

Sposób podczyszczania wód osadowych w oczyszczalniach ścieków komunalnych

Przedmiotem wynalazku jest sposób podczyszczania wód osadowych generowanych w oczyszczalniach ścieków komunalnych.

5

Podczas przeróbki osadów ściekowych powstają silnie zatężone ścieki tzw. wody osadowe, które charakteryzują się wysoką zawartością azotu amonowego i fosforanów oraz niską biodegradowalnością. Ładunek azotu amonowego zawarty w tych ściekach może stanowić do 25% całkowitego ładunku azotu amonowego dopływającego do oczyszczalni, z kolei ładunek fosforanów sięga nawet 80%. Pomimo niewielkiego udziału w ogólnym strumieniu ścieków (do 2,5%) ich doprowadzenie do klasycznych reaktorów biologicznych wykorzystujących metodę osadu czynnego może powodować pogorszenie skuteczności oczyszczania ścieków, zakłócenie stabilności zachodzących procesów biologicznych oraz zwiększenie nakładów eksploatacyjnych związanych z intensywniejszym napowietrzaniem tych urządzeń. z tego względu, przed wprowadzeniem do

10
15

głównego strumienia ścieków ciecze osadowe powinny być wstępnie podczyszczone. Znane są różne metody wykorzystywane do podczyszczania wód osadowych zawierających podwyższone stężenia azotu amonowego oraz fosforanów.

Zgodnie z opisem patentowym [PL215357B1](#) zaproponowano sposób podczyszczania wód osadowych polegający na dozowaniu naturalnych sorbentów nieorganicznych w ilości od 1-15% wagowych w stosunku do masy osadów ściekowych uzyskanych w procesie filtracji tych ścieków o uwodnieniu do 90% wagowych. Jako mieszaninę sorbentów stosuje się glinokrzemiany. Następnie do uzyskanego w procesie filtracji osadu ściekowego dodaje się tlenek wapnia i/lub tlenek magnezu w ilości 8-12% wagowych masy uzyskanej w procesie filtracji ścieków.

20

Znany jest również sposób opisany w opisie patentowym [PL239277B1](#), w którym usuwanie azotu amonowego ze ścieków jest realizowane z wykorzystaniem chloru lub podchlorynu oraz tlenu, w obecności promieniowania UV. Sposób polega na tym, że do roztworu o zawartości tlenu co najmniej 1,0 mg O₂/L, zalkalizowanego do wartości pH co najmniej 9,0, wprowadza się chlor lub podchloryn, w takiej ilości by stosunek molowy chloru lub podchlorynu w przeliczeniu na chlor, wynosił mniej niż 1,6. Roztwór poddaje się działaniu promieniowania o długości fali 240 - 260 nm.

25

W opisie zgłoszenia patentowego [PL317304A1](#) przedstawiono sposób bezodpadowej utylizacji wód i ścieków zanieczyszczonych azotem amonowym przy użyciu zeolitów naturalnych i sztucznych. w tym przypadku ścieki i wody zanieczyszczone azotem amonowym filtruje się przez złożę stanowiące rozdrobnione zeolity o miąższości 0,20-2,50 m, a następnie wodę lub ścieki poddaje się sedymentacji Zużyte złożę dodaje się do ziemi kompostowej w stosunku wagowym 1:20-100 wzbogacając ją w kompleks sorpcyjny.

30
35

W opisie patentowym [PL167377B1](#) znany jest sposób usuwania jonów amonowych i fosforanowych z roztworów odpadowych z wykorzystaniem reakcji wiązania magnezu i wapnia, z końcową sedymentacją i filtracją. Jako nośnik magnezu i wapnia zastosowano co najmniej jednokrotnie palony dolomit.

