

SOLUȚIE INOVATIVĂ ÎN TEHNOLOGIA EPURĂRII BIOLOGICE AEROBE: NĂMOL ACTIV GRANULAR

*Prof. univ. Dumitru Ungureanu
Dr., conf. univ. Ion Ioneț*

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT

Compared to flocculent activated sludge offers several advantages, above all excellent settling properties. The granulation of anaerobic sludge processes have been successfully used for anaerobic wastewater treatment in UASB. The potential of aerobic granular sludge is presently investigated and first wastewater treatment systems exist.

An overview of the microbial composition, information on the removal capacity, settling properties and additional further qualities of aerobic granules are presented.

1. Introducere

Eficiența sistemelor convenționale de epurare biologică aerobă cu nămol activ este determinată în principal de doi factori: în primul rând de capacitatea de metabolizare a microorganismelor care constituie flocoanele de nămol activ și, în al doilea rând, de proprietățile de separare prin sedimentare a agregatelor /flocoanelor de nămol activ (sedimentabilitate). Această separare a microflorei active de apă uzată epurată are loc gravitațional în decantoarele secundare, care poate deveni o etapă critică în procesul de epurare biologică a apelor uzate prin intermediul microflorei suspendate – nămolului activ prezentat prin flocoane foarte fragile. Problemele principale care apar în acest sistem sunt de două feluri: 1) fenomenul de „umflare a nămolului”, cauza căruia este de cele mai dese ori dezvoltarea excesivă a bacteriilor filamentoase în componența flocoanelor de nămol activ, și 2) flocularea slabă sau condițiile insuficiente de formare a flocoanelor. Se manifestă aceasta prin imposibilitatea de sedimentare a nămolului activ și de menținere a concentrației necesare în bazinele de aerare cu nămol activ. În general, flocoanele se sedimentează cu atât mai bine cu cât ele sunt mai viguroase și mai dense. De obicei, diametrul flocoanelor variază între 30 și 1800 μm, dar densitatea lor este cu puțin mai mare decât cea a apei. Având o concentrație mare a flocoanelor, în decantoarele secundare are loc o sedimentare stâjenită și, respectiv, viteza de sedimentare este foarte mică. Din această cauză o mare parte a nămolului activ nimereste în efluentul epurat, majorând concentrația

materiilor în suspensie, ceea ce poate conduce chiar și la reducerea eficienței generale de epurare a apei uzate.

O alternativă a sistemului convențional de epurare cu nămol activ poate fi nămolul activ granular. De mulți ani de acum este cunoscut nămolul anaerob granular, care posedă proprietăți bune de sedimentabilitate și, respectiv, de separare solid – lichid, activitate înaltă și abilități de a rezista la încărcări organice înalte. Începând cu anii 1990 în literatura de specialitate au apărut informații despre granularizarea nămolului activ aerob. Granulele de nămol activ aerob s-au dovedit capabile să fie crescute în bioreactoare cu funcționare periodică cunoscute sub numele de SBR.

Luând în considerare că sedimentarea microflorei este un proces crucial în sistemul de epurare biologică aerobă cu nămol activ, sistemele cu nămol aerob granular au trezit un interes deosebit în rândul specialiștilor în domeniul epurării apelor uzate.

2. Formarea nămolului aerob granular

Nishima și Nakamura [1], apoi Shin ș.a. [2] au fost printre primii care au raportat despre posibilitatea de a crește (dezvolta) nămol activ aerob granular într-un bioreactor în flux ascendent. A fost nevoie de o lună pentru a cultiva un nămol granular stabil și dominant. S-a dovedit apoi că cel mai potrivit reactor pentru cultivarea nămolului aerob granular este SBR [3], după care urmează reactorul cu aer-lift.

S-a stabilit că sistemul periodic (SBR) de epurare permite cultivarea granulelor în 15 ... 25 zile. Mediul pentru formarea granulelor a fost diferite surse de carbon, dar nici una din ele nu i s-a putut da prioritate.

