

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**  
**Școala Doctorală "Inginerie Mecanică și Civilă"**

**Cu titlu de manuscris**  
**C.Z.U: 628.35:004.9 (478) (043.3)**

**CIOBANU NATALIA**

**APLICAREA SISTEMELOR INFORMAȚIONALE ÎN  
DIRIJAREA ȘI OPTIMIZAREA STAȚIILOR DE EPURARE  
BIOLOGICĂ A APELOR UZATE (SCADA)**

**Specialitatea 211.03 – Rețele ingineresti în construcții**

**Rezumatul tezei de doctor în științe ingineresti**

**CHIȘINĂU, 2021**

Teza a fost elaborată în cadrul Departamentului Alimentari cu Căldură, Apă, Gaze și Protecția Mediului, Universitatea Tehnică a Moldovei

**Conducător științific:**

**UNGUREANU Dumitru**, doctor în științe inginerești, profesor universitar

**Consultant științific:**

**SECRIERU Nicolae**, doctor în științe inginerești, conferențiar universitar

**Referenți oficiali:**

**ZUBCOV Elena**, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător, membru corespondent al Academiei de Științe a Moldovei, Centrul de Cercetare a Hidrobiocenozelor și Ecotoxicologiei a Institutului de Zoologie.

**MORARU Vasile**, doctor în științe fizico-matematice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei

**Componența consiliului științific specializat:**

**BOLUN Ion, Președinte**, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei

**CALOS Sergiu, Secretar științific**, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei

**GONȚA Maria**, doctor habilitat în științe chimice, profesor universitar, Universitatea de Stat a Moldovei

**COVALIOV Victor**, doctor în științe chimice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat a Moldovei

**JURMINSKAIA Olga**, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Laboratorul Hidrobiologie și Ecotoxicologie al Institutului de Zoologie

Suținerea tezei va avea loc la data de ”23” aprilie 2021 la ora 15<sup>00</sup> pe adresa: MD 2060, mun. Chișinău, bd. Dacia, 39, a. 9-142 în ședința Consiliului științific specializat D 211.03-27 din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, mun. Chișinău.

Teza de doctor în științe inginerești și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Universității Tehnice a Moldovei pe adresa: mun. Chișinău, str. Studenților, nr. 11, bloc 5-519 și pe pagina web a ANACEC ([www.cnaa.md](http://www.cnaa.md)).

Rezumatul a fost expediat la ” \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021

Secretarul științific al CȘS:

**CALOS Sergiu** dr. în șt. teh., conf. univ. \_\_\_\_\_

Conducător științific:

**UNGUREANU Dumitru** dr. în șt. tehn., prof. univ. \_\_\_\_\_

Consultant științific:

**SECRIERU Nicolae** dr. în șt. tehn., conf. univ. \_\_\_\_\_

Autor:

**CIOBANU Natalia** \_\_\_\_\_

## REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

**Actualitatea și importanța temei** este elaborarea unui concept de gestionare automatizată a proceselor de epurare biologică cu nămol activ pentru diferite condiții de operare, care să fie capabil să ia decizii în timp real.

**Descrierea situației în domeniul de cercetare.** *Mediul înconjurător* devine o preocupare tot mai activă atât a societății cât și a statului, cu atât mai mult că unul din cele 17 obiective de dezvoltare durabilă îl reprezintă **OO6: Apă curată și igienă**. Având în vedere problema încălzirii globale, dar și poluarea, necesarul de apă potabilă de calitate devine din ce în ce mai important. Calitatea apei poate fi îmbunătățită doar prin minimizarea poluării apei cauzate de procesele industriale, sporirea eficienței utilizării apei, reciclarea și reutilizarea sigură, precum și îmbunătățirea protecției mediului înconjurător și restabilirea ecosistemelor legate de apă [32].

Impactul descărcării apelor uzate epurate mecano-biologic în emisarii naturali se manifestă pe planuri diverse, de la afectarea sănătății umane, până la probleme complexe de natură ecologică, tehnică și economică.

Cel mai important proces dintr-o stație de epurare este procesul biologic cu nămol activ. Acest proces este de fapt o versiune îmbunătățită a procesului natural de autoepurare a apelor uzate. Procesul se bazează pe activitatea diferitor tipuri de bacterii care, în funcție de condițiile de mediu, utilizează poluanții din apele uzate ca substrat de creștere. Comportamentul complicat al microorganismelor implicate în proces, cuplat cu variațiile mari a fluxurilor și a concentrațiilor de intrare, face ca procesul cu nămol activ să fie caracterizat de o complexitate fără precedent în procesul de epurare a apelor uzate. Afară de acestea, procesul trebuie să funcționeze continuu, să aibă costuri de operare mici și să respecte limitele de încărcare/poluare impuse de legislația în vigoare.

Ca rezultat, modelele matematice au devenit instrumente importante pentru estimarea comportamentului procesului și pentru dezvoltarea de strategii noi de control, care au menirea de a realiza un oarecare echilibru între calitatea efluenților și costurile de operare. În activitatea de exploatare, operatorii stațiilor de epurare sunt provocați continuu să îmbunătățească atât indicatorii economici cât și cei tehnologici.

**Scopul și obiectivele** cercetării constau în eficientizarea stațiilor de epurare biologică a apelor uzate prin implementarea unui sistem automatizat de gestionare și controlul proceselor de epurare cu nămol activ. Astfel, demersul științific are următoarele obiective:

- efectuarea unei analize aprofundată a literaturii științifice disponibile la nivel internațional cu scopul de a implementa modelele matematice deja existente, care descriu procesul de epurare biologic cu nămol activ;

- analiza parametrilor tehnologici ai procesului de epurare biologică al apelor uzate și parametrilor de funcționare a instalațiilor în Stația de epurare a mun. Chișinău;
- analiza concepțiilor și structurilor de dirijare automată a proceselor de epurare, și recomandarea crearea unei baze de date în perspectiva dezvoltării Sistemelor de Supraveghere, Control și Achiziție a Datelor (SCADA);
- propunerea implementării unui sistem de control și înregistrare a calității apei uzate la intrare și ieșire din proces privind gestionarea operațională, sistemul de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție, în special, a procesului de epurare biologică;
- elaborarea metodelor de reglare a procesului de epurare biologică conform parametrilor tehnologici din caietul de sarcini, care stau la baza proiectului de renovare a Stației de epurare biologică a apelor uzate din mun. Chișinău, ceea ce va reduce impactul negativ generat de procesele de epurare a apelor uzate asupra mediului înconjurător, creșterea gradului de protecție a mediului și sănătății oamenilor în conformitate cu *Strategia de alimentare cu apă și sanitație 2014 – 2030 din Republica Moldova*.

**Metodologia cercetării științifice.** În procesul de elaborare a lucrării s-au folosit modelarea matematică pe calculator, care implică factorii/parametrii ce influențează procesul de epurare biologică, care sunt folosiți pentru predicția influentului, pentru estimarea activităților biomasei și pentru estimarea parametrilor de calitate ai efluentului. Baza studiilor fundamentale teoretice a constituit lucrările savanților din țară și străinătate: monografiile, articolele, materialele ale conferințelor științifice, materiale specializate, resursa Internet, teze. Baza studiilor de analiză a constituit materialele studiilor de fezabilitate privind epurarea apelor uzate din mun. Chișinău și implementarea sistemului SCADA în Stația de epurare biologică a mun. Chișinău.

**Noutatea și originalitatea științifică** a lucrării a constat în aplicarea modelelor matematice eficiente, care să descrie procesul de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ, cu crearea unei baze de date și dezvoltarea unor strategii de control al funcționării instalațiilor, monitorizând parametrii proceselor de epurare printr-un sistem de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție, care va avea în vedere evaluarea sistematică a dinamicii caracteristicilor calitative ale poluanților (intrare – ieșire) dintr-o stație de epurare.

**Problema generală științifică** constă în elaborarea unui concept nou de gestionare a proceselor de epurare biologică cu nămol activ pentru protecția mediului înconjurător, îndeosebi a celui acvatic, împotriva evacuărilor de ape uzate provenite de la populație și industrie epurate mecano - biologic.

**Semnificația teoretică a cercetării** constă în propunerea următoarelor soluții tehnice în baza modelelor matematice a proceselor de epurare biologică a apei uzate:

- monitorizarea parametrilor de calitate ai apei uzate cu transmitere la distanță a datelor;
- elaborarea modelului de reglare a proceselor de epurare biologică cu utilizarea unei baze de reguli fuzzy;
- crearea sistemului de gestionare bazat pe optimizarea parametrilor tehnologici ai procesului de epurare biologică cu nămol activ, care are potențialul deosebit pentru stațiile de epurare de intelect artificial prin faptul că poate fi capabil să ia decizii în timp real prin implementarea modelelor matematice adecvate;
- aplicarea Sistemelor informaționale în dirijarea și optimizarea stațiilor de epurare biologică cu nămol activ – SCADA.

**Validarea rezultatelor științifice** este asigurată în cadrul Stației de epurare biologică a apelor uzate din mun. Chișinău, care stau la baza proiectului de renovare și modernizare a stației. Rezultatele obținute sunt puncte forte de pornire de noi teme de cercetare în domeniu. În același timp constituie direcții de dezvoltare de noi tehnologii, utilizând ca instrument modelul matematic și algoritmi de optimizare – soluționare. Rezultatele științifice au fost publicate în culegeri de lucrări științifice la conferințe naționale și internaționale. Diseminarea rezultatelor vor fi realizate prin predarea în cadrul disciplinelor de specialitate ca material didactic.

**Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere sunt:**

- studiul modelelor matematice deja existente, care descriu procesul de epurare biologică cu nămol activ;
- concepțiile și structurile de dirijare automată a proceselor de epurare, și de crearea unei baze de date în perspectiva dezvoltării Sistemelor de Supraveghere, Control și Achiziție a Datelor (SCADA);
- elaborarea modelului de modelare a parametrilor tehnologici al procesului de epurare biologică a apelor uzate și parametrilor de funcționare ai instalațiilor în Stația de epurare a mun. Chișinău;
- implementarea unui sistem de control și înregistrare a calității apei uzate la intrare și ieșire din procesul de epurare biologică, privind gestionarea operațională, sistemul de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție;
- metode de reglare a procesului de epurare biologică conform parametrilor tehnologici și fizici ai unei stații de epurare a apelor uzate.

**Implementarea rezultatelor.** Rezultatele obținute sunt un punct de pornire la renovarea și modernizarea stațiilor de epurare a apelor uzate. În același timp ele constituie direcții de dezvoltare de noi tehnologii, utilizând ca instrument modelul matematic și algoritmi de optimizare – soluționare ai proceselor de epurare biologică.

**Aprobarea rezultatelor științifice.** Rezultatele științifice stau la baza proiectului de renovare și modernizare a Stației de epurare biologică a mun. Chișinău. De asemenea ele au fost publicate în culegeri de lucrări științifice la conferințe naționale și internaționale:

- Conferința tehnico - științifică cu participare internațională „Instalații pentru construcții și economia de energie”, ediția a XXI-a, Iași (România), 7-8 iulie 2011;
- a 50-a Conferință jubiliară de instalații „Instalații pentru începutul mileniului trei – creșterea performanței energetice a clădirilor și a instalațiilor aferente”, 14-16 octombrie 2015, Sinaia, Romania;
- Conference and Working Session Within the frame of the International Program EUREKA, October 13<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup>, 2016, GEOtest, Inc., Brno University of Technology, Brno, Czech Republic;
- Idem - November 28<sup>th</sup>, 2017;
- Idem - October 16<sup>th</sup>, 2020;
- Publicație tehnico-științifică și aplicativă ”Meridianul ingineresc”, 2016, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, R. Moldova;
- Culegere de articole a Conferinței Tehnico – Științifică Internațională „Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului”, Chișinău, 2016;
- Actes du II<sup>eme</sup> Séminaire doctoral International Francophone ”De ma première communication vers ma première publication scientifique”, 02-04 novembre 2016, Chisinau, République de Moldavie;
- Culegere de articole Conferința Tehnico - Științifică cu participare Internațională „Energie, Eficiență, Ecologie și Educație”, ediția a IV-a, 27-29 aprilie 2017, Chișinău, R. Moldova;
- The 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020), October 29-30, 2020, Brest, Belarus.

Diseminarea rezultatelor obținute vor fi un punct de pornire de noi teme de cercetare în domeniu, vor constitui obiectul comunicărilor științifice în conferințe, congrese, precum și expunerea acestora ca material didactic.

**Publicații științifice la tema tezei.** Rezultatele cercetărilor științifice au fost publicate în 23 lucrări, dintre care 6 lucrări ca singur autor în culegeri ale conferințelor naționale și internaționale.

**Structura și volumul lucrării.** Teza include introducerea, 4 capitole, concluzii finale și recomandări, bibliografie (148 de titluri), 125 pagini text de bază, 56 figuri și 17 anexe.

**Cuvinte cheie:** ape uzate, nămol activ, epurare biologică, stație de epurare, modelare matematică, control automatizat, optimizare, eficiență, tehnici de reglare, sistem SCADA.

## CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt reflectate premisele teoretice și practice, care subliniază actualitatea și importanța problemei cercetate. De asemenea, sunt formulate scopul și obiectivele cercetării, ipoteza de cercetare, este argumentată valoarea teoretică și aplicativă a tezei, și modul cum vor fi validate rezultatele.

