



Universitatea Tehnică a Moldovei

**EFICIENTIZAREA EPURĂRII APELOR UZATE CONCENTRATE
ÎN SUBSTANȚE ORGANICE ÎN VEDEREA REDUCERII
CONSUMULUI DE ENERGIE**

Masterand:

CHIORU Valeriu

Conducător:

IONEȚ Ion

conf. univ., dr.

Chișinău – 2025

ADNOTARE

CHIORU Valeriu, ” Eficientizarea epurării apelor uzate concentrate în substanțe organice în vederea reducerii consumului de energie”, teză de master, Chișinău, 2025.

Teza de master conține 5 capitole, concluzii, 36 surse bibliografice, descrisă în 59 pagini, inclusiv 9 tabele și 23 figuri

Cuvinte chee: ape uzate concentrat; epurare ape uzate; epurare biologică anaerobă; fermentare anaerobă; bioreactoare anaerobe.

Domeniul de cercetare: Cercetarea modalităților de eficientizare aepurării apelor uzate concentrat în substanțe organice prin metoda anaerobă cu reducerea consumului de energie.

Obiectivele cercetării: examinarea și selectarea tehnologiilor moderne de epurare a apelor uzate concentrat în substanțe organice, cu valoarea lui CBO₅ cu peste 1000 mgO₂/l, pentru care epurarea aerobă este costisitoare din punct de vedere energetic: analiza tehnologiilor moderne care duc la eficientizarea procesului de epurare; compararea proceselor de fermentare aerobe cu cele anaerobe; descrierea procesului de fermentare anaerobă; scheme tehnologice și instalatii de epurare anaerobă a apelor uzate industriale cu studierea aspectelor tehnico-economice.

Metodele aplicate la realizarea cercetării: Pentru realizarea obiectivelor propuse au fost aplicate metode privind studiul tehnologiilor de epurare a apelor uzate concentrat în substanțe organice prin epurarea/fermentarea biologică anaerobă, care are un consum redus de energie și un potențial de regenerare a energiei datorită bioconversiei compușilor organici din apele uzate în biogaz; principiul fermentării anaerobe și bioconversiei în gaz; analiza calitativă și comparativă din punct de vedere energetic a apurării aerobe cu consum de energie și epurării/fermentării anaerobe cu regenerare de energie; cercetarea documentară prin care s-a examinat un ansamblu de publicații, studii, cercetări care au reflectat direct problema dată de cercetare.

Rezultatele concrete obținute care contribuie la soluționarea problemei de cercetare

Cercetarea modalităților de eficientizare a epurării apelor uzate concentrat prin identificarea tehnologiilor de epurare anaerobă cu bioconversia substanțelor organice în biogaz, analiza instalatiilor de fermentare anaerobă și particularitățile de utilizare a acestora pentru diferite categorii de ape uzate concentrat.

Sumarul lucrării. Structural, lucrarea conține introducere, 5 capitole și concluzii.

În *introducere* sunt analizate actualitate temei, obiectivele generale, metodologia de cercetare și rezultatele obținute. *Capitolul 1* include caracteristicile apelor uzate formate în urma proceselor tehnologice din diferite ramuri agroindustriale. *Capitolul 2*, descrie procesele de epurare a apelor uzate, iar *Capitolul 3*, procedeele și tehnologiile de intensificare a procesului de epurare. *Capitolul 4* studiază caracteristicile bioreactoarelor anaerobe, cu descrierea în *capitolul 5* a tehnologiilor de epurare anaerobă a apelor uzate concentrat în substanțe organice.

ANNOTATION

CHIORU Valeriu, "Efficiency of wastewater treatment concentrated in organic substances in order to reduce energy consumption", master's thesis, Chisinau, 2024.

The master's thesis contains 5 chapters, conclusions, 36 bibliographic sources, described in 59 pages, including 9 tables and 23 figures

Keywords: concentrated wastewater; wastewater treatment; anaerobic biological purification; anaerobic fermentation; anaerobic bioreactors.

The objectives of the research: the examination and selection of modern technologies for the purification of wastewater concentrated in organic substances, with the value of CBO5 over 1000 mgO2/l, for which aerobic purification is expensive from an energetic point of view: the analysis of modern technologies that lead to the efficiency of the purification process ; comparing aerobic and anaerobic fermentation processes; description of the anaerobic fermentation process; technological schemes and installations for anaerobic treatment of industrial wastewater with the study of technical-economic aspects.