Z kolei, w opisie patentowym [PL217765B1](#) przedstawiono sposób usuwania azotu amonowego ze ścieków koksowniczych z wykorzystaniem biologicznej nityfikacji. w tym przypadku ścieki koksownicze są mieszane z ściekami socjalno-bytowymi i poddawane procesom nityfikacji, recyrkulacji i denityfikacji

5 W opisie patentowym [PL163488B1](#) zawarto sposób usuwania amoniaku oraz jonów amonowych z roztworów przemysłowych, przez wprowadzenie do roztworów związków wytwarzających jony fosforanowe i magnezowe, niezbędnych do związania amonu w ortofosforan amonowo-magnezowy.

10 Znana jest również metoda przedstawiona w opisie zgłoszenia patentowego [EP2614891A1](#), w której zaproponowano sposób usuwania azotu amonowego ze ścieków organicznych polegający na doprowadzeniu ścieków do wymiennika jonowego. Dwa organiczne, syntetyczne jonity kationowe typu żelowego (Dowex G-26) oraz makroporowatego (Dowex M-31) były stosowane do prowadzenia procesu wymiany jonowej.

15 W opisie zgłoszenia patentowego [US4076515A](#) opisano sposób oczyszczania wód osadowych z oczyszczalni ścieków komunalnych, w którym cieczy z odwadniania osadu poddawane są reakcji z nadmiarem odczynnika alkalicznego o silniejszym kationie niż jon amonowy, a produkt reakcji jest rozdzielany na roztwór wodny zawierający amoniak i frakcje stałą. Roztwór wodny jest podgrzewany pod obniżonym ciśnieniem w celu uwolnienia amoniaku w postaci gazowej. Następnie jest mieszany z suszonym osadem w celu zwiększenia zawartości azotu w osadzie z około 1-2% do
20 nawet 10%.

W opisie patentowym [US7722768B2](#) zaprezentowano sposób symultanicznego usuwania BZT (biochemicznego zapotrzebowania na tlen) i fosforanów ze ścieków z wykorzystaniem specjalnej konstrukcji reaktora. w tym rozwiązaniu ścieki są kierowane do zbiornika zawierającego biomasę utleniającą BZT przy zapewnieniu nadmiaru stechiometrycznego amonu i magnezu w stosunku do
25 fosforanu przy zapewnieniu odpowiedniego pH, co pozwala na formowanie się struwitu.

Znany jest również sposób przedstawiony w opisie patentowym [CN101597093B](#), w którym usuwanie fosforanów ze ścieków odbywa się z wykorzystaniem redukcji fotokatalitycznej. w pierwszym etapie usuwa się substancje zawieszone w ściekach; a następnie ścieki po podczyszczeniu dodaje się do reaktora fotokatalitycznego w proporcji 1 g : (1 do 100g) fosforanu.
30 Następnie mieszaninę w reaktorze fotokatalitycznym naświetla się źródłem światła i miesza przez okres od 1 do 480 minut.

Z kolei, w opisie do zgłoszenia patentowego [EP2431336A1](#) zaproponowano metodę do oczyszczania ścieków z usuwaniem amoniaku. Sposób polega na wytrącaniu fosforanu magnezowo-amonowego i późniejszej jego przemiany w wodorofosforan magnezu.

35 W prawie wyłączonym [CA2867626C](#) opisano sposób usuwania azotu amonowego ze strumienia ścieków z wykorzystaniem procesu deamonifikacji, który obejmuje wykorzystanie tlenowych bakterii utleniających amoniak (AOB) i beztlenowych bakterii utleniających amoniak (ANAMMOX).

Znany jest również sposób opisany w zgłoszeniu patentowym [WO2019169980A1](#), w którym
40 zaproponowano sposób oczyszczania ścieków oparty na beztlenowym utlenianiu amoniaku

z wykorzystaniem reaktora membranowego MBR, obejmujący etapy wstępnego oczyszczania ścieków z wykorzystaniem separacji na sicie, denitryfikacji i oddzielania substancji stałych od cieczy.

