



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**OPTIMIZAREA PROCESELOR DE EPURARE A  
APELOR UZATE PRIN APLICAREA SISTEMELOR  
AUTOMATIZATE**

**Masterand:**

**ANDRIEȘ Anatolie**

**Conducător:**

**CHETRARI Natalia**

Doctor în științe inginerești,

Conferențiară universitară

**CHIȘINĂU, 2025**

## ADNOTAREA

**ANDRIEȘ Anatolie**, Optimizarea proceselor de epurare a apelor uzate prin aplicarea sistemelor automatizate, teză de master în științe inginerești, Chișinău, 2025

**Structura tezei:** adnotarea, introducerea, patru capitole, concluzii și recomandări, bibliografia (19 titluri), 40 pagini text de bază, 12 figuri.

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

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

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

**Obiectivele cercetării:** efectuarea unei analize a literaturii științifice disponibile la nivel internațional cu scopul de a implementa modelele matematice deja existente, care descriu procesul de epurare; analiza parametrilor tehnologici ai procesului de epurare a apelor uzate și parametrilor de funcționare a instalațiilor în Stația de epurare a mun. Chișinău și mun. Cahul; 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; elaborarea metodelor de reglare a procesului de epurare biologică și mecanică conform parametrilor tehnologici din caietul de sarcini, care stau la baza proiectului de renovare a Stației de epurare a apelor uzate din mun. Chișinău și mun. Cahul, 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 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 de gestionare a proceselor de epurare 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; crearea sistemului de gestionare bazat pe optimizarea parametrilor tehnologici ai procesului de epurare; aplicarea sistemelor informaționale în dirijarea și eficientizare a stațiilor de epurare – SCADA.

## ANNOTATION

**ANDRIES Anatolie**, Optimization of wastewater treatment processes through the application of automated systems, thesis in engineering sciences, **Chisinau, 2025**

**Thesis structure:** annotation, introduction, four chapters, conclusions and recommendations, bibliography (19 titles), 40 basic text pages, 12 figures.

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

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

**Aim of the research:** improvement of 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; to analyse the technological parameters of wastewater treatment process and the operating parameters of the facilities in the Chisinau wastewater treatment plant; and Cahul wastewater treatment plan 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 wastewater treatment plan; to develop methods that will regulate the process of biological and mechanical treatment in compliance with the technological parameters outlined in the specifications that underlie the project aimed at the renovation of the Chisinau and Cahul 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 wastewater treatment, 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 treatment processes 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 wastewater treatment processes: monitoring the quality parameters of wastewater, ensuring remote data transmission; a model regulating the process of treatment, a management system has been created based on the

optimization of technological parameters of the process of treatment; application of informational systems in the operation and optimization of biological wastewater treatment plants – SCADA.