The methods applied to carry out the research: In order to achieve the proposed objectives, methods were applied regarding the study of waste water purification technologies concentrated in organic substances through anaerobic biological purification/fermentation, which has a low energy consumption and a potential for energy regeneration due to the bioconversion of the compounds organics from wastewater in biogas; the principle of anaerobic fermentation and gas bioconversion; qualitative and comparative analysis from the energy point of view of aerobic purification with energy consumption and anaerobic purification/fermentation with energy regeneration; the documentary research through which a set of publications, studies, researches that directly reflected the problem given by the research was examined.

The concrete results obtained that contribute to solving the research problem

Researching ways to improve the efficiency of concentrated wastewater treatment by identifying anaerobic treatment technologies with the bioconversion of organic substances into biogas, analyzing anaerobic fermentation installations and the particularities of their use for different categories of VW.

Summary of the paper. Structurally, the work contains an introduction, 5 chapters and conclusions.

In the introduction, the topicality of the topic, the general objectives, the research methodology and the obtained results are analyzed. Chapter 1 includes the characteristics of waste water formed as a result of technological processes in various agro-industrial branches. Chapter 2 describes the wastewater treatment processes, and Chapter 3, the procedures and technologies for intensification of the treatment process. Chapter 4 studies the characteristics of anaerobic bioreactors, with the description in chapter 5 of technologies for anaerobic purification of wastewater concentrated in organic substances.

CUPRINS

REZUMAT.....	5
SUMMARY.....	6
ÎNTRUDUCERE.....	5
1. COMPONENTA ȘI CARACTERISTICA APELOR UZATE.....	
1.1 Indicatorii gradului de poluare a apelor uzate (caracteristici cantitative)	
1.2 Apele uzate rezultate din Industria Alimetrică	
1.2.1 Caracteristica apelor uzate provenite de la unele ramuri din industria agroalimentară	
2. PROCEDEE DE EPURARE A APELOR UZATE	
2.1 Descrierea procesului de epurare a apelor uzate	
2.2 Epurarea biologică aerobă	
2.3 Epurarea/fermentarea anaerobă a apelor uzate concentrate	
2.4 Compararea metodelor de epurare biologică aerobă și anaerobă	
3. PROCEDEE ȘI TEHNOLOGII DE INTENSIFICARE A PROCESULUI DE EPURARE A APELOR UZATE	
3.1 Procedee și tehnologii de intensificare a procesului de epurare mecanică a apelor uzate.....	
3.2 Procedee și tehnologii de intensificare a procesului de epurare biologică a apelor uzate.....	
4. CARACTERISTICA BIOREACTOARELOR DE FERMENTARE/EPURARE ANAEROBĂ	
4.1 Descrierea instalațiilor de epurare anaerobă.....	
4.1.1 Reactoare cu biomasa suspendată	
4.1.2 Reactoare cu biomasa fixată	
4.1.3 Reactoare mixte	
5. TEHNOLOGII DE EPURARE A APELOR UZATE CONCENTRATE ÎN SUBSTANȚE ORGANICE ÎN CONDIȚII ANAEROBE.....	
5.1 Tehnologii de epurare anaerobă a apelor uzate din industria carniilor	
5.2. Tehnologii de epurare anaerobă a apelor uzate din industria berii.....	
5.3 Tehnologii de epurare anaerobă a apelor uzate de la fabricile de hârtie	
5.4 Tehnologie mixtă de epurare a apelor uzate industriale concentrate.....	
5.5 Tehnologia de epurare anaerobă cu postepurarea aerobă în bazin de aerare cu nămol activ și bioreactor cu membrană	
Concluzii	
Bibliografie.....	7

Întroducere

Progresul civilizației, ritmul tot mai ridicat se urbanizare, creșterea și diversificarea confortului populației reprezintă cauzele majore care duc la sporirea volumelor de ape uzate rezultate, care la rândul lor necesită o tratare/epurare ulterioară. Standardele impun epurarea lor la momentul deversării în emisar.

Majoritatea activităților economice necesită folosirea resurselor naturale, lăsându-și, în mod inevitabil, amprenta asupra ecosistemele terestre. Folosirea în exces a resurselor naturale a dus la situația în care multe ecosisteme nu se mai pot reface sau susține și cei care pierd sunt tot oamenii care se bazează pe ele.

În procesul unei dezvoltări durabile, atât la nivel național, cât și internațional, problema gospodăririi resurselor de apă ocupă un loc major, ținându-se cont că apa, considerată mult timp ca o resursă inepuizabilă și regenerabilă, a devenit și se dovedește tot mai evident unul dintre factorii limitativi în dezvoltarea socioeconomică.

