

Stefan Wieczorek
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Oddział w Gdańsku

BADANIA SKUTECZNOŚCI ADSORPCJI NA KORZE DRZEWNEJ AMONIAKU EMITOWANEGO Z OBIEKTÓW PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ W FUNKCJI JEGO INTENSYWNOŚCI PRZEPEŁYWU

Streszczenie

Badania laboratoryjne wpływu intensywności przepływu adsorbentu na efektywność adsorpcji dla różnych wysokości złoża kory drzewnej prowadzono w warunkach izotermicznych przy niezmiennym stężeniu NH_3 w gazie inertym (powietrzu) oraz jednakowym stopniu rozdrobnienia adsorbentu. Uzyskane wyniki badań wskazują na duży wpływ intensywności przepływu na kinetykę adsorpcji, który szczególnie należy uwzględnić w modelu matematycznym opisującym efektywność procesu adsorpcji.

Słowa kluczowe: amoniak, emisja, adsorpcja, płynne odchody zwierzęce, kora drzewna

Wstęp

Wyniki dotychczasowych prac [Wieczorek, Stężala 2002, 2003, 2004, 2005] pozwoliły na wskazanie z grupy wytypowanych adsorbentów gazowego amoniaku, charakteryzujących się: dostępnością, niewielkimi kosztami jednostkowymi oraz rokującymi możliwością dalszego ich wykorzystania w postaci nawozu mineralnego (biodegradowalnych), kory drzewnej, szczególnie kory drzew iglastych. Zaproponowany adsorbent wykorzystywano w badaniach mających na celu wyznaczenie modelu matematycznego zależności stopnia redukcji emisji amoniaku od parametrów dynamicznych i statycznych układu oczyszczającego na etapie magazynowania płynnych odchodów zwierzęcych. Wyniki badań będzie można również wykorzystać do minimalizacji emisji amoniaku w innych miejscach (np. budynki inwentarskie) oraz do zmniejszenia emisji pozostałych gazów toksycznych, towarzyszących gospodarce odchodami zwierzęcymi. Ponadto w docelowym programie prac badawczych założono, że zastosowany biodegradowalny adsorbent po osiągnięciu punktu

przebiecia wraz z zagęszczonym na jego powierzchni $N-NH_3$ będzie kompostowany i stosowany jako nawóz naturalny w gospodarstwach rolnych.

Celem pracy jest wyznaczenie modelu matematycznego zależności stopnia redukcji emisji amoniaku przez jego adsorpcję, uwzględniającego wpływ podstawowych parametrów statycznych i kinetycznych efektywnej redukcji emisji do atmosfery szkodliwych zanieczyszczeń gazowych pochodzenia rolniczego. Egzemplifikacją tych zanieczyszczeń jest amoniak emitowany ze zbiorników do magazynowania płynnych nawozów naturalnych (gnojowicy i gnojówki) - dominujący składnik odoru.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki realizacji etapu cząstkowego pracy, którego celem było wyznaczenie wpływu intensywności przepływu strumienia powietrza zanieczyszczonego amoniakiem (adsorbentu) przez warstwę sorpcyjną (korę drzewa iglastego) na efektywność adsorpcji, interpretowanej jako wartość zaadsorbowanego zanieczyszczenia przypadająca na jednostkę wagową lub objętościową danego adsorbentu, odniesioną do jednego z charakterystycznych parametrów określających układ adsorbat/adsorbent, tj. efektu przebiecia.

