

Jan Suschka, Irena Pusz

WPLYW DODATKU WĘGLA AKTYWNEGO DO PROCESU OSADU CZYNNEGO

Streszczenie. Przeprowadzono próby zwiększenia aktywności oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego przez dodatek węgla aktywnego do komory napowietrzania.

Na podstawie badań laboratoryjnych stwierdzono możliwość znacznego zwiększenia efektywności usunięcia BZT. Jednocześnie dodatek węgla aktywnego nie prowadził do wzrostu efektów usunięcia ChZT.

W przeprowadzonych doświadczeniach proces nityfikacji przebiegał w układzie z dodatkiem węgla aktywnego ze znacznym opóźnieniem.

Metoda biologicznego oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego, znana i stosowana w skali technicznej, jest już przeszło pół wieku. Znalazła ona zastosowanie do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarskich jak i przemysłowych. Metodzie osadu czynnego, szczególnie w latach czterdziestych i pięćdziesiątych, poświęcono dużo uwagi, wykonując szerokie badania nad możliwością intensyfikacji procesu oczyszczania. Wynikiem tych wysiłków są znane obecnie rozmaite modyfikacje, polegające np. na stopniowym napowietrzaniu, stopniowym dozowaniu ścieków lub też regeneracji zawracanego osadu czynnego. Szczególnie dużo uwagi poświęcono sposobowi przepływu ścieków przez komory napowietrzania oraz dozowania ścieków do komory napowietrzania. Inne modyfikacje szły w kierunku wielostopniowego procesu osadu czynnego lub też rozdzielenia procesu zatrzymania zanieczyszczeń i procesu ich utleniania przez zastosowanie dwóch komór napowietrzania - komory reakcji i komory stabilizacji. Generalnie w dużym uproszczeniu wspomniane wysiłki można określić jako próby usprawnienia procesu poprzez zmiany warunków hydraulicznych.

Całkowicie innym podejściem jest próba zwiększenia efektywności stosowania procesu osadu czynnego przez wprowadzenie węgla aktywnego bezpośrednio do komory napowietrzania.

Koncepcja zastosowania węgla aktywnego w powiązaniu z procesem osadu czynnego jest względnie nowa i nie posiada jeszcze ugruntowanych podstaw teoretycznych. Wykonano już jednak cały szereg prac eksperymentalnych i to zarówno przy wprowadzeniu do komory napowietrzania sproszkowanego (2), jak również granulowanego węgla aktywnego (3).

Zastosowanie węgla aktywnego w procesie oczyszczania ścieków nie jest ideą nową, szczególnie w końcowych etapach oczyszczania. Poza nielicznymi wyjątkami węgiel aktywny stosowany był jedynie jako proces jednostkowy. Prawdopodobnie zastosowanie kolumn węgla aktywnego jako ostatniego etapu oczyszczania ścieków doprowadziło do koncepcji powiązania procesów fizycz-

nych z procesami biologicznymi przez wprowadzenie węgla aktywnego do komór osadu czynnego. Stosując wspomniane kolumny węgla aktywnego stwierdzono bowiem rozwój błony biologicznej na powierzchni wypełnienia i jednocześnie większą pojemność adsorpcyjną węgla, aniżeli wynikałoby to z krzywej adsorpcji Freundlioha.

Przeprowadzone próby dodatku węgla aktywnego do procesu osadu czynnego doprowadziły do stwierdzenia dodatnich efektów. Stwierdzono bowiem możliwość (2), (3) zwiększenia stopnia oczyszczania ścieków przez dalej idące usunięcie rozpuszczonych substancji organicznych oraz lepsze usunięcie zawieszin. Jednocześnie dodatek węgla aktywnego prowadził do uzyskania zawiesiny osadu czynnego o większe zdolności sedymentacji i zagęszczenia. Pociąga to za sobą możliwość zwiększenia pojemności hydraulicznej osadników wtórnych oraz poprawy efektywności odwadniania osadów.

Zagadnieniem nie wyjaśnionym dostatecznie jest mechanizm zjawiska poprawy efektów oczyszczania przez dodatek węgla aktywnego. Przypuszczać można, że do poprawy efektów oczyszczania wykorzystuje się dużą zdolność adsorpcyjną węgla aktywnego oraz możliwość regeneracji tej zdolności na drodze biochemicznego utleniania zatrzymanych zanieczyszczeń.

Można także przypuszczać, że węgiel aktywny, dokładnie jego powierzchnia, służy jako ośrodek koncentracji substratów reakcji biochemicznych, zwiększając w ten sposób szybkość tych reakcji.

