

POTENȚIALUL DE RISC CHIMIC ȘI CONTRIBUȚIA LA ÎNCĂLZIREA GLOBALĂ A NĂMOLURILOR STAȚIILOR DE EPURARE A APELOR UZATE

Bulimaga C., *Columbina Lilia., **Bobeică V.

Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei

**Universitatea „T. G. Șevcenco” din Tiraspol*

***Universitatea de Stat din Moldova*

Întroducere

Unul dintre tipurile de deșeuri care reprezintă risc pentru mediul înconjurător sunt nămolurile stațiilor de epurare biologică a apelor uzate (SEB). Cantitatea acestora în țările Organizației pentru Cooperarea Economică și Dezvoltare (OECD) ajunge până la 25% din cantitatea totală a deșeurilor formate. Nămolurile de la SEB, deși nu sunt de categoria deșeurilor periculoase, au totuși un potențial mare de poluare a mediului înconjurător. Acestea pot fi sursă de poluare cu metale grele, generatoare de gaze toxice și cu efect de seră, posedă potențial infecțios. Impactul cauzat mediului de nămolurile formate la SEB se exprimă, în primul rând, prin emisiile nocive care se formează în rezultatul stabilizării lor prin fermentarea anaerobă în cazurile când aceasta nu se produce în metantancuri și gazul de fermentare (metanul) nu este colectat. Metanul are un mare potențial de încălzire a atmosferei, depășind de 21 de ori indicile principalului gaz de seră, dioxidul de carbon, fiind al doilea în lista gazelor de seră luate sub control de Protocolul de la Kyoto. Astfel, este important controlul surselor antropogene de generare a metanului, inclusiv a stațiilor de epurare biologică a apelor reziduale și diminuării emisiilor de acest gaz.

În Republica Moldova cantitatea anuală de nămoluri formate la SEB-uri constituie circa 1 mln. tone. Numai la SEB din mun. Chișinău anual se formează 350-400 mii tone nămoluri. Volumul anual al nămolurilor fermentate anaerob, fără colectarea metanului sau altor măsuri de diminuare a acestuia, în orașele mari ale republicii constituie circa 3,5 mln. m³.

Scopul prezentei lucrări constă în evaluarea emisiilor de metan de la nămolurile SEB unde se aplică stabilizarea anaerobă fără colectarea gazelor de fermentare, și propunerea unor condiții care ar determina posibilitatea reducerii cantității și impactului acestor emisii asupra mediului înconjurător și valorificării ecologic acceptabile a nămolului, în special în calitate de fertilizant pentru sol.

Materiale și metode

În calitate de obiect al cercetărilor au servit apele uzate urbane de la SEB Chișinău și SEB Bender (Tighina) și nămolul format în rezultatul epurării lor și depozitat la platformele de stocare intermediară. Zilnic la SEB Chișinău se formează 1000-1500 m³ de nămol fluid sau circa 400 m³ de nămol deshidratat. Pentru estimarea riscului asupra mediului a emisiilor din procesul de funcționare a SEB și fermentării nămolurilor depozitate în paturile de uscare a fost calculată cantitatea emisiilor procesului de fermentare și stabilită valoarea prejudiciului cauzat mediului înconjurător de CH₄ format

la SEB Chisinău. Calculele volumului de metan sa-u efectuat reieșind din volumul nămolului fermentat anaerob conform metodei acceptate de Ministerul Mediului Republicii Moldova [1]. Suprafața totală a paturilor de depozitare intermediară a nămolului pentru deshidratare la SEB Chișinău constituie 32 ha, iar adâncimea medie a stratului de namol supus fermentării anaerobe este de 2,5 m (adâncimea totală constituie 3 m). La SEB Bender această suprafață constituie 6,15 ha. Adâncimea stratului de nămol constituie 1,5 m. Stratul de nămol în care are loc fermentarea anaerobă constituie 1 m. S-a considerat că în stratul de 50 cm de la suprafață prevalează fermentarea aerobă, motiv pentru care acest strat s-a exclus din calculele privind formarea metanului.

Valoarea prejudiciului (P) adus aerului atmosferic de la emisiile de CH_4 s-a calculat conform relației (1):

$$P = m_{CH_4} \times Ai \times N \quad (1)$$

unde: P – prejudiciul, lei (MDL); m_{CH_4} - masa metanului degajat (t); Ai – coeficientul de agresivitate, N - normativul plății pentru o tonă convențională (produsul masei reale la coeficientul de agresivitate). Mărimea acestui quantum de plată (N) se stabilește la nivel local.

Masa metanului (t), emis în atmosferă s-a determinat conform relației (2):

$$m_{CH_4} = M_{CH_4} \times 44,64 \times V_{CH_4} \times 10^{-6} \quad (2)$$

unde: M_{CH_4} - masa moleculară a metanului; 44,64- numărul de mol-gram metan întru-un metru cub de gaz; V_{CH_4} - volumul de CH_4 total emis, m^3 .