**Capitolul 1. Stadiul actual privind procesele de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ.** Este analizată situația actuală a evoluției proceselor de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ prin examinarea de articole, materiale ale conferințelor științifice, studii și manuale de specialitate. Actual, o stație de epurare a apelor uzate orășenești este constituită din 2 fluxuri tehnologice: al apelor uzate și al nămolurilor provenite din procesele de epurare a apelor uzate. Procesele epurării apelor uzate – fizice, chimice și biologice – constituie baza științifică a procedurilor de epurare, respectiv a construcțiilor, instalațiilor și echipamentelor de epurare corespunzătoare acestora [6]. În acest fel se obțin ape convențional curate, cu diferit grad de epurare funcție de tehnologiile, instalațiile și echipamentele care pot răspunde sarcinilor impuse de proces și condițiile specifice acestora [5, 8, 9, 10, 12].

Un efort important a fost făcut de către cercetători pentru a identifica microorganismele care sunt responsabile de degradarea materiilor organice și de a înțelege relațiile lor cu performanța stațiilor de epurare sau condițiile de exploatare.

Identificarea microorganismelor filamentoase furnizează informații cu privire la calitatea nămolului activ și permite identificarea unor posibile defecțiuni [11]. În plus, s-a stabilit că, cantitatea și diversitatea microorganismelor furnizează informații calitative cu privire la performanța procesului biologic [31]. Ele sunt folosite ca indicatori de calitate a efluentului proceselor biologice de epurare aerobe în doar o oră de la prelevarea de probe. Modificări în timp în componența unor specii poate prezice evoluția stării stației cu suficient timp pentru a lua decizia corespunzătoare. Astfel, utilizarea acestor informații este un mijloc excelent de a îmbunătăți managementul stației de epurare, în special atunci când este integrat cu rezultate analitice.

Una dintre problemele majore de interes mondial ale secolului XXI este cea a protecției mediului. În aproape toate țările se iau măsuri pentru limitarea poluării prin semnarea convențiilor internaționale, care armonizează aceste măsuri la nivel mondial. În Republica Moldova, problemele legate de protecția mediului se pun ca urmare a poluării locale de către industrii,

agricultură și centrele populate, ce au condus la dereglarea unor ecosisteme și înrăutățirea condițiilor de viață ale oamenilor în unele zone. La aceasta a dus și reducerea esențială a debitelor de ape uzate, transmiterea stațiilor de epurare în gestiunea autorităților administrațiilor publice locale, care nu dispun de personal profesional cu experiență și lipsa de investiții necesare. Majoritatea stațiilor de epurare funcționează la indici de performanță foarte reduși, necesită reconstrucție cu modernizarea tehnologică a treptelor de epurare.

Stația de epurare biologică a apelor uzate din Chișinău (SEB) este selectată pentru a dezvolta și aplica prototipul Sistemului de Supraveghere, Control și Achiziție de Date (SCADA). Stația de epurare este situată în sud-estul orașului, la aproximativ 7 km de centrul orașului, lângă râul Bîc, în care este evacuat efluentul final.

SEB a mun. Chișinău a fost construită și dată în exploatare în perioada anilor \*60 și \*70 ai secolului trecut. La moment capacitatea stației este utilizată numai la 30% ce constituie aproximativ 140 mii m<sup>3</sup>/zi. Stația de epurare este un sistem supus la perturbații foarte mari în ceea ce privește debitul influent și cantitatea de poluanți, cu toate acestea, acest sistem trebuie să fie gestionat continuu, respectând reglementările din ce în ce mai stricte.

Procesele de epurare cu nămol activ au scopul de a obține, cu costuri minime, o concentrație suficient de scăzută a materiei biodegradabile în efluent, concomitent cu producerea minimă de nămol. Pentru a realiza aceste performanțe procesul trebuie monitorizat și controlat. În literatură au fost propuse mai multe strategii de control/dirijare, dar evaluarea și compararea lor este dificilă. Aceasta se datorează mai multor motive, printre care: variația debitelor influentului și concentrației, complexitatea activităților biologice și biochimice.

Pentru controlul automat al procesului, modelarea procesului de epurare biologic este util, dar nu poate fi analizat în toată complexitatea sa. Utilizarea modelelor propuse impune determinarea și folosirea parametrilor cinetici ai procesului tehnologic, care variază pentru fiecare caz concret al apei uzate comunale supusă procesului de epurare [4, 7].

Analiza și experiența mai multor companii arată, că stațiile de epurare a apelor uzate depind de funcționarea fiabilă/sigură a echipamentelor, comandate de la distanță pentru a funcționa în mod continuu și în condiții de siguranță.

Elaborarea sistemelor de dirijare a proceselor de epurare a apelor uzate, au devenit posibile numai printr-un studiu judicios al proprietăților statice și dinamice a fiecărui proces de epurare cu prelucrarea rezultatelor prin metodele teoretice ale reglării automate. Sistemele de reglare automată locale sunt proiectate în așa mod ca să fie posibilă schimbarea automată sau la distanță a parametrilor conform datelor din computer [22, 23, 25, 29, 30].



**Capitolul 2. Modelarea proceselor de epurare biologică a apelor uzate la stațiile de epurare.** Sunt prezentați parametrii și factorii care influențează procesul de epurare biologică. Pentru a evalua corect activitatea unei stații de epurare trebuie luați în considerare următorii parametrii cheie: cantitatea de apă uzată epurată, cantitatea de aer ce intră în BANA, consumul de energie pentru alimentarea cu aer și recircularea nămolului activ, și pomparea nămolului activ în exces, cantitatea de nămol activ recirculat și nămol activ în exces, presiunea aerului în sistemul de aerare al BANA.

Desfășurarea normală a procesului de epurare biologică este împiedicată, uneori, de așa-numita *”umflare filamentoasă a nămolului”*, care este un rezultat al *”îmbolnăvirii”* lui, datorită unor concentrații mari de ape uzate, unui timp mare de aerare, unor șocuri produse de apele uzate industriale, care conțin substanțe toxice. S-a efectuat o analiză a funcționării instalațiilor și proceselor de epurare pentru a face concluzii din punct de vedere al optimizării parametrilor tehnologici:

1) **Doza de nămol activ** este concentrația de materii solide în suspensie uscate în BANA. Cu cât această concentrație este mai mare în raport cu concentrația substratului cu atât rata de oxidare a poluanților organici este mai mare. Cu alte cuvinte, eficiența epurării biologice este controlată de doza de nămol activ. Astfel, eficiența reducerii substanțelor în suspensie la treapta de epurare biologică depinde de caracteristicile fizice ale structurii flocoanelor de nămol activ, fapt determinat de vârsta nămolului și regimul tehnologic de operare a biocomplexului. Cele mai utilizate doze de nămol activ sunt cuprinse între 1500 – 5000 mg/dm<sup>3</sup> [21]. Doza maximă de nămol activ este limitată de legătura dintre bazinul de aerare și decantorul secundar, și de sistemul de aerare/omogenizare. Astfel, în practică, doza de nămol activ poate varia de la 500 la 5000 mg/dm<sup>3</sup>. Analizând datele SEB mun. Chișinău, doza de nămol activ în BANA variază într-un interval foarte larg, de la 2730 la 5174 mg/l. Aceasta este stabilită de gradul de recirculare a nămolului activ recirculat, care fluctuează până la 100%. Pentru SEB, în condițiile când nămolul activ este bine adaptat la compoziția apelor uzate, reducerea substanțelor în suspensie la această etapă constituie în medie 94 %.

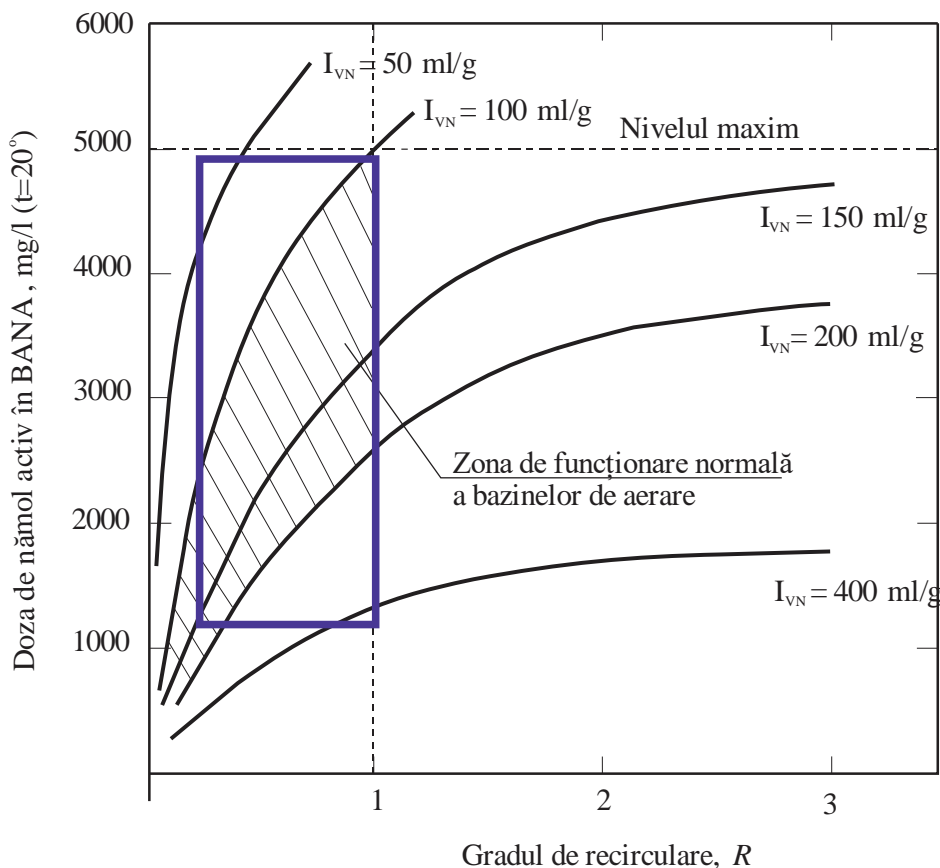
2) **Gradul de recirculare** caracterizează nămolul activ sedimentat în decantoarele secundare și care trebuie de recirculat sau întors în BANA pentru a menține doza de nămol activ. Această valoare depinde, pe de o parte, de doza necesară de nămol activ în BANA:

$$R = \frac{Q_{rec}}{Q_{a.u.}} = \frac{a_{BANA}}{a_{rec} - a_{BANA}}, \text{ dar, pe de altă parte, este funcție de indicele de nămol}$$

$$R = \frac{a_{BANA}}{\frac{1000}{I_{VN}} - a_{BANA}} \quad (2.1)$$

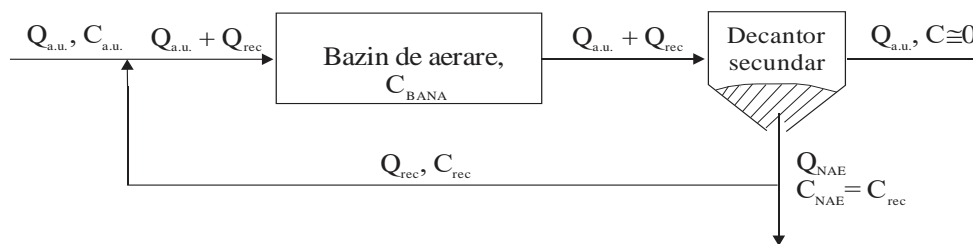
în care:  $Q_{rec}$  – debitul de nămol recirculat,  $m^3/h$ ;  $Q_{a.u.}$  – debitul de apă uzată intrat în SE,  $m^3/h$ ;  $a_{BANA}$  – doza de nămol ce trebuie menținută în BANA;  $a_{rec}$  – concentrația de NA în fluxul recirculat al NAR;  $I_{VN}$  – indicele de nămol.

Dependența dozei de nămol activ menținută în BANA, în funcție de indicele de nămol și gradul de recirculare este ilustrată fig.2.1.



**Fig. 2.1. Variația dozei de nămol activ (NA) menținută în BANA în funcție de indicele de nămol și gradul de recirculație.**

În majoritatea cazurilor, gradul de recirculare  $R$  depinde de gradul de compactare a nămolului activ sedimentat în decantoarele secundare, adică de concentrația fluxului recirculat fig.2.2.



