

Invenția se referă la tratarea și deshidratarea nămolului activ provenit de la stațiile de epurare biologică a apelor menajere sau a celor de la fermele zootehnice și întreprinderile de prelucrare a produselor alimentare: carne, lapte, sucuri. Concentratul de solide organice obținut în rezultatul acestei tratări poate fi utilizat în calitate de fertilizant și/sau agent de condiționare a solurilor epuizate.

Reziduurile de nămol activ, compuse în mare parte din substanțe organice insolubile aflate în suspensie, care ajung la etapa de separare la stația de epurare biologică, ocupă un volum mare din cauza hidratării puternice. Acest fapt duce la supraîncărcarea utilajului și procesul de deshidratare devine mult mai dificil. Nămolul activ menține în straturile sale până la 95,0-99,6% apă. Totodată, în urma descompunerii compușilor organici ușor degradabili în mediul puternic reducător se obțin compuși ai sulfului și azotului cu miros neplăcut [1].

Procedeul de tratare (deshidratare) a reziduurilor de nămol activ solicită circa 50-80% din mijloacele economice aplicate pentru epurarea apei. Procedeul de tratare mezo-termofil necesită cantități enorme de energie pentru a-l aduce în faza de separare prin flotare a nămolului activ în combinație cu sedimentul primar. Etapa de deshidratare și digestie microbiologică este de lungă durată și necesită terenuri extinse și recipiente speciale destinate stocării îndelungate a reziduurilor rezistente la factorii de mediu nefavorabili.

Sunt cunoscute procedeul 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. În cadrul acestui proces deșeurile solide se concentrează și digeră [2]. Ulterior, după dezinfectare, produsul final poate fi folosit în calitate de îngrășământ sau adaos pentru ameliorarea solurilor. Procesul de separare/deshidratare și digere durează circa două luni. Dezavantajul acestui procedeu constă în timpul îndelungat al procesului de separare și necesitatea unor mari capacități pentru stocarea deșeurilor, care au un miros persistent.

Totodată, este cunoscut procedeul de tratare a nămolului rezidual produs în urma activității bacteriilor *Proteus mirabilis* cu amestec de flocculant compus din săruri de metale polivalente [3]. Procedeul pune în aplicație diverse modalități de combinare a celor doi flocculanți. Dezavantajul procedeuului constă în faptul că pentru deshidratare sunt necesare recipiente speciale din geotextil și terenuri întinse pentru amplasarea acestora, precum și instalații de separare a apei de solidul flocculat și alte utilaje tehnologice (sistemele de filtrare, centrifugare, separare).

Un alt procedeu constă în procesarea substanțelor polimerice extracelulare (SPE) prin oxidare, degradare și flocculare [4]. Pentru eficientizarea procesului de flocculare se recurge la oxidare parțială, urmată de descompunerea termofilă a SPE. Procedeul 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 floccularea, reducând cantitatea de floccule fine. Totuși, acest procedeu nu se utilizează ca procedeu de deshidratare separat din cauza complexității sale, cantității mari de energie pentru descompunerea termofilă.

Se cunoaște și un procedeu electro-osmotic de deshidratare a nămolului obținut în rezultatul tratării biologice [5]. În scopul sporirii eficacității, nămolul este tratat cu flocculant anorganic, format din sulfat de fier(III) și/sau sulfat de aluminiu, ulterior nămolul fiind stabilizat și supus tratamentului de deshidratare osmotică.

O altă soluție tehnică de tratare a nămolurilor constă în procedeul de tratare bazat pe tehnologia de procesare hidrotermală [6]. Procedeul 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 cu un conținut de 35-45% de filtrat;
- tratarea anaerobă a filtratului deshidratat timp de 5,5-7,5 de zile la temperatură controlată sub valoarea de 40°C.