Ostatnie przypuszczenie jest w zasadzie podstawą przeprowadzonych przez Besika [4] badań nad zastosowaniem węgla aktywnego do procesu oczyszczania ścieków. Praktycznie Besik [4] wykorzystał granulowany węgiel aktywny w kolumnie filtracyjnej nazwanej reaktorem, w której występowała koncentracja substratów i rozwój błony biologicznej (lub kłaczków) ożywionej w warunkach tlenowych. Hydraulicznie dobrana wielkość prowadziła do wypływania osadu zawieszin do drugiej kolumny, stanowiącą półkową kolumnę odgazowania, przy czym odczynnikami odgazowania było sprężone powietrze. Odpływ ze wspomnianej kolumny filtrowany był poprzez dwie kolumny filtracyjne wypełnione granulowanym węglem aktywnym w sekwencji oraz jedną piaskową kolumnę filtracyjną. W kolumnach filtracyjnych stwierdzono również rozwój mikroorganizmów, nadmiar których usuwany był w procesie płukania do kolumny odgazowania. W opisanym procesie uzyskano zaskakujące znaczne efekty usunięcia substancji organicznej. Przy zaledwie 12 min. czasie zatrzymania w reaktorze i kolumnie odgazowania Besik [4] uzyskał 99% usunięcie oalkowitego węgla organicznego.

W przedstawionej pracy zmierzano do wstępnej oceny słuszności koncepcji i zaprogramowania na tej podstawie dalszych badań. Dlatego też w ramach tej pracy oceniono efektywność oczyszczania ścieków w dwóch równoległych ciągach doświadczalnych, przy czym jeden ciąg stanowił typowy schemat procesu osadu czynnego, drugi natomiast zadawany był granulowanym węglem aktywnym oddzielanym w specjalnym osadniku pośrednim.

1. Laboratoryjne urządzenia doświadczalne

Badania w skali laboratoryjnej przeprowadzono przy zastosowaniu komór napowietrzania wykonanych ze szkła organicznego o objętości czynnej równej 10 litrów. Zawartość laboratoryjnych komór napowietrzania mieszana i równocześnie natleniana była przy zastosowaniu powierzchniowych aeratorów. Prędkość obrotowa oraz zanurzenie aeratorów dobierane było doświadczalnie jednakowo jednak dla układu badanego i porównawczego celem uzyskania prawidłowych warunków mieszania i jednocześnie natlenienie ścieków oczyszczonych na poziomie ok. 3 mg O₂/l.

Komory napowietrzania obciążane były identycznie ściekami z natężeniem 60 l/d, co odpowiadało 4 godzinnemu okresowi zatrzymania.

Mieszanie ścieków i osadu czynnego dopływały z komory napowietrzania do osadnika wtórnego. W układzie z dodatkiem węgla aktywnego (rys. 1), pomiędzy komorą napowietrzania a osadnikiem wtórnym zainstalowano osadnik pośredni. Zadaniem tego osadnika było wychwycenie znacznej części węgla aktywnego z mieszaniny z osadem czynnym. Początkowo zamierzano regenerować zatrzymany w osadniku pośrednim węgiel aktywny poprzez intensywne napowietrzanie za pomocą sprężonego powietrza.

Ze względu jednak na trudności aparaturowe musiano zrezygnować z tego procesu.

Czas zatrzymania w osadniku pośrednim równy 9 min. był wystarczający dla wychwycenia węgla aktywnego.

Zastosowany w układzie badawczym oraz porównawczym osadnik wtórny cechował się przepływem pionowym. Przekrój osadnika był kwadratowy o wymiarach 14 x 14 cm i objętości czynnej 4,7 litra. W warunkach tych czas zatrzymania w osadniku wtórnym był 110 min.

