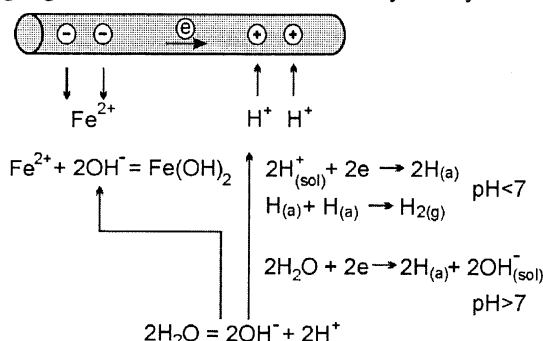


Izabela Wysocka, Mirosław Krzemieniewski

Przemiany zanieczyszczeń ścieków w reaktorze z wypełnieniem stalowym i aluminiowym

Mechaniczno-biologiczne układy oczyszczania ścieków zazwyczaj nie pozwalają na wystarczające ograniczenie zawartości związków fosforu w ściekach oczyszczonych, na skutek czego wymagane jest stosowanie zabiegów technologicznych, opartych na strącaniu chemicznym. Z tego względu ciągle ulepsza się znane metody oczyszczania ścieków lub poszukuje nowych rozwiązań. Analizując zjawiska procesów korozyjnych zauważono możliwość wykorzystania korozji jako źródła jonów metali, które mogłyby przyczynić się do usunięcia związków fosforu ze ścieków. Proces korozji żelaza w warunkach beztlenowych przebiega zgodnie ze schematem zamieszczonym na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat korozji żelaza w wodach nie zawierających tlenu

Metoda roztwarzania metali polega na wprowadzaniu do roztworu jonów metali na drodze procesów korozyjnych zachodzących w środowisku ścieków. Uwolniony metal, podobnie jak w wypadku strącania chemicznego, będzie powodował wytrącanie i sorpcję związków fosforu, które następnie mogą być usunięte ze ścieków w procesach separacyjnych. Przeprowadzone doświadczenia w skali laboratoryjnej i ułamkowo-technicznej [1,2] pozwalają stwierdzić, iż jest to bardzo skuteczna metoda, w której można usunąć 100% ortofosforanów i do 97% związków fosforu ogólnego ze ścieków. Metoda ta może stanowić jeden z etapów procesów oczyszczania ścieków w konwencjonalnej oczyszczalni [3], zastępując inne, stosowane do tej pory, metody usuwania związków fosforu. Może być również zastosowana jako dodatkowy etap oczyszczania, mający na celu poprawę skuteczności pracy oczyszczalni ścieków.

Celem niniejszej pracy było wykazanie, jak tlenki i wodorotlenki metali, wytworzone podczas procesów korozji wypełnień metalowych, – oprócz usuwania związków fosforu – wpływają na zmiany ChZT i BZT₅ ścieków, zawartość siarczków i siarczanów, azotu amonowego i azotu ogólnego, a także jakie będzie wtórne zanieczyszczenie ścieków związkami żelaza i glinu.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w zamkniętym (termostatowanym) reaktorze o pojemności 7,88 dm³ i średnicy wewnętrznej 100 mm, stosując trzy rodzaje wypełnień w postaci spiralek uformowanych z drutu, tj. stalowe jednorodne, stalowo-aluminiowe (połowę powierzchni wypełnienia stanowiła stal a połowę aluminium) i aluminiowe jednorodne. Charakterystykę wypełnień przedstawiono w tabeli 1.

Pierwszy etap obejmował badania w reaktorze z wypełnieniem stalowym oraz bez wypełnienia, w drugim wykorzystano wypełnienia stalowe i aluminiowe, natomiast w trzecim zastosowano wypełnienia stalowe i stalowo-aluminiowe. Do badań zastosowano ścieki modelowe, sporządzone na bazie bulionu wołowego, bądź mleka w proszku (tab. 2). Ścieki te wzbogacano w ortofosforany dodając uwodniony wodorofosforan(VI) sodu ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) w ilości 110 g/m³. Zastosowano obciążenia hydrauliczne reaktora w zakresie 7,4–44,4 dm³/m²d, w przeliczeniu na powierzchnię wypełnienia metalowego.

Wartości badanych wskaźników jakości ścieków scharakteryzowano za pomocą średniej arytmetycznej wraz z przedziałem ufności. Postawione hipotezy, służące do oceny różnic pomiędzy poszczególnymi wartościami, zweryfikowano na podstawie analizy wariancji lub testu t-Studenta. Przyjęto, iż statystycznie różnice są istotne wówczas, gdy $p < 0,05$.

Dyskusja wyników badań

Najlepsze efekty usuwania związków fosforu uzyskano w reaktorze z jednorodnym wypełnieniem stalowym (rys. 2 i 3), w którym największa szybkość korozji zapewniła przedostanie się do roztworu dużej ilości związków żelaza.