Avantajul acestui proces 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 apropiată de invenția propusă constă în procedeul de deshidratare prin tratarea fermentativă a nămolului [7]. Îndepărtarea excesului de apă din nămol cuprinde etapele de fermentare a nămolului, temperatura în intervalul mezofil, menținerea nămolului de fermentare pentru o perioadă predeterminată într-o stare instabilă pentru a se obține separarea fazelor și, ulterior, 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 digester pentru transformarea în biogaz. Ideal, nămolul este fermentat între 15-45°C, timp de 12-120 de ore. Dezavantajele acestei soluții constau în următoarele: a) - timpul de procesare pentru fiecare probă are o durată prea mare; b) - necesitatea de a aloca terenuri mari special amenajate și utilizarea unor numeroase instalații de capacitate mare pentru a satisface condițiile tehnologice de epurare; c) - cheltuieli mari de energie termică pentru menținerea procesului mezo-termofil de lungă durată; d) - miros neplăcut persistent.

Cel mai apropiat de invenția revendicată poate fi considerat procedeul de tratare biologică a sedimentelor provenite din apele reziduale, în care are loc combinarea nămolului activ produs în treapta secundară de epurare cu sedimentul primar din sedimentatorul primar al stației de epurare biologică, agitarea și aducerea, precum și menținerea temperaturii acestui sistem dispers la parametrii mezo-termofili de 40-45°C de la 1 oră (concentrare de cca 3,5-4 ori) până la 18-20 de ore (concentrare de cca 8 ori) pentru o flotare și limpezire, separarea părții lichide (apei de separare) și a unui strat de solide organice prin flotare [8]. Dezavantajul metodei descrise constă în necesitatea de un

consum suplimentar de energie termică pentru a atinge intervalul de inițiere și menținere a procesului mezo-termofil de flotare a solidelor organice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea unui procedeu de deshidratare a nămolului activ provenit în urma tratării apelor reziduale cu un consum de energie redus necesar pentru separarea prin flotare a solidului din nămol activ, totodată să fie atins un grad mai înalt de separare dintre faza solidă și lichidă și deci diminuarea considerabilă a volumelor de reziduuri de nămol activ, prin urmare micșorarea capacităților de stocare și procesare în continuare a acestui deșeu.

Esența invenției revendicate constă în amestecarea nămolului activ sedimentat cu 22-25 mL/L de preparat, ce conține soluție apoasă de 15-20% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaNO}_2$  și cca 2 mmol/L de 1-hidroxi(1,3-oxazetidin-3-il)etan, diluat de 90-110 ori, amestecul se menține la temperatura de 18-40°C timp de 5-20 de ore până la atingerea unei limpeziri și stratificări clare, constituită dintr-un flotant solid și o fază apoasă, după care se separă flotantul solid de faza apoasă. Pentru o derulare optimă a procedurii se poate de utilizat nămolul activ proaspăt sedimentat în sedimentatorul secundar al stației de epurare.

Separarea și concentrarea solidelor organice prin flotare se efectuează, folosind soluții diluate de 90-110 ori a preparatului comercial Vtiamin CT-15 (produs conform prescripției tehnice a Federației Ruse TU 20.59.59-008-17875808-2020, producător societatea "ТехноХимРеагентБел" din Republica Belarus, conform elaborării societății ООО "Водные технологии", Federația Rusă). Preparatul Vtiamin CT-15 este utilizat la stațiile de epurare biologică a apelor reziduale (SEB) pentru purificarea și dezinfectarea tuturor tipurilor de apă în tratarea/epurarea apelor uzate menajere.