W opisie patentowym [EP1695941B1](#) przedstawiono opis urządzenia służącego do podczyszczenia ścieków zawierających wysokie stężenie azotu amonowego, składające się ze
5 zbiornika do redukcji azotanów i zbiornika do beztlenowego utleniania azotu amonowego.

W opisie patentowym [EP2836469B1](#) opisano sposób obejmujący wykorzystanie bakterii Anammox na nośnikach biofilmu do usuwania amoniaku ze strumienia ścieków. Zaproponowana technologia dotyczy procesu deamonifikacji, który wykorzystuje bakterie AOB i ANAMMOX do usuwania amoniaku zarówno z głównego strumienia ścieków jak i strumieni bocznych. Patent
10 obejmował również sposób hodowania bakterii AOB i ANAMMOX w strumieniu bocznym oraz naprzemienny kontakt bakterii AOB i ANAMMOX.

W opisie do zgłoszenia patentowego [PL398400A1](#) opisano sposób oczyszczania ścieków komunalnych zwłaszcza do usuwania związków azotu wykorzystujący proces częściowej skróconej nityfikacji oraz proces Anammox. w pierwszym etapie reaktor beztlenowy zasila się ściekami
15 surowymi. Podczas tego etapu wstępnie usuwa się związki węgla oraz wytwarza się biogaz. w kolejnym etapie oczyszczania strąca się fosfor z wykorzystaniem soli glinu i/lub żelaza. z kolei, w reaktorze biologicznym usuwa się związki azotu w procesie skróconej częściowej nityfikacji połączonej z wprowadzonym procesem Anammox. Finalnie odpływ z reaktora biologicznego jest kierowany na filtry piaskowe w celu ich doczyszczenia.

Inną technologią stosowaną do podczyszczenia wód osadowych jest wykorzystanie procesu SHARON ([US 5863435A](#)), który wykorzystuje utlenianie azotu amonowego tylko do azotanów (III), a następnie ich denitryfikację do azotu gazowego. Kolejnym znanym rozwiązaniem jest kombinacja procesu SHARON z procesem Anammox ([US 63 83390B1](#)). Technologia ta przeprowadzana jest
20 w dwóch oddzielnych bioreaktorach. w pierwszym azot amonowy jest utleniany w warunkach tlenowych do azotanów przez nitrozobakterie. Następnie ścieki są kierowane do drugiego bioreaktora, gdzie w warunkach beztlenowych następuje konwersja jonów amonowych i azotanów do azotu cząsteczkowego.

W opisie patentowym [CN110655199B](#) zawarto sposób oczyszczania ścieków ze znaczącą zawartością azotu amonowego z wykorzystaniem szczepu LJ9 bakterii pseudomonas aeruginosa
30 (GDMCC NO: 60339). Szczep LJ9 wykazał wysoką tolerancję na ścieki o wysokim stężeniu azotu amonowego oraz proporcji C/N.

W opisie zgłoszenia patentowego [WO2018155803A1](#) zawarto opis aparatury do oczyszczania ścieków bogatych w azot wykorzystującej sekwencyjne reaktory porcjowe z granulowanym osadem czynnym. w tym sposobie wykorzystywane są bakterie utleniające amoniak i proces ANAMMOX, czyli
35 beztlenowego utleniania amoniaku bez dostarczania zewnętrznego źródła węgla.