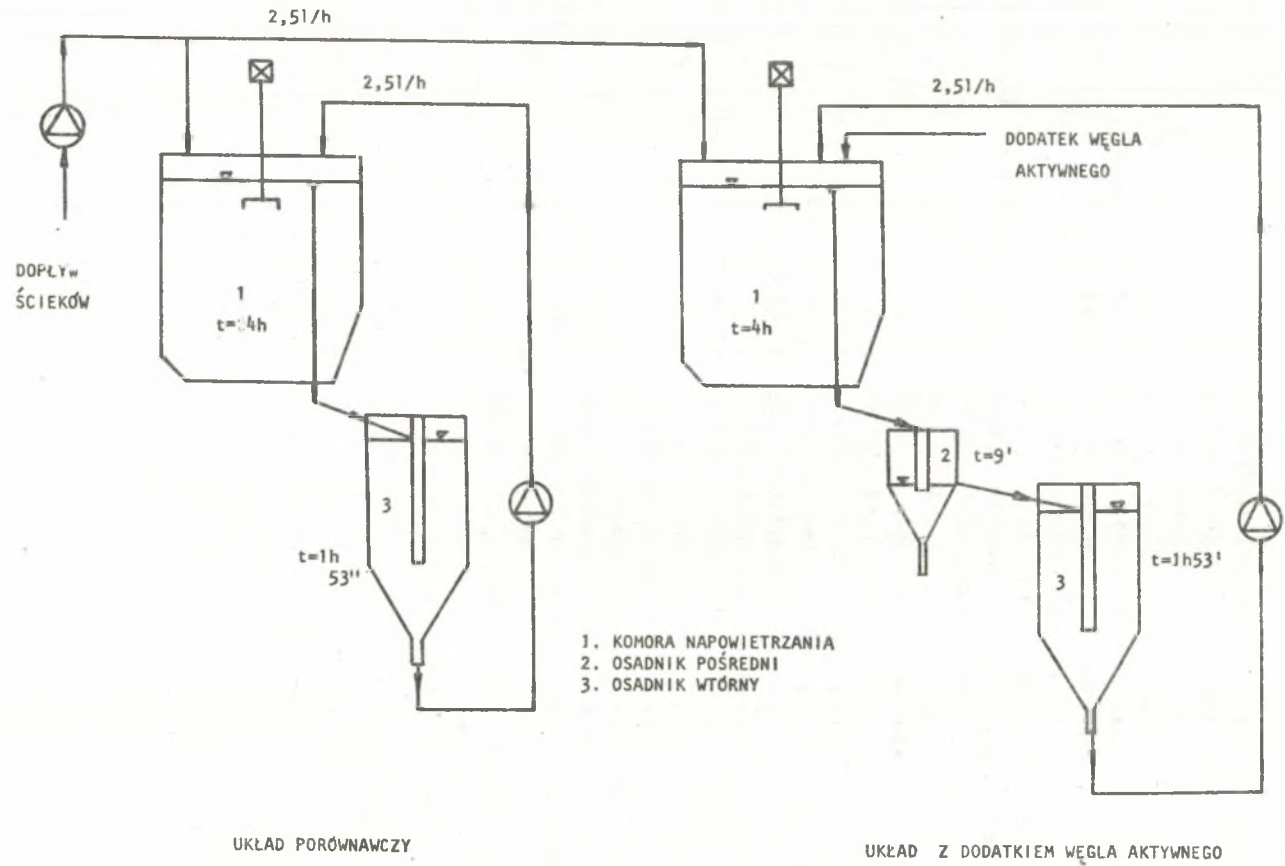
Osad zatrzymany w osadnikach wtórnych recyrkulowany był w sposób ciągły za pomocą laboratoryjnych pomp wężykowych.

Metodyka badań

Metodyka badań technologicznych związana ściśle z opisanymi powyżej urządzeniami była typowa dla procesu badań osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych obciążeń. Jedynie do właściwego układu badawczego doprowadzono granulowany węgiel aktywny uzupełniany okresowo.

W badaniach zastosowano węgiel aktywny typu "Carbol" o symbolu N-2. Jest to węgiel o granulacji około 3,5 mm. Do badań, węgiel rozkruszano do granulacji w granicach od 0,30 do 0,49 mm.

Pierwsza dawka węgla wynosiła 0,5 g w stosunku do 1 litra objętości komory napowietrzania. Węgiel w układzie badawczym uzupełniany co 7 dni dawką 0,5 g węgla na litr komory napowietrzania.



Rys. 1. Schemat technologiczny

2. Zakres i wyniki badań

Badania nad wpływem dodatku węgla aktywnego do procesu osadu czynnego na efektywność oczyszczenia przeprowadzono dla ścieków mieszanych, mechanicznie oczyszczonych.

Tablica 1

Charakterystyka ścieków oczyszczonych

Lp.	Oznaczenie	Jednostka	Wartości		
			Min.	Maks.	Średnie
1	Temperatura	°C	12	20	-
2	Odczyn pH	-	7,1	7,8	-
3	Tlen	mg/l O ₂	0,2	2,3	0,8
4	BZT ₅	mg/l O ₂	52	87	66
5	ChZT	mg/l O ₂	112	230	154
6	Zawiesina ogólna	mg/l	64	321	140
7	Zawiesina oz. lotne	mg/l	34	240	96
8	Sucha poz. ogólna	mg/l	576	878	746
9	Azot amonowy	mg/l N _{NH₄}	11	27	21
10	Azot azotanowy	mg/l N _{NO₃}	0,02	0,010	0,55
11	Fosforany	mg/l PO ₄	6,0	15,0	8,8

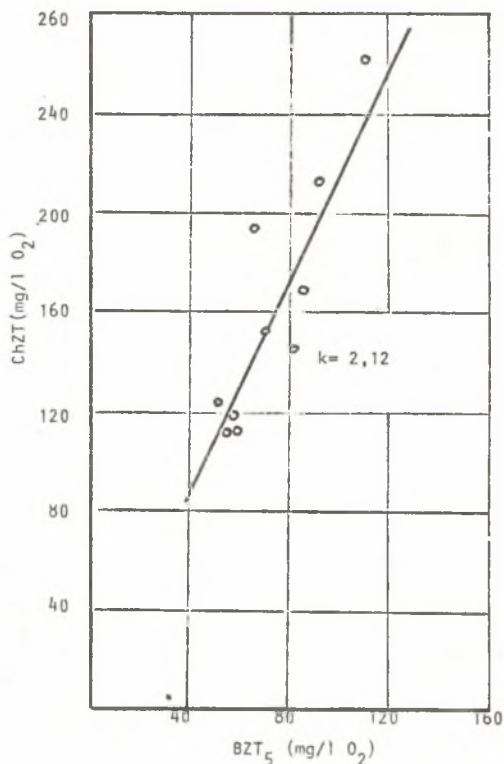
Charakterystyka ścieków (tabl. 1) wskazuje na ścieki bytowo-gospodarsze rozcieńczone znacząco przemysłowymi. Specyficzny jest tu stosunek ChZT do BZT₅ przeciętnie równy 2,12 (rys. 2). BZT₅ ścieków na poziomie 68 mg/l a ChZT na poziomie 147 mg/l (rys. 3) prowadziło do względnie małych obciążeń osadu czynnego.