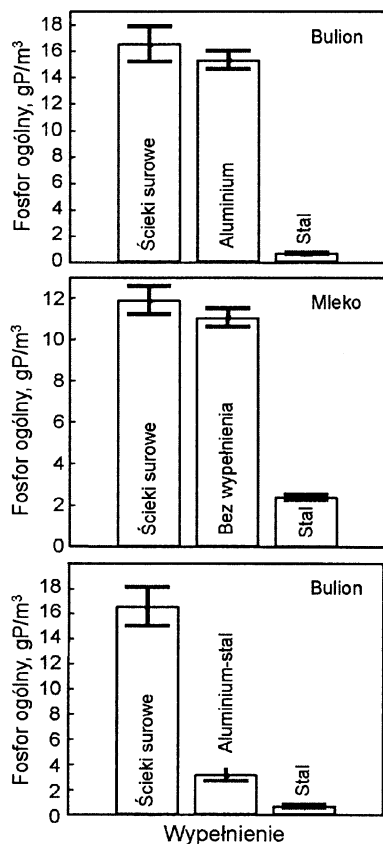
Efektowi usuwania związków fosforu towarzyszyło również wiele korzystnych i niekorzystnych zjawisk. Jednym z korzystnych zjawisk było jednocześnie usuwanie siarczków i siarkowodoru ze ścieków. Z roztworu były usuwane siarczany, które w wyniku prowadzenia procesu w warunkach beztlenowych i redukcyjnych łatwo przechodziły w siarczki. Proces ten wiąże się z wieloma reakcjami redukcyjno-utleniającymi, w których substancje organiczne są donorem elektronów, a składnik siarkowy jest ich akceptorem. Jest on warunkowany beztlenowym środowiskiem i obecnością silnego reduktora, jakim może być wodór cząsteczkowy, powstający w wyniku metabolizmu substratów organicznych, bądź wydzielający się na powierzchni anody, na skutek przebiegających procesów korozyjnych w środowisku nie zawierającym tlenu. W reaktorze, zarówno z wypełnieniem jak i bez, panowały warunki beztlenowe, na skutek czego nie stwierdzono obecności siarczanów w ściekach oczyszczonych.

Tabela 1. Charakterystyka wypełnień reaktora

Rodzaj wypełnienia	Stal		Aluminium	
	powierzchnia wypełnienia, m ²	kształt wypełnienia	powierzchnia wypełnienia, m ²	kształt wypełnienia
Jednorodnie stalowe	0,54	spirale z drutu $\phi = 2,2$ mm, o zawartości żelaza 48%	–	spirale z drutu $\phi = 3$ mm, o zawartości glinu 99%
Jednorodnie aluminiowe	–		0,54	
Stalowo-aluminiowe	0,27		0,27	

Tabela 2. Charakterystyka ścieków modelowych

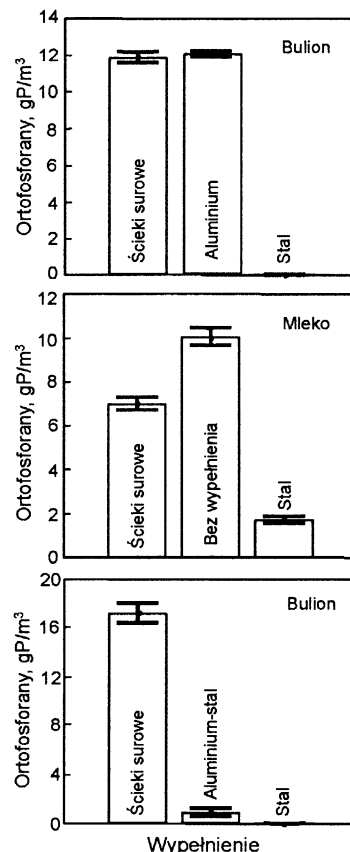
Składnik podstawowy	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O g/m ³	BZT ₅ gO ₂ /m ³	ChZT gO ₂ /m ³	Fosfor ogólny gP/m ³	Fosforany gP/m ³	Żelazo ogólne gFe/m ³
Bulion wołowy, 6,0 g/m ³	110	435	1056	16,3	12,5	0,2
Mleko w proszku, 0,15 g/m ³	–	891	1088	11,8	8,1	0,0



Rys. 2. Wpływ wypełnienia na zawartość fosforu ogólnego w ściekach [4]

Nie zaobserwowano statystycznie istotnego wpływu rodzaju wypełnienia na zawartość siarczanów, natomiast miał on wpływ na zawartość siarczków (rys. 4). Z przeprowadzonych badań wynika, że końcowa zawartość siarczków w ściekach po kontakcie z wypełnieniem stalowym i stalowo-aluminiowym, w zakresie zastosowanych obciążeń hydraulicznych, była bardzo niska, kształtując się na poziomie $0,01 \pm 0,04$ gS/m³ (śr. zmniejszenie 90%). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości siarczków w ściekach po kontakcie z tymi wypełnieniami.