W opisie patentowym [CN110615531B](#) przedstawiono technologię DEAMOX do usuwania związków azotu i fosforu, do przeprowadzenia tego procesu wykorzystywany jest następujący technologiczny składający się ze zbiornika ścieków surowych, bioreaktora AOA składającego się
następujących stref beztlenowa, tlenowa, anoksydacyjna oraz tlenowa oraz osadnika wtórnego

Znane są także doniesienie literaturowe dotyczące metod podczyszczania wód osadowych. Sang i in. (2020) zastosowali w swoich badaniach zmodyfikowany zeolit Na@La do symultanicznego usuwania azotu amonowego i fosforanów, najwyższą sprawność usuwania uzyskano dla dawki wynoszącej 12,5 g/L, pH 6,0 oraz czasu reakcji wynoszącego 12 godz. Luo i in. (2020) zastosowali
5 zmodyfikowany zeolit (wzbogacony cyrkonem i sodem) do podczyszczania wód opadowych z azotu amonowego oraz fosforanów. Eksperyment przeprowadzono z wykorzystaniem syntetycznych ścieków i reaktora o średnicy 102 mm i wysokości 55 cm wypełnionego zeolitem. Wody opadowe były dozowane na złożę w ilości 0,01 m³/h i pod ciśnieniem roboczym 0,1 MPa.

Wan i in. (2017) zaproponowali technologię pozwalającą na jednoczesne odzyskiwanie azotu
10 amonowego i fosforanów z wód osadowych z wykorzystaniem adsorpcji na zeolicie naturalnym klinoptylolicie o granulacji 1.1-1.4 mm. w eksperymencie zastosowano dawki zeolitu wynoszące odpowiednio 5, 10, 15, 20, 40 g na 100 ml ścieków. Usuwanie azotu amonowego zachodziło poprzez wymianę kationową, z kolei a odzysk fosforanu opierał się na jego wytrącaniu z Ca²⁺ uwolnionym z zeolitu.

15 W pracy Yurika i Wikaningrum do usuwania azotu amonowego zastosowano laboratoryjny filtr wypełniony naturalnym zeolitem. Przebadano 3 różne granulacje zeolitu wynoszące 0,5, 0,7 i 0,9 cm i dwie różne wysokości złoża wynoszące 5 i 6 cm. Najkorzystniejsze rezultaty uzyskano w przypadku granulacji 0.5 cm i wysokości 5 cm po czasie 120 min.

W publikacji Zabochnicka-Świątek i in. (2010) przedstawiono sposób usuwania azotu
20 amonowego z wykorzystaniem zeolitu naturalnego klinoptylolitu. w tych badaniach wykorzystano syntetyczne ścieki o określonym stężeniu azotu amonowego wynoszącym odpowiednio 50, 100, 300, and 500 mg/l. w tym przypadku zastosowano dawki 1 i 2 g klinoptylolitu na każde 100 ml ścieków. Przygotowane próbki były wytrząsane przez 30, 60 i 180 minut. Następnie były filtrowane w celu oznaczenia stężenia azotu amonowego. Grismer i Collison (2018) zaproponowali zastosowanie
25 biozeolitu (zeolitu naturalnego – klinoptylolitu pokrytego biofilmem z bakteriami Anammox) do usuwania azotu amonowego z odpływu z oczyszczalni. w opracowaniu Berends i in (2005) do podczyszczania wód osadowych zaporponowano technologię BEBE (Bioaugmentation Batch Enhanced). Proces zachodzi przez wydzieloną nityfikację wód osadowych za pomocą osadu recykulowanego, prowadzoną w temp. 20-30°C.

30 Kolejną metodą wykorzystującą procesy biologiczne jest technologia CANNON. która polega na usuwaniu związków azotu przez kontrolowane napowietrzanie, co umożliwia rozwój autotroficznych bakterii nityfikacyjnych, które utleniają azot amonowy do azotynów, w warunkach ograniczonej dostępności tlenu (Third i in., 2001).

Innym znanym sposobem na podczyszczanie wód osadowych jest wykorzystanie glonów.
35 w tym przypadku usuwanie azotu amonowego, azotanów i orto-fosforanów jest realizowane w fotobioreaktorze w bocznym ciągu technologicznym. Związki biogenne są asymilowane przez glony w foto-reaktorze, następuje przyrost ich biomasy bez dodawania węgla ze źródeł zewnętrznych (Gonçalves i in., 2017).