Przy obciążeniu hydraulicznym komory napowietrzania równym 0,25 m³/m³h obciążenie ładunkiem BZT₅ wynosiło przeciętnie 0,41 kg O₂/m³.d.

Ścieki zawierały wystarczające ilości związków pożywkowych - azotu i fosforu. Zawartość azotu amonowego zmienna była w zakresie od ok. 20 do 26 mg/l, Natomiast zawartość fosforu średnio wynosiła 8 mg/l PO₄.

Badania prowadzono przez okres 30 dni. Przerwanie badań po tym okresie podyktowane było znacznym spęceniem osadu czynnego w układzie porównawczym. Indeks objętościowy osadu w tym układzie wzrósł do rzędu 400 ml/g.

W okresie badań nie usuwano nadmiaru osadu czynnego, poza poborem prób do oznaczeń zawartości zawiesiny. W konsekwencji nastąpił wzrost zawartości osadu czynnego od ok. 700 do 2000 mg/l (rys. 4).



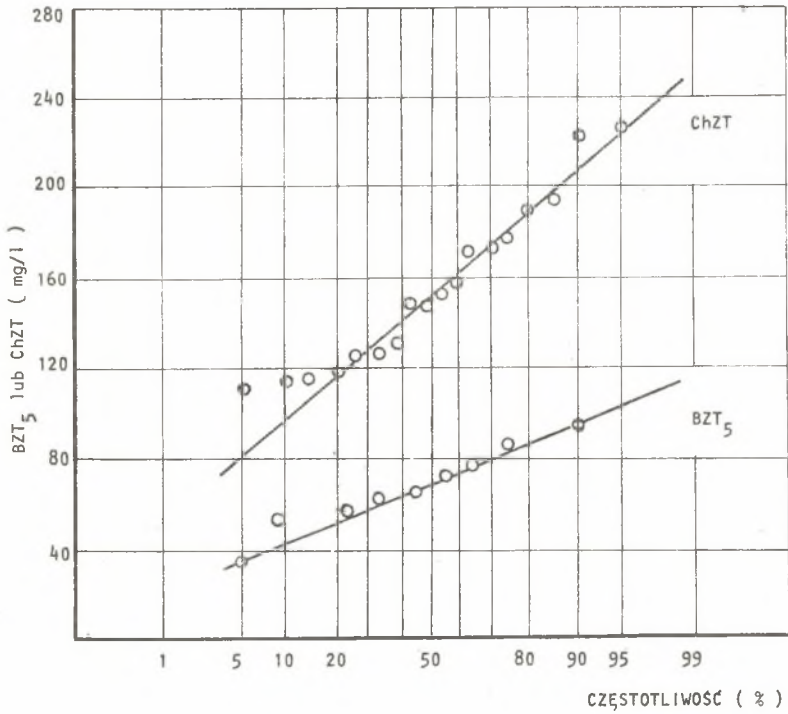
Rys. 2. Zależność między ChZT i BZT₅ w ściekach

W warunkach stosowanych obciążen osadu czynnego uzyskano odpowiednio znaczne efekty usunięcia zanieczyszczeń, wyrażone w obniżce zarówno BZT₅ jak i ChZT.

