

Invenția se referă la tratarea și deshidratarea sedimentelor cu conținut de substanțe organice, provenite din apele reziduale, și anume nămol activ și sediment primar. Invenția poate fi aplicată la stațiile de epurare biologică a apelor de canalizare comună, precum și a apelor reziduale provenite de la fermele zootehnice și întreprinderile de prelucrare a produselor alimentare - carne, lapte, sucuri. Concentratul de substanțe organice obținut în rezultatul operațiunilor de separare poate fi utilizat în calitate de fertilizant și/sau agent de condiționare a solurilor epuizate.

Apele reziduale conțin o serie de substanțe organice atât solubile, cât și insolubile aflate în suspensie și care, ajungând la etapa de separare la stația de epurare biologică, din cauza volumului lor mare și a stabilității particulelor în suspensie, supraîncarcă utilajul, procesul de deshidratare devenind mult mai dificil. Sistemul coloidal menține în straturile sale până la 97...99,5% de apă. Totodată, în urma descompunerii compușilor organici ușor degradabili în mediul puternic reducător se produc compuși ai sulfului și azotului cu miros neplăcut.

Procedeele de tratare (deshidratare) a reziduurilor solide organice necesită circa 80% din mijloacele economice necesare pentru epurarea apei. Etapa de deshidratare și digestie microbiologică este de lungă durată și necesită terenuri întinse și recipiente speciale destinate stocării îndelungate a reziduurilor, rezistente la factorii de mediu nefavorabili.

Este cunoscut procedeele și sistemul de prelucrare a deșeurilor provenite din sectorul zootehnic bazate pe procedee de separare a solidelor de apă, utilizând sistemele de filtrare de tip container geotextil, unde, în cadrul acestui proces, deșeurile solide se concentrează și digeră [1]. Ulterior, după dezinfectare, sedimentul poate fi folosit în calitate de îngrășământ sau adaos pentru ameliorarea solurilor. Procesul de separare/deshidratare și digerează durează circa două luni. Dezavantajul acestui procedeu constă în timpul îndelungat al procesului de separare și necesitatea unor mari capacități pentru stocarea deșeurilor.

Este cunoscut, de asemenea, procedeele de tratare a nămolului rezidual cu amestec de floclant, produs în urma activității bacteriilor *Proteus mirabilis* și cu un alt floclant, compus din săruri de metale polivalente [2]. Procedeele utilizează în mod programat diverse modalități de combinare a celor doi floclanți. Dezavantajul procedeele constă în faptul că pentru deshidratare sunt necesare recipiente speciale din geotextil și terenuri întinse pentru amplasarea acestora, precum și a instalațiilor de separare a apei de solidul floclat și altor utilaje tehnologice (sistemele de filtrare, centrifugare, separare etc.). De asemenea, amestecul de floclanți înlesnește doar floclarea a unei părți din particulele în suspensie provenite din apa reziduală.

Se cunoaște un procedeu de procesare a substanțelor polimerice extracelulare (SPE) prin oxidare, degradare și floclare [3]. Pentru eficientizarea procesului de floclare se recurge la oxidare parțială, urmată de descompunere termofilă a SPE. Procedeele de tratare a reziduurilor solide de nămol activ sporește capacitatea de deshidratare în două moduri: degradează proteinele SPE și polizaharidele, reducând proprietățile de retenție a apei în SPE; favorizează floclarea, reducând cantitatea de floclule fine. Totuși, acest procedeu nu se utilizează ca procedeu separat de deshidratare din cauza complexității lui.

Mai este cunoscut un procedeu electro-osmotic de deshidratare a nămolului, obținut în urma tratării biologice [4]. Pentru sporirea eficacității procesului, nămolul este tratat cu floclant anorganic, constând din sulfat de fier (III) și/sau sulfat de aluminiu, ulterior el este stabilizat și supus tratamentului de deshidratare osmotică. Procedeele, însă, necesită un consum mare de energie.