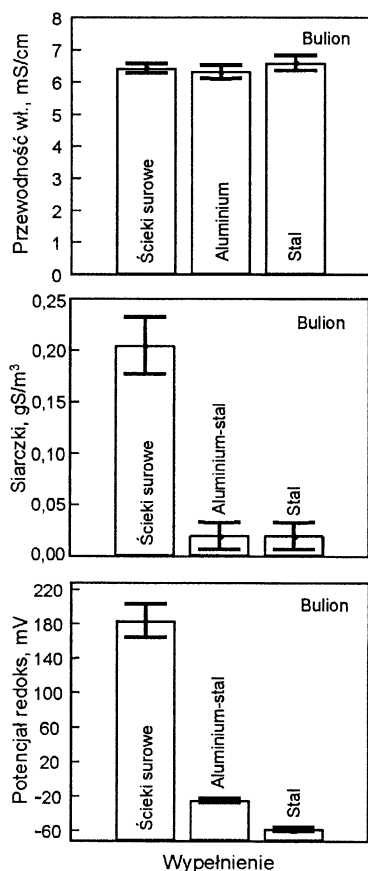
Wpływ preparatów zawierających żelazo na zatrzymywanie związków siarki w osadzie, a głównie siarczków i siarkowodoru, jest coraz lepiej poznany. W Niemczech opracowano podstawy naukowo-techniczne wykorzystania osadów z odżelaziaczy do oczyszczania ścieków oraz do kondycjonowania osadów i oczyszczania biogazu. Efekty osiągnięte w Marne (Niemcy) potwierdzają wysoką skuteczność osadów pochodzących z płukania filtrów do odżelaziania wody, podobną jak stosowanie soli żelaza [5–8].



Rys. 3. Wpływ wypełnienia na zawartość ortofosforanów w ściekach [4]

Wykonane podczas badań pomiary wartości potencjału redukcji-utleniającego wskazują na wzrost warunków redukcyjnych w ściekach wraz ze wzrostem udziału stali w wypełnieniu (rys. 4), przy czym zmiany potencjału redukcji-utleniającego były istotne statystycznie. Pomiary przewodności właściwej ścieków przed i po procesie oczyszczania, kształtującej się w granicach od 6,2 mS/cm do 6,8 mS/cm, nie wykazały statystycznie istotnych różnic, które oznaczałyby wpływ wypełnienia na wartość tego wskaźnika (rys. 4).

Oprócz możliwości usuwania związków fosforu [9–13], tlenki i wodorotlenki metali wpływają na skuteczność usuwania substancji organicznych ze ścieków. Stosując metodę usuwania związków fosforu przy pomocy roztwarzania metali stwierdzono zmniejszenie zawartości zanieczyszczeń organicznych oznaczanych jako ChZT i BZT₅ po kontakcie z wypełnieniem zawierającym stal. Wartości ChZT i BZT₅ przy zastosowanych wypełnieniach zawierających stal różniły się istotnie od wartości tych wskaźników w ściekach surowych (rys. 5 i 6).

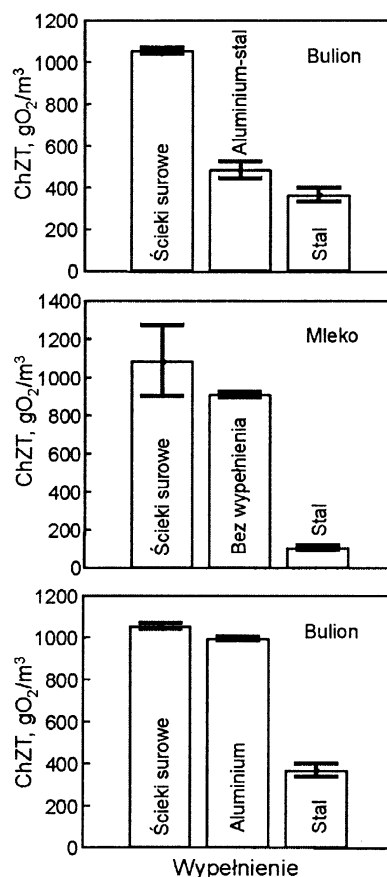


Rys. 4. Wpływ wypełnienia na przewodność właściwą, potencjał redukcyjno-utleniający i zawartość siarczku w ściekach

