameters of sewage purity

Wyznaczane parametry Tested parameters	Najwyższe, dopuszczalne wartości ¹⁾ Highest allowable values ¹⁾	Wartości uzyskane w skali ćwierćtechnicznej ²⁾ Values obtained in quarter-com- mercial scale ²⁾
pH	6,5–9,0	7,45–8,17
BZT ₅ BOD [mgO ₂ ·dm ⁻³]	30	4–8
ChZT COD [mgO ₂ ·dm ⁻³]	125	11–13
Zawiesina Suspension [mg·dm ⁻³]	50	5–14
Zawartość Cl ⁻ Cl ⁻ content [mg·dm ⁻³]	1 000	600–790
Zawartość Cl ⁻ + SO ₄ ⁻² Cl ⁻ + SO ₄ ⁻² content [mg·dm ⁻³]	1 500	1 280–1 490
Zawartość Fe ⁺² + Fe ⁺³ Fe ⁺² + Fe ⁺³ content [mg·dm ⁻³]	10	0,3–1,2
Zawartość Al ⁺³ Al ⁺³ content [mg·dm ⁻³]	3	2,1–3,2
Oleje Oils [mg·dm ⁻³]	15	10–13

Źródło: ¹⁾ Rozporządzenie... [2006]; ²⁾ wyniki własne.
Source: ¹⁾ Order... [2006]; ²⁾ own study.

Szacunkowe koszty wykonania we własnym zakresie i eksploatacyjnego użytkowania oczyszczalni

Koszty instalacji oczyszczania ścieków dostosowanej do opracowanej metody zależą od jej wydajności, która powinna odpowiadać wydajności urządzenia myjącego. Przyjęto wydajność zastosowanego w gospodarstwie urządzenia myjącego $Q = 500 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ i ustalono, że w stosunku do natężenia przepływu uzyskanego w skali ćwierćtechnicznej, które wynosiło $40 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, jest ona 12,5 razy większa. Wskazuje to na potrzebę 12,5-krotnego zwiększenia pojemności instalacji, z zachowaniem proporcji wymiarów. W związku z tym przyjęto objętość roboczą V_r : separatora piasku i mułu – 2 m^3 , separatora oleju – 2 m^3 , zbiornika retencyjnego – 4 m^3 i reaktora – $2,5 \text{ m}^3$. W przypadku zagłębienia zbiorników w ziemi, niezbędne jest podłączenie do reaktora pompy o wydajności $Q = 2,5\text{--}3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ i ciśnieniu $p = 0,04 \text{ MPa}$.

Założono, że główne nasilenie obsługi eksploatacyjnej występuje w rolnictwie od kwietnia do listopada każdego roku i taki okres przyjęto do szacunkowych obliczeń kosztów związanych ze stosowaniem opracowanej metody oczyszczania ścieków. Przeprowadzono uproszczone rozważania na przykładzie gospodarstwa o średniej powierzchni 60–100 ha, wyposażonego w środki techniczne zestawione w tabeli 5. Założono, że instalacja będzie wykonana i obsługiwana przez rolnika we własnym zakresie.

Jednostkowe czasy oraz parametry i częstotliwość mycia poszczególnych maszyn przyjęto na podstawie wcześniej opracowanych wskaźników [Wojdak, Wojdak 1990].

Koagulacyjne oczyszczanie ścieków...

Tabela 5. Zestawienie środków technicznych w gospodarstwie, przyjętych jako przeciętne w Polsce

Table 5. List of technical means on the farm assumed as an average in Poland

Maszyna Machine	Liczba maszyn [szt.] Number of machines [pcs]	Czas mycia 1 maszyny Time of washing 1 machine [h]	Ilość ścieków na 1 maszynę Amount of sewage per 1 machine [m³]	Częstotliwość mycia Frequency of washing	Liczba operacji mycia w sezonie [szt.] Number of washing operations in season [pcs]	Ilość ścieku w sezonie Amount of sewage in season [m³]
Ciągnik Tractor	3	0,3	0,20	1 raz na dwa tygodnie once for two weeks	48	9,60
Kombajn zbożowy Combine harvester	1	1,5	0,75	po zakończeniu żniw after harvest	1	0,75
Kombajn do buraków Beet harvester	1	1,5	0,75	2 razy w sezonie twice a season	2	1,50
Kombajn do ziemniaków Potato harvester	1	1,5	0,75	2 razy w sezonie 2 times in season	2	1,50
Rozsiewacz nawozów Fertilizer distributor	1	0,5	0,25	przed zmianą asortymentu before change of assortment	8	2,00
Roztrząsacz obornika Manure spreader	1	0,5	0,25	1 raz w miesiącu once a month	8	2,00
Ładowacz Loader	1	0,5	0,25	1 raz w miesiącu once a month	8	2,00
Ścinacz zielonek Forage harvester	1	0,5	0,25	3 razy w sezonie 3 times in season	3	0,75
Prasa kostkująca Pick-up baler	1	0,5	0,25	po zakończeniu sezonu after season	1	0,25
Siewnik Drill	1	0,5	0,25	po zakończeniu siewów after sowings	1	0,25
Sadzarka Planter	1	0,5	0,25	po zakończeniu sadzenia after planting	1	0,25
Przyczepa Trailer	3	0,5	0,25	1 raz w miesiącu once a month	24	6,00
plugi, brony, wały, kultywatory, obsypniki ploughs, harrows, rollers, cultivators, ridgers	po 2 by 2	0,25 na każdą maszynę per each machine	0,125	2 razy w trakcie prac polowych twice during field works	20	2,5
Ogółem In total	27	–	–	–	127	29,35