O altă soluție tehnică de tratare a nămolurilor constă în procedeele de tratare, bazat pe tehnologia de procesare hidrotermală [5]. Procedeele se realizează în următoarele etape:

- stocarea temporară a nămolului pentru deshidratare mecanică până la un conținut de 70...85% de apă și dezodorizarea lui;
- amestecarea și omogenizarea nămolului, tratarea hidrotermală, urmată de o evaporare rapidă;
- răcirea nămolului prelucrat până la 35...45°C și obținerea prin presare/deshidratare a turtei de nămol, conținând 35-45% de filtrat;
- tratarea anaerobă a apei de admisie timp de 5,5...7,5 zile la temperatură controlată sub valoarea de 40°C.

Avantajul acestui procedeu de tratare a nămolului constă în reducerea substanțială a volumului de reziduu și gradul avansat de inofensivitate ecologică. Dezavantajele constau în complexitatea utilajului și în consumul mare de energie în cazul când lipsește sursa de apă termală naturală.

Soluția tehnică cea mai apropiată de invenția propusă este procedeele de deshidratare prin tratarea fermentativă a nămolului [6]. Procedeele de îndepărtare a excesului de apă din nămol cuprinde etapele de fermentare a nămolului la temperatura în intervalul mezofil, menținerea nămolului de fermentare pentru o perioadă predeterminată într-o stare instabilă pentru a se obține separarea fazelor și îndepărtarea fazei solide și a celei lichide. Fiind lăsat îndelungat în astfel de condiții, nămolul digerat se separă într-un strat superior de nămol concentrat, adesea cunoscut ca fază solidă, și un strat inferior al lichidului din nămol, adesea cunoscut ca fază lichidă. Faza solidă poate fi apoi direcționată într-un digestor pentru transformarea în biogaz. Ideal, nămolul este fermentat între 15°C și 45°C timp de 12 până la 120 de ore. Dezavantajele analogului proxim constau în următoarele: 1- Timpul de procesare pentru fiecare probă este prea de lungă durată; 2- Necesitatea de a avea terenuri special amenajate mari și utilizării unor instalații numeroase și de mare volum pentru a satisface condițiile tehnologice de epurare; 3- Cheltuielile mari de energie necesară menținerii procesului termo-mezofil de lungă durată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea unui procedeu de tratare biologică a sedimentelor provenite de la stațiile de epurare a apelor reziduale, care asigură o concentrare eficientă a conținutului de substanțe organice și o deshidratare mult mai rapidă a sedimentelor și cu cheltuieli energetice mai mici.

Problema este rezolvată prin amestecarea la barbotare cu aer timp de 10...20 sec la temperatura de 40...45°C a sedimentului primar cu activitate anaerobă, acumulat în decantorul primar al stației de epurare a apelor reziduale, cu nămol activ cu activitate aerobă, în raportul procentual volumic de respectiv (15...60):(85...40), menținerea amestecului la 40...45°C până la atingerea unei limpeziri și stratificări cu obținerea unui flotant solid, fazei apoase și eventual a unui sediment organomineral, și separarea flotantului solid și sedimentului organomineral. Durata optimă a tratării biologice constituie 16...18 ore la utilizarea sedimentului primar proaspăt.

Este cunoscut faptul că după capacitatea de acomodare la factorul termic (temperatura de fermentare) microorganismele se clasifică în criofile ($t \leq 28^\circ\text{C}$), mezofile ($t = 28...42^\circ\text{C}$) și termofile ($45...55^\circ\text{C}$) (Treapta de epurare biologică a apelor uzate. Regăsit în Internet:

<http://www.rasfoiesc.com/educatie/geografie/ecologie/TREAPTA-DE-EPURARE-BIOLOGICA-A24.php>).