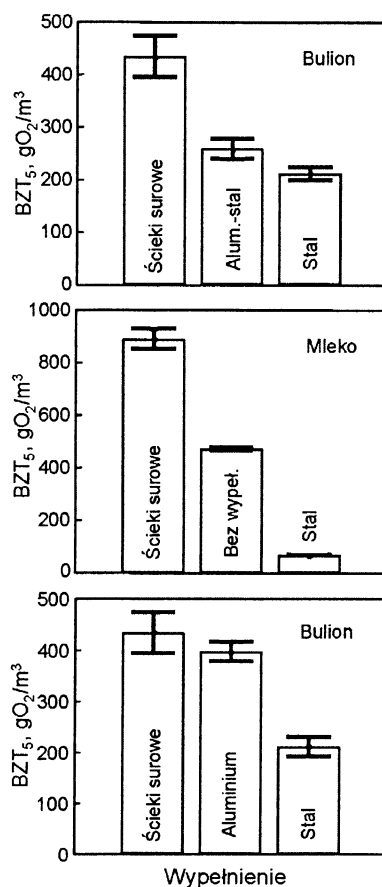
Uzyskano sprawność zmniejszenia ChZT 60÷90% przy wypełnieniu stalowym jednorodnym, natomiast przy wypełnieniu mieszanym zmniejszenie ChZT było niższe i wynosiło 41÷60%. Zmniejszenie wartości wskaźników zanieczyszczenia organicznego (zwłaszcza BZT₅) mogło być spowodowane beztlenowym rozkładem substancji organicznych w reaktorach. Jednakże wówczas wystąpiłyby jednakowe ubytki zanieczyszczeń określonych jako BZT₅ i ChZT po przejściu ścieków przez reaktory z trzema rodzajami wypełnień i przez reaktor bez wypełnienia. Jednakże zróżnicowanie efektów usuwania zanieczyszczeń wskazuje na wpływ dodatkowego czynnika, jakim było wypełnienie stalowe.

Związki organiczne wpływające na ChZT w dużej części występują w postaci zawieszin i koloidów. Jony żelaza przedostające się do roztworu na skutek korozji wypełnienia i powstające wodorotlenki mogą łatwo aglomerować wraz z substancjami organicznymi obecnymi w ściekach i na skutek procesów sedymentacji lub filtracji mogą zostać usunięte ze ścieków, powodując zmniejszenie ChZT, jak również BZT₅. Analizując osiągnięte efekty oczyszczania ścieków z użyciem wypełnienia stalowego stwierdzono, iż zmniejszenie ChZT i BZT₅ w dużej mierze było uzależnione od rodzaju ścieków. Przy wypełnieniu stalowym lepszy efekt zaobserwowano dla ścieków syntetycznych sporządzonych z mleka w proszku, niż dla ścieków z bulionu wołowego (rys. 5 i 6).

ChZT ścieków sporządzonych na bazie mleka w proszku wynosiło średnio 1088 gO₂/m³, natomiast BZT₅ – średnio 891 gO₂/m³. Stosunek BZT₅/ChZT dla tych ścieków wynosił 0,82, natomiast dla ścieków na bazie bulionu wołowego – 0,41. Duża zawartość łatwo rozkładalnych związków organicznych w ściekach z mleka w proszku przyczyniła się również