Warunki badań laboratoryjnych

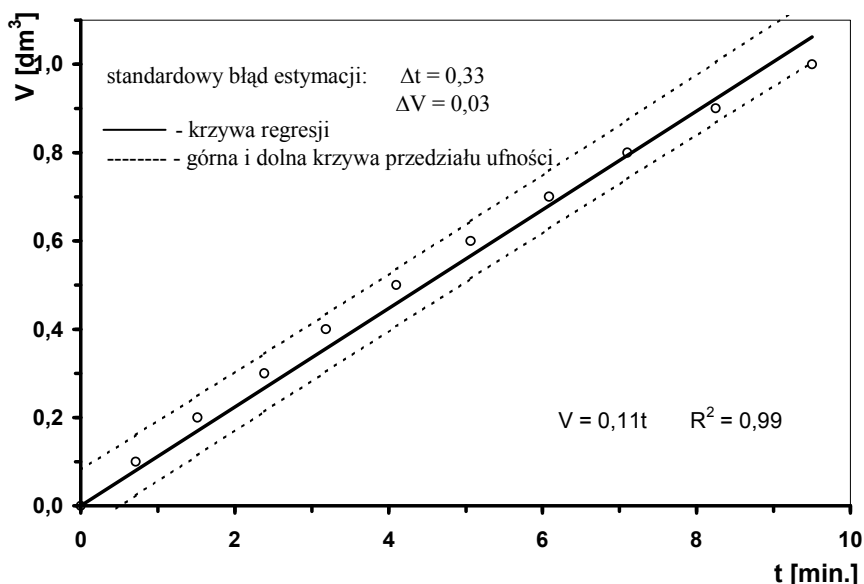
Wyniki dotychczas prowadzonych badań, a dotyczących m.in. wielkości adsorpcji NH_3 w funkcji wysokości (h) złoża adsorbentu (kora drzewna), wskazują na znaczący wpływ tego parametru statycznego na czas, po którym występuje efekt przebiecia (T_p), przyjęty jako kryterium selekcji efektywności adsorbentu. Wyznaczenia zależności T_p w funkcji intensywności przepływu adsorbentu (ϱ) przeprowadzono dla trzech różnych parametrów zmiennej niezależnej, tj. $\varrho = 1 \text{ dm}^3/5 \text{ min}$, $\varrho = 1 \text{ dm}^3/10 \text{ min}$ oraz $\varrho = 1 \text{ dm}^3/20 \text{ min}$.

Przykładowy obraz dynamiki zmian ilości dozowanej mieszaniny powietrze/amoniak (V) w funkcji czasu (t) dla intensywności przepływu $\varrho = 1 \text{ dm}^3/10 \text{ min}$ przedstawiono na rysunku 1. Aproksymacja liniowa uzyskanych danych eksperymentalnych przedstawionych w postaci funkcji $V = f(t)$ charakteryzuje się wysokim stopniem korelacji.

Pomiary wykonano dla masy adsorbentu zależnej od wysokości badanego złoża (adsorber o stałej średnicy 22 mm), stosując równocześnie dla każdej intensywności przepływu:

- porównywalne wysokości złoża adsorbcyjnego: 10÷100 mm,
- ten sam stopień rozdrobnienia adsorbentu (frakcja oddzielona na sicie 25x1,6 laboratoryjnego sortownika ziarna typ SLA-00),
- analogiczne stężenia gazowego amoniaku w mieszaninie NH_3 /powietrze przed adsorberem $C_o = 1,4\div 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$,
- temperatura $293\pm 2 \text{ K}$,
- adsorbat dozowano w sposób periodyczny w porcjach po 1 dm^3 .

Szczegóły metodyki, stosowane materiały oraz aparaturę badawczą przedstawiono we wcześniejszych publikacjach [Wieczorek, Stężyła 2004b, 2005a].



Rys. 1. Dynamika przepływu mieszaniny amoniak/powietrze przez badane złożo adsorpcyjne przy natężeniu przepływu $g = 1 \text{ dm}^3/10 \text{ min}$
 Fig. 1. Flow dynamics of ammonia – air mixture through the tested adsorptive bed at the flow rate of 1 dm^3 per 10 min

Wyniki badań i ich omówienie

Typowe zmiany zależności C/C_0 (C - stężenie amoniaku po przejściu przez kolumnę adsorpcyjną, C_0 - stężenie amoniaku przed kolumną) od objętości adsorbentu, który przepłynął przez adsorbent – korę iglastą, zarejestrowane dla stosowanych intensywności przepływu, na przykładzie złoża sorpcyjnego o wysokości $h = 4 \text{ cm}$, przedstawiono na rysunku 2. Ponadto ilościowe wartości zaadsorbowanego NH_3 (do momentu przebicia warstwy adsorbentu), w zależności od wysokości warstwy złoża adsorpcyjnego (kory iglastej) i intensywności przepływu adsorbentu, zestawiono w tabeli 1.