Această clasificare, deși convențională, este totuși destul de comodă pentru estimarea utilității speciilor de microorganismele în procesele biotehnologice. În limitele valorilor termice necesare pentru activitatea microorganismelor există un interval relativ îngust de temperaturi (δT cca 5°C , între 40 și 45°C), în care ambele tipuri de microorganismele mezo- și termofile sunt active, un interval de activitate mezo-termofilă. Selectarea intervalului temperaturilor este foarte importantă, deoarece creșterea temperaturii mărește viteza reacțiilor de oxidare/asimilare, totodată se creează condiții favorabile pentru un spectru larg de specii de microorganismele responsabile de procesele de transformare/biodegradare a poluanților organici din apa reziduală. Esența invenției și avantajul ei constau în combinarea a două tipuri de reziduuri solide - sedimentul primar (brut, crud, proaspăt) cu mediu de activitate microbiană anaerobă, provenit din decantorul primar și reziduul de nămol activ cu regim de activitate aerobă. Reziduul anaerob este bogat în substanțe nutritive solubile, iar fluxul aerob este practic epuizat de materia nutritivă. Acest procedeu mezo-termofil se realizează într-un interval de temperaturi maxime tolerate de către speciile mezofile. În regimul termofil sistemul enzimatic, susținut de către microorganismele active în intervalul corespunzător de temperatură, este parțial minimalizat. Astfel, descompunerea termofilă a substanțelor organice este încetinită. Drept rezultat, crește raportul dintre substanțele insolubile în suspensie și cele solubile, dintre care o bună parte constituie substanțele organice volatile (cu catene scurte), precum și amoniacul. Diminuarea concentrației acestor două componente favorizează scăderea stabilității coloizilor organici și favorizează coagularea particulelor aflate în suspensie. În consecință, are loc optimizarea procesului de concentrare și separare a componentei organice solide din apele reziduale. Raportul debitelor de suspensii reziduale destinate amestecării depinde de natura și specificul componentei organice (Tabelul 1).

Tabelul 1

Concentrarea părții organice în apa separată din suspensiile cu sediment primar și nămol activ

PROBE \ INDICI	NH_4^+ , mg/L	NO_2^- , mg/L	NO_3^- , mg/L	CCO_{Cr}^* , mgO/L	Alcalinitate a, mg/L
Apa filtrată din sediment primar (SP)	113,6	0	0	408	10,61
Apa obținută prin decantarea nămolului activ (NA)	81,4	0,061	0	72	2,75
Apa reziduală primară	104	0	0	166	5,73
Apa obținută prin decantarea NA + SP după 60 min.	23,6	0	0	96	3,49

* CCO_{Cr} (mgO/L) – consum chimic de oxigen determinat cu bicromat

De menționat, că îmbinarea procesului de epurare aerob cu cel anaerob e mai convenabilă și mai eficientă, decât cel aerob și anaerob în parte, de aceea la etapa finală a procesului de amestecare a celor două fluxuri este necesară o aerare de scurtă durată (10...25 secunde), condiție ce duce la o mai bună amestecare (omogenizare) și asimilare maximă de către microorganismele a componentului organic solubil și amoniacului din amestec. Aerarea intensifică procesele de oxidare a compușilor chimici ai azotului și ai sulfului (amoniac, hidrogen sulfurat etc.) cu miros pestilențial, ceea ce, de asemenea, este un avantaj al invenției. O aerare mai îndelungată duce la destructurarea părții flotante. Urmează limpezirea amestecului, pe durata căreia are loc sedimentarea părții organominerale ce conține montmorilonit, cuarț și fracții de alte minerale și flotarea reziduului solid, bogat în substanțe organice, în special cele humice. În ultimă instanță se separă reziduurile solide (flotate și concentrate) de apa purificată (limpezită). Deja după 18 ore de tratare în condiții mezo-termofile se poate de atins o stratificare efectivă a amestecului, prin urmare și o deshidratare și concentrare sporită a substanțelor organice din amestecul tratat. Durata menținerii amestecului în intervalul mezo-termofil de temperaturi nu trebuie să depășească 36 de ore, deoarece în așa condiții procesele de flotare sunt influențate de alte noi procese, în rezultatul cărora flotantul își pierde structura. În cazurile când amestecul tratat conține mai puțin de 40% de sediment primar precipitatul organomineral poate să nu se depună în urma tratării biologice a amestecului.