Celem wynalazku jest sposób podczyszczania wód osadowych z wykorzystaniem cedzenia, kawitacji hydrodynamicznej oraz adsorpcji/wymiany jonowej z wykorzystaniem naturalnego zeolitu - klinoptylolitu.

5 Istotą sposobu podczyszczania wód osadowych w oczyszczalniach ścieków komunalnych, w którym kawituje się ciecz jest to, że ciecz osadowe cedzi się przez sito o wielkości oczek nie mniejszych niż 1 mm i pobiera się z niej porcję 30 L. Następnie kawituje hydrodynamicznie przez czas 30 min, pod ciśnieniem 3 bar, z użyciem wzbudnika kawitacji w postaci przegrody perforowanej z dziewięcioma otworami każdy o średnicy 1 mm, rozmieszczonymi na obwodzie przegrody. W dalszej 10 kolejności do cieczy dodaje się zeolit naturalny - klinoptylolit w ilości 200 g/l kawitowanej cieczy.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na usuwanie azotu amonowego i fosforanów przy jednoczesnej poprawie biodegradowalności wód osadowych, która nie jest uzyskiwana w innych znanych metodach.

15

Sposób podczyszczania wód osadowych w przykładach wykonania polegał na tym, że w pierwszej kolejności wody osadowe pochodzące z oczyszczalni ścieków Hajdów (Lublin) były cedzone na sicie o wielkości prześwitu 1 mm, następnie w ilości 30 l były wprowadzane do zbiornika zasilającego kawitator. Wody osadowe za pomocą pompy były podawane ma kawitator 20 zaprojektowany i wykonany na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej. Zastosowano wzbudnik kawitacji w postaci płytki z 9 otworami każdy o średnicy 1 mm, jeden otwór umiejscowiony w osi przegrody i pozostała część równomiernie rozmieszczona na jej obwodzie. Grubość przegrody 10 mm, średnica zewnętrzna 64 mm. Układ do prowadzenia kawitacji hydrodynamicznej pracował w obiegu cyrkulacyjnym przy ciśnieniu 3 bar przez czas 30 minut. Następnie do przekawitowanych 25 cieczy osadowych dozowano zeolit naturalny w dawce 200 g/l wód osadowych. Czas kontaktu zeolitu i wód osadowych wynosił odpowiednio 30 min i 24 godz. Stężenie azotu amonowego, fosforanów, chemicznego i biologicznego zapotrzebowania na tlen oznaczano stosując technikę spektrofotometrii UV/VIS z wykorzystaniem spektrofotometru DR 3900 Hach Lange. Stopień biodegradowalności ścieków określano na podstawie proporcji $BZT_5/ChZT$. Zastosowana technologia pozwoliła na 30 znaczący spadek stężenia azotu amonowego i fosforanów oraz poprawę stopnia biodegradowalności wód osadowych. Poszczególne składniki i parametry dla realizacji przykładów przedstawiono w tabeli. Skład wód osadowych nie wpłynął na efekty technologii.

Tabela Skład chemiczny i wyniki zastosowanej technologii

Przykład		Średnie wartości składu chemicznego wód osadowych	Przykład wykonania	
			1	2
Czas kontaktu	mg/L	-	30 min	24 godz.
Stężenie azotu amonowego w wodach osadowych po procesie	mg/L	938	480	295
Stężenie fosforanów w wodach osadowych po procesie	mg/L	125	27,7	5,13
Stężenie ChZT w wodach osadowych po procesie	mg/L	579	786	622
Stężenie BZT ₅ w wodach osadowych po procesie	mg/L	52	434	433
Stopień biodegradowalności wyrażony jako BZT ₅ /ChZT w wodach osadowych po procesie,	-	0,089	0,552	0,603
Stopień usuwania azotu amonowego	%	-	50,4	69,5
Stopień usuwania fosforanów	%	-	74,6	95,3