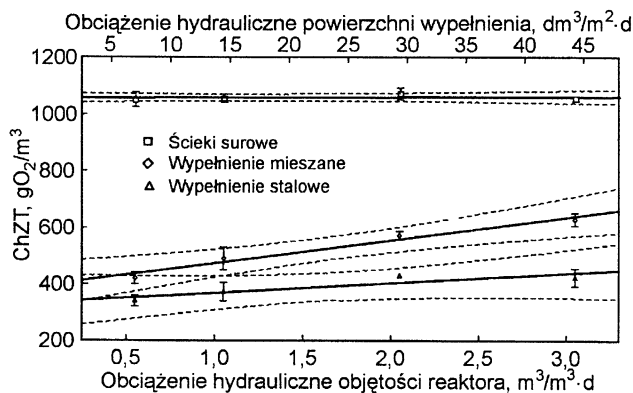


Rys. 5. Wpływ wypełnienia na ChZT ścieków

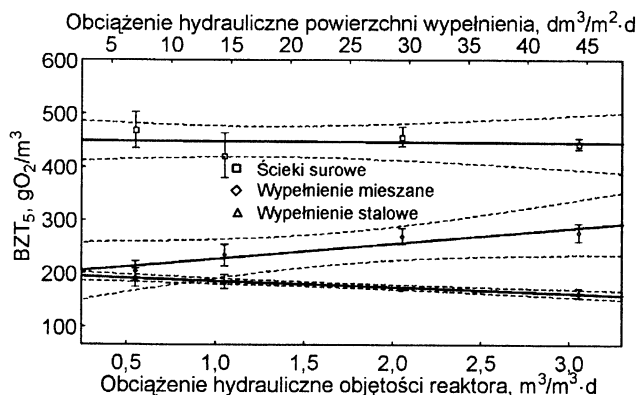


Rys. 6. Wpływ wypełnienia na BZT₅ ścieków

do znacznego obniżenia BZT₅ (47%) ścieków opuszczających reaktor bez wypełnienia. Badania nad skutecznością zmniejszania ChZT ścieków wykazały spadek sprawności ich oczyszczania wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego. Sprawność zmniejszania ChZT i BZT₅ wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego przy wypełnieniu stalowym była statystycznie istotna dla obciążeń różniących się przynajmniej o 22,2 dm³/m²d, natomiast przy wypełnieniu mieszanym różnice w wartościach ChZT i BZT₅ były już istotne statystycznie przy każdorazowym wzroście obciążenia hydraulicznego (rys. 7 i 8). Spadek sprawności zmniejszania wartości ChZT i BZT₅ był tym większy, im mniej był udział żelaza w wypełnieniu.



Rys. 7. Wpływ obciążenia hydraulicznego na ChZT ścieków

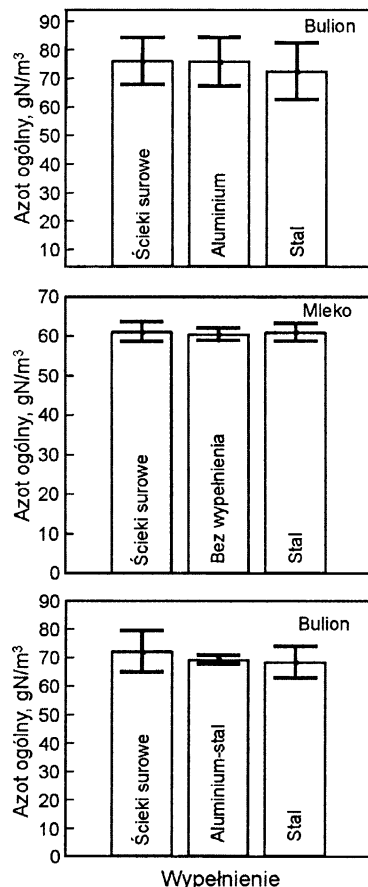


Rys. 8. Wpływ obciążenia hydraulicznego na BZT₅ ścieków

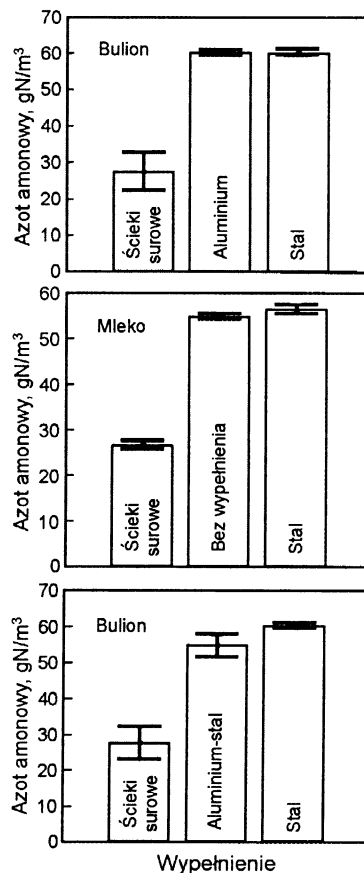
Stwierdzono, iż kontakt ścieków z wypełnieniem nie wpływał na statystycznie istotne zmiany zawartości azotu ogólnego (rys. 9), natomiast panujące warunki redukcyjne powodowały przechodzenie innych form azotu w formę amonową (rys. 10).

W miarę wzrostu obciążenia hydraulicznego zawartość azotu amonowego w ściekach oczyszczonych malała, przy praktycznie stałej zawartości azotu ogólnego. Zjawisko to zaobserwowano przy wszystkich wypełnieniach, a także w układzie oczyszczania ścieków bez wypełnienia (rys. 11 i 12). Wzrost zawartości azotu amonowego w ściekach, dla obciążenia hydraulicznego 14,8 dm³/m²d, wynosił 118% przy wypełnieniu aluminium i stalowym, 97% przy wypełnieniu stalowo-aluminium oraz 105% w układzie bez wypełnienia.

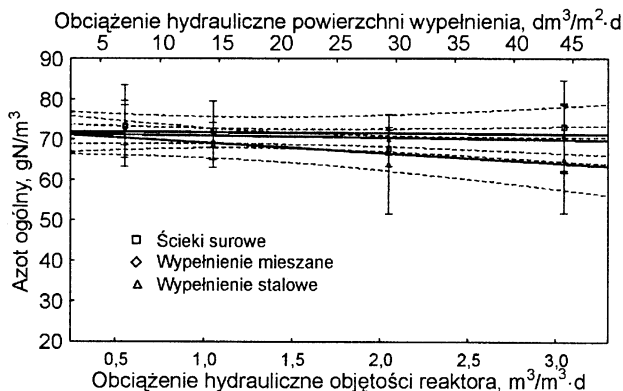
O ile usuwanie związków fosforu ze ścieków odbywa się zarówno w procesach chemicznych jak i biologicznych, to usuwanie związków azotu opiera się głównie na procesach biologicznych. Metoda roztwarzania metali, na skutek panujących warunków redukcyjnych, powoduje przemiany związków azotu w formy amonowe, przy czym z powodu braku tlenu dalsze przemiany azotu nie będą przebiegały. Zatem usuwanie związków azotu wymagać będzie dodatkowych procesów.