Procesul de formare a granulelor se caracterizează prin două faze/etape. Faza inițială este cea de selectare a biomasei cu proprietăți mai bune de sedimentabilitate în reactor. Parametrii determinați ai procesului de selectare au fost schimbarea raportului/proporției volumetric și timpul de sedimentare. În a doua fază agregatele/granulele mici și compacte s-au format posibil datorită dezvoltării și încălzirii bacteriilor filamentoase. Ca rezultat al procesului ciclic se stabilește un bilanț al încărcării organice procesului de detașare a granulelor crescute.

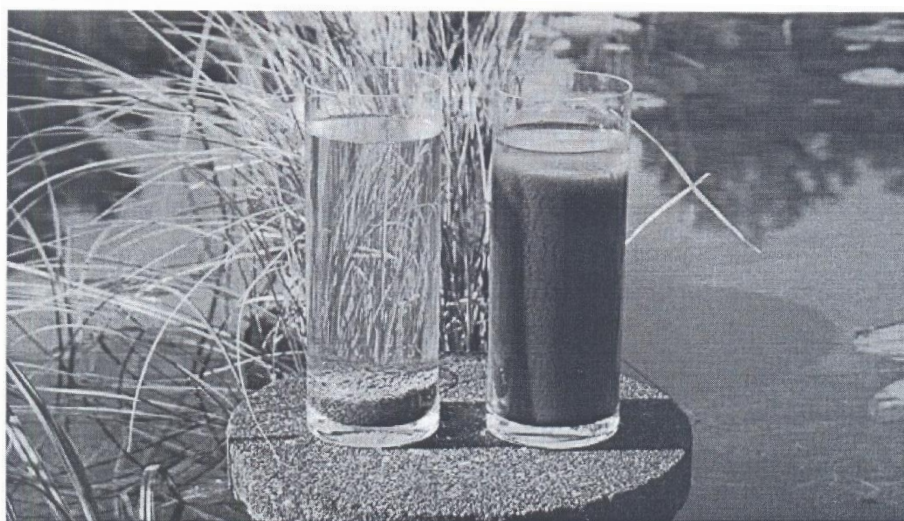
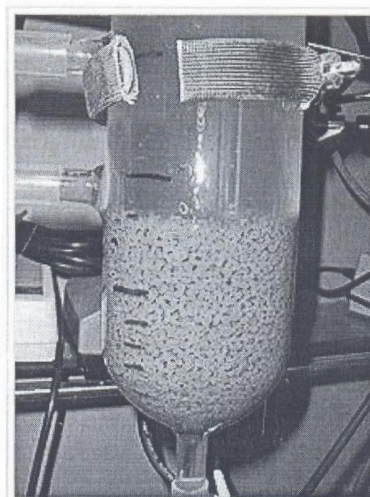
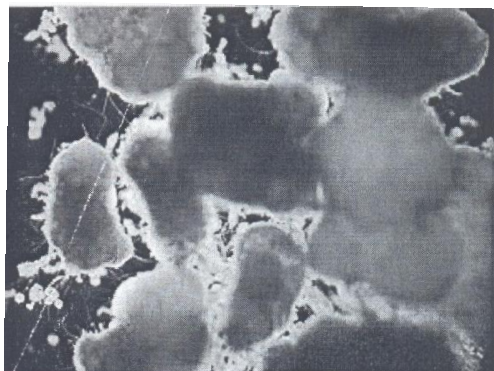
Microorganismele filamentoase amplasate în principal în interiorul granulelor au fost implicate în faza incipientă de agregare. Umplerea rapidă, selectoarele anaerobe/anoxice și condițiile de hrană/înfometare periodică limitează dezvoltarea bacteriilor filamentoase astfel încât creșterea excesivă este evitată iar reactoarele pot funcționa luni întregi în condiții de stabilitate.

3. Componenta microbială a granulelor

Populația microbială este alcătuită în principal de betaproteobacterii (~ 89%) și gamaproteobacterii (~ 5%). Cele mai abundente specii sunt Zooglea

ramigera (~ 88%) și *Tolomonas auensis* (~ 5%). Deși nu au fost detectate bacterii oxidante ale azotului amoniacal și nitriților, granulele au demonstrat o eficiență eliminare a amoniacului.

Au fost deasemenea observate microorganisme superioare, prioritar ciliate liber și sesile. Cavitățile din interiorul granulelor s-au format în rezultatul decesului celulelor bacteriene (foto 1).