Ca principal factor de mediu și vector major de propagare a poluării la nivel local și transfrontalier, ca resursă vitală a suportului vieții, apa a cunoscut o serie de etape din punct de vedere a organizării managementului propriu.

Principala dimensiune a apei este calitatea, care constituie în prezent un obiectiv major în gospodărirea apelor, la care activitatea de monitoring are un rol determinant, reprezentând instrumentul de bază în dezvoltarea politicilor de apă, asigurarea managementului aferent.

Apa este un factor important în echilibrele ecologice, iar poluarea acesteia este o problema actuală cu consecințe mai mult sau mai puțin grave asupra populației.

Sub efectul schimbării demografice și a creșterii economice, apa este tot mai mult extrasă, utilizată, reutilizată, tratată și aruncată.

Reprezentând o activitate de bază în gospodărirea integrată a apelor, monitoringul calității acestora a devenit în prezent un instrument indispensabil evaluărilor spațio-temporare privitoare la tendințele de evoluție a concentrațiilor și încărcărilor de poluanți, a celor legate de încadrarea în criterii și obiective de calitate, amortizarea poluărilor accidentale la nivel local și regional, cât și în contextual transfrontier.

Epurarea apelor uzate are ca obiectiv principal îndepărtarea din apele uzate a substanțelor în suspensie, a substanțelor toxice, microorganismelor, în scopul protecției mediului. Aceasta se realizează în stații de epurare, ce reprezintă ansamblul de construcții și instalații, în care apele de canalizare sunt supuse proceselor tehnologice de epurare, prin care calitatea lor se modifică, astfel încât să îndeplinească condițiile prescrise de primire în emisar și de îndepărtare a substanțelor reținute de aceste ape.

Exploatarea stațiilor de epurare se reflectă în costul epurării apei ($1\text{ lei}/\text{m}^3$ apă epurată), în condițiile în care se realizează integral indicii stabiliți, conform normelor în vigoare pentru primirea apelor uzate în receptor.

Urbanismul, agricultura, industria și schimbările climatice exercită o presiune crescândă în același timp asupra cantității și calității resurselor noastre hidrice.

Poluarea apei este în creștere la nivel mondial și, în fiecare zi, circa două milioane de tone de deșeurii sunt aruncate în riuri, fluvii, lacuri și mări. În țările în curs de dezvoltare, nu mai puțin de 70 la sută din deșeurile industriale sunt deversate în ape fără să fie tratate, poluând sever resursele de apă potabilă. Creșterea poluării contribuie la reducerea accesului la apa curată în lume, afectează sănătatea umană și ecosistemele atât cele terestre, cât și maritime.

Scopul tezei constă în analiza literaturii de specialitate, privind tehnologiile moderne de eficientizare a epurării apelor uzate la diferite etape de epurare care duc la reducerea consumului de energie utilizată în procesul tehnologic. O deosebită atenție s-a atras la epurarea apelor uzate concentrate în substanțe organice, cu valoarea lui CBO_5 cu mult peste $1000 \text{ mgO}_2/\text{l}$, pentru care epurarea aerobă este costisitoare din punct de vedere energetic, pentru care, o tehnologie avantajoasă de epurare ar fi epurarea anaerobă, care în prezent se utilizează pe larg în procesul de tratare a nămolurilor rezultate din stațiile de epurare a apelor uzate.

Pentru atingerea scopului propus au fost formulate **următoarele obiective** obținute din analiza literaturii de specialitate:

- analiza tehnologiilor moderne care duc la eficientizarea procesului de epurare;
- compararea proceselor de fermentare aerobe cu cele anaerobe;
- descrierea procesului de fermentare anaerobă;
- prezentarea instalațiilor moderne de epurare anaerobă cu obținerea biogazului, sursă regenerabilă de energie;
- aplicarea instalațiilor de epurare anaerobă în diferite scheme tehnologice de epurare a apelor uzate concentrate în substanțe organice.