**Fig. 2.2. Schema de principiu a ecuațiilor de bilanț**

Ecuția de bilanț a nămolului activ poate fi prezentată după cum urmează:

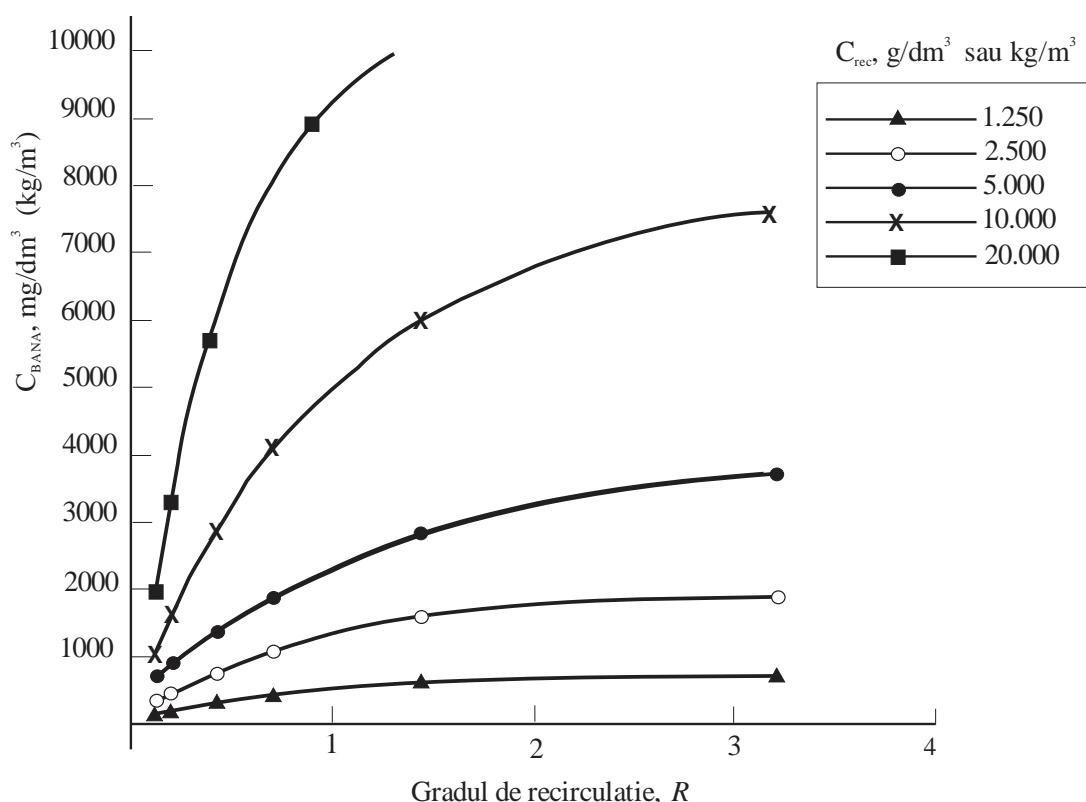
$$(Q_{rec} + Q_{a.u.}) \cdot C_{BANA} = Q_{rec} \cdot C_{rec} , \quad \text{de unde}$$

$$C_{BANA} = C_{rec} \frac{Q_{rec}}{Q_{a.u.} + Q_{rec}} , \quad \text{introducem relația } \frac{Q_{rec}}{Q_{a.u.}} , \quad \text{care se numește gradul de recirculare și}$$

obținem:

$$C_{BANA} = C_{rec} \frac{R}{1+R} \quad (2.2)$$

Grafic, aceasta poate fi arătată de curbele prezentate în fig. 2.3, care arată influența gradului de reciclare,  $R$ , asupra dozei de nămol în BANA,  $C_{BANA}$ , la diferite valori ale concentrației de nămol recirculat,  $C_{rec}$ . Astfel la  $C_{rec}=10 \text{ kg/m}^3$  și doza nămolului activ în BANA,  $C_{BANA}=2 \text{ kg/m}^3$ , gradul de recirculare suficient este,  $R=0,25$ . Dacă, datorită sedimentării slabe a nămolului activ în decantorul secundar,  $C_{rec}$  scade până la  $2,5 \text{ kg/m}^3$ , același  $C_{BANA}=2 \text{ kg/m}^3$  poate fi atins la  $R=4$  ceea ce este foarte mult. Dacă din punct de vedere a micșorării volumului BANA vrem doza de nămol activ sa fie mai mare  $C_{BANA}=4 \text{ kg/m}^3$ , la un grad de recirculare  $R=0,7$ , concentrația de nămol recirculat va fi  $C_{rec}=10 \text{ kg/m}^3$ . Cu  $C_{rec}=2,5 \text{ kg/m}^3$  este imposibil să ne imaginăm că doza de NA putem s-o ridicăm la  $C_{BANA}=4 \text{ kg/m}^3$ . Astfel, funcționarea decantoarelor secundare la așa parametri de lucru este practic imposibilă.

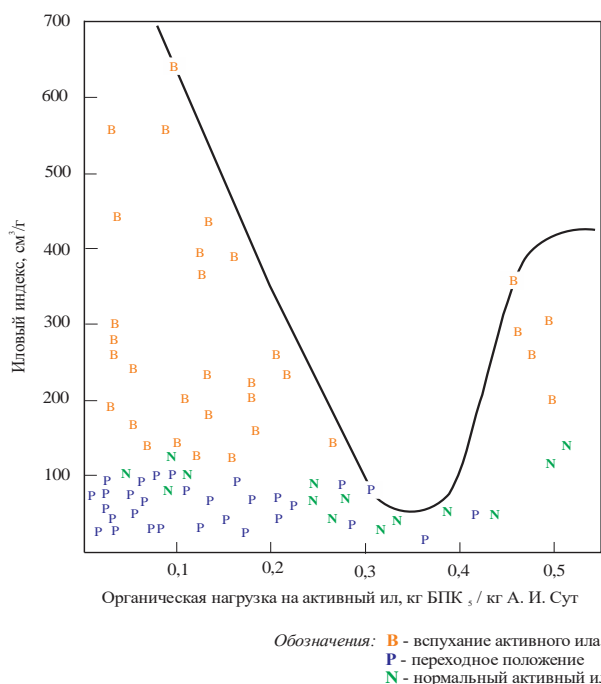


**Fig. 2.3. Influența gradului de recirculare  $R$ , asupra dozei maxime de nămol în BANA  $C_{BANA}$ , în funcție de concentrația de îngroșare în decantorul secundar și concentrația nămolului activ recirculat.**

3) **Indicele volumic de nămol** caracterizează capacitatea nămolului activ de a se sedimenta și separa de apa uzată epurată în decantoarele secundare. Aceasta este foarte importantă din următoarele considerente fig. 2.1:

- sedimentarea optimă a nămolului activ în decantoarele secundare facilitează menținerea unei doze necesare de nămol activ în BANA la o rată minimă de recirculare;
- cu cât mai bine se sedimentează și se îngroașă nămolul activ, cu atât este mai mic consumul de nămol activ recirculat, care este pompat din decantoarele secundare (DS) în BANA și, cu atât mai redus este consumul de energie pentru pompare;
- și, în cele din urmă, efluentul de ape uzate epurate din DS, trebuie să conțină o concentrație minimă de materii în suspensie, adică apele uzate epurate trebuie să fie limpezi.

Acest parametru depinde de morfologia nămolului activ, adică de formele de bacterii care se dezvoltă în nămolul activ. Acesta este legat de fenomenul "umflarea nămolului", când el din ce în ce mai rău se sedimentează, indicele de nămol crește și în rezultat se pierde nămolul activ din sistemul de epurare biologică - bazinul de aerare – decantorul secundar. Indicele de nămol reprezintă volumul flocoanelor de nămol activ din bazin, corespunzător unui volum inițial, care conține 1 kg de materii solide în suspensie, uscate, la o decantare de 30 min. În perioada anului 2018 indicele de nămol al nămolului activ din stația de epurare a mun. Chișinău a variat de la 110

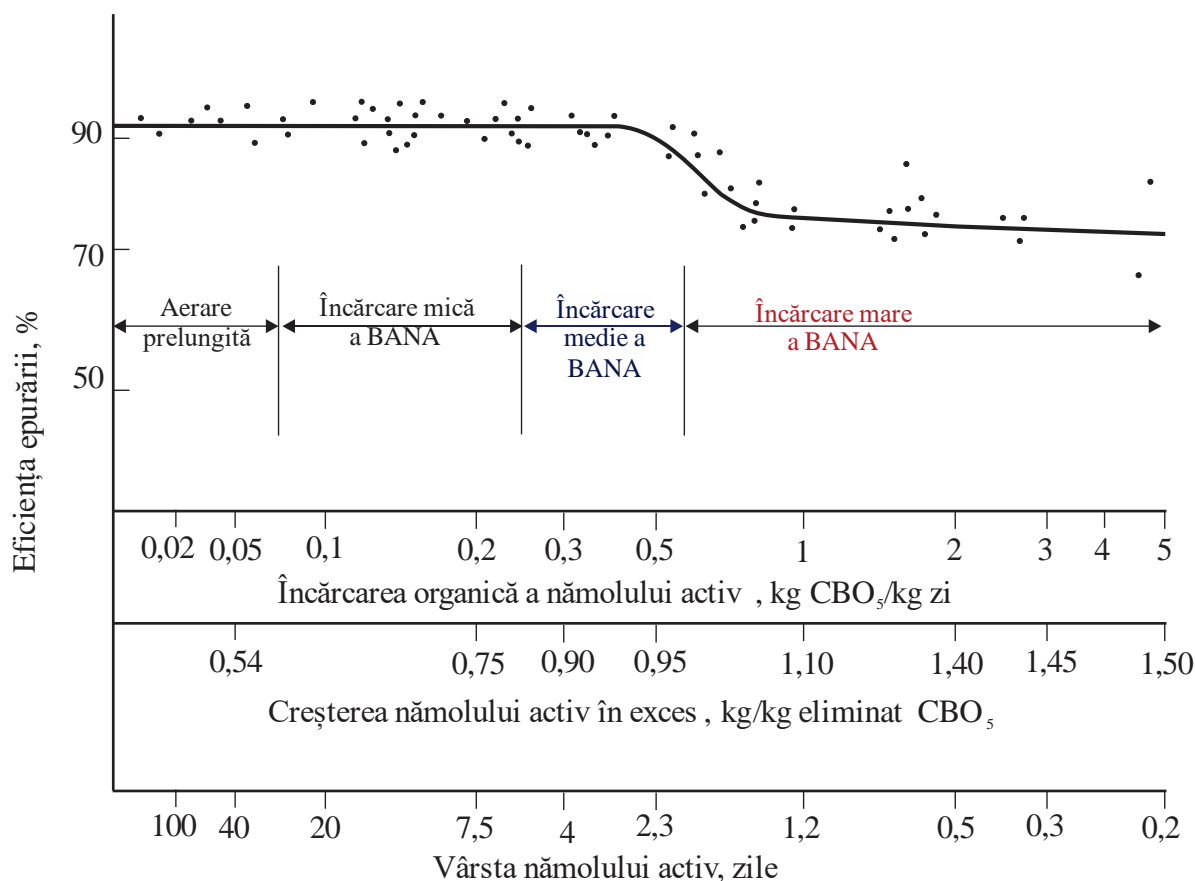


**Fig. 2.4. Dependenta indicelui de nămol de încărcarea organică a nămolului activ.**

până la 187 ml/g.

4) Unul dintre principalii factori ce influențează asupra indicelui de nămol este **încărcarea organică a nămolului activ**, care reprezintă raportul dintre debitul masic de poluanți organici biodegradabili (CBO) în timp de o zi și concentrația de materii solide uscate în suspensie existentă în bazinul de aerare, adică este de fapt un raport hrană/biomasă. Dependența generală a indicelui de nămol de încărcarea organică a nămolului activ este reprezentată, conform datelor din literatură, în fig.2.4.

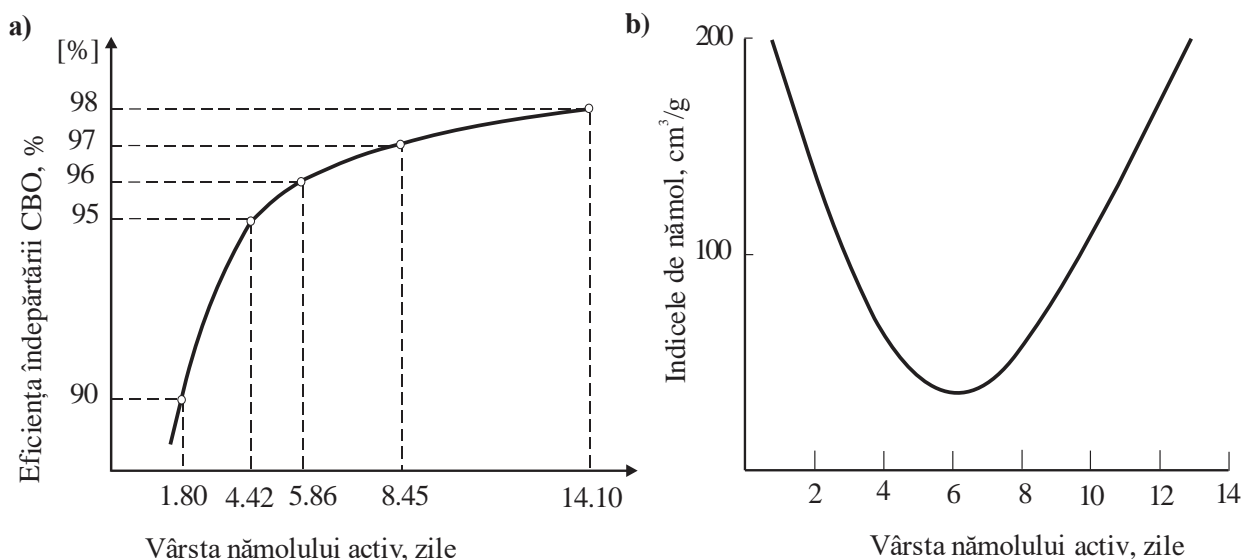
Din dependența eficienței de epurare de încărcarea organică (fig.2.5) se poate observa că în intervalul  $0,5 \dots 1,0 \text{ kg/kg*zi}$  există o zonă de tranziție, care datorită instabilității procesului în această zonă trebuie evitată. Analizând anexele cu parametrii tehnologici de lucru al BANA-urilor din SEB mun. Chișinău, se poate observa că încărcarea organică este mare și alcătuiește  $0,51 - 1,01 \text{ kg/kg*zi}$ .



**Fig. 2.5. Eficiența de epurare biologică în funcție de încărcarea organică a nămolului activ, producția nămolului activ în exces și vârsta nămolului activ [6].**

5) *Vârsta nămolului activ.* În condițiile de funcționare continuă a bazinului de aerare, biomasa este înnoită permanent. În BANA în afară de eliminarea CBO a carbonului organic are loc procesul de sinteză sau producere de biomasă, care dictează necesitatea de eliminare a nămolului activ în exces din procesul de epurare biologic. În același timp, este caracterizată viteza de creștere specifică a biomasei,  $\mu$ , ce reprezintă raportul dintre producție  $P$  și biomasă  $B$ . Timpul de înnoire  $\theta$  determină compoziția biomasei eterogene și, în consecință, setul de substraturi utilizate în proces. Cu cât e mai mare timpul, cu atât e mai mare numărul de microorganisme în creștere lentă în biomasă. În același timp, diversitatea sa crește, iar inerția/stabilitatea crește ca răspuns la modificările condițiilor de mediu.