Wzrost intensywności przepływu adsorbentu przez adsorbent ma oczywisty wpływ na czas kontaktu amoniaku z powierzchnią kory. W jakim stopniu te parametry wpływają na efektywność adsorpcji wskazują wartości liczbowe równań aproksymacyjnych odcinków prostoliniowych krzywych wyjścia, tj. parametry nachylenia świadczące o dynamice nasycania złoża i umożliwiające wyznaczenie wartości ilości zaadsorbowanego amoniaku do momentu przebicia złoża adsorbentu. Początkowe odcinki krzywych wyjścia mają podobny sto-

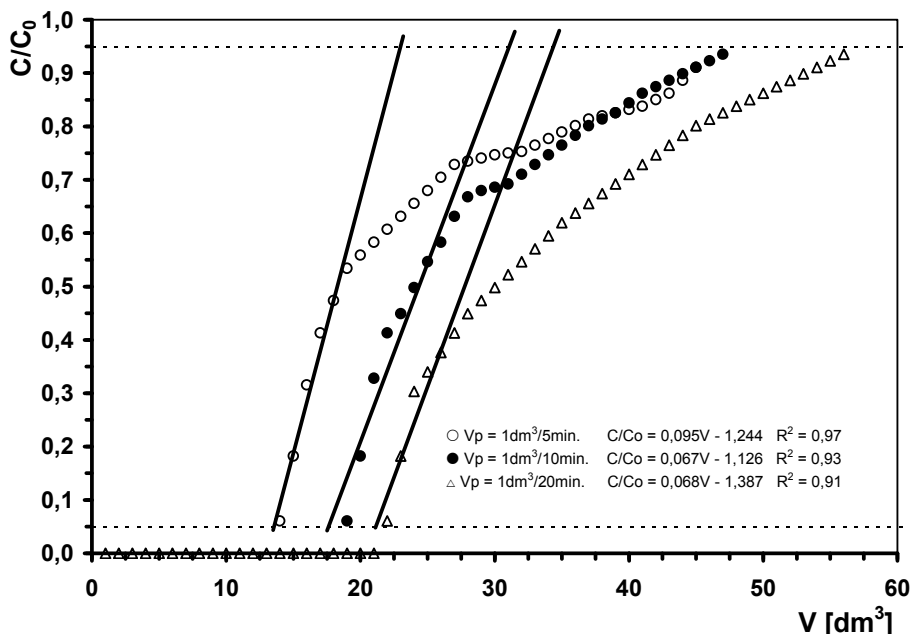
pień nachylenia, co świadczy o podobnej dynamice wysycania mniej aktywnych centrów adsorpcyjnych na korze drzewnej. Dalszy proces nasycania już jest wyraźniej zróżnicowany - im mniejsza intensywność przepływu adsorbentu przez złożę, tym szybciej następuje odchylenie od prostoliniowego odcinka aproksymacyjnego wartości empirycznych. Mniejsza intensywność przepływu sprzyja lepszemu wykorzystaniu dużej powierzchni adsorpcyjnej kory.

Tabela 1. Zestawienie ilości zaadsorbowanego NH_3 (do momentu przebiecia warstwy adsorbentu) w zależności od: wysokości warstwy złoża adsorpcyjnego (kory iglastej) i intensywności przepływu adsorbentu

Table 1. Quantity of adsorbed NH_3 (until the moment of adsorbent bed flowing through) depending on the depth of adsorbing bed (coniferous bark) and adsorbate flowing rate

Wysokość warstwy adsorbentu mm	Ilość zaadsorbowanego NH_3 (g/kg adsorbentu) przy przepływie adsorbentu o stężeniu NH_3 $1,4 \div 1,5 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{dm}^3$ z różną intensywnością (ϑ)		
	$\vartheta = 1 \text{ dm}^3 / 300 \text{ s}$	$\vartheta = 1 \text{ dm}^3 / 600 \text{ s}$	$\vartheta = 1 \text{ dm}^3 / 1200 \text{ s}$
10	2,9	4,1	4,2
20	4,9	5,2	5,9
40	5,4	7,0	8,4
80	8,4	9,3	-*
100	8,7	9,6	-*

*- nie badano



Rys. 2. Wykres zależności C/C_0 od objętości adsorbentu, który przepłynął przez adsorbent – korę iglastą o wysokości złoża $h = 4 \text{ cm}$ i różnych intensywnościach

przepływu, z aproksymacją danych od przebiecia do nasycenia złoża ($C_{oNH_3} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$)

Fig. 2. Diagram of C/C_o dependence on the volume of adsorbate that has flown through adsorbent – coniferous bark of bed depth $h = 4 \text{ cm}$, and different flow intensities, with data approximation from flowing through up to saturation of the bed ($C_{oNH_3} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ g/dm}^3$)