Reziduul solid flotant poate fi separat cu ajutorul unui sistem-sită și direcționat spre utilizare. Acesta conține elemente nutritive necesare plantelor, și anume azot și fosfor, iar cantitatea de ioni de metale grele nu depășește concentrația maxim admisibilă (Tabelul 2).

Tabelul 2
Cantitatea ionilor de metale grele în solidul flotant

IONI PROBE	Pb ²⁺ , mg/kg	Cd ²⁺ , mg/kg	Ni ²⁺ , mg/kg	Cu ²⁺ , mg/kg	Zn ²⁺ , mg/kg	Hg ²⁺ , mg/kg
Solidul flotant	302,5	29,7	87,8	120,3	3680,0	-
CMA* [a, b]	750...1200	20...40	300...400	1000...1750	2500...4000	16...25

* concentrația maxim admisibilă;

a: H.G. Nr. 1157 din 13.10.2008 cu privire la aprobarea Reglementării tehnice “Măsurile de protecție a solului în cadrul practicilor agricole”, publicat: 28.10.2008 în M.O. Nr. 193-194, art. Nr: 1195.

b: Directiva Consiliului European din 12 iunie 1986 privind protecția mediului, în special a solului, atunci când se utilizează nămoluri de epurare în agricultură (86/278/CEE).

Împreună cu sedimentul organomineral, după o prelucrare specială (dezinfecare) solidul flotant poate fi utilizat direct, fără a mai fi supus prelucrării complementare, sau/și poate fi supus fermentării metanice și ulterior utilizat ca fertilizant în agricultură. Produsele separate pot fi utilizate ca agenți de condiționare a solului datorită conținutului bogat în substanțe humice și minerale pentru restabilirea proprietăților chimico-mecanice ale solurilor epuizate.

La modul general, fermentarea este un proces exotermic, doar că pentru inițierea procesului mezo-termofil este necesară încălzirea prealabilă a fluxurilor reziduale, în care scop poate fi utilizată orice sursă accesibilă de energie: plonjor electric, radiația solară, biogazul (metanul obținut pe loc în metantanc) etc. Desigur, este necesară și o izolare termică pe măsură. Având în vedere că anual în Republica Moldova sunt circa 2060...2360 ore cu soare (http://www.informator.md/ro/despre-moldova/descopera-moldova/geografia/43_temperaturile-anuale/) și utilizând construcții simple de captare a radiației solare, se poate realiza o economie importantă de energie necesară procesului de epurare a apelor uzate.

Procedeul revendicat, vizând concentrarea componentului organic din apele reziduale, poate aduce beneficii atât în agricultură, cât și în domeniul ocrotirii mediului ambiant. Volumul reziduurilor se reduce de circa 3...4 ori după o oră și peste 7 ori după 16...18 ore de procesare. Procedeul dă posibilitate de a avea o libertate în alegerea sursei de energie (solară termică, electrică, termică centralizată sau autonomă etc.), totodată, în așa mod se contribuie la ameliorarea situației ecologice.

Flotantul, având un conținut sporit de substanțe organice, poate fi utilizat împreună cu sedimentul organomineral ca fertilizant și/sau agent de condiționare a solurilor epuizate, întrucât în stare uscată el conține circa 5,6 % de azot, 2,2 % de fosfor și 35...40 % de substanțe humice. De asemenea, produsul flotant mai poate servi și ca sursă de biogaz obținut prin fermentare metanică, datorită faptului că produsul concentrat nu conține floculanți organici cationici, care ar putea inhiba acest tip de fermentare.