Vârsta nămolului este des utilizată în calitate de parametru tehnologic de control, deoarece are legătură directă cu eficiența de epurare (vezi fig.2.6.a) și cu caracteristicile fizice și biologice ale nămolului activ (capacitatea de sedimentare fig.2.6.b).



**Fig. 2.6. Variația vârstei nămolului activ în funcție de: [6]**

**a) eficiența epurării apelor uzate conform CBO și b) indicele de nămol.**

În general, odată cu creșterea vârstei nămolului crește și eficiența, totuși, vârsta mare a nămolului este asociată cu un grad ridicat de recirculare, care din punct de vedere energetic este inefficient, dar din altă parte, cu cât vârsta nămolului este mai ridicată, scade creșterea lui.

De către practica de operare a instalațiilor de epurare biologică a apelor uzate cu utilizarea nămolului activ s-a constatat că, având în vedere aspectele tehnice și economice ale acestei probleme, vârsta nămolului trebuie menținută în intervalul de 4 până la 10 zile.

Calcululele efectuate în urma studiilor de laborator a bazinelor de aerare din stația de epurare a mun. Chișinău arată că vârsta nămolului activ în diferite anotimpuri și diferiți ani variază între 4,1 la 19,1 zile. Cu toate acestea, abaterile de la vârsta optimă a nămolului activ afectează periodic indicele de nămol, care deseori depășește 150...200 cm<sup>3</sup>/g și creează probleme serioase în funcționarea și gestionarea procesului biologic de epurare.

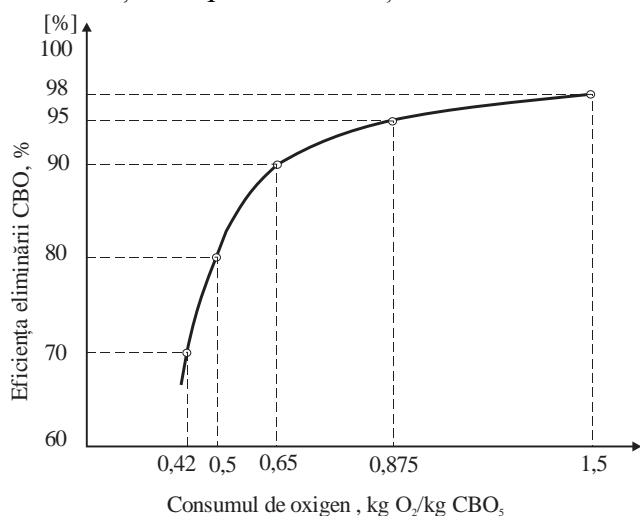
**6) Producerea sau creșterea specifică de biomasă (nămol activ în exces).** Esența epurării biologice a apelor uzate este cultivarea biomasei, care utilizează ca hrană (substrat) consumul biochimic de oxigen (CBO). Ca urmare a creșterii biomasei în procesul biologic crește concentrația/doza de microorganisme în plus față de valoarea stabilită, sub forma de nămol activ în exces, care este evacuat din sistem. Studiile experimentale ale instalațiilor existente în stația de

epurare a mun. Chişinău au arătat că creşterea specifică a nămolului activ variază de la 150 până la 503 mg/dm<sup>3</sup>.

7) **Necesitatea de oxigen.** Condiţiile aerobe în procesul de epurare biologică a apelor uzate în bazinele de aerare sunt menţinute prin intermediul unui sistem de aerare, eficienţa căruia este dictată de transferul de oxigen din aer în amestecul de nămol. Cererea de oxigen se determină, în primul rând, de cantitatea de CBO eliminată, dar consumul său specific  $kg\ O_2/kg\ CBO$ , este cauzat de așa factori, cum ar fi, valoarea/concentraţia de CBO și doza de nămol activ, încărcarea organică și vârsta nămolului activ, eficienţa de epurare necesară, temperatura amestecului de nămol.

Reacțiile în bazinul de aerare în timpul cărora este consumat oxigenul sunt următoarele: a) oxidarea poluanților organici (îndepărtarea CBO); b) sinteza materialului celular (creșterea nămolului activ); c) autooxidarea materialului celular; d) procese de nitrificare.

Din aceasta rezultă că, consumul total de oxigen de către microorganismele heterotrofe (eliminarea materiilor organice care conțin carbon – CBO) este proporțional cu cantitatea de CBO eliminată și cu cantitatea de biomasă din proces. Deci, consumul real de oxigen întotdeauna depășește valoarea CBO îndepărtată. Astfel, consumul specific de oxigen  $kg\ O_2/kg\ CBO$ , depinde de eficiența îndepărtării CBO și variază de la 0,5 la 1,5 cu o creștere a eficienței de îndepărtare a



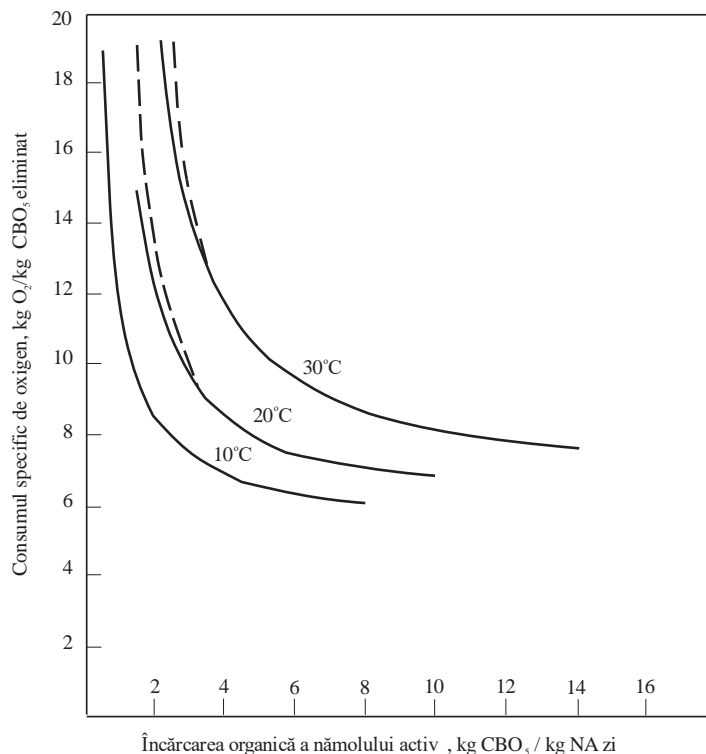
**Fig. 2.7. Variația consumului de oxigen necesar în funcție de eficiența eliminării CBO [6].**

Trebuie de menționat, că oxidarea azotului de amoniu în nitrați necesită un consum suplimentar de oxigen, egal cu  $4,6\ kg\ O_2/kg\ substanță\ eliminată$ .

Un efect semnificativ asupra consumului specific de oxigen îl are temperatura amestecului de nămol, după cum arată curbele din fig.2.8. Astfel, atunci când temperatura crește cu 10<sup>0</sup>C, consumul specific de oxigen, cu o încărcare organică obișnuită de 0,5 kgCBO<sub>5</sub>/kg Nămol Activ\*zi, se mărește de 1,35 ori comparativ cu temperatura de 20<sup>0</sup>C, la sarcina de 0,2 kg/kg\*zi – mai mare de 2 ori. De asemenea, nu trebuie de neglijat faptul că solubilitatea oxigenului în apă scade odată

CBO de la 80 la 98% (fig.2.7). Aceasta înseamnă că, în timpul funcționării cu încărcare mare a bazinelor de aerare (eficiență 80%) nu se oxidează complet CBO îndepărtat, dar în regim de aerare prelungită, când are loc, în afară de îndepărtarea CBO, autooxidarea biomasei (stabilizarea nămolului activ) și chiar procesul de nitrificare, aceasta duce la creșterea consumului specific de oxigen.

cu creșterea temperaturii, ceea ce reduce eficiența sistemului de aerare pe timp de vară. Dacă sistemul de aerare nu este proiectat corect (fără a ține seama de influența temperaturii) și cu funcționarea necorespunzătoare (nitrificarea și stabilizarea nămolului activ), capacitatea stației de aerare poate fi insuficientă.



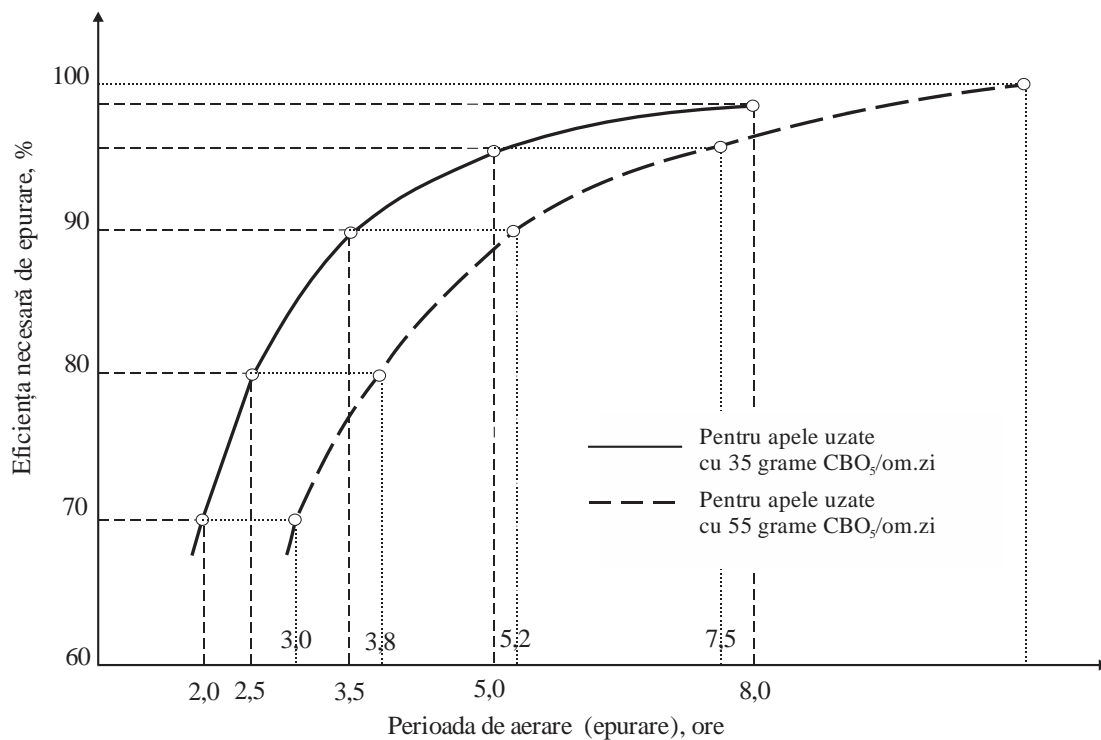
**Fig. 2.8. Consumul specific de oxigen pentru eliminarea CBO în funcție de încărcarea organică a nămolului activ la diferite temperaturi ale apei [27].**

8) *Timpul de aerare/oxidare/epurare și regenerare a nămolului activ.* Durata epurării apelor uzate cu ajutorul nămolului activ reprezintă timpul de contact/aerare al apelor uzate epurate cu nămolul activ în bazinul de aerare – (raportul volumului bazinului de aerare și debitul apelor uzate) și este funcție de gradul de poluare a apelor uzate – valoarea inițială a CBO, și gradul necesar de epurare al apelor uzate (fig.2.9). Există mai multe metode pentru determinarea timpului de aerare continuu a amestecului de nămol în bazinul de aerare, dar pentru sistemele cu regenerare a nămolului activ recirculat, această valoare este de 2 - 4 ore. Rezultatele studiului la SEB Chișinău au arătat o durată de aerare cuprinsă între 4,5 până la 7,3 ore, dar cea mai întâlnită valoare este de 5 ore, ceea ce indică nerespectarea procesului tehnologic de funcționare a bazinelor de aerare.

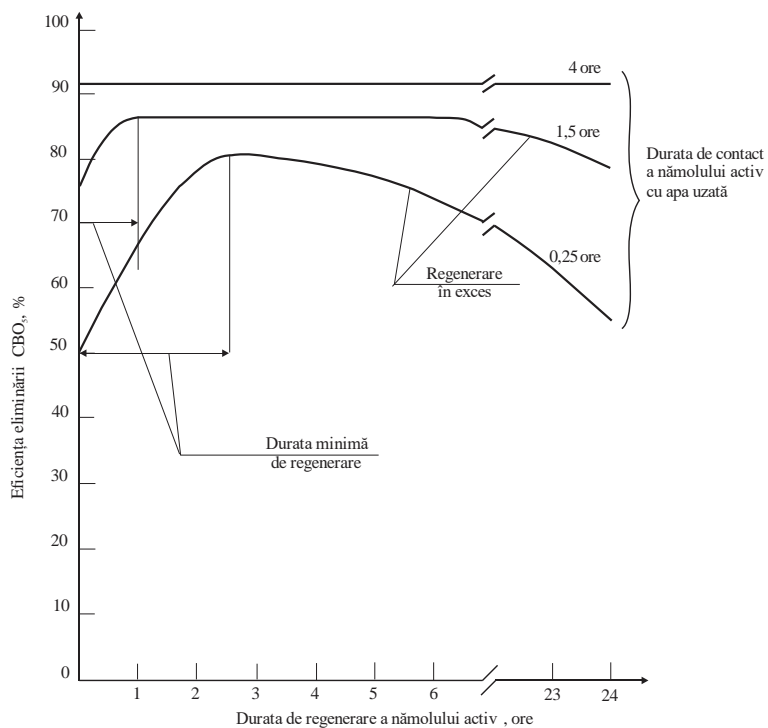
În ceea ce privește durata regenerării nămolului activ recirculat, intervalul recomandat este de la 3 la 6 ore. După cum este arătat în fig.2.10, durata minimă de regenerare depinde de durata aerării: cu cât mai puțin apele uzate sunt în contact cu nămolul activ în BANA, cu atât mai mult timp este necesar pentru regenerare și viceversa. Cu toate acestea, există o limită superioară a duratei regenerării: cu un timp de regenerare mai îndelungat, nămolul activ își pierde capacitatea



de oxidare. La SEB mun.Chișinău, după cum arată studiile, durata regenerării variază între 2,67 până la 4,49 ore, adică se află în intervalul normal.