## CUPRINS

<b>LISTA ABREVIERILOR .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCERE .....</b>	<b>10</b>
<b>1.ASPECTE GENERALE PRIVIND EPURAREA APELOR UZATE.....</b>	<b>12</b>
1.1.Considerații generale privind epurarea apelor uzate orășenești.....	12
1.2.Reglementările actuale din domeniul epurării apelor uzate orășenești.....	13
1.3.Procese și procedee de epurare a apelor uzate.....	14
1.3.1. Procese caracteristice epurării apelor uzate.....	14
1.3.2. Procedee de epurare .....	16
1.4.Stadiul actual în modelarea proceselor de epurare a apelor uzate.....	18
1.5.Stadiul actual în controlul proceselor de epurare a apelor uzate.....	20
1.6.Stadiul actual privind controlul procesele de epurare a apelor uzate în stațiile de epurare din Republica Moldova. ....	21
<b>2. METODE DE MODELARE ȘI CONTROL A PROCESELOR DE EPURARE A APELOR UZATE LA STAȚIILE DE EPURARE. ....</b>	<b>27</b>
2.1. Modele matematice ale proceselor de epurare a apelor uzate .....	27
2.1.1. Modele matematice pentru îndepărtarea MS – materiilor în suspensie.....	27
2.1.2. Modele matematice pentru îndepărtarea materiei organice – CBO.....	36
2.1.3. Modele matematice pentru îndepărtarea biologică a azotului .....	36
2.1.4. Modele matematice pentru îndepărtarea biologică a fosforului.....	39
<b>3. OPTIMIZAREA PROCESELOR DE EPURARE A APELOR UZATE.....</b>	<b>41</b>
3.1. Strataegii de optimizare și monitorizare a stațiilor de epurare .....	41
3.2. Sistem SCADA pentru monitorizarea unui complex de epurare a apelor uzate .....	44
3.3. Interfața SCADA epurare mecanică .....	44
3.4. Interfața SCADA epurare biologică .....	46
<b>4. APLICAREA SISTEMELOR AUTOMATIZATE PENTRU OPTIMIZAREA PROCESELOR DE OPERARE. ....</b>	<b>48</b>
4.1. Modernizarea stațiilor de epurare a mun. Chișinău și mun. Cahul .....	48
4.2. Sistemul SCADA pentru SE mun. Chișinău .....	49
4.3. Sistemul SCADA pentru SE mun. Cahul .....	45
4.4. Elaborarea conexiunii bazei de date SCADA cu sistemul informațional .....	50
<b>CONCLUZII .....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>54</b>

## INTRODUCERE

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

*Mediul înconjurător* 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. Epurarea apelor uzate dintr-o localitate sau din procese industriale este fundamentală pentru a păstra resursele naturale de apă (râuri, lacuri și mări), pe cât posibil, la o calitate înaltă. Nu doar din punct de vedere al mediului, dar, de asemenea, ca urmare a reglementărilor sociale mai restrictive, gestionarea corectă a instalațiilor și proceselor de epurare a apelor uzate au devenit foarte importante în timpul ultimilor 20 de ani. De aceea, astăzi, avem nevoie de sisteme din ce în ce mai avansate, care să producă un efluent de calitate superioară conform **Directivei Europene 91/271/EEC din 21 mai 1991** privind epurarea apelor uzate urbane și **Hotărârii Guvernului din Republica Moldova nr. 950 din 25 noiembrie 2013** privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și în corpurile de apă/emisari pentru localitățile urbane și rurale. Ambele documente au ca scop protejarea mediului împotriva deteriorării datorate evacuărilor de ape uzate fără respectarea normelor de calitate și de securitate.

**Scopul** cercetării constau în eficientizarea proceselor de epurare cu nămol activ și a operării stațiilor de epurare biologică a apelor uzate prin implementarea unui sistem automatizat de gestionare și control pentru diferite condiții de operare.

Tradițional, schemele tehnologice ale stațiilor de epurare a apelor uzate orășenești provenite din localitățile dotate cu sisteme centralizate de canalizare, conțin două fuxuri distincte: fluxul apelor uzate și fluxul nămolurilor formate în procesele de epurare a apelor uzate.

Modelarea matematică implică o abstractizare a proceselor, care sunt folosite pentru predicția influentului, pentru estimarea activităților biomasei sau pentru estimarea parametrilor de calitate ai efluentului.

International Water Association (IWA) a dezvoltat mai multe modele pentru epurarea apelor uzate cu nămol activ (ASM), care descriu cineticele proceselor biologice pentru eliminarea carbonului, azotului și fosforului, care pot fi considerate ca modele de referință.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării** a constat în aplicarea modelelor matematice eficiente, care să descrie procesul de epurare a apelor uzate, 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** este 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 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; crearea sistemului de gestionare bazat pe optimizarea parametrilor tehnologici ai procesului de epurare, care are potențialul deosebit pentru stațiile de epurare de capabil să ia decizii în timp real prin implementarea modelelor matematice adecvate; aplicarea Sistemelor informaționale în dirijarea și optimizarea stațiilor de epurare – SCADA.