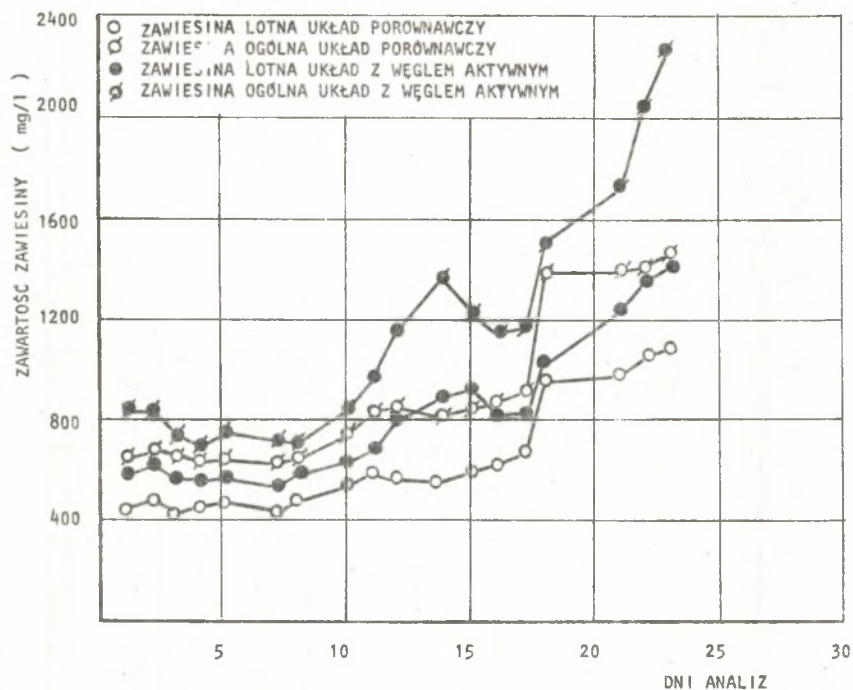
Obniżka BZT₅ zmieniała się najczęściej w granicach od 70 do 90%, co wykreślnie przedstawiono na rys. 5. Stopień usunięcia ChZT zmienił się w okresie badań w większym przedziale. Procentowe usunięcie ChZT zmieniło się na ogół w granicach od 50 do 80%. Graficznie zmiany stopnia usunięcia ChZT przedstawiono na rys. 6. Uzupełnieniem jest rys. 7, na którym pokazano BZT₅ oraz ChZT wyrażone w mg/l w ściekach oczyszczonych w układzie z dodatkiem węgla aktywnego oraz w układzie porównawczym.

Na rysunkach tych niezależnie od dodatniego wpływu węgla aktywnego na efektywność usunięcia zanieczyszczeń, wyraźnie widoczna jest większa równomierność w jakości oczyszczonych ścieków w badanym układzie.

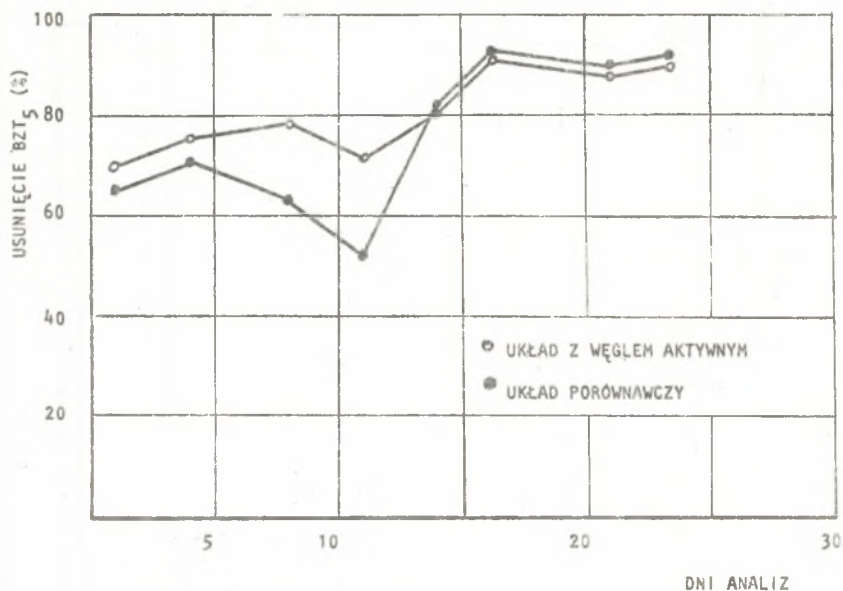
Jeszcze wyraźniej widoczne to jest na rys. 8 i 9 przedstawiającym częstotliwość występowania wartości BZT₅ i ChZT. Rezultaty oznaczeń w odpływie z układu z dodatkiem węgla aktywnego cechują się znacznie mniejszym nachyleniem w stosunku do układu porównawczego.



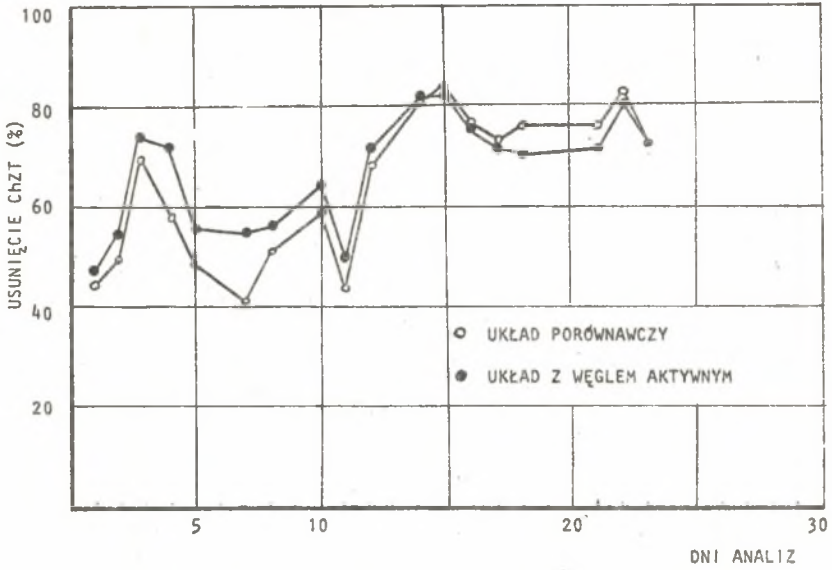
Rys. 3. Zmienność wartości BZT₅ i ChZT w ściekach oczyszczonych