Bibliografie

1. Anaerobic treatment of recycled paper mill effluent with the Internal Circulation reactor. 6th IAWQ
2. Bischofsberger W., Dichtl N. Anaerobtechnik, Springer Verlag Berlin, 2004
3. Dr.-Ing. F.-W. Bolle Dipl.-Ing. Roland Lange Analyse der Energieeinspar- und Energieoptimierungspotenziale in der industriellen Abwasserreinigung (EnerIndus), decembrie 2011, pag.19
4. Finstein, M.S., Zadik, Y., Marshall, A.T., Brody, D. (2004). "The ArrowBio Process for Mixed Municipal Solid Waste – Responses to "Requests for Information"" (PDF). In Papadimitriou, E.K., Stentiford, E.I. *Biodegradable and Residual Waste Management*. 1st UK Conference and Exhibition on Biodegradable and Residual Waste Management, February 18–19, 2004, Harrogate, UK. Leeds: CalRecovery Europe Ltd. pp. 407–413. ISBN 0-9544708-1-8.
5. Howard, J. R. *Fluidized Bed Technology: Principles and Applications*. New York, NY: Adam Higler, 1989.
6. Lettinga, G., L.W. Hulshoff-Pol, and G. Zeeman, Lecture notes: Biological Wastewater
7. Luczyszy J., Maslon A., Tomaszek J.A. Anaerobowe oczyszczanie sciekow. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, 2011, Nr. 276. Budownictwo: Inzynieria Srodowiska, z.58 (4/11).
8. METCALF & EDDY, Inc., Wastewater Engineering-Treatment and ReuseMcGrawHill, NY, USA, 2002.
9. McInerney M.J. Biology of anaerobic microorganisms. A. Zehnder ed.-New-York:Wiley & Sons Publ. Inc.-1988 p.373-415
10. Mihai Dima, Epurarea apelor uzate urbane Editura Tehnopress Iasi, 2005
11. Proc.Int.Course on Anaerobic Waste Water Treatment, 25.07-03.08.90. Ed. Agricultural University, Wageningen (Holland). 12.
12. Proc. 6th Biogas Computer Conference (26.11-17.12.1987). Stockholm. 1988.
13. Robescu D., Robescu Diana, Băran Gh., - Epurarea apelor uzate, Editura Bren, București 2000
14. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries , August 2006 15.
15. Revista de informatii si oferte in constructii 100% construct
16. Stronach S.M., Rudd T., Lester J.N Anaerobic digestion processes in industrial wastewater treatment. Berlin, Heidelberg, N.4, Tokyo:Springer-Verlag, 1986 p.18426. Trambouze, P., & Euzen, J. *Chemical Reactors: From Design to Operation*. (R. Bononno, Trans.). Paris: Editions Technip, 2004
17. Treatment; Part I Anaerobic Wastewater Treatment. 1999, Wageningen University and Research: Wageningen, The Netherlands. 18.

- Tilley E., Ulrich L., Lüthi, C., Reymond, Ph., Zurbrügg, C. (2014) *Compendium of Sanitation Systems and Technologies - (2nd Revised Edition)*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Duebendorf, Switzerland. ISBN 978-3-906484-57-0.
19. Ungureanu, D., Ioneț I. Epurarea reziduurilor lichide provenite de la fabricarea alcoolului prin fermentare-distilare-rectificare. În culegerea dev articole "Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului", V. II, Chișinău, 2016
20. Варфоломеев С.Д., Калюжный С. В., Биотехнология. Кинетические основы микробиологических процессов 1990 p.297 21.
- Калыгин В.Г. "Промышленная экология. Курс лекций." 22.
- Симанькова М.В., Ножевникова А. Н. Прикл биохим микробиолу-1990; 23.
- Унгуреану Д., Ионец И. Анаэробная обработка сточных вод с помощью прикрепленной микрофлорой. Биотехнодогия, 1990, N. 2. С 48-50
24. <http://www.aquadp.ro/epurarea-biologica-a-apelor-uzate/>
25. <http://www.ebsbiowizard.com/2011/08/aerobic-vs-anaerobic-treatment-in-wastewater-systems-part-2-2/>
26. http://www.gazecos.ru/scheme_biogas.html 27.
- <http://gardenweb.ru/biologicheskaya-ochistka-proizvodstvennykh-stochnykh-vod> 28.
- <http://hydrotech-engineering.ru/ro-epurarea-apelor-uzate-industriale.php.htm>
29. <http://septikland.ru/septiki/sistemy-ochistki-stochnyh-vod.html> 11.
- www.energy.ca.gov/biomass/anaerobic.html 30.
- www.ewisa.co.za
31. www.patcezca.net/jurek.Pages/Papers/AnaerobicvsAerobicTreatment.pdf
32. <http://www.wall-street.ro/articol/Economie/111107/P-Biotehnoologii-e-O-solutie-eficienta-pentru-epurarea-apelor-uzate.html>
33. <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-8> 34.
- [http://www.zubstom.ru/docs/index-14639.html?page=24.](http://www.zubstom.ru/docs/index-14639.html?page=24)
35. <http://www.nikolicivasilie.ro/lucrari-stiintifice/Biogaz%20curs.pdf>
36. <https://www.uoradea.ro/display7289>