

REZUMAT

al tezei de doctorat intitulată

„EPURAREA APELOR UZATE CU NĂMOL GRANULAR AEROB”

Cuvinte cheie: nămol granular aerob, SBR, performanțe de epurare.

Cercetările intensive de dată curentă în domeniul epurării biologice a apelor uzate au arătat că sistemele de epurare cu biomasă fixă sunt, de regulă, mai eficiente decât sistemele cu biomasă în suspensie.

Procesul de granulare a nămolului activ aerob și utilizarea acestuia în diferite sisteme de epurare reprezintă preocupări biotehnologice de actualitate pentru epurarea apelor uzate, întrucât sunt superioare sistemelor aerobe clasice de epurare.

Noutatea prezentei teze este reprezentată de faptul că, la nivel național, nu sunt cunoscute aplicații ale proceselor de epurare cu nămol granular aerob în sistem secvențial și, cu atât mai puțin, în sistem continuu.

Lucrarea de față și-a propus următoarele obiective: ♦ obținerea nămolului granular aerob într-o instalație cu alimentare secvențială, denumită și reactor biologic cu funcționare discontinuă (*engl.* Sequencing Batch Reactor, **SBR**), utilizând inițial un mediu de cultură sintetic; ♦ adaptarea sistemului în vederea obținerii nămolului granular aerob utilizând ape uzate industriale cu încărcare organică mare; ♦ evaluarea diversității biocenozei nămolului granular aerob; ♦ testarea performanțelor de epurare a apelor cu încărcare organică mare în sisteme cu nămol granular aerob; ♦ testarea performanțelor de epurare a apelor uzate pronunțat biotoxice în sisteme cu nămol granular aerob; ♦ optimizarea instalației de epurare cu nămol granular aerob în regim continuu și testarea performanțelor de epurare.

Astel, teza a fost structurată în două părți: **Studiu bibliografic** și **Cercetări personale**.

În prima parte a tezei – **Studiu bibliografic** – sunt prezentate cele mai importante date din literatura de specialitate privind noțiunile generale referitoare la formarea nămolului granular

aerob și fezabilitatea aplicării tehnologiei cu nămol granular aerob pentru epurarea apelor cu încărcare organică mare.

În cea de-a doua parte a prezentei teze de doctorat – *Cercetări personale* – sunt prezentate materialele și metodele utilizate, rezultatele obținute și discuțiile desprinse în urma acestora, precum și concluziile generale.

În capitolul „*Condiții experimentale. Materiale și metode*” sunt prezentate instalațiile utilizate în scopul obținerii nămolului granular aerob și metodele de analiză: **pH**-ul a fost măsurat cu un multiparametru Consort; **concentrația oxigenului dizolvat** în bioreactor a fost măsurată cu oxigenometru WTW Oxi320; **conținutul în materie organică** a fost evaluat sub forma consumului chimic de oxigen (CCOCr, mg O₂/L) conform standardului **SR ISO 6060-1996** și sub forma de consum biochimic de oxigen conform standardului **SR EN 1899/1-03;2-02**; **concentrațiile principalilor macronutrienți**: NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ și PO₄³⁻ (mg/L) s-au determinat cu ajutorul ioncromatografului (ICS 3000, DIONEX) în baza standardelor: **SR EN ISO 14911-03** (pentru determinarea valorii parametrului NH₄⁺) și **SR EN ISO 10304/1-09** (pentru determinarea valorilor indicatorilor: NO₂⁻, NO₃⁻ și PO₄³⁻); **fosforul total** a fost determinat spectrofotometric conform Standardului **SR EN 6878:2005**; **diversitatea comunităților biocenozei**, prin microscopie (microscop optic trinocular B1, Optech, Germania).

Instalația tip SBR testată în vederea obținerii nămolului granular aerob, utilizând atât mediu de cultură sintetic, cât și ape uzate industriale cu încărcare organică mare, a fost alcătuită dintr-o coloană cilindrică având înălțimea de 100 cm și diametrul de 10 cm, rezultând un raport înălțime/diametru de 10, și cu capacitatea utilă de 7 litri, ciclul operațional fiind asigurat de un panou de automatizare (*engl.* programmable logic controller, **PLC**).

În vederea optimizării instalației de epurare cu nămol granular aerob în regim continuu a fost realizată **o nouă instalație**, alcătuită din: vas influent (60 L); bioreactor aerob rectangular, cu un volum util de 10 litri, prevăzut cu lamele de protecție împotriva turbulențelor create de aerare; zonă decantare și recirculare a granulelor în bioreactorul aerob; decantor secundar; deversor; vas colectare efluent (60 L). Această instalație are caracter de noutate pe plan național, care se bazează pe o serie de modificări ale configurației bioreactorului.

Capitolul „*Rezultate și discuții privind epurarea apelor uzate cu încărcare organică mare folosind sisteme cu nămol granular aerob*” prezintă experimentele derulate în scopul atingerii obiectivelor propuse.