Inventatorii cererii în cauză au descoperit că adăugarea soluției diluate de preparat Vtiamin CT-15 la nămolul activ duce la frânarea/moartea unei serii de microorganisme și apoi descompunerea/liza celulelor acestora după care are loc formarea de microbule de azot molecular și gaze metabolice care micșorează densitatea granulelor de nămol activ în comparație cu cea a apei. Datorită acestui fenomen are loc procesul de flotare și concentrare a particulelor solide ale nămolului activ. Astfel, are loc atât diminuarea considerabilă a amoniului din apă uzată (Tabelul 1), cât și a unei cantități considerabile de materie organică din apă uzată. În urma unei astfel de separări, apa de separare atinge valori sub parametrii de evacuare a materiei organice în bazinele naturale. Astfel, în rezultatul procesului de flotare, coeficientul de concentrare în urma deshidratării nămolului activ atinge valoarea de cca 10. În acest mod procedeele de amestecare și flotare duc la o schemă tehnologică simplă de deshidratare a nămolului activ care ar putea fi realizată printr-o instalație specială. În condiții de temperaturi de primăvară-vară-toamnă energia este necesară doar pentru stocarea nămolului activ și amestecarea cu o soluție diluată de Vtiamin CT-15, apoi separarea solidelor concentrate și apei de separare. Experiențele au fost realizate cu nămol activ din SEB Chișinău, SEB Dondușeni, SEB Căușeni (fig. 1-2).

A fost elaborat un procedeu de tratare bazat pe liza bacteriană specifică anumitor populații de microorganisme, dezvoltate în granulele de nămol activ provenit de la stațiile de epurare a apelor reziduale, cât și intensificarea unui proces de formare a micro-bulelor de azot gazos format în structura granulară a nămolului activ. Densitatea totală a particulelor de nămol activ scade în raport cu mediul acvatic. Astfel se asigură un proces de flotare bine orientată a particulelor (granulelor) acestui tip de solide. Procedeu asigură o concentrare eficientă a conținutului de substanțe organice și o deshidratare la fel de rapidă a sedimentelor, însă cu cheltuieli energetice mult mai reduse. Esența invenției și avantajul ei constau în înlocuirea sedimentului primar cu cantități minime de soluție diluată de Vtiamin CT-15 în reziduul de nămol activ. Această schimbare permite economisirea energiei necesare de a aduce nămolul activ până la temperatura de procesare (40°C) utilizată în procedeu soluției proxime [8]. Resturile celulelor de microorganisme degradate devin o sursă bogată în substanțe redox sensibile la prezența atât a urmelor oxigenului solvit, cât și la prezența ionilor oxigenați ai azotului ( $\text{NO}_2^-$  și  $\text{NO}_3^-$ ). În mediul anox format sunt, de asemenea, cantități semnificative de ioni de amoniu  $\text{NH}_4^+$ .

Coeficientul de concentrare prin flotarea propusă a solidelor depășește procedeu proximal de referință, ajungând până la 10. O însemnată îmbunătățire este micșorarea temperaturii de producere a procesului de la cca 40°C la temperaturi ambiante de 18-20°C. Astfel, în condiții de temperaturi mai ridicate de temperatura mediului ambiant de 18-20°C, procesul de separare prin flotare nu necesită condiții suplimentare pentru realizarea sa, iar sub temperatura de 18°C procesul decurge mult mai lent. În condiții de temperaturi de vară (până la 40°C) procesele au o dinamică mult mai crescută de concentrare prin flotare. La temperaturi mai mari de 40°C este posibilă deteriorarea stratului flotat.

Tabelul 1

Dependența indicilor azotului amoniacal, nitrit și nitrat în funcție de adaosul soluției apoase diluate de preparat Vtiamin CT-15 în apa de separare după 5 ore de procesare

Volum Vtiamin CT-15, mL	$\text{C}(\text{NH}_4^+)$ , mg/L	$\text{C}(\text{NO}_2^-)$ , mg/L	$\text{C}(\text{NO}_3^-)$ , mg/L	CCOCr mgO/L
Proba de referință (0 mL soluție Vtiamin CT-15)	19,0	12,0	8,0	80,0
14 mL/L	14,0	17,5	32,0	47,0
16 mL/L	14,0	18,0	37,0	33,0
19 mL/L	12,5	17,5	34,0	55,0