În concluzie procedeul revendicat soluționează problema tehnică enunțată mai sus și asigură atingerea unui rezultat tehnic exprimat prin următoarele avantaje:

- un grad sporit de deshidratare a reziduurilor sau nămolurilor de la stațiile de epurare a apelor reziduale, care se petrece concomitent cu tratarea biologică;
- un coeficient de concentrare a substanțelor organice din aceste sedimente de până la 7,8 ori;
- o reducere de cheltuieli energetice pentru tratare și deshidratare, datorită reducerii timpului tratării biologice.

În continuare invenția se explică prin figura care reprezintă o instalație de laborator pentru tratarea biologică la temperaturi predeterminate a sedimentelor provenite de la stațiile de epurare.

Exemplu de realizare a procedurii de tratare biologică a sedimentelor din apele de canalizare municipale

Procedeul s-a realizat într-o instalație de laborator, care include reactoare cilindrice verticale din sticlă, instalate într-o baie de apă cu posibilitatea reglării temperaturii (vezi figura). Două tipuri de reziduuri descrise mai sus, prelevate de la stația de epurare a apelor reziduale a mun. Chișinău, unul - nămol activ cu activitate aerobă și altul - sediment primar cu activitate anaerobă luat proaspăt din decantorul primar, au fost amestecate în diverse proporții: 15:85; 20:80; 30:70; 40:60; 50:50 și 60:40 %vol. respectiv, la temperaturi constante de 40...45°C și menținute în condiții mezo-termofile timp de 1; 4; 16 și 18 ore, fiind aerate la momentul inițierii procesului biologic timp de 10...20 sec. În urma proceselor biologice amestecul începe să se stratifice și să se limpezească, procesul fiind controlat vizual până la atingerea unei stratificări și limpeziri efective. Amestecul obținut s-a divizat în trei faze distincte: un flotant solid, îmbogățit cu substanțe organice (humice), o soluție limpede și un sediment organomineral, care se formează în cazul unui conținut mai ridicat de fracții minerale în sedimentul primar (proporțiile 40:60 și mai mari). Stratificarea cea mai pronunțată a fazelor sediment-soluție-flotant s-a produs în cazurile, când raportul procentual al volumelor amestecate sediment primar:nămol activ au constituit 20:80 și 30:70 %vol. Rezultatele analizelor chimice efectuate (Tabelul 3) confirmă că eficacitatea maximă a procesului de epurare se atinge anume în aceste condiții. În produsul flotant obținut după prima oră de contactare s-a observat o concentrare a părții organice (26162 mgO/L) ce depășește de cca 3,5 ori conținutul ei în amestecul inițial (7466 mgO/L).

Tabelul 3

Concentrarea substanțelor organice prin combinarea de sediment primar și nămol activ

Compoziția amestecului sediment primar: nămol activ	Coefficientul de concentrare, raportul $CCO_{Cr}(60 \text{ min}) / CCO_{Cr}(\text{inițial})$	Coefficientul de concentrare, raportul $CCO_{Cr}(18 \text{ ore}) / CCO_{Cr}(\text{inițial})$	Turbiditatea apei separate, unit. conven.	NH_4^+ , mg/L în apa separată
15%:85%	3,5	7,2	0,162	19,7
20%:80%	4,0	7,8	0,210	25,1
30%:70%	3,0	7,5	0,303	23,6
40%:60%	2,4	6,5	0,360	26,6
50%:50%	2,1		0,398	27,0
60%:40%	1,9		0,407	28,3

În cazul utilizării sedimentului primar neproaspăt (degradat sau macerat), efectul de concentrare va fi mai mic. Partea experimentală a invenției a fost efectuată la Stația de Epurare Biologică din mun. Chișinău în cadrul proiectului intitulat „Technology of processing the organic part of sludge from wastewater treatment plants in an ecological product for agriculture”, finanțat de Fondul Canadian pentru Inițiative Locale (Canada Fund for Local Initiatives - CFLI) în anii 2017-2018.