**Fig. 2.9. Durata de aerare în funcție de gradul necesar de epurare.**



**Fig. 2.10. Pierderea capacității de oxidare a nămolului activ recirculat în timpul regenerării prelungite**

9) **Eficiența sau gradul de epurare biologică.** Condițiile de evacuare a apelor uzate epurate în emisar sau utilizarea lor ulterioară este dictată de eficiența epurării biologice, care, așa cum a fost arătată mai sus, depinde de mulți factori și parametri tehnologici. În întreaga lume, la momentul actual, valorile CBO și materiilor în suspensie în apele uzate epurate sunt de ordinul 15-25 mg/dm<sup>3</sup>. Reducerea lor suplimentară și eliminarea nutrienților – compușilor de azot și fosfor – se referă la o altă etapă de epurare așa numită – epurare avansată a apelor uzate. În funcție de gradul necesar de epurare, trebuie să se aleagă sau să se mențină în timpul operării diferiți parametri tehnologici, principalii sunt arătați în fig.2.5.

10) **Temperatura.** Temperatura amestecului de nămol în bazinele de aerare joacă un rol decisiv și afectează atât viteza procesului de epurare biologică, cât și eficiența utilizării oxigenului furnizat cu aer comprimat prin sistemul de aerare pentru asigurarea condițiilor aerobe în bazinele de aerare. Astfel, o creștere a temperaturii, mărește viteza de oxidare a poluanților organici și, pe de altă parte, datorită scăderii solubilității oxigenului în apă, se agravează eficiența utilizării lui (fig. 2.8).

Trebuie de remarcat faptul, că temperatura optimă pentru procesele de epurare biologică a apelor uzate este intervalul de 15-25<sup>0</sup>C. La temperaturi scăzute, activitatea microorganismelor scade drastic. La o temperatură sub 6<sup>0</sup>C, activitatea lor vitală practic se oprește. Cu toate acestea, temperaturile ridicate, de asemenea au un efect negativ asupra activității vitale a microflorei în bazinul de aerare, deoarece în același timp, compoziția biomasei se poate schimba complet, deoarece microflora comună pentru bazine este adaptată la condițiile de temperatură psihrofile convenționale. Din păcate, schimbarea temperaturii apelor uzate este incontrollabilă.

11) **Încărcarea hidraulică a bazinului de aerare.** De fapt, încărcarea hidraulică determină durata de epurare, ține direct de încărcarea organică a CBO și depinde de gradul necesar de epurare.

Îndepărtarea nămolului activ în exces menține o anumită relație între biomasă și încărcarea organică exprimată prin CBO sau CCO. Se recomandă 4 metode pentru gestionarea eliminării nămolului activ în exces:

- prin menținerea vârstei constante a nămolului activ;
- prin menținerea unei încărcări constante a nămolului activ;
- prin menținerea concentrației/dozei constante de nămol activ în bazinul de aerare;
- prin menținerea calității nămolului activ.

Este cunoscut faptul, că orice gestionare poate fi eficientă, dacă este asigurată cu suport informațional. Deosebit de acută este problema asigurării informaționale în domeniul gestionării celui mai dificil complex de instalații pentru epurarea apelor uzate, în special al procesului de epurare biologică, care rezultă din această lucrare.

Pentru a asigura o gestionare eficientă a stației de epurare ne-am pus ca sarcină dezvoltarea unui concept de automatizare, monitorizare și control a proceselor de epurare în ansamblu, inclusiv:

- colectarea de date privind starea fizică a instalațiilor (dimensiuni, starea instalațiilor, echipamentelor, reparațiile planificate și preventive, avarii etc.);
- colectarea datelor privind funcționarea proceselor tehnologice, parametrilor tehnologici, eficiența epurării, energia consumată și costul epurării;
- analiza și generalizarea datelor din laboratoarele chimice precum și analizelor tehnologice;
- pregătirea datelor pentru luarea deciziilor și dezvoltarea/elaborarea măsurilor de optimizare a funcționării stației de epurare;

Pentru gestionarea rațională a unei stații de epurare, este necesar:

- de a avea o informație completă și exactă despre toate componentele stației de epurare;
- de a avea posibilitatea prevenirii perturbărilor diverse din activitatea stației de epurare;
- de a dispune de instrumente de diagnosticare pentru a preveni/acționa la timp în funcționarea instalațiilor.

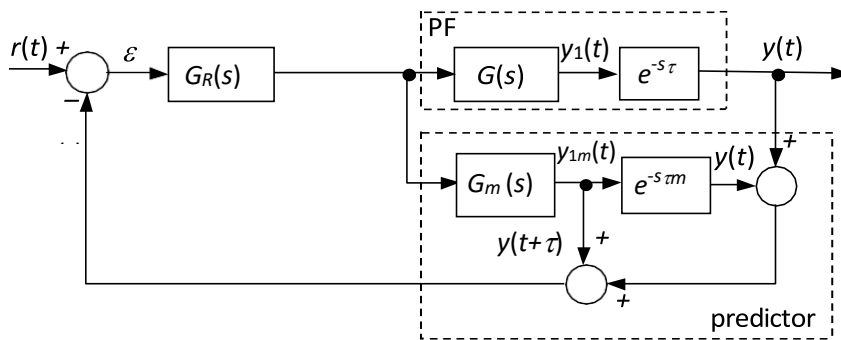
Și, în cele din urmă, este necesar să păstrăm în ”memorie” toate defecțiunile și perturbările anterioare pentru a lua decizii corecte și a planifica în timp util toate activitățile și lucrările pentru menținerea stării de funcționare a tuturor instalațiilor, echipamentelor și proceselor de epurare.

### **Capitolul 3 Controlul automatizat și optimizarea proceselor de epurare a apelor uzate.**

Sunt analizate strategiile de comandă și monitorizare a procesului de epurare a apelor uzate, atât la nivel integral, cât și fiecare parametru aparte. Aplicațiile actuale de control și automatizare a menținerii proceselor în echilibru sunt des realizate în baza reguletoarelor tradiționale PID cu acțiune proporțională – integrată – diferențială, pentru că reprezintă o soluție eficientă și ușor de implementat. Algoritmii PID sunt realizați în formă discretă pe microcontrolere și pot ține sub control procese destul de rapide cu timp de reacție mai mici de sutimi de secundă. Pe de altă parte, în realitate, toate sistemele dispun de componente neliniare, care prezintă reale provocări în utilizarea controlului clasic PID. În primul rând, modelul de reglare trebuie să corespundă întocmai procesului și trebuie să fie periodic ajustat în cazul variației în timp ai parametrilor. Această procedură de ajustare PID este sofisticată și necesită o abordare adecvată [10, 14, 20].

Restructurarea și modernizarea sistemelor de epurare este posibilă prin promovarea unor tehnologii de reglare automată moderne care să asigure satisfacerea anumitor performanțe impuse prin proiectare. Una dintre direcțiile tehnicilor avansate de conducere automată se referă la conducerea cu predicție bazată pe model ce a cunoscut o dezvoltare extrem de puternică și rapidă,

datorită interesului pe care l-au arătat atât specialiștii din industrie, cât și comunitatea academică internațională [13, 15]. Legea de reglare este proiectată în domeniul continuu și bazată pe un model reprezentat în domeniul continuu de timp (fig.3.1).



**Fig. 3.1 Structură generală de reglare cu predictor Smith**

Apariția teoriei mulțimilor fuzzy și dezvoltarea sistemelor electronice au deschis calea spre aplicarea lor în sistemele de reglare automata inteligentă. În acest caz, algoritmi de

reglare PID clasici sunt înlocuiți printr-o serie de reguli de decizii logice tip **IF (premisă) THEN (concluzie/acțiune)**. Prin urmare se obține un algoritm euristic, care poate să ia în considerație experiența operatorului uman în conducerea proceselor, ceea ce e foarte important în cazul proceselor complexe [28].

Aplicarea teoriei fuzzy în sistemele de reglare automată poate fi efectuată în mai multe moduri, dintre care cele mai răspândite sunt [26]: - controlul fuzzy direct al procesului; - supervizarea fuzzy a reguletoarelor PID clasice; - adaptarea fuzzy a parametrilor reguletoarelor PID clasice.

În urma analizei efectuate a mai multor surse ne-am propus aplicarea controlului fuzzy, în baza experienței operatorului uman în conducerea directă a proceselor. În baza modelelor procesului de epurare biologică a apelor uzate, descrise în capitolul II, se propune următoarea structură a controlului fuzzy direct fiind format din următoarele componente:

- **Modulul de fuzificare** a variabilelor de intrare, a variabilelor procesului. Variabilele de intrare au valori reale, care trebuie transformate în valori fuzzy, adică acestora trebuie să li se atribuie valori fuzzy, care devin ca drept premise. Ca urmare, această premisă va determina care regulă trebuie activată împreună cu gradul de apartenență obținut de la fiecare regulă. Acest grad depinde de cât de mult este valoarea de intrare și premisele regulilor corespund una alteia.

- **Modulul de luare a deciziilor/inferență** realizează pe baza datelor fuzificate evaluarea bazei de reguli în sensul obținerii deciziei/concluziei fuzzy.

- **Baza de reguli.** Această componentă este formată din tot setul de reguli de decizie logică tip **"IF (premisă) THEN (concluzie/acțiune)"**. În premise sunt introduse valorile variabilelor de intrare, astfel ca să se poată decide, care regulă poate fi activată și care nu, mai apoi în ce mod să fie utilizată. Rezultatul/ieșirile regulilor activate sunt fuzionate și transmise spre interfața de

defuzificare. De regulă, această bază este creată de experți în problemele de conducere a proceselor respective, ținând cont de experiența operatorului uman.

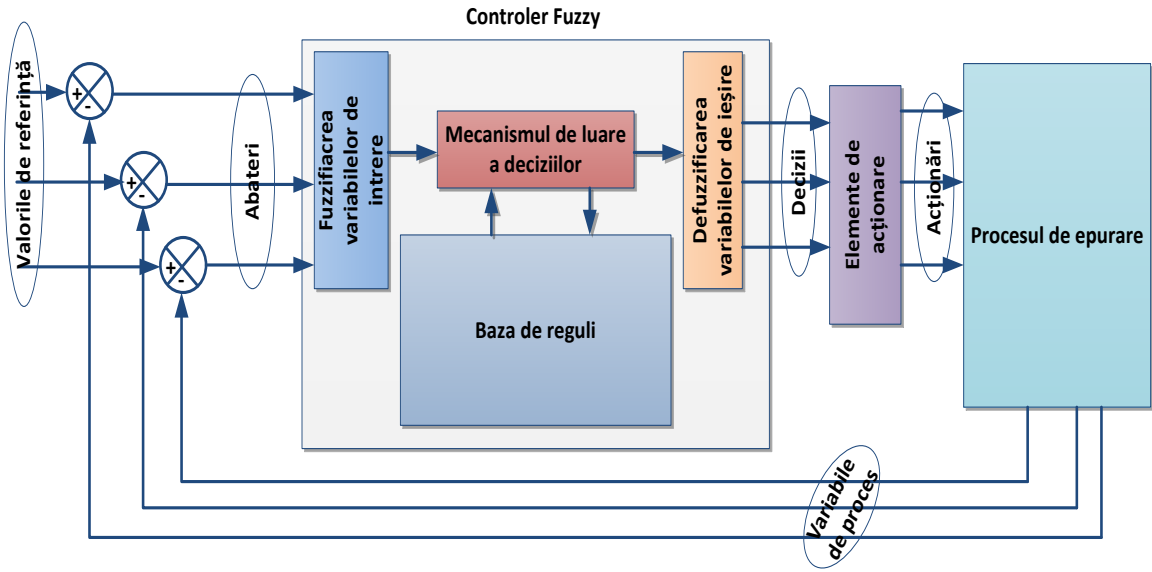


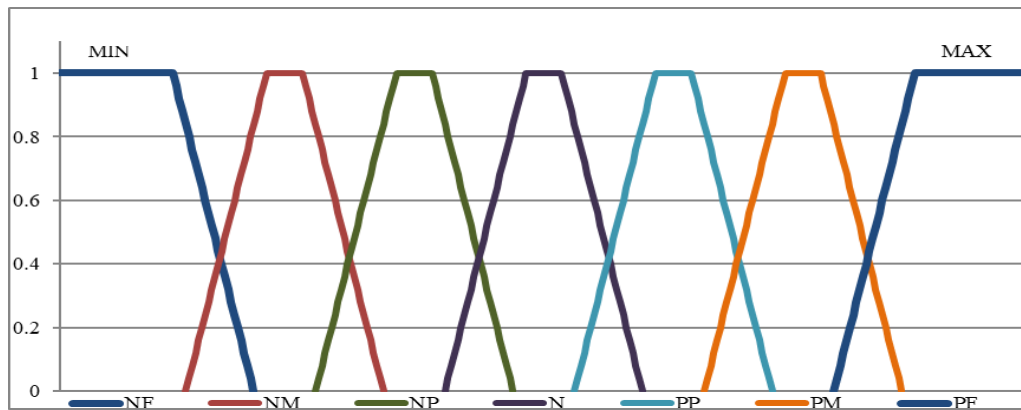
Fig. 3.2. Diagrama controlului fuzzy direct al proceselor de epurare.