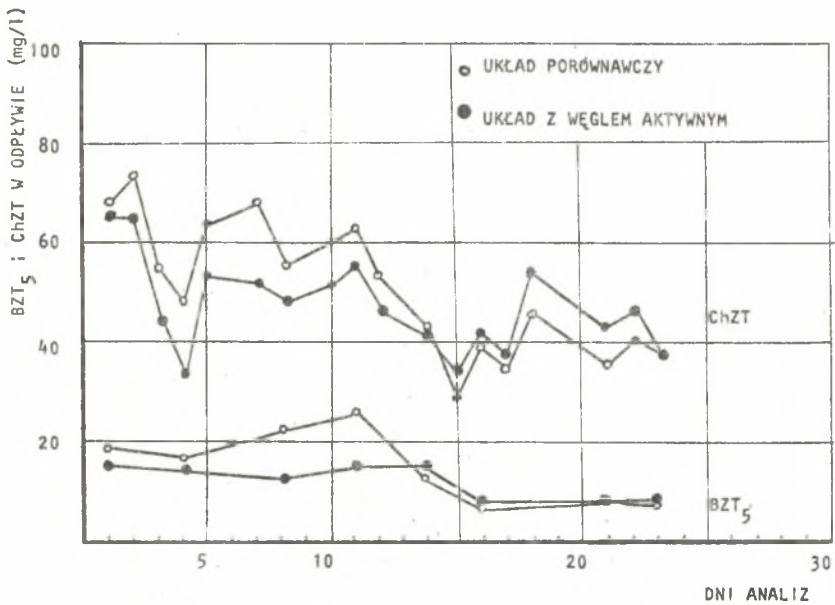
Rys. 4. Zmienność zawartości zawiesiny ogólnej i lotnej w komorach napowietrzania



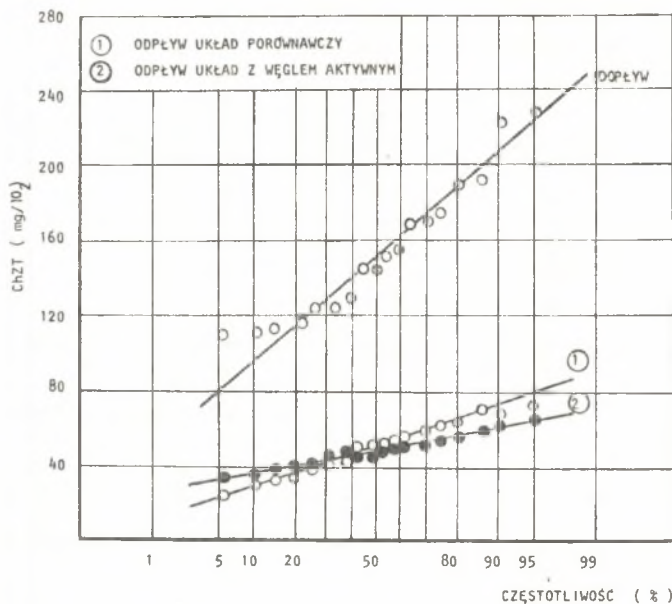
Rys. 5. Wpływ węgla aktywnego na efekt usunięcia BZT₅



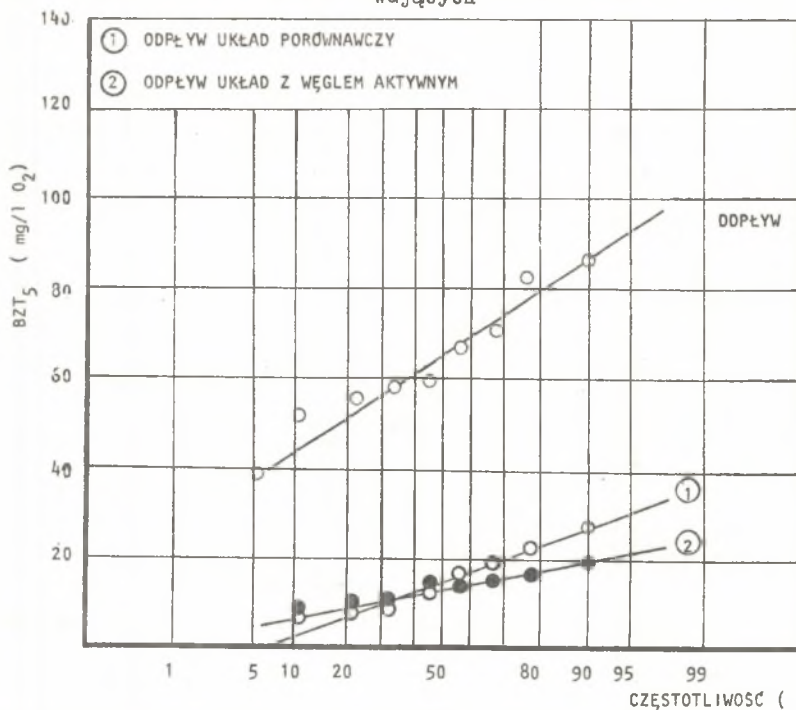
Rys. 6. Wpływ węgla aktywnego na efekt uwunięcia ChZT