**Concluziile finale și recomandările** oferă o sinteză a deducțiilor și rezultatelor obținute în cadrul prezentei cercetări, unde își propun să aducă noi informații utile operatorilor din stațiile de epurare a apelor uzate prin implementarea a unor modele matematice noi, și dezvoltarea unor strategii de control bazate pe control avansat cuplat cu optimizarea, pentru a reduce din costurile de operare și îmbunătățirea calității efluentului

## BIBLIOGRAFIE

1. HG nr.802 din 09.10.2013 Regulament privind condițiile de deversare a apelor uzate în corpurile de apă modificata prin HG nr. 862 din 08.10.2014. Publicat: 31.10.2014 în Monitorul Oficial al Republicii Moldova Nr. 325-332 art. 946, în vigoare după modificare: 31.10.2014.
2. HG nr. 950 din 25.11.13 Regulamentul privind cerințele de colectare, epurare și deversare ape uzate în sistemul de canalizare și/sau în corpurile de apă pentru localitățile urbane și rurale. Publicat: 13.03.2020 în Monitorul Oficial al Republicii Moldova Nr. 75-83 art. 219, în vigoare după modificare: 13.03.2020.
3. Ordinul nr.40 din 18.02.2005 cu privire la aprobarea Regulamentului-cadru privind recepționarea apelor uzate, eliberarea condițiilor tehnice și autorizațiilor de deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare al localităților. Publicat: 08.04.2005 în Monitorul Oficial al Republicii Moldova Nr. 55-58 art. Nr: 184.
4. Directiva Consiliului 91/271/EEC din 21.05.1991 privind tratarea apelor urbane reziduale. Publicat: în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 135, 30.05.1991, p.40. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:01991L0271-20081211&from=EN>
5. Directiva Consiliului 86/278/EEC din 12.06.1986 privind protecția mediului, în special a solului, atunci când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură. Publicat: în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene 15/vol.1. p.191. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:31986L0278&from=RO>
6. Legea 227/2022 din Republica Moldova:
7. HENZE M., W. GUJER, T. MINO and M. VAN LOOSEDRECHT, 2000, Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3, *IWA Publishing*.
8. JONES, G.L., 1978, A mathematical model for bacterial growth and substrate utilisation in the activated sludge process, in A. JAMES (Eds.) *Mathematical models in water pollution control*, John Willey and Sons, New york.
9. OGNEAN, T. și LYDIA-MARIA VAICUM, 1987, Modelarea proceselor de epurare biologică, Ed. Acad. R.S.R., București.
10. VAICUM LYDIA-MARIA, 1981, Epurarea apelor cu namol activ. Bazele biochimice, Ed. Acad. R.S.R., București.
11. CIOBANU NATALIA, 2021, Aplicarea sistemelor informatice în dirijarea și optimizarea stațiilor de epurare biologică a apelor uzate. Teza de doctor.
12. DIMA, M., *Epurarea apelor uzate urbane*. Iași: Editura Junimea 1998.
13. NEGRESCU, M., SECARĂ, E. *Exploatarea instalațiilor de epurare a apelor uzate*. Craiova: Editura Tehnică, 2009.
14. ROBESCU, D. *Controlul automat al proceselor de epurare a apelor uzate*. București: Editura Tehnică, 2008.
15. ROBESCU, D. *Modelarea proceselor biologice de epurare a apelor uzate*. București: Editura Politehnică 2009.



16. METCALF and EDDY, Wastwater Engineering. Tratment and Reus. Hill Higher Eucation:2003.
17. SCADA system for wastewater tratament plant and parameters of the water trataments tehcnological process. In: <http://www.cm-bg.eu/articleen-143.html>.
18. Sistemul de automatizare și SCADA pentru stația de epurare Husi. In: <http://www.syscom.ro/newsDetails.asp?ID=198>
19. Fezability Study Volume I – Water Supply and Sanitation in Rayon Cahul.