22 mL/L	6,0	7,5	13,0	46,0
25 mL/L	7,9	7,3	22,0	55,0
Apă uzată	76	0,0	0,0	361,0

În sistemul obținut este pusă în evidență activitatea anumitor enzime active, formate în urma descompunerii celulare care contribuie la consumul de azot amoniacal, azotat și azotit și formarea microbulilor de azot molecular gazos, care constituie agentul inițiator al procesului de flotare (Tabelul 1). În consecință, are loc optimizarea procesului de concentrare și separare a componentei organice solide din apele reziduale. Apoi urmează limpezirea amestecului, flotarea reziduului solid, bogat în substanțe humice. În ultimă instanță, are loc separarea reziduurilor solide (flotate și concentrate) de apa purificată (limpezită). Reziduul solid flotat poate fi separat cu ajutorul unui sistem-sită sau ridicat cu ajutorul unui sistem de vase comunicante și direcționat spre utilizare. Acesta conține o cantitate semnificativă de humați și elemente nutritive necesare plantelor, în special azot și fosfor, iar cantitatea ionilor de metale grele nu depășește, de regulă, concentrația maxim admisibilă, deoarece provin din apele uzate menajere și din industria alimentară (Tabelul 2). După o prelucrare specială (dezinfecare) solidul flotat 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. Solidul flotant mai poate fi utilizat în calitate de agent de condiționare a solului datorită conținutului bogat în substanțe humice și minerale pentru restabilirea proprietăților chimico-mecanice ale solurilor epuizate.

La modul general, pentru inițierea procesului este necesar un nivel de temperatură a apei uzate de 18-20°C. În perioada de toamnă-iarnă-primăvară va fi necesară încălzirea prealabilă a fluxurilor reziduale. În acest 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 adecvată. Având în vedere că anual în Republica Moldova sunt circa 2060-2360 ore cu soare ([http://www.informator.md/ro/despre-moldova/descoperamoldova/geografia/43\\_temperaturile-anuale/](http://www.informator.md/ro/despre-moldova/descoperamoldova/geografia/43_temperaturile-anuale/)), prin utilizarea construcțiilor simple de captare a radiației solare se poate realiza o economie importantă de energie necesară procesului de epurare a apelor uzate.

În concluzie, rezultatul și avantajele procedurii revendicat constau în aceea că efectul de concentrare este de cca 10 ori în comparație cu metoda gravitațională de sedimentare și îngroșare a nămolului activ. Totodată, pentru derularea procedurii este necesar un consum de energie mai mic.

Tabelul 2

Concentrația ionilor metalelor grele în solide provenite din sistemul de epurare a apelor uzate menajere

Probe \ Ioni	Pb <sup>2+</sup> , mg/kg	Cd <sup>2+</sup> , mg/kg	Ni <sup>2+</sup> , mg/kg	Cu <sup>2+</sup> , mg/kg	Zn <sup>2+</sup> , mg/kg	Hg <sup>2+</sup> , mg/kg
Nămol proaspăt	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).

În continuare invenția este explicată prin Figurile 1-2, care reprezintă:

- fig. 1, flotarea cauzată de adăugarea în nămolul activ colectat de la SEB Dondușeni a soluției diluate de 100 de ori de Vtiamin CT-15 (0,03-0,30 mL) într-o serie crescândă, comparativ cu proba de referință: la primele 7 probe de nămol activ s-a adăugat soluție diluată de Vtiamin CT-15, respectiv 1) 0,03 mL; 2) 0,05 mL; 3) 0,10 mL; 4) 0,15 mL; 5) 0,20 mL; 6) 0,25 mL; 7) 0,30 mL; 8) proba de referință (0,0 mL);

- fig. 2, probe de separare prin flotare în cilindri, serie cu adaosuri de soluție diluată 100 ori de Vtiamin CT-15 pentru modelarea procedurii în nămolul activ colectat de la SEB Căușeni: la un litru de nămol activ natural sedimentat s-a adăugat în cilindrele 1-4, respectiv 14 mL, 17 mL, 21 mL și 25 mL.

Exemplu de realizare a invenției

Procedul de separare prin flotare a solidelor organice a fost experimentat, prelevând probe de nămol activ de la stații de epurare cu aerare clasică SEB Chișinău și SEB Dondușeni (fig. 1) sau de la stații cu aerare prelungită - SEB Căușeni (fig. 2). S-a dovedit că procedul este valabil pentru tehnologii de epurare atât cu aerare clasică, cât și cu cea prelungită.