Posibilitatea obținerii nămolului granular aerob a fost testată în sistem SBR utilizând un mediu de cultură sintetic. Inoculul a fost reprezentat de 5 g/L nămol activ convențional, prelevat de la o stație de epurare orășenească. Experimentele realizate au evidențiat fezabilitatea formării nămolului granular aerob după 100 zile de funcționare, acestea având diametre cuprinse între 1 și

4 mm.

Rezultatele obținute au permis continuarea experimentelor în vederea obținerii nămolului granular aerob utilizând ape uzate industriale cu încărcare organică mare.

Inoculul folosit a fost reprezentat de nămol activ convențional (concentrație 5 g/L), bine flocculat, recoltat de la stația de epurare a orașului Focșani.

Influentul treptei biologice de la fabrica de produse lactate utilizat pentru alimentarea instalației a fost caracterizat de încărcări organice mari, precum și de concentrații relativ ridicate de ioni amoniu, azot total și fosfor total, acestea depășind limitele impuse prin legislație (NTPA 002/2002).

Nămolul aerob granular obținut a dovedit adaptabilitate și stabilitate, având în vedere concentrațiile ridicate de încărcare organică și nutrienți (CCOCr: 1689 – 4610 mg O₂/L; CBO₅: 492 – 1806 mg O₂/L; NH₄⁺: 23- 114 mg/L; Ntot: 53 – 162 mg/L; Ptot: 10,4 – 50 mg/L), consemnându-se randamente de epurare de până la 96% pentru CCOCr, 97% pentru CBO₅, aproape 100% pentru NH₄⁺ și de 72% pentru Ntot și Ptot, efluentul încadrându-se în Normativul NTPA 002.

Comunitatea biocenozei nămolului granular aerob a fost reprezentată, într-o primă fază, de predominanța ciliatelor mici, însă odată cu intrarea nămolului într-o fază de maturitate, s-a constatat scăderea bacteriilor filamentoase și apariția în sistem a speciilor de *Vorticella* sp.

Experimentele au continuat prin testarea performanțelor de epurare a apelor cu încărcare organică mare în sisteme cu nămol granular aerob în funcție de tipul inoculului folosit. Pentru aceasta, s-au utilizat trei instalații SBR: instalația G-SBR inoculată cu nămol granular aerob obținut în etapa anterioară și cu diametrul granulelor cuprins între 4 și 6 mm; instalația GM-SBR inoculată cu granule aerobe obținute în etapa anterioară cu diametrul mai mic de 1 mm; instalația D-SBR inoculată cu nămol convențional activ obținut de la o stație de epurare municipală.

Influentul treptei biologice de la o fabrică de produse lactate utilizat pentru alimentarea instalațiilor tip SBR a fost caracterizat de încărcare organică mare, precum și de concentrații relativ ridicate de ioni amoniu, de azot total și fosfor total: CCOCr omogen: 1723 – 3550 mg O₂/L; CBO₅ omogen: 492 – 1806 mgO₂/L; NH₄⁺: 64,6- 114 mg/L; Ntot omogen: 64 – 162 mg/L; Ntot filtrat: 28 – 118 mg/L; P tot: 5,04 – 21,5 mg/L.

S-a constatat că dimensiunea granulelor, prin suprafața specifică de contact/difuzie nutrienți, este un factor esențial ce influențează performanțele de epurare, fiind în strânsă legătură cu dimensiunea zonei anoxice a acestora și, implicit, direct proporțional cu intensitatea proceselor anoxice/anaerobe din sistemul SBR.

Performanțele de epurare înregistrate de instalațiile G, D, GM au prezentat valori bune în ceea ce privește îndepărtarea organică, randamentele maxime pentru CCOCr fiind de 93 % în

cazul instalației G, 91 % în cazul instalației D, și 97% în cazul instalației GM.

Performanțe superioare de îndepărtare a nutrienților din apa uzată rezultată din industria laptelui s-au obținut în instalația GM cu granule cu dimensiuni între 500 și 1600 μm , fiind aproape de 60% pentru NO_2^- și de peste 90% pentru NO_3^- .

La nivelul sistemelor cu nămol granular aerob, dinamica comunităților biocenotice a fost reprezentată de rotiferi, ciliatelor fixe (*Vorticella microstoma*, *V. convalaria*), specii de *Cyclopyxis sp.* și amee testacee.

În vederea testării performanțelor de epurare a apelor uzate pronunțat biotoxice în sisteme cu nămol granular aerob, s-a utilizat drept inocul nămol granular aerob obținut din experimentele anterioare, cu diametrul cuprins între 0,5 și 1,8 mm.

Bioreactoarele au fost alimentate cu un amestec de apă uzată 50% (din industria laptelui) pentru a asigura substratul biodegradabil, macro și microelementele necesare, și apă îmbogățită cu fenol (50%) astfel încât concentrația în influent să fie de aprox. 1 g/L.