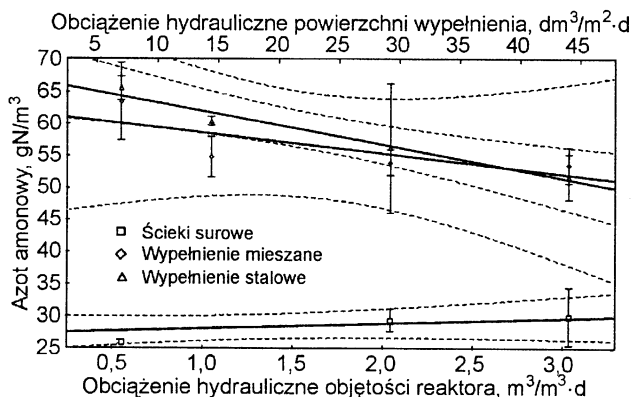
Rys. 9. Wpływ wypełnienia na zawartość azotu ogólnego w ściekach



Rys. 10. Wpływ wypełnienia na zawartość azotu amonowego w ściekach



Rys. 11. Wpływ obciążenia hydraulicznego na zawartość azotu ogólnego w ściekach

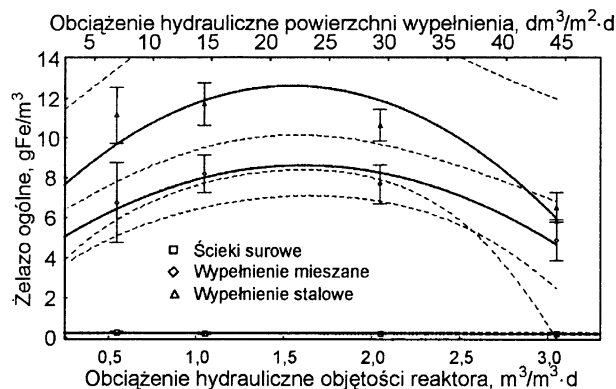


Rys. 12. Wpływ obciążenia hydraulicznego na zawartość azotu amonowego w ściekach

W wyniku dodawania do ścieków jonów metali w celu usunięcia związków fosforu część jonów metali pozostanie niewykorzystana i spowoduje wtórne zanieczyszczenie ścieków. Z tym problemem spotykają się zarówno zwolennicy konwencjonalnej metody strącania fosforanów, jak i zwolennicy elektrokoagulacji, szukając jednocześnie sposobów ograniczenia tego zjawiska [14].

Zawartość związków żelaza czy glinu w ściekach po procesach usuwania związków fosforu metodą roztwarzania metali można opisać funkcją szybkości procesów korozyjnych. Im proces korozji przebiega efektywniej, tym więcej jonów metalu przedostaje się do roztworu. Największą zawartość związków żelaza stwierdzono w ściekach opuszczających reaktor z wypełnieniem stalowym (do 59 gFe/m^3), w którym szybkość korozji była najwyższa. Przy wypełnieniu mieszanym szybkość korozji była wolniejsza średnio o $1,16 \text{ g/m}^2\text{d}$ [2]. Zaobserwowane różnice były istotne statystycznie.

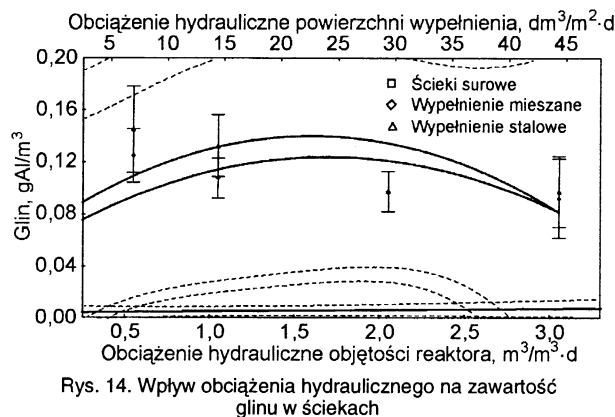
Zawartość związków żelaza obecnego w ściekach oczyszczonych była uzależniona od wielu czynników, m.in. od rodzaju zastosowanych ścieków, rodzaju wypełnienia i obciążenia hydraulicznego. Obserwując zawartość związków żelaza w ściekach opuszczających reaktor z wypełnieniem stalowym i stalowo-aluminiowym w funkcji obciążenia hydraulicznego stwierdzono, iż wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego początkowo występował również istotny statystycznie wzrost zawartości żelaza w ściekach, przy czym po osiągnięciu maksimum (przy obciążeniu hydraulicznym $14,8 \div 29,6 \text{ dm}^3/\text{m}^2\text{d}$) odnotowano spadek jego zawartości (rys. 13). Zagadnienie to wymaga szczegółowych badań, przede wszystkim nad szybkością procesów korozyjnych i szybkością tworzących się i sedymentujących osadów zawierających żelazo.