Rys. 7. Wartości BZT₅ i ChZT w ściekach oczyszczonych

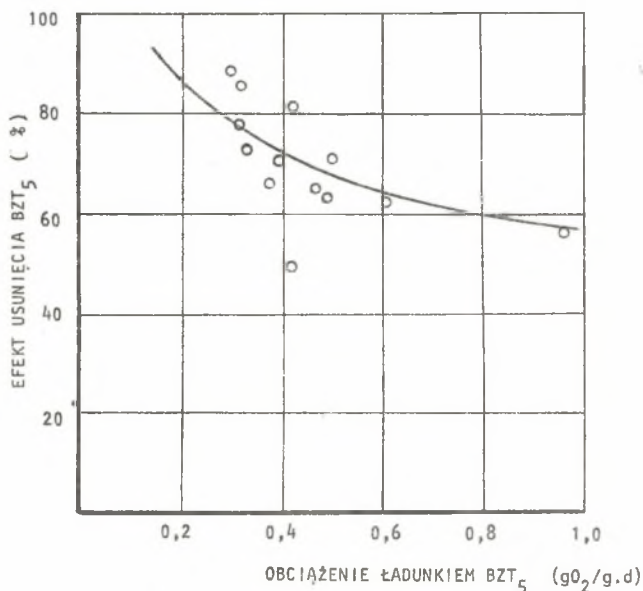


Rys. 8. Częstotliwość występowania ChZT w ściekach dopływających i odpływających



Rys. 9. Częstotliwość występowania BZT₅ w ściekach dopływających i odpływających

Próby wyprowadzenia zależności efektywności procesu od obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń jednostki zawiesiny osadu czynnego pozwoliły na przybliżone jej określenie (rys. 10). Ogólna tendencja wzrostu efektów oczyszczania przy zmniejszaniu się obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń zaobserwowana była również w badanym układzie.



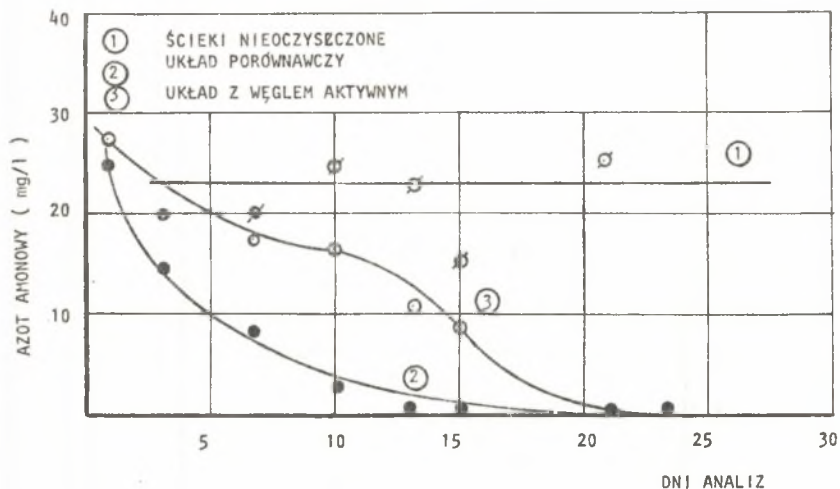
Rys. 10. Zależność efektów oczyszczania od obciążenia osadu czynnego