Algoritmul 1 a condus la producerea de azotit și inhibarea oxidării lui la azotat. Treptat, sistemul și-a modificat comportamentul, adaptându-se pentru oxidarea nitritului la azotat și pentru denitrificare simultană – comportament specific nămolului aerob granular. Astfel, s-a obținut consumarea integrală a fenolului introdus, reușindu-se îndepărtarea a 2,8 kg fenol/ m^3/zi , în condiții stabile, cu păstrarea calității și performanțelor nămolului aerob granular și conformarea efluentului la limitele maxime de concentrații admise la deversare în emisar (NTPA 001).

Deoarece nămolul s-a adaptat după o lungă perioadă de timp la procesele de nitrificare-denitrificare, iar efectul inhibant al fenolului a împiedicat realizarea denitrificării în primele 64 de cicluri, s-a propus utilizarea unui ciclu repetitiv de umplere continuă, reacție anoxică, reacție aerobă (Algoritmul 2).

Algoritmul 2 a permis realizarea proceselor de nitrificare-denitrificare fără a fi necesară o perioadă de adaptare, ca urmare a efectului toxic/inhibitor mai redus.

Adaptarea procesului secvențial de epurare a apelor uzate cu nămol granular într-o instalație cu alimentare în flux continuu a necesitat realizarea unui bioreactor simplu cu două decantoare în serie, unul pentru separarea biomasei cu viteză de decantare mare și întoarcerea acesteia în reactor și al doilea pentru îndepărtarea suspensiilor (biomasei în flocoane). Inoculul a fost reprezentat de nămol granular aerob cu diametrul de 30 – 550 μm .

Influentul utilizat a fost caracterizat de: CCOCr omogen: 1523 – 2850 mg O_2/L ; CBO_5 omogen: 427 – 1313 mg O_2/L ; NH_4^+ : 24,6- 84 mg/L; N_{tot} : 34 – 136 mg/L; P tot: 3,12 – 18,7 mg/L.

Destabilizarea structurii granulelor și îndepărtarea unei părți reprezentative de nămol din

reactor s-a reflectat și asupra sistemului continuu, ce a funcționat cu performanțe mai mici cu aprox. 25% pentru CCOCr și CBO₅, cu aprox. 36% pentru NH₄⁺, cu aprox. 80% în cazul Ntot. și cu aprox. 95% în cazul Ptot față de sistemul secvențial.

Mișorarea dimensiunii granulelor a avut efecte negative asupra diversității biocenozei, remarcându-se absența speciilor de ciliate fixe și scăderea numărului de rotiferi.

Instalația nouă, optimizată, de epurare cu nămol granular aerob în regim continuu a avut performanțe de epurare bune, concentrațiile remanente ale încărcării organice și nutrienților din apa epurată situându-se sub limitele impuse la evacuarea în stațiile orășenești de epurare.

Pentru amorsarea bioreactorului s-a utilizat un inocul reprezentat de nămol aerob granular cu dimensiuni între 100 și 3000 μm, obținut într-un bioreactor secvențial aerob pe substrat reprezentat de apa uzată reală – aceeași sursă pe care s-au realizat experimentele din etapa curentă. S-au utilizat 2 g s.u./L pentru inoculare.

Pentru testarea eficienței noii instalații, influentul utilizat a fost reprezentat de apa uzată rezultată din industria produselor lactate, cu următoarele caracteristici fizico-chimice: CCOCr: 1296 – 2728 mg O₂/L; CBO₅: 481 – 813 mgO₂/L; NH₄⁺: 28- 44 mg/L; PO₄³⁻: 11,2 – 28,3 mg/L; Ntot: 39,3 – 76,2 mg/L; P tot: 2,8 – 6,2 mg/L; pH: 6,59 – 7,18 mg/L.

Performanțele de epurare ale sistemului de epurare cu nămol aerob granular în sistem continuu au fost bune, apa tratată încadrându-se în limitele impuse la evacuarea în stațiile orășenești de epurare (NTPA 002), precum și cu limitele impuse la evacuare în emisari de suprafață (NTPA 001).

Concentrațiile remanente ale încărcării organice, exprimate sub formă de CCOCr, în efluentul instalației s-au situat sub limita impusă la evacuare în stațiile orășenești de epurare, variind între ~100 și 250 mg O₂/L, însă în aproximativ 50 % din cazuri depășește valoarea maxim admisă pentru evacuare în emisari de suprafață (NTPA 001).

Concentrația ionului amoniu în efluentul instalației de epurare cu nămol granular aerob se încadrează în limitele impuse la evacuarea în stații de epurare orășenești (NTPA 002) și, în cele mai multe cazuri, se încadrează și în limita impusă pentru NTPA 001, concentrațiile remanente variind în funcție de calitatea influentului.

Concentrația de azotat în efluentul instalației se încadrează în valorile impuse pentru evacuare în emisari de suprafață, nedepășind valoarea de 5 mg/L, indicând simultaneitatea proceselor de nitrificare și denitrificare, caracteristică definitorie a nămolului aerob granular.

În **Capitolul IV** sunt prezentate principalele concluzii obținute în urma desfășurării experimentelor.