Rys. 13. Wpływ obciążenia hydraulicznego na zawartość żelaza ogólnego w ściekach

Poza wpływem obciążenia hydraulicznego również temperatura i pH ścieków będą decydowały o ilości niewykorzystanego żelaza, gdyż wskaźniki te mają duży wpływ na rozpuszczalność związków żelaza, a więc będą decydować o ilości jonów rozpuszczonych, pozostających w równowadze z wytrąconymi formami żelaza. Poza formami rozpuszczonymi w ściekach pozostawać mogą także koloidalne formy metalu, których obecność będzie zależna od pH, temperatury, potencjału elektrokinetycznego i wielu innych czynników [15].

Ze względu na brak widocznych oznak przebiegu procesów korozyjnych elementów aluminiowych wypełnienia stwierdzono niewielką zawartość glinu w ściekach opuszczających reaktory z wypełnieniem aluminiowym i stalowo-aluminiowym. Zanieczyszczenie ścieków tymi jonami wynosiło średnio $0,11 \text{ gAl/m}^3$ po kontakcie z wypełnieniem aluminiowym i $0,13 \text{ gAl/m}^3$ po kontakcie z wypełnieniem stalowo-aluminiowym (rys. 14), przy czym nie były to różnice istotne statystycznie.



Rys. 14. Wpływ obciążenia hydraulicznego na zawartość glinu w ściekach

Podczas prowadzenia badań zebrano osady powstające w reaktorach z wypełnieniem stalowym i stalowo-aluminiowym. W osadzie pochodzącym z reaktora z wypełnieniem stalowym stwierdzono około 3,0% fosforu (w przeliczeniu na suchą masę), a w osadach z reaktora z wypełnieniem mieszanym – 2,6%. Otrzymane rezultaty nie odbiegały znacząco od wyników uzyskanych podczas koagulacji ścieków [16]. Analiza składu osadów wykazała większą zawartość substancji organicznych w reaktorze z wypełnieniem mieszanym (o 21%), czego przyczyną mogła być większa ilość roztwarzającego się żelaza w postaci wodorotlenków. Przemawia za tym udział żelaza w suchej masie osadu. W reaktorze z wypełnieniem stalowym zawartość substancji organicznych w osadzie wynosiła 36,9%, podczas gdy w osadzie z reaktora z wypełnieniem mieszanym stwierdzono tylko 11,9%. Zagadnienie to wymaga głębszej analizy.

Wnioski

◆ Podczas bardzo skutecznego (97÷100%) usuwania związków fosforu ze ścieków metodą roztwarzania metali, zaobserwowano korzystny wpływ zastosowanych wypełnień także na usuwanie związków siarki ze ścieków modelowych, jakkolwiek miało miejsce zjawisko wtórnego zanieczyszczenia ścieków związkami żelaza.

◆ Wypełnienie stalowe korzystnie wpływało również na zmniejszenie ChZT i BZT₅ ścieków, choć nie był to efekt tak znaczący, jak w wypadku związków fosforu. Skuteczność usuwania substancji organicznych, oznaczanych jako BZT₅, wynosiła przy wypełnieniu stalowym 54÷58% i 34÷52% przy wypełnieniu stalowo-aluminiowym, a jako ChZT – odpowiednio 60÷68% i 41÷60%.

◆ W miarę wzrostu obciążenia hydraulicznego sprawność procesu malała, również w wypadku usuwania związków węgla. Podobnie jak w wypadku związków fosforu, lepsze efekty uzyskano przy wypełnieniu stalowym niż mieszanym.

◆ Zastosowane wypełnienia metalowe nie spowodowały zmiany zawartości azotu ogólnego w ściekach, natomiast na skutek panujących warunków redukcyjnych i beztlenowych nastąpiły przemiany azotu w formę amonową. Wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego wystąpił spadek zawartości azotu amonowego, czego nie obserwowano w wypadku azotu ogólnego.