4. Proprietățile fizico-chimice ale granulelor aerobe

Unul din parametrii determinați d.p.d.v. al difuziei poluanților este porozitatea agregativă, care influențează și sedimentabilitatea. Pentru a estima porozitatea au fost examinate diametrul, densitatea și mărimea hidraulică (viteza de sedimentare).

Densitatea medie a granulelor constituie 1,048 g/ml. Porozitatea variază în funcție de diametrul granulelor între 65 și 72%. Viteza de sedimentare atinge 2 cm/s. Diametrul granulelor variază de la 1 la 5 mm, în mediu constituind 3 mm cu viteza de sedimentare 1 cm/s.

Capacitatea de absorbție a granulelor de nămol activ aerob constituie 133 mmol colorant/kg SU în comparație cu 144 mmol/kg SU pentru flocoanele convenționale de nămol activ, dintre care 40 ... 60 mmol/kg reprezintă chemisorbția. Măsurătorile suprafeței specifice ale granulelor de nămol activ au arătat o valoare de 157 m²/g în comparație cu cea a flocoanelor de 169 m²/g. Raza medie a porilor constituie 1,0 ... 1,1 μm. Aceste rezultate indică niște proprietăți fizico-chimice similare ale granulelor și flocoanelor de nămol activ aerob.

Eficiența de separare prin sedimentare a nămolului activ de apă uzată este influențată puternic de structura lui care este caracterizată de așa parametri, cum ar fi distribuția dimensiunilor particulelor, formă, densitatea și porozitatea acestor particule. Turbiditatea supernatantului corelează direct cu numărul de bacterii libere, ceea ce confirmă proasta sedimentare a particulelor mici. Încorporarea particulelor mici în flocoanele de nămol activ are un impact benefic atât asupra limpezirii apei uzate cât și asupra deshidratării nămolului.

Difuzia este considerată mecanismul de bază de transport al componentelor apei uzate. Întrucât tabloul/starea hidrodinamică și concentrațiile poluanților și nutrienților sunt factorii determinanți ai transferului de masă, așa și grosimea stratului difuzional limită este direct influențat de mediul hidrodinamic. Astfel, au fost investigate microprofilele difuziei CCO și oxigenului dizolvat, al NH₄⁺, NO₃⁻ și NO₂.

Penetrarea maximă a O₂ dizolvat în interiorul granulei se micșorează cu majorarea disponibilității substratului. S-a dovedit că O₂ difuzează mai adânc (160 – 132 μm) în granule decât CCO, dar în general granulele sunt penetrate numai parțial de oxigen și astfel în mijlocul granulei se formează zone circulare anoxice și anaerobe. Așa, de exemplu, într-o granulă cu diametrul de 4,0 mm concentrația de O₂ dizolvat pe suprafață este de 5,7 ... 5,9 mg/l, iar stratul limită difuzional constituie 400 – 700 μm, astfel că în miezul granulei oxigenul lipsește. Urmare acestui fapt, deși granulele sunt aerobe, crearea zonelor anoxice și anaerobe permit efectuarea concomitentă în același reactor a eliminării CCO/CBO, nitrificării și a denitrificării și eliminării biologice a fosforului, în perioada de aerare. Deci, în nămolul granular diferite grupuri de bacterii pot coexista în strâns contact și astfel abilitatea lui de a degrada oricare substanțe poluante se îmbunătățește.

5. Performanțele obținute cu nămol granular

În general eficiența eliminării poluanților organici (CCO/CBO) și a substanțelor nutritive (N și P) prin intermediul nămolului granular este similară cu cea a nămolului activ convențional sub formă de flocoane. La încărcări organice

în limitele 0,6 – 3,6 kg/(m³·d) și durata de aerare de ordinul 4 – 6 ore s-au obținut eficiențe de eliminare a CCO de la 82 până la 98%, în mod obișnuit mai mare de 90 – 95%. Dozele de nămol activ granular obișnuite variau între 5 și 6 g/l, dar s-au obținut și mai mari – până la 10 g/l. Granularea nămolului activ conducea la o ușoară majorare a eficienței de epurare după 2 – 3 săptămâni. În mod normal valorile CCO se reduceau până la 30 – 50 mg/l.