Z wyników zawartych w tabeli 1 oraz zilustrowanych na przykładowym wykresie $C/C_o = f(V)$ (rys. 2) wynika stosunkowo duży wpływ intensywności przepływu adsorbentu na wartość zaadsorbowanego amoniaku, szczególnie widoczny w przypadku 2.krotnego wzrostu tego parametru z $\vartheta = 1 \text{ dm}^3/10 \text{ min}$ do $\vartheta = 1 \text{ dm}^3/5 \text{ min}$. Natomiast następne podwojenie tego parametru do $\vartheta = 1 \text{ dm}^3/20 \text{ min}$ nie pociąga za sobą już tego samego stopnia wzrostu analizowanego parametru. Również zwiększanie wysokości warstwy adsorbentu wpływa na zmniejszenie znaczącego wpływu intensywności przepływu adsorbentu na ilość zaadsorbowanego amoniaku.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że podstawowym czynnikiem wpływającym na efektywność adsorpcji jest czas kontaktu adsorbentu z powierzchnią adsorbentu wynikający z intensywności przepływu adsorbentu oraz drogi jaką musi przebyć, tj. wysokości złoża adsorbentu. W warunkach procesów dynamicznych, a w takich prowadzono badania, jest ściśle związany z intensywnością ich przemieszczania się względem siebie. Ten parametr zawarty jest w podawanym, stałym w trakcie serii pomiarowej, czasie przepływu 1 dm^3 mieszaniny powietrze/amoniak przez nieruchome złożo sorpcyjne.

Podsumowanie i wnioski

1. Analiza wyników badań efektywności adsorpcji w funkcji intensywności przepływu adsorbentu wskazuje na znaczący wpływ czasu kontaktu adsorbowanego gazu na wartość adsorpcji.
2. Dwukrotne zmniejszenie intensywności przepływu w zakresie: $\vartheta = 1 \text{ dm}^3/5 \text{ min} \rightarrow \vartheta = 1 \text{ dm}^3/10 \text{ min}$ powoduje stosunkowo duży wzrost wartości zaadsorbowanego amoniaku (średnio ok. 20%). Natomiast następne podwójne zmniejszenie tego parametru: $\vartheta = 1 \text{ dm}^3/10 \text{ min} \rightarrow \vartheta = 1 \text{ dm}^3/20 \text{ min}$, nie pociąga za sobą już tego samego stopnia wzrostu analizowanego parametru (średnio około 10%).
3. Z wyników badań uzyskanych na zastosowanym modelu laboratoryjnym, można postawić tezę o istnieniu krytycznej intensywności przepływu adsorbentu przez złożo sorpcyjne, poniżej której nastąpi zdecydowany spadek efektywności adsorpcji. Ma to szczególne znaczenie na etapie projektowania instalacji oczyszczania gazów emitowanych w gospodarce hodowlanej z wykorzystaniem kory drzewnej.

Bibliografia

Wieczorek S., Stężala S. 2002. Redukcja emisji amoniaku na etapie magazynowania odchodów zwierzęcych jako zadanie proekologiczne. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. IBMER, Warszawa, ss. 133-138

Wieczorek S., Stężala S. 2003. Wstępna ocena ekologicznych adsorbentów amoniaku emitowanego w produkcji zwierzęcej. Materiały IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. IBMER, Warszawa, ss. 195-199

Wieczorek S., Stężala S. 2004a. Badania efektywności adsorpcji amoniaku z fazy gazowej powietrze/amoniak na wybranych, biodegradowalnych adsorbentach organicznych. XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa z cyklu Problemy Inżynierii Rolniczej nt. Inżynieria Rolnicza a Środowisko. Międzyzdroje, ss. 92-93

Wieczorek S., Stężala S. 2004b. Próba wytypowania efektywnego, biodegradowalnego adsorbentu i parametrów adsorpcji amoniaku z fazy gazowej powietrze/amoniak. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1(43): 77-86

Wieczorek S., Stężala S. 2004c. Ocena parametrów statycznych złoża kory drzewnej jako adsorbentu amoniaku z fazy gazowej. X Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i przepisów UE. IBMER, Warszawa, ss. 255-259

Wieczorek S., Stężala S. 2005a. Ocena drewnianej kory jako adsorbentów gazowego amoniaku. Sbornik naucznych trudow, T. 7, Kirow, NIISCh Sewiero-Wostoka, ss. 202-208

Wieczorek S., Stężala S. 2005b. Ocena adsorbentów amoniaku wybranych z niektórych sielskochozajstwiennych materiałów. Sbornik naucznych trudow, T. 7, Kirow, NIISCh Sewiero-Wostoka, ss. 350-357