Źródło: wyniki własne oraz Wojdak, Wojdak [1990].

Source: own study and Wojdak, Wojdak [1990].

Umożliwiło to obliczenie zapotrzebowania na roztwór myjący i ilości oczyszczanych ścieków oraz założenie kosztów inwestycyjnych instalacji oczyszczającej, a także kosztów materiałowych i energetycznych związanych z procesem oczyszczania.

Koszty inwestycyjne (K_i):

- koszt materiałów, wyposażenia technicznego i wykonania instalacji we własnym zakresie ~12 tys. zł
- okres naliczania odpisów amortyzacyjnych 20 lat
- coroczny odpis amortyzacyjny 600 zł
- coroczny odpis amortyzacyjny odniesiony do 1 m³ oczyszczonego ścieku (K_a) 20 zł

Koszty użytkowania (K_u):

- koszty materiałów koagulacyjnych 13,60 zł·m⁻³ ścieków
- koszty zużycia energii elektrycznej (pompa, mieszadło) 2,00 zł·m⁻³ ścieków
- koszty robocizny – obsługa własna –

Koszty eksploatacji odniesione do 1 m³ oczyszczonego ścieku (K_E):

$$K_E = K_a + K_u \quad (1)$$

$$K_E = 20 \text{ zł} + 15,60 \text{ zł} = 35,60 \text{ zł} \cdot \text{m}^{-3}$$

Całkowity koszt eksploatacji instalacji oczyszczającej (K_c):

$$K_c = K_E \cdot Q \quad (2)$$

gdzie:

Q – ilość oczyszczonego ścieku.

$$K_c = 35,60 \text{ zł} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 30 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1} = 1\,068 \text{ zł} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Średni koszt oczyszczania ścieku po jednorazowym myciu jednej maszyny (K_{sj}):

$$K_{sj} = \frac{K_c}{n} \quad (3)$$

gdzie:

n – liczba myć w sezonie.

$$K_{sj} = \frac{1\,068 \text{ zł} \cdot \text{rok}^{-1}}{130 \cdot \text{rok}^{-1}} \approx 8,20 \text{ zł}$$

Z przedstawionych obliczeń wynika, że przy założonej liczbie 130 myć oraz wydajności oczyszczania ścieku równej $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ i dostosowanych do tej wydajności pojemności zbiorników instalacji oczyszczającej, koszty eksploatacji można oszacować na 8,20 zł na 1 maszynę, przy czym ponad 50% stanowią odpisy amortyzacyjne związane z kosztem wykonania instalacji. Ten z kolei, w przypadku wykonania instalacji we własnym zakresie, zależy głównie od kosztów zakupu materiałów i elementów konstrukcyjnych oczyszczalni. Na podstawie informacji producentów i dystrybutorów gotowych, prefabrykowanych elementów, niezbędnych do wykonania instalacji oczyszczającej, ustalono że 2-krotne zwiększenie jej przepustowości (z $0,5$ do $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) spowodowałoby zwiększenie kosztów inwestycyjnych nie więcej niż o 15%, a odpisów amortyzacyjnych z 600 do 690 zł rocznie. Zmniejszyłoby to coroczny odpis amortyzacyjny odniesiony do 1 m^3 oczyszczonego ścieku z 20 do 11,50 zł. W przypadku zachowania stałych kosztów użytkowania równych 15,60 zł, pozwoliłoby to na zmniejszenie kosztów eksploatacji odniesionych do 1 m^3 oczyszczonych ścieków z 35,60 do 27,10 zł. Dzięki temu można byłoby, przy obsłudze własnej, zmniejszyć średni koszt oczyszczania ścieku po jednorazowym myciu maszyny z 8,20 do 6,20 zł.