LITERATURA

1. I. WYSOCKA: Influence of metal dissolution in wastewater medium on efficiency of phosphorus removal. Mat. "VI International Symposium Chemistry Forum 2000", Firma Wydawnicza 2, Warszawa 2000, p. 129.
2. I. WYSOCKA, M. KRZEMIENIEWSKI, W. JANCZUKOWICZ, J. PESTA: Influence of metal ions introduction to the solution by corrosion on phosphorus removal from wastewater. Natural Sciences, 2001, No. 9, pp. 307–316.
3. M. KRZEMIENIEWSKI: Projekt techniczny oczyszczalni ścieków w Nowy Most woj. Olsztyńskie, 1995 (praca nie publikowana).
4. I. WYSOCKA, M. KRZEMIENIEWSKI: Efekt usuwania związków fosforu ze ścieków metodą roztwarzania metali w pilotowym

układzie dynamicznym w skali ułamkowo-technicznej. Chemik, 2005 (w druku).

5. S. BENZINGER, E. DAMMANN, K. WICHMAN: Nutzung von Eisenhydroxidschlamm aus der Grundwasseraufbereitung in kommunalen Abwasseranlagen. Korrespondenz Abwasser, 1996, Vol. 43, Nr. 9, S. 1552–1560.
6. E. DAMMANN, S. BENZINGER: Gemeinsame Behandlung von Überschussschlamm aus der erhöhten biologischen Phosphorelimination und Eisenhydroxidschlamm. Korrespondenz Abwasser, 1999, Vol. 46, Nr. 10, S. 1581–1587.
7. K. HÄFELE, S. BENZINGER, E. DAMMANN, K. PRETZSCH: Gemeinsame Behandlung von Überschussschlamm aus der erhöhten biologischen Phosphorelimination und Eisenhydroxidschlamm. Korrespondenz Abwasser, 1999, Vol. 46, Nr. 3, S. 382–389.
8. R. BRAUN, S. HUSS: Anaerobic filter treatment of molasses Distillery slops. Water Research, 1982, Vol. 16, pp. 1167–1171.
9. G. V. KORSHIN, M. M. BENJAMIN, R. S. SLETTEN: Adsorption of natural organic matter (NOM) on iron oxide: effects on NOM composition and formation of organo-halide compounds during chlorination. Water Research, 1997, Vol. 31, No. 7, pp. 1643–1650.
10. CH. R. MCMEEN, M. M. BENJAMIN: NOM removal by slow sand filtration through iron oxide-coated olivine. Journal AWWA, 1997, Vol. 89, No. 2, pp. 57–71.
11. Y. CHANG, CH. LI, M. M. BENJAMIN: Iron oxide-coated media for NOM sorption and particulate filtration. Journal AWWA, 1997, Vol. 89, No. 5, pp. 100–113.
12. Y. CHANG, M. M. BENJAMIN: Iron oxide adsorption and UF to remove NOM and control fouling. Journal AWWA, 1996, Vol. 88, No. 12, pp. 74–88.
13. Ū. M. LASKOV: Glubokaja očistka i povtornoje ispolzovanie stočnych vod predpriatij tekstilnoj promyšlennosti. Mehanika i Energetika, Moskva 1980, p. 2.
14. O. GRØTERUD, L. SMOCZYŃSKI: Phosphorus removal from wastewaters by electrolysis. Vatten, 1986, Vol. 42, No. 1, pp. 33–35.
15. A. ANIELAK: Significance of the double electric layer in the coagulation and sorption process. Mat. konf. „Szkola jakości wody, znaczenie procesów jednostkowych w technologii oczyszczania wody i ścieków”, Ustronie Morskie 1998, ss. 29–50.
16. H. KOŚCIELNIAK, A. KSIEŻYK-SIKORA: Charakterystyka osadów powstających w układach technologicznych z usuwaniem biogenów. Mat. konf. „Eksplotacja oczyszczalni ścieków”, Suwałki 1993, ss. 207–220.

Wysocka, I., Krzemieniewski, M. Effect of Phosphorus Removal with the Method of Metals Solubilization on the Quality of Treated Wastewater. *Ochrona Środowiska* 2004, Vol. 26, No. 4, pp. 31–36.

Abstract: An experimental study was carried out of the potentiality for using corrosion processes as a source of metal ions that might contribute to the removal of phosphorus compounds from the wastewater. In the metal solubilization method, metal ions enter the solution as a result of corrosion processes occurring in the wastewater under treatment. As in chemical precipitation processes, the metal released promoted precipitation and sorption of phosphorus compounds which were then removed from the wastewater by sedimentation and filtration. The study involved three types of column packing, steel, steel

and aluminium, and aluminium alone. The use of the metal solubilization method was found to be beneficial not only to the removal of phosphorus compounds but also to the degradation or reduction of other polluting species. There was a co-removal of sulphur compounds, and the steel packing accounted for a reduction in COD and BOD₅. The results were more promising with steel than steel-aluminium packings. Packings containing steel and/or aluminium were not found to affect the total nitrogen content. Owing to the reduction and anaerobic conditions, nitrogen converted into ammonia nitrogen. According to expectation, there was recontamination of the wastewater with the compounds of the solubilized metal.

Keywords: Wastewater, phosphorus removal, precipitation, corrosion.