- **Modulul de defuzificare.** Decizia fuzzy obținută de modulul de inferență are o formă complexă, datorită faptului că reflectă o combinație de mulțimi fuzzy cu grade de apartenență limitate. Destinația acestui modul este de a forma o singură valoare reală, care să cuprindă mulțimea fuzzy de la ieșire.

Trebuie de menționat faptul, că o importanță semnificativă o au regulile de luare a deciziei. Au fost cercetate diverse tipuri de funcții de apartenență la fuzificarea/defuzificarea variabilelor. În baza simulărilor s-a demonstrat, că funcțiile de apartenență gaussiană sau altele mai compuse nu majorează semnificativ calitatea reglării. În acest mod, s-a propus aplicarea funcțiilor de apartenență de formă triunghiulară, ca fiind cea mai des folosită formă, și mai simplu de creat de experții din domeniul.

$$\mu(x_i) = \begin{cases} (x_i - x_a) / \left( \frac{x_b - x_a}{2} - \frac{x_b - x_a}{10} \right), & \text{if } x_i < \left( \frac{x_b - x_a}{2} - \frac{x_b - x_a}{10} \right) \\ 1, & \text{if } \frac{x_b - x_a}{2} - \frac{x_b - x_a}{10} \leq x_i \leq \frac{x_b - x_a}{2} + \frac{x_b - x_a}{10} \\ (x_b - x_i) / \left( \frac{x_b - x_a}{2} - \frac{x_b - x_a}{10} \right), & \text{if } x_i > \left( \frac{x_b - x_a}{2} + \frac{x_b - x_a}{10} \right) \\ 0, & \text{în alte cazuri} \end{cases} \quad (3.1)$$

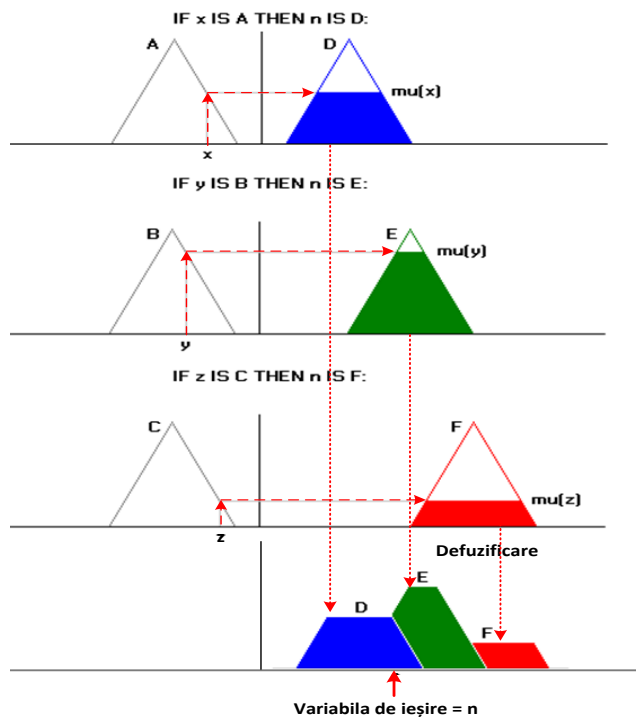
unde  $(x_b - x_a)$  – este domeniul variabilelor lingvistice.



**Fig. 3.3. Presentarea grafică a funcțiilor de apartenență. Funcțiile de apartenență la fuzificarea variabilei de acționare  $I_o$  - încărcătura organică a bazinului**

$N$  - "normală";  $NP$  - "puțin negativ";  $NM$  - "negativ mediu";  $NF$  - "forte negativ";  $PP$  - "puțin pozitiv";  $PM$  - "pozitiv mediu";  $PF$  - "foarte pozitiv".

În urma simulărilor efectuate s-a demonstrat că calitatea reglării depinde mult de setul de reguli de decizie și combinațiile lor. Astfel, au fost realizate diverse seturi de reguli decizionale în completarea BD, care acoperă specificul procesului de epurare biologică a apelor uzate, și fiind recomandate spre implementare. S-a constatat că luarea deciziilor este o latură foarte importantă



**Fig. 3.4. Procedul inferență "MIN-MAX" și defuzificare prin metoda centroidului.**

în conducerea fuzzy și se realizează pe baza datelor fuzificate cu evaluarea bazei de reguli în sensul obținerii deciziei/concluziei fuzzy. Modulul de inferență are misiunea de a forma o singură valoare reală, care să cuprindă mulțimea fuzzy de ieșire. În lucrare s-a abordat **metoda deducției "MIN-MAX"**, în care, funcția de apartenență a variabilei de ieșire este generată de valoarea de adevăr din premisă, iar decizia fuzzy obținută de modulul de inferență are o formă complexă, datorită faptului că reflectă o combinație de mulțimi fuzzy cu grade de apartenență limitate și **metoda centroidului**, care favorizează regula de

producție cu cea mai mare suprafață a funcțiilor de apartenență, în timp ce metoda "MIN-MAX"

favorizează în mod evident, regula cu cea mai mare valoare de ieșire. În rezultatul simulărilor, s-a decis implementarea metodei centroidului în conducerea fuzzy a procesului de epurare biologică. Un exemplu, care demonstrează procedeul inferență "MIN-MAX" și defuzificare prin metoda centroidului pentru un caz cu variabile de intrare "x", "y", și "z" și o variabilă de ieșire "n" se prezintă în figura 3.4.

În lucrare sunt prezentate avantajele metodei de reglare fuzzy față de metoda clasică PID și de reglare cu predicție prin proiectarea reguletoarelor și ajustarea lor la procesul de epurare biologică a apelor uzate. Întrucât procesul de epurare biologică este un proces complex, necesită reglarea concomitentă a mai multor parametri. Astfel, s-a analizat problema de proiectare logică a BD a sistemului SCADA pentru procesul de epurare biologică, ținând cont de specificul acestora. Fiecare stație de epurare biologică, amplasată geografic într-un anumit teritoriu, are câteva trepte de epurare, fiecare dintre ele fiind înzestrate cu sisteme electronice de comandă, care trebuie să fie conduse și monitorizate în continuu. Monitorizarea prevede înregistrarea tuturor parametrilor stației de epurare și proceselor ei, tuturor evenimentelor și avariilor. Pe de altă parte trebuie să fie monitorizată și activitatea echipamentului și utilajului stației de epurare. Ținând cont de cerințe și restricții, s-a propus schema logică (ER-modelul) a BD pentru monitorizarea procesului de epurare biologică (fig.3.5).

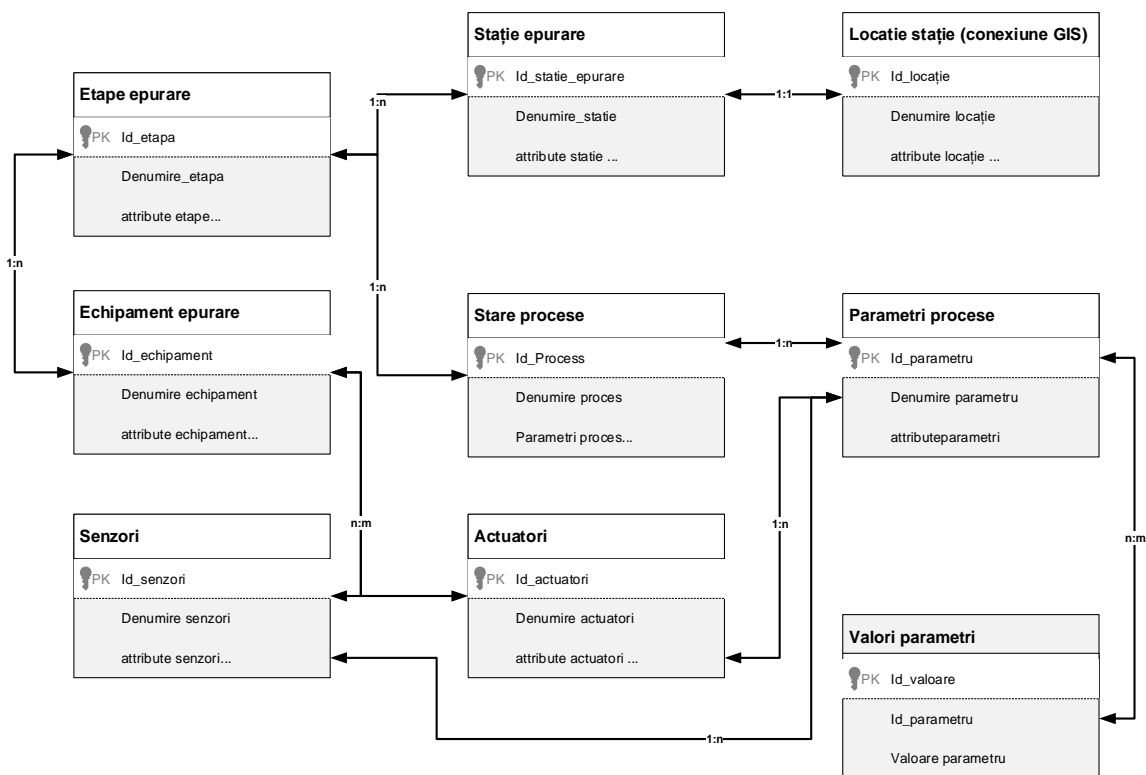
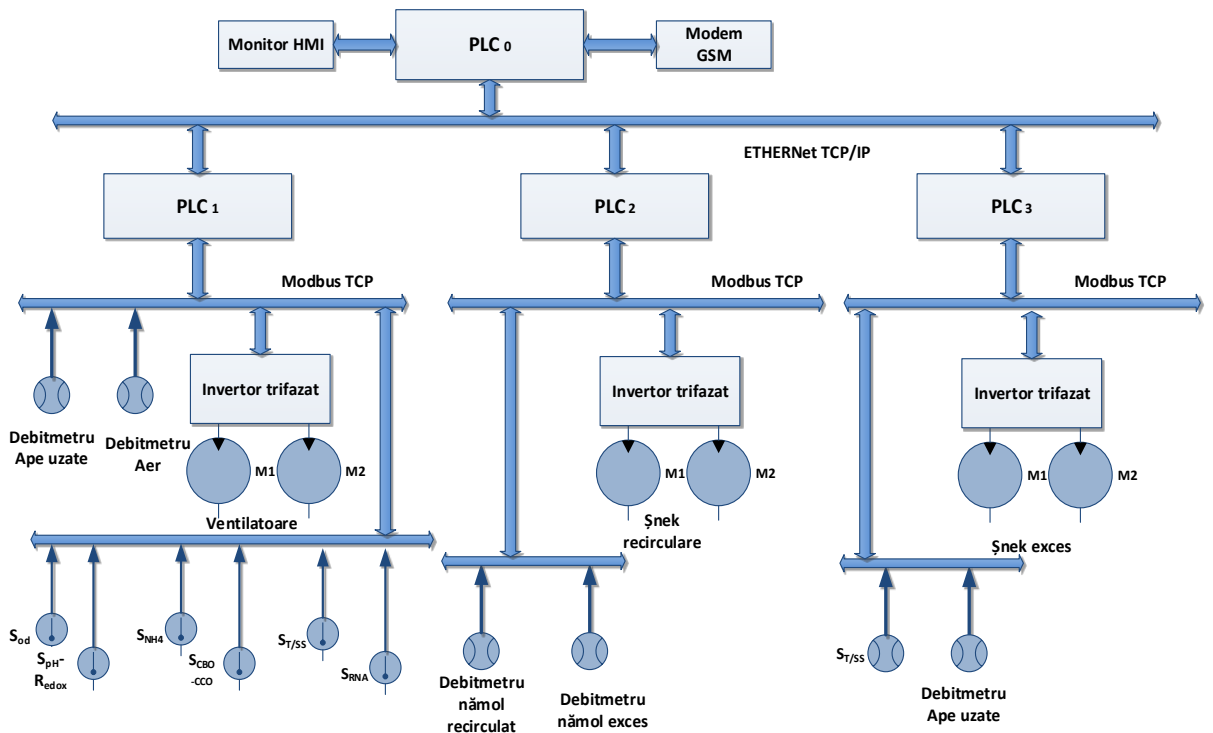


Fig. 3.5. ER-modelul bazei de date SCADA pentru stații de epurare biologică.

**Capitolul 4. Aplicarea sistemelor informaționale și de dirijare pentru stația de epurare a apelor uzate din mun. Chișinău.** În baza cercetărilor teoretice sunt elaborate structurile softului atât la nivel superior, cât și inferior și au fost recomandate spre implementarea lor pe serverele SCADA în caietul de sarcini la proiectarea arhitecturii sistemului informațional de monitorizare pentru stația de epurare din mun. Chișinău. Sistemul conceptual SCADA v-a oferi o strategie pentru soluțiile în timp real, oferind accesul utilizatorului final la un sistem de management al datelor deschise și ușor de utilizat (fig.4.1). Pe prim plan este microcontrolerul PLC<sub>0</sub>, ce are funcția de coordonator la acest nivel, e realizat ca server local, prin care se stabilește conexiunea/comunicația cu nivelul superior, la fel asigură interacțiunea cu operatorul la nivel local prin intermediul canalului Ethernet va interacționa cu microcontrolerile PLC<sub>1</sub> – PLC<sub>3</sub> în baza protocolului TCP/IP.



**Fig. 4.1. Schema generală a nivelului de jos pentru tratamentul biologic de la stația de epurare din municipiul Chișinău.**

În cadrul softului PLC-ului sunt încorporate controlere fuzzy, și a fost dezvoltat un instrumentariu software de creare a bazei de reguli decizionale în procesul de epurare biologică. În fig.4.2 este prezentat un fragment din BD.