Pentru inițierea flotării s-a utilizat preparatul (dezinfecantul) comercial pentru apă Vtiamin CT-15, produs de societatea OOO "ТехноХимРеагентБел" din Republica Belarus, conform elaborării societății din Federația Rusă OOO "Водные технологии". Preparatul este constituit, conform analizelor, dintr-o soluție apoasă de 15-20% de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+NaNO<sub>2</sub> cu adaos de cca 2 mmol/L de 1-hidroxi(1,3-oxazetid-3-il)etan. Preparatul a fost diluat de 90-110 ori cu apă distilată pentru modelările de laborator sau cu apă de robinet la utilizare în instalația pilot de la SEB Căușeni. Diluția optimă a preparatului a fost de 100 de ori.

În urma procesării sistemului dispers are loc stratificarea și limpezirea, acest proces fiind controlat vizual până la atingerea unei stratificări și limpeziri efective. Amestecul obținut s-a divizat în două faze distincte: un flotant solid, îmbogățit cu substanțe organice (humice) și o soluție limpede (figurile 1 și 2). Stratificarea cea mai pronunțată/eficientă a fazelor soluție-flotant s-a produs în cazurile când s-a adăugat 22-25 mL de soluție diluată de 100 de ori de Vtiamin CT-15 la 1 litru de nămol activ sedimentat natural timp de o oră. Rezultatele analizelor chimice efectuate confirmă că eficacitatea maximă a procesului de epurare se atinge anume în aceste condiții. În produsul flotant obținut după prima oră de contact s-a observat o concentrare a părții organice de 9,5-9,6 ori în comparație cu nămolul activ neprocesat.

Durata menținerii concentratului de nămol activ nu trebuie să depășească 36 de ore, deoarece în caz contrar procesele de flotare ar putea fi dominate de alte procese noi, în rezultatul cărora flotantul își pierde structura stabilă. Durata optimă de menținere a amestecului este de 5-20 de ore, în funcție de temperatură și cantitatea adăugată de preparat Vtiamin CT-15 diluat.

Procedeul a fost implementat la stația pilot, instalată la SEB Căușeni. Flotantul cu un conținut mare de substanțe organice a fost separat de faza apoasă prin sifonare sau prin transferul lui printr-o sită filtrantă. Flotantul poate de asemenea fi separat și prin centrifugare.

Flotantul, având un conținut sporit de substanțe organice, poate fi utilizat în calitate de 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. Totodată, produsul flotat mai poate servi și în calitate de sursă de biogaz obținut prin fermentare metanică, datorită faptului că produsul concentrat nu conține floclanți organici cationici, care ar putea parțial inhiba acest tip de fermentare.

Procedeul revendicat vizează concentrarea componentei organice din apele reziduale, ce poate aduce beneficii atât în agricultură, cât și în domeniul protecției mediului ambiant. Volumul reziduurilor se reduce de circa 5 ori după două ore și circa de 10 ori după 18-20 ore de procesare. Procedeul oferă posibilitatea de a cheltui energie doar pentru încărcarea unui dispozitiv și pentru prima agitare și nu necesită încălzirea sistemului dispers procesat pentru inițierea procesului de separare prin flotare în perioada caldă primăvară-vară-toamnă, când temperatura aerului depășește 18-20°C, iar în perioada rece există posibilitatea de alegere a sursei de energie (solară termică, electrică, termică centralizată sau autonomă etc.), totodată în așa mod se contribuie și la ameliorarea situației ecologice.

Partea experimentală a invenției a fost efectuată la Stația de Epurare Biologică din or. Căușeni și face parte din Programul de Stat al Republicii Moldova (2020-2023) „Studiul și managementul surselor de poluare pentru elaborarea de recomandări pentru implementarea măsurilor de atenuare a impactului negativ asupra mediului și sănătății umane”, cifrul proiectului: 20.80009.7007.20.