Podsumowanie i wnioski

1. Opracowano nową, niestosowaną dotychczas w krajowym rolnictwie, metodę koagulacyjnego oczyszczania ścieków, powstających podczas obsługi i użytkowania maszyn rolniczych, charakteryzującą się prostotą procesu oczyszczania oraz małymi nakładami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi, korzystną do stosowania w średnioobszarowych gospodarstwach rodzinnych.
2. Opracowano koagulanty i parametry koagulacji pozwalające na praktyczne zastosowanie metody, umożliwiającej uzyskanie ścieku o stopniu czystości odpowiadającym warunkom, jakie muszą spełniać ścieki wprowadzane do wód lub ziemi (Rozporządzenie z dnia 24 lipca 2006 r.).
3. Uzyskanie przedstawionych parametrów czystości jest możliwe tylko w tych gospodarstwach, które do mycia maszyn używają wodnych roztworów Na_2CO_3 , najkorzystniej 0,25%.
4. W przypadku obsługi własnej, w gospodarstwie wyposażonym w około 30 podstawowych maszyn i wydajności oczyszczania $\sim 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, średnie koszty oczyszczania ścieku po jednorazowym myciu jednej maszyny wynoszą $\sim 8,20$ zł. Zmniejszenie tych kosztów jest możliwe przez zwiększenie wydajności oczyszczania, a tym samym liczby operacji mycia wykonanych w tym samym czasie, co jest związane ze zwiększeniem kosztów inwestycyjnych instalacji oczyszczającej. W rozpatrywanym rozwiązaniu zwiększenie wydajności instalacji oczyszczającej z $0,5$ do $1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, w przypadku pełnego wykorzystania, umożliwia zmniejszenie średnich kosztów oczyszczania ścieku po jednorazowym myciu jednej maszyny z $\sim 8,20$ do $\sim 6,20$ zł.

5. Opracowana metoda, po praktycznym sprawdzeniu w gospodarstwie rolnym, potwierdzającym wyniki uzyskane w skali ćwierćtechnicznej, może znaleźć zastosowanie w wielu gospodarstwach rodzinnych, nieuzbrojonych w instalacje odprowadzające ścieki do zbiorowych oczyszczalni.

Bibliografia

Anielak A. M. 2002. Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków. Warszawa. PWN ss. 336.

Heidrich Z. 1998. Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Warszawa. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa ss. 220.

Kaleta J. 2007. Niebezpieczne zanieczyszczenia organiczne w środowisku wodnym. Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego Oddział w Warszawie, Z9 s. 31–40.

Kieszkowski M. 1992. Oczyszczanie ścieków i odzysk surowców w obróbce powierzchniowej metali. Warszawa. Instytut Mechaniki Precyzyjnej ss. 72.

Kemipol. Praca zbiorowa. 1994. Nowoczesne metody koagulacji i strącania chemicznego. Police ss. 42.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. – Dz. U. nr 137 poz. 984 z dnia 31 lipca 2006 r.

Stężala S., Łapiak D. 2005. Ekologiczne aspekty mycia maszyn rolniczych w trakcie i po zakończeniu ich użytkowania. Materiały z XI Międzynarodowej Konferencji Naukowej nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. Warszawa. IBMER s. 265–268.

Stężala S. 2006. Symulacyjne badania i ocena skuteczności stosowania środków myjących do usuwania z powierzchni maszyn rolniczych typowych zanieczyszczeń eksploatacyjnych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 79–86.

Stężala S., Wiczorek S., Nowicki J., Jakuć B. 2008. Oczyszczanie ścieków z mycia eksploatacyjnego maszyn rolniczych przy wykorzystaniu metody koagulacyjno-adsorpcyjnej. Sprawozdanie z badań IBMER. Cz. I. Nr: statut 06/80.08.O1LIŁ4 ss. 7.

Wojdak J., Wojdak S. 1990. Instrukcja wdrożeniowa metod przechowywania ciągników i maszyn rolniczych. Szczecin. AR ss. 88.

COAGULATION METHOD TO PURIFYING THE SEWAGE FROM MAINTENANCE WASHING OF AGRICULTURAL MACHINES

Summary

Paper presented the coagulation method to purifying the sewage from maintenance washing of agricultural machines. Method elaborated at Gdańsk Research Station, Institute of Technology and Life Sciences, consists in coagulation-adsorptive removal of all sand-oil pollutions by their adsorption and coagulation on specially prepared coagulants. After coagulation all the pollutions precipitate in form of sediment at the bottom of reactor, and cleared, clean liquid, of the parameters allowing its release into natural water reservoirs, is removed from above the sediment. This process may be repeated 7 times, then the sediment, containing mostly lime and magnesium salts, should be removed.

Key words: agricultural machinery, maintenance washing, sewage purification, coagulation

Praca wpłynęła do Redakcji: 06.12.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Krzysztof Wierzbicki
prof. dr hab. Jan Wojdak*

Adres do korespondencji

prof. dr hab. inż. 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