- 1 **IF** (CBO5, [mg/l] încărcarea organică a apei la intrare is Norma) **AND** (Qau, [m3/h] debitul de apă uzată influent is Norma) **THEN** (taer, [h] Timpul de aerare set Norma) // **Expert A** { se recomanda 3.0 h }
- 2 **IF** (CBO5, [mg/l] încărcarea organică a apei la intrare is Surplus mare) **AND** (Qau, [m3/h] debitul de apă uzată influent is Redus putin) **THEN** (taer, [h] Timpul de aerare set Surplus mare) // **Expert A** { se recomanda 4.5 h }
- 3 **IF** (IVN, [ml/g] indecele volumului de nămol is Redus prea/mai mult) **AND** (DN, [g/l] Doza nămolului în BANA is Norma) **THEN** ( $\beta$ , [%] Gradul de recirculare a nămolului set Redus prea/mai mult) // **Expert A** { decantabilitate buna }
- 4 **IF** (IVN, [ml/g] indecele volumului de nămol is Surplus putin) **AND** (DN, [g/l] Doza nămolului în BANA is Redus mediu) **THEN** ( $\beta$ , [%] Gradul de recirculare a nămolului set Surplus putin) // **Expert A** { decantabilitate slaba (umflare) }
- 5 **IF** (O2, [mg/l] Oxigen dizolvat is Redus prea/mai mult) **AND** (Qaer, [kgO2/h] Debitul de aer introdus is Norma) **THEN** (Vana/Supapa set Redus prea/mai mult) // **Expert A** { vana deschisa mai mult }

**Fig. 4.2 Reguli fuzzy pentru BD**

Având resurse satisfăcătoare de calcul, serverul de stocare a datelor SCADA oferă posibilitatea de a face comprimarea datelor achiziționate pentru a determina pe de o parte trendul lor, pe altă parte, de a forma un "tablou" adecvat al acestor date pe o perioadă de durată lungă (zile, săptămâni, posibil și luni). Ideea compresiei nu este în stil clasic de arhivare, ci în baza procesării datelor curente (de exemplu, o minută) se determină o valoare medie, posibil și extremele pentru acea perioadă, apoi în baza unui set de date de acest fel, se comprimă pentru o perioadă mai mare. Procesul de achiziție a datelor obținute periodic valorile curente de la toți senzorii amplasați pe etape, care se acumulează în PLC și formează vectorul  $P_{curent} = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ . Procesul de compresie formează listele de valori pentru etapa I (de regulă, pe perioada 24 ore) cu anumită periodicitate, de exemplu 5/10/15 min și se obțin valorile medii la fiecare parametru pentru etapa data:  $P_{e1} = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ . Implementarea unui sistem de Supraveghere, Control și Achiziție de Date (SCADA), în cadrul stației de epurare a mun. Chișinău, va contribui la gestionarea eficientă și la creșterea performanțelor de operare a instalațiilor. Detectarea imediată a problemelor și afișarea diagnosticului într-o stație de epurare a apelor uzate, va permite o intervenție rapidă pentru soluționarea în timp a defecțiunilor. Monitorizarea proceselor și controlul centralizat vor oferi date relevante pentru modelarea fluxurilor și optimizarea/întreținerea echipamentelor și instalațiilor, și nu în ultimul rând, la reducerea costurilor de operare și de întreținere.

## CONCLUZII FINALE ȘI RECOMANDĂRI

Cercetarea realizată a dezvoltat teoria și practica prin fundamentarea studiului actual privind procesele de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ. Valorile cele mai importante ale cercetării sunt sintetizate în următoarele concluzii:

1. Prin analiza retrospectivă a evoluției proceselor de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ s-a demonstrat că într-o stație de epurare pot apărea evenimente nedorite, datorită multitudinii de parametri de natură diferită ce apar în procesul de epurare și pot produce paralizarea procesului de epurare, defectarea instalațiilor sau avaria sistemului și încetarea aptitudinii unui sistem tehnic de a-și îndeplini corect funcțiile (Capitolul 1) [1, 3].
2. Analizând stadiul actual al Stației de epurare biologică a mun. Chișinău, s-a dedus că, din punct de vedere tehnic este una învechită. Cu toate acestea, SEB din mun. Chișinău continuă să lucreze și îndeplinește o sarcină social-ecologică foarte importantă prin asigurarea în totalitate epurarea apelor uzate menajere și industriale a mun. Chișinău. În cadrul stației de epurare, încă nu este un sistem de gestionare operațională a instalațiilor, în special, a procesului biologic de epurare, pentru care este necesară dotarea instalațiilor cu echipamente de măsurare, control/dirijare și înregistrare a calității apei uzate la intrare și ieșire din proces. De asemenea, este necesar să se creeze un sistem de gestionare și control bazat pe utilizarea calculatoarelor pentru care, să se înceapă programarea și acumularea unei baze de date (Capitolul 1) [16, 17].
3. Analiza parametrilor tehnologici ai complexului de epurare a SEB mun. Chișinău permite de a confirma, că nu există un sistem de gestionare automatizată a parametrilor tehnologici ai proceselor de epurare (*doza de nămol activ, gradul de recirculare, indicele volumetric de nămol, încărcarea organică a nămolului activ, vârsta nămolului activ, biomasa, necesitatea de oxigen, timpul de aerare, gradul de epurare, temperatura și încărcarea hidraulică a bazinelor de aerare*) și parametrilor de funcționare a instalațiilor (*debitul de ape uzate, variația zilnică, numărul de instalații, intensitatea de aerare, timpul de retenție, încărcarea organică, consumul de energie*) (Capitolul 2) [3].
4. Monitorizarea parametrilor proceselor de epurare poate fi reprezentată printr-un sistem de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție care are în vedere evaluarea sistematică a dinamicii caracteristicilor calitative ale poluanților din apa uzată. Restructurarea și modernizarea stației de epurare a apelor uzate se propune prin promovarea unor tehnologii de reglare automată modernă, care să asigure satisfacerea performanțelor impuse prin proiectare, care în ultimele decenii au fost dezvoltate diferite metode de proiectare a

tehnicilor avansate de conducere, printre care un rol deosebit îl au reglatoarele predictive și reglatoarele fuzzy (Capitolul 3) [2, 16, 17].

5. Evaluarea teoretică și experimentală a cercetării în procesul de epurare biologică prezintă baza de date (caietul de sarcini) la proiectarea arhitecturii sistemului informațional de monitorizare tip SCADA pentru stația de epurare a mun. Chișinău. Elaborarea conceptului de gestionare automatizată a procesului de epurare biologică vor sta la baza proiectului de renovare a SEB din mun. Chișinău, ceea ce va aduce beneficii mediului și sănătății publice în conformitate cu *Strategia de alimentare cu apă și sanitație 2014-2030*, aprobată de Guvern pentru toate localitățile din Moldova, susținut de Banca Europeană de Investiții (BEI) în Republica Moldova (Capitolul 4) [16, 18].

## RECOMANDĂRI

1. Implementarea unor modele matematice mai eficiente, care să descrie procesul de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ și dezvoltarea unor strategii de control bazate pe control avansat cuplat cu optimizare, pentru a reduce din costurile de operare și îmbunătățirea calității efluentului.
2. Crearea unui sistem informatic în Stația de epurare a apelor uzate a mun. Chișinău, pentru a menține parametri tehnologici optimi ai complexului de epurare biologică, respectând gradul de epurare al apelor uzate, cu monitorizarea parametrilor proceselor de epurare printr-un sistem de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție, care va avea în vedere evaluarea sistematică a dinamicii caracteristicilor calitative ale poluanților din apa uzată.
3. În perspectiva dezvoltării sistemului SCADA pentru procesele de epurare se propune implementarea sistemelor de dezvoltare/elaborare a softului reglatoarelor fuzzy cu ajutorul mediilor grafice tip LabView de către personalul din domeniul dat și implementarea lor operativă, ceea ce va conduce la majorarea eficienței și flexibilității procesului de epurare.
4. Crearea unei baze de date și unui sistem flexibil de control al funcționării instalațiilor din procesul de epurare biologică, în special în condiții neregulate de intrare și ieșire a apelor uzate și cu grad diferit de poluare.

## BIBLIOGRAFIE

- 1 **CIOBANU, N.** *Probleme de dirijare a stației de epurare.* În: Culegere de articole a Conferinței Tehnico – Științifică Internațională „*Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*”, Chișinău: 2012, vol.3, p.70-76. ISBN 978-9975-71-316-0.
- 2 **CIOBANU, N., SECRIERU, N.** *Procedee și algoritmi de control automatizat ale procesului de epurare a apelor uzate.* În: Publicație tehnico-științifică și aplicativă ”*Meridianul ingineresc*”, ediția 3 – 2016, p. 28-35. ISSN 1683-853X; (Revista națională, categoria C).
- 3 **CIOBANU, N.** *Structura și funcțiile stațiilor de epurare a apelor uzate.* În: Culegere de articole a Conferinței Tehnico – Științifică Internațională „*Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*”, Chișinău: 2016, v.II, p.96-101. ISBN 978-9975-71-849-3.
- 4 DIMA, M., *Epurarea apelor uzate urbane.* Iași: Editura Junimea. 1998, 526 p.
- 5 IANCULESCU, O., IONESCU, Gh., RACOVÎȚEANU, R. *Epurarea apelor uzate, Editura.* București: 2001. 247 p. ISBN 973-685-333-0.
- 6 NEGULESCU, M. *Epurarea apelor uzate orășenești.* București:1978, Editura tehnică, 480 p.
- 7 NEGULESCU, M., SECARĂ, E. *Exploatarea instalațiilor de epurare a apelor uzate.* Craiova: Editura Tehnică, 2009. 187 p.
- 8 *Protecția, tratarea și epurarea apelor.* Curs postuniversitar de perfecționare. Vol. III, Partea III: Epurarea apelor uzate și prelucrarea nămolurilor. București: ICPGA, 1976. 338 p.
- 9 ROJANSCHI, V., OGNEAN, T. *Cartea operatorului din stații de tratare și epurare a apelor.* București: Editura Tehnică, 1989. 450 p.
- 10 ROBESCU, D., ș.a., *Controlul automat al proceselor de epurare a apelor uzate.* București: Editura tehnică, 2008. 389 p.
- 11 ROBESCU, D. *Modelarea proceselor biologice de epurare a apelor uzate.* București: Editura Politehnica, 2009. 244 p. ISBN:978-606-515-021-8.
- 12 ROBESCU, D., SZABOLCS, L., VERESTOY, A., ROBESCU, D. *Modelarea și simularea proceselor de epurare.* București: Editura Tehnică, 2004. 414 p. ISBN 973-31-2241-6.  
\*\*\*\*
- 13 ALBERTOS, P., SALA, A. *Multivariable control systems. An engineering approach.* Springer, Verlag Publishers. London: 2004.
- 14 ÅSTRÖM, K. J., HÄGGLUND, T. *PID Controllers – Theory, Design and Tuning.* Second edn, Instrument Society of America, 67 Alexander Drive, POBox 12277, Research Triangle Park, North Carolina 27709, USA. 1995.
- 15 BERGER, A. *Embedded Systems Design. An Introduction to Processes, Tools and Techniques.* CMP Books: 2002. 239 p.
- 16 **CIOBANU, N., SECRIERU, N., UNGUREANU, D., BUTANU, V.** *Application of informational systems in operation the biological wastewater treatment plants.* In: 5<sup>th</sup> Conference and Working Session Within the frame of the International Program EUREKA, November 28<sup>th</sup>, 2017, GEOTest, Inc., Brno University of Technology, Brno: Czech Republic, p.84-87. ISBN 978-80-214-5573-3, ISSN 2464-4595.
- 17 **CIOBANU, N.,** *Concept of information system for wastewater treatment plants in Republic of Moldova.* In: 4<sup>th</sup> Conference and Working Session Within the frame of the International Program EUREKA, October 13<sup>th</sup>–14<sup>th</sup>, 2016, GEOTest, Inc., Brno University of Technology, FCE Lednice: Czech Republic, p.326-332. ISBN 978-80-214-5338-8, ISSN 2464-4595.
- 18 **CIOBANU, N., BUȚANU, V., UNGUREANU, D., SECRIERU, N.** *SCADA system application in wastewater treatment plants,* În: Publicație tehnico-științifică și aplicativă

- ”Meridianul ingineresc”, ediția 4 – 2016, p. 53-57. ISSN 1683-853X, (Revista națională, categoria C).
- 19 CIOBANU, N. *Utilization of informational systems to optimize the wastewater treatment plants efficiency*. Actes du II<sup>ème</sup> Seminaire doctoral International Francophone ”De ma premiere communication vers ma premiere publication scientifique”, 02-04 novembre 2016, Chisinau :Republique de MOLDAVIE, p.42-49. ISBN 978-9975-110-65-5.
  - 20 GUILLERMO, S., ANIRUDDHA, D., BHATTACHARYYA, S.P. *New results on the synthesis of PID controllers*. In: IEEE Transactions on Automatic Control 47(2), March 2002. p.241–252.
  - 21 HENZE, M., HARREMOËS, P., La COUR JANSEN, J., ARVIN, E., *Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes*. 2nd ed., Springer-Verlag. Berlin: Heidelberg, 1997. 427p.
  - 22 HENZE, M., GUJER, W., MINO, T., VAN LOOSDRECHT, M.C.M. *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*. IWA Publishing: 2006, V.5. ISBN electronic: 9781780402369.
  - 23 HOLLOWAY, T.G. at al. *Procee stress in municipal wastewater treatment processes: A new model for monitoring resilience*. Published by Elsevier: Process Safety and Environmental Protection 132 (2019), p.169-181.
  - 24 MASOTTI, L. *Depurazione delle acque: Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*. Bologna: Ed. Calderini, 1987. 1143 p.
  - 25 METCALF and EDDY, *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse* (Fourth Edition). McGraw-Hill Higher Education: 2003. 1819 p.
  - 26 QIAO, W., MIZUMOTO, M. *PID type fuzzy controller and parameters adaptive method*. Fuzzy Set and Systems, nr. 78, p. 23–35, 1996.
  - 27 VISMARA, R. *Depurazione biologica: Teoria processi*. Milano: Ed.Ulrico Hoepli, 1988. 575 p.
  - 28 YAGER, R. R. *Fuzzy set and possibility theory. Recent development*. New York, Pergamon Press 1982. 633 p. ISBN 978-0080262949.
- \*\*\*\*
- 29 АСТРЕЛИН, И. и др. *Физико – химические методы очистки воды. Управление водными ресурсами*. Проект «Water Harmony», 2015.614с. ISBN 978-82-999978-0-5.
  - 30 БРАГИНСКИЙ, Л. Н. и др. *Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод*. Л.: Химия, 1980. 144 с.
  - 31 ЖУРМИНСКАЯ, О. *Оценка состояния биоценоза активного ила и создание базы данных экспертной системы*. Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора биологии. УДК: 574.635+628.35.034.2(478-25)+004.891, Кишинев, 2012. 189 стр.
- \*\*\*\*
- 32 HG nr.199 din 20.03.2014 *cu privire la aprobarea Strategiei de alimentare cu apă și sanitație (2014-2030)*. Publicat: 28.03.2014 în *Monitorul Oficial al Republicii Moldova* Nr. 72-77 art. 222, în vigoare după modificare: 24.07.20
  - 33 NCM G.03.02:2015 *Rețele și instalații exterioare de canalizare*. Ediție oficială a *Ministerului Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova*, Chișinău 2015.