3. Omówienie wyników i wnioski

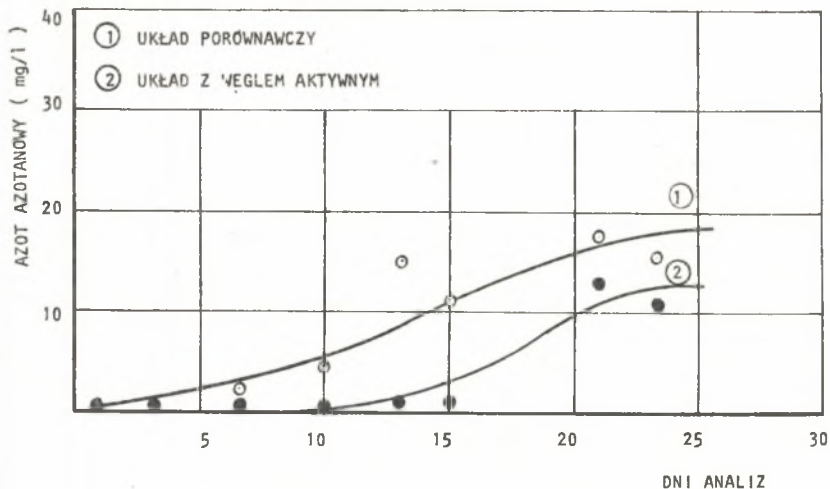
W przeprowadzonych badaniach należy wyróżnić dwa okresy. Pierwszy okres cechował się wyraźnym dodatnim wpływem dodatku węgla aktywnego na efektywność oczyszczania ścieków. W drugim okresie dodatni efekt wprowadzenia węgla maleje a nawet stwierdzono lepsze rezultaty oczyszczania w układzie porównawczym. W przeciągu więc krótkiego okresu badań uzyskano bardzo ciekawe wyniki, nie pozwalające na wyciąganie prostych wniosków i poparcie przypuszczeń (2) działania węgla aktywnego jako ośrodka koncentracji substratów reakcji biochemicznych.

Prawdopodobnie na powierzchni węgla aktywnego następuje rozwój mikroorganizmów a jednocześnie adsorpcja zanieczyszczeń. Ze względu na specyficzną formę powierzchni węgla aktywnego po zajściu tego zjawiska dalsza penetracja substratów reakcji biochemicznych, w tym także tlenu, staje się utrudniona. Tłumaczy to także znaczne opóźnienie w przebiegu procesu ni-

tryfikacji w układzie z dodatkiem węgla aktywnego (rys. 11). Istotny przyrost azotanów w układzie z dodatkiem węgla aktywnego nastąpił dopiero ok. 15 dniach. Podczas, gdy w układzie porównawczym wyraźny przyrost azotanów wystąpił już po 4 dniach (rys. 12).



Rys. 11. Zmiany azotu amonowego w procesie osadu czynnego



Rys. 12. Zmiany azotu azotanowego w procesie osadu czynnego

Celem utrzymania więc korzystnego efektu dodatku węgla aktywnego konieczne wydaje się ciągle jego doprowadzenie w dawce określonej doświadczalnie.

Oceniając pierwszy okres badań zwrócić należy uwagę nie tylko na bezwzględne wartości BZT₅ czy ChZT w ściekach oczyszczonych, a także na uzyskiwanie większej stabilności stężenia zanieczyszczeń w odpływie. Jeżeli w układzie porównawczym wartość BZT₅ w ściekach oczyszczonych wahała się w granicach od 17 do 28 mg/l to w układzie z dodatkiem węgla aktywnego wartość ta zmieniała się jedynie w zakresie od 13 do 16 mg/l (rys.7).

Możliwość tak znacznego zwiększenia efektów usunięcia BZT₅ przy zwiększonej równomierności jakości odpływu wydaje się bardzo atrakcyjna. Wydaje się, że pomimo stosunkowo wysokiej ceny węgla aktywnego w ogólnym bilansie kosztów procesu oczyszczenia ścieków i usuwania osadów, także z tego względu dodatek węgla może okazać się korzystny.

LITERATURA

- [1] Susohka J.: Problematyka dwustopniowego procesu osadu czynnego. IV Konf. Nauk. Techn., Katowice, czerwiec 1971.
- [2] Scaramelli A.B., DiGiano F.A.: Upgrading the activated sludge system by addition of powdered carbon. Water a. Sew. Works 1973, 120, 9, 90-94.
- [3] Kalinske A.A.: Enhancement of biological oxidation of organic wastes using activated carbon in microbial suspensions. Water a. Sew. Works 1972, 119, 6, 62-64.
- [4] Besik F.K.: A different way to treat sewage - using activated carbon. Water a. Poll. Control 1973, 111, 2, 22-27ż

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ АКТИВНОГО УГЛЯ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ
АКТИВНОГО ОСАДКА

Р е з ю м е

Произведены исследования увеличения эффективности очистки сточных вод биохимическим методом при введении активированного угля в аэротенк. На основании лабораторных данных установлена возможность значительного снижения значений БПК. Одновременно установлено, что введение активированного угля не приводит к снижению величин ХПК. В исследованиях с введением активированного угля процесс нитрификации протекает со значительным опозданием.

EFFECTS OF ACTIVATED CARBON ADDITION TO THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS

S u m m a r y

Attempts of activated sludge enhancement by direct addition of activated carbon to the aeration tank were done.

On the basis of laboratory scale experiments, distinct increase of BOD removal was stated. But the addition of activated carbon resulted in insignificant changes of the effectiveness of COD removal. In the carried out investigations the nitrification process was much slower in the experimental unit provided with activated carbon.