Eliminarea azotului în cazul nămolului activ granular se apropie în mod obișnuit de 100%. Pentru granule cu diametrul până la 2 mm și concentrația O₂ dizolvat de 5,5 – 6,0 mg/l eficiența eliminării azotului varia între 50 și 80%. Cu majorarea diametrului granulelor eliminarea azotului se ridică la 100%, iar nitriți și nitrați nu se detectau pe parcursul întregului ciclu de aerare. Eficiența eliminării azotului este de 0,1 – 0,12 kgN/(m³·d), iar a fosforului – 0,03 – 0,04 kgP/(m³·d).

6. Concluzii și recomandări

Condițiile principale de formare/dezvoltare a granulelor aerobe sunt:

- regim alternativ de hrană – înfometare a microorganismelor;
- durata scurtă de sedimentare;
- forțe hidrodinamice de forfecare/tăiere (turbulență care crează viteze de mișcare a fluidului de cel puțin 1,2 cm/s);

Avantajele formării granulelor aerobe în bioreactoare de tip SBR față de procesul convențional de epurare biologică cu nămol activ convențional sunt:

- stabilitate și flexibilitate: sistemul poate fi adaptat la condiții de fluctuație și abilitatea de a rezista la șocuri de încărcări și la prezența substanțelor toxice;
- cerințe reduse de energie: procesul cu nămol granular are o eficiență de aerare înaltă datorită operării la adâncimi majorate, în condiții de lipsă de recirculare a nămolului activ și a fluxului de nitrați;
- suprafețe ocupate reduse/mici: concentrațiile/dozele mari de nămol activ și lipsa decantoarelor secundare conduce la o reducere importantă a ariei ocupate de instalațiile de epurare;
- retenția bună a biomasei: cu cât concentrația biomasei este mai mare cu atât mai mari încărcări de poluanți pot fi adoptate;
- prezența concomitentă a zonelor aerobe, anoxice și anaerobe în interiorul granulelor: aceasta permite efectuarea simultană a mai multor procese biologice într-un sistem/bioreactor (eliminarea CBO, nitrificarea, denitrificarea și defosfatarea);
- reducerea investițiilor capitale și cheltuielilor de exploatare: stațiile de epurare care operează cu nămol activ granular pot reduce costul curent cu cel puțin 20% și suprafețele de teren necesare până la 75%.

Tehnologia epurării apelor uzate cu granule aerobe este aplicată în practică încă din 1985 atât pentru apele uzate comunale cât și pentru cele industriale. Un

exemplu este Olanda, orașul Epe, unde funcționează o stație de epurare cu capacitatea de 1500 m³/h (59000 locuitori convenționali). Mai există așa stații în Africa de Sud, Slovenia, Ungaria, Italia, Portugalia promovate de programul Nereda (Olanda), de tot sunt 10 la număr, dar mai sunt proiectate și sunt în proces de execuție încă 20 de stații în Australia, Brazilia, Anglia, Polonia, Franța, Germania, etc.

Bibliografie

1. T.J.Etterer. Formation, structure and function of aerobic granular sludge. Teză de doctorat, Univ. Tehn. Munchen, 2006, 134 pag.;
2. J. Keller, A. Giesen. Advancements in aerobic granular biomass processer. Prezentare la Neptune and Innovatech End User Conference, 27 January 2010, Gent, Belgium;
3. Aerobic granulation, from Wikipedia, the free encyclopedia, April 2014, „<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Aerobic=granulation&oldid=605420567>.”;
4. Royal Haskoning DHV, Nereda. The natural way of treating wastewater;
5. T. – M. Cornea, I. Crăciun, I. Dinu. Increasing energy efficiency of wastewater treatment plants by upgrading the conventional treatment process with Nereda technology. *Env. Eng. and Manag. J.*, april 2013 vol. 12, No.4, pp. 651 – 656;
6. Bumbac C., Ionescu I., Tricolici O. Aerobic granular sludge vs. Conventional wastewater treatment technology. *Aqua*, 2014, nr.1, p.p. 21 – 25.