## ADNOTARE

**CIOBANU Natalia**, *Aplicarea Sistemelor Informaționale în dirijarea și optimizarea stațiilor de epurare biologică a apelor uzate (SCADA)*, teză de doctor în științe inginerești, **Chișinău, 2021**

**Structura tezei:** adnotarea, introducerea, patru capitole, concluzii și recomandări, bibliografia (148 de titluri), 125 pagini text de bază, 56 figuri și 17 anexe. Rezultatele cercetării sunt publicate în 10 lucrări științifice.

**Cuvinte cheie:** ape uzate, nămol activ, epurare biologică, stație de epurare, modelare matematică, control automatizat, optimizare, eficientizare, tehnici de reglare, sistem SCADA, reguli fuzzy.

**Actualitatea temei** este elaborarea unui concept de gestionare automatizată al proceselor de epurare biologică cu nămol activ pentru diferite condiții de epurare, care să fie capabil să ia decizii în timp real.

**Scopul cercetării:** eficientizarea stațiilor de epurare biologică a apelor uzate prin implementarea unui sistem automatizat de dirijare și controlul proceselor de epurare cu nămol activ.

**Obiectivele cercetării:** efectuarea unei analize aprofundată a literaturii științifice disponibile la nivel internațional cu scopul de a implementa modelele matematice deja existente, care descriu procesul de epurare biologică cu nămol activ; analiza parametrilor tehnologici ai procesului de epurare biologică al apelor uzate și parametrilor de funcționare a instalațiilor în Stația de epurare a mun. Chișinău; analiza concepțiilor și structurilor de dirijare automatizată a proceselor de epurare, și recomandarea creării unei baze de date în perspectiva dezvoltării Sistemelor de Supraveghere, Control și Achiziție a Datelor (SCADA); propunerea implementării unui sistem de control și înregistrare a calității apei uzate la intrare și ieșire din proces privind gestionarea operațională, sistemul de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție, în special, a procesului de epurare biologică; elaborarea metodelor de reglare a procesului de epurare biologică conform parametrilor tehnologici din caietul de sarcini, care stau la baza proiectului de renovare a Stației de epurare biologică a apelor uzate din mun. Chișinău, ceea ce va reduce impactul negativ generat de procesele de epurare a apelor uzate asupra mediului înconjurător, creșterea gradului de protecție a mediului și sănătății oamenilor în conformitate cu *Strategia de alimentare cu apă și sanitație 2014 – 2030 din Republica Moldova*.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării** constă în aplicarea modelelor matematice eficiente, care să descrie procesul de epurare biologică a apelor uzate cu nămol activ, cu crearea unei baze de date și dezvoltarea unor strategii de control al funcționării instalațiilor, monitorizând parametrii proceselor de epurare printr-un sistem de măsurare, supraveghere, avertizare și intervenție, care va avea în vedere evaluarea sistematică a dinamicii caracteristicilor calitative ale poluanților (intrare – ieșire) dintr-o stație de epurare.

**Problema științifică importantă** constă în elaborarea unui concept nou de gestionare a proceselor de epurare biologică cu nămol activ pentru protecția mediului înconjurător, îndeosebi a celui acvatic, împotriva evacuărilor de ape uzate comunale provenite de la populație și industrie epurate mecano – biologic.

**Semnificația teoretică și valoarea aplicativă a tezei** constă în propunerea unor soluții tehnice în baza modelelor matematice a proceselor de epurare biologică a apei uzate: monitorizarea parametrilor de calitate ai apei uzate cu transmitere la distanță a datelor; elaborarea modelului de reglare al proceselor de epurare biologică cu utilizarea unei baze de reguli fuzzy; crearea sistemului de gestionare bazat pe optimizarea parametrilor tehnologici ai procesului de epurare biologică cu nămol activ; aplicarea sistemelor informaționale în dirijarea și eficientizare a stațiilor de epurare biologică cu nămol activ – SCADA.

**Implementarea rezultatelor științifice** s-au efectuat în cadrul Stației de epurare biologică a apelor uzate din mun. Chișinău, care stau la baza proiectului de renovare și modernizare a stației. Rezultatele obținute sunt un punct de pornire de noi teme de cercetare în domeniu. Diseminarea rezultatelor vor constitui obiectul comunicărilor științifice în conferințe, congrese, precum și expunerea acestora ca material didactic.

## АННОТАЦИЯ

**ЧОБАНУ Наталья**, *Применение информационных систем для управления и оптимизации станций биологической очистки сточных вод*, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, **Кишинев, 2021**

**Структура диссертации:** аннотация, введение, четыре главы, выводы и рекомендации, библиография (148 источника), 125 страниц основного текста, 56 рисунков и 17 приложений. Результаты исследований опубликованы в 10 научных работах.

**Ключевые слова:** сточные воды, активный ил, биологическая очистка, очистные сооружения, математическое моделирование, автоматизированное управление, оптимизация, эффективность, методы регулирования, система SCADA, правила fuzzy.

**Областью исследования** является разработка концепции автоматизированного управления процессами биологической очистки с активным илом для различных условий очистки, которая сможет принимать решения в режиме реального времени.

**Цель исследования:** улучшение эффективности биологических очистных сооружений путем внедрения автоматизированной системы управления и контроля процессов очистки с активным илом.

**Задачи исследования:** проведение анализа международной научной литературы с целью внедрения уже существующих математических моделей, описывающих процесс биологической очистки с активным илом; анализ технологических параметров процесса биологической очистки сточных вод и параметров работы установок на очистной станции мун. Кишинев; анализ концепций и структур автоматического управления процессами очистки, и рекомендации создания базы данных в перспективе развития систем наблюдения, контроля и сбора данных (SCADA); предложение внедрения системы контроля и регистрации качества сточных вод при входе и выходе из процесса оперативного управления, системы измерения, мониторинга, предупреждения и вмешательства, в частности, процесса биологической очистки; разработка методов регулирования процесса биологической очистки в соответствии с техническим заданием параметров, которые лежат в основе проекта по реконструкции биологической очистной станции мун. Кишинев, что позволит снизить негативное влияние, вызванное процессами очистки сточных вод на окружающую среду, повысить степень защиты окружающей среды и здоровья людей в соответствии со *Стратегией водоснабжения и санитарии 2014 – 2030 в Республике Молдова*.

**Научная новизна и оригинальность** работы заключается в применении эффективных математических моделей, описывающих процесс биологической очистки сточных вод с активным илом, с созданием базы данных и разработкой стратегий контроля функционирования сооружений, контролируемых параметры процессов очистки с помощью системы измерения, наблюдения, предупреждения и вмешательства, которая будет учитывать систематическую оценку динамики качественных характеристик загрязняющих веществ (вход - выход) на очистной станции.

**Важность научной проблемы** заключается в разработке новой концепции управления биологическими процессами очистки с активным илом для защиты окружающей среды, особенно водной, от сбросов коммунальных сточных вод, поступающих от населения и промышленности, обрабатываемых механически – биологическим методом.

**Теоретическая значимость исследования** была достигнута путем предложения следующих технических решений на основе математических моделей процессов биологической очистки сточных вод: мониторинг параметров качества сточных вод с дистанционной передачей данных; разработка модели регулирования биологических процессов очистки с использованием нечеткой базы правил; создание системы управления, основанной на оптимизации технологических параметров процесса биологической очистки с активным илом, которая имеет особую важность для создания очистных сооружений с искусственным интеллектом, что создаст возможность принимать решения в режиме реального времени путем внедрения соответствующих математических моделей; применения информационных систем в управлении и эффективности установок биологических очистных станций с активным илом – SCADA.

**Внедрение научных результатов** было проведено в рамках станции биологической очистки сточных вод мун. Кишинев, являющийся основой проекта по реконструкции и модернизации станции. Полученные результаты послужат отправной точкой новых тем исследования в этой области. Распространение результатов будет предметом научных коммуникаций на конференциях, конгрессах, а также их представление в качестве учебного материала.

## ANNOTATION

**CIOBANU Natalia**, *Application of informational systems in the operation and optimization of biological wastewater treatment plants (SCADA)*, PhD thesis in engineering sciences, **Chisinau, 2021**

**Thesis structure:** annotation, introduction, four chapters, conclusions and recommendations, bibliography (148 titles), 125 basic text pages, 56 figures and 17 appendices. The research results are published in 10 scientific papers.

**Key words:** wastewater, active sludge, biological treatment, treatment plant, mathematical modeling, automated control, optimization, adjustment techniques, SCADA system, fuzzy rules.

**Actuality of the research** is the development of a concept for automated control of biological treatment processes with activated sludge in different treatment conditions, which will enable making decisions in real time.

**Aim of the research:** improvement of biological wastewater treatment plants by implementing an automated system to manage and keep under control activated sludge treatment processes.

**Objectives of the research:** to make a comprehensive and thorough analysis of the scientific literature available internationally in order to implement the existing mathematical models that describe the process of biological treatment with activated sludge; to analyse the technological parameters of the biological wastewater treatment process and the operating parameters of the facilities in the Chisinau wastewater treatment plant; to analyse the concept and structures of automatic management of the treatment process, and to provide recommendations on the creation of a database aimed at the development of the Supervision, Control and Acquisition Data Systems (SCADA); to propose the implementation of a system that will control and record the quality of wastewater at the input and output from the process, taking into account the operational management, the system of measurement, the monitoring, warning and intervention, and especially, the process of biological treatment; to develop methods that will regulate the process of biological treatment in compliance with the technological parameters outlined in the specifications that underlie the project aimed at the renovation of the Chisinau Biological Wastewater Treatment Plant, which will reduce the negative impact generated by wastewater treatment process, increasing the degree of environmental protection and human health in accordance with the *Water Supply and Sanitation Strategy of the Republic of Moldova for 2014-2030*;

**Scientific novelty and originality of the research** consists in the application of effective mathematical models, describing the process of biological wastewater treatment with activated sludge, providing for the creation of a database and the development of strategies to control the operation of facilities, monitoring the parameters of the treatment process through a system for measuring, monitoring, warning and intervention, which will take into account the systematic assessment of the dynamics of the qualitative characteristics of the pollutants (input – output) from a wastewater treatment plant.

**The present research provides solutions to the scientific problem** related in the implementing of a new concept for the management of biological treatment processes with activated sludge to protect the environment, especially the aquatic environment, in particular, discharges of consumer and industrial wastewater through mechanical-biological treatment method.

**Theoretical significance and applicative value of the thesis** has been achieved by providing the following technical solutions based on mathematical models of biological wastewater treatment processes: monitoring the quality parameters of wastewater, ensuring remote data transmission; a model regulating the process of biological treatment, using a set of fuzzy rules has been developed; a management system has been created based on the optimization of technological parameters of the process of biological treatment with activated sludge; application of informational systems in the operation and optimization of biological wastewater treatment plants – SCADA.

**The implementation of scientific results** was carried out at the Chisinau Biological Wastewater Treatment Plant, which was at the basis of the project aimed at the renovation and modernization of the station. The results obtained are a starting point for new research in the field. The results of the research will be disseminated in the form of scientific presentations in conferences, congresses, and teaching material.



**CIOBANU NATALIA**

**APLICAREA SISTEMELOR INFORMAȚIONALE ÎN  
DIRIJAREA ȘI OPTIMIZAREA STAȚIILOR DE EPURARE  
BIOLOGICĂ A APELOR UZATE (SCADA)**

**Specialitatea 211.03 – Rețele ingineresti în construcții**

**Rezumatul tezei de doctor în științe ingineresti**

---

Aprobat spre tipar: 16.03.2021

Hârtie ofset. Tipar ofset.

Coli de tipar.: 2,0

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Tirajul ex. 50

Comanda nr. 23

---

UTM, 2021, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168  
Editura „Tehnică UTM”,  
MD 2045, mun. Chișinău, str. Studenților 9/9

@ UTM 2021