Volumul de CH_4 se calculează conform relației (3):

$$V_{CH_4} = V_{nămolului} \times Q \quad (3)$$

unde: V- volumul (m^3) nămolului care este supus fermentării anaerobe; Q- volumul de metan care se degajă de $1 m^3$ de nămol timp de un an (m^3/an). S-a constatat [3], că nămolul poate fi utilizat ca fertilizant. Condiția utilizării acestuia ca fertilizant este determinată de conținutul de metale grele și caracteristica microbiologică.

Doza de nămol aplicabilă în sol ca fertilizant, s-a calculat conform relației (4) [2]:

$$D_{n30} = \frac{C_{max, sol}}{C_n} \times K \quad (4)$$

unde: D_{n30} – doza de nămol (t/ha), care timp de 30 de ani poate fi introdusă în sol; $C_{max, sol}$ – concentrația maximală de metal admisă în sol (substanță uscată), mg/kg; C_n – concentrația metalului în nămol (substanță uscată), mg/kg;

K – masa de sol (până la adâncimea de 30 cm), egală cu 3000 t/ha ;

Conținutul de metale în nămol și sol s-a determinat prin metoda fotocolorimetrică.

Raportul conținut mineral/conținut organic s-a determinat în nămoluri uscate la $105^\circ C$ prin metoda termoderivatogravimetrică. Masa probelor – 100 mg; creuzete de platină, etalon – oxid de aluminiu călit, intervalul de temperatură: $20 - 600^\circ C$.

Analizele microbiologice ale nămolurilor au fost efectuate de laboratorul sanitaro-bacteriologic al Centrului de Sănătate Publică.

Rezultate si discuții

În prezenta cercetare s-a luat în considerație volumul nămolului de la adâncimea mai mare de 50 cm. Astfel volumele de nămol luate în calcul constituie: pentru SEB Chișinău 800000 m³, pentru SEB Bender 61500 m³.

În procesul funcționării SEB și fermentării anaerobe a nămolului se elimină o serie de compuși gazoși cu divers grad de agresivitate față de mediul înconjurător (tab. 1). Coeficienții de agresivitate corespunzători fiecărui gaz poluant au fost luați în calcul la stabilirea valorii prejudiciului adus de aceștea aerului atmosferic.

Din calculele efectuate pentru emisiile de la funcționarea SEB Chișinău reiese că, deși metanului îi revine cota cea mai mare (cca 72%) din cantitatea totală a gazelor poluante, valoarea prejudiciului cauzat mediului de emisiile de acest gaz este cea mai mică - 0,4% din valoarea totală a prejudiciului cauzat de emisiile gazelor indicate în tabelul 1. În același timp cota cea mai mare a prejudiciului, 29%, revine amoniacului, gazul care constituie numai 4% din totalul gazelor poluante. Valoare similară a prejudiciului ca a amoniacului o are și etilmercaptanul (C₂H₅SH), căruia îi revine o cotă infimă în totalul gazelor poluante - 3x 10⁻⁴ % (fig.1).

Tabelul 1. Componenții emisiilor gazoase de la SEB în ordinea creșterii coeficientului de agresivitate a poluanților*.

Poluanții	CO	CH ₄	NH ₃	NO ₂	H ₂ S	CH ₃ SH	C ₂ H ₅ SH
Coeficientul de agresivitate	1 (coeficientul de referință)	0,02	25	25	54,8	111111	333333

*Coeficienții de agresivitate sunt prezentați după Anexa 2 a Legii Republicii Moldova privind plata pentru poluarea mediului (1998).

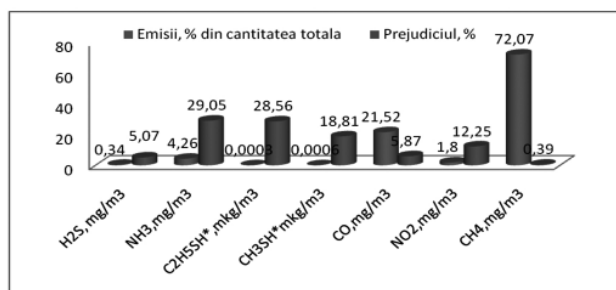


Fig.1. Cota poluanților gazoși de la SEB în masa emisiilor și în valoarea prejudiciului cauzat mediului.

În realitate impactul metanului asupra mediului în condițiile încălzirii globale și schimbărilor climatice trebuie apreciat ținând cont și de potențialul lui de încălzire a atmosferei. Calculele efectuate pentru nămolurile amplasate pe suprafața de 32 ha și grosimea totală a stratului de nămol de 3 m la SEB Chișinău au demonstrat că au loc emisii de 120000000 m³/an de biogaz în care conținutul de CH₄ constituie circa 65%[2]. Masa reală a metanului degajat constituie 5571 t/an. În cazul SEB Bender, care are o capacitate de aproape 15 ori mai mică decât SEB-Chișinău, masa reală estimată a metanului degajat constituie 428 t/an. Masa convențională a metanului degajat la aceste două SEB care ia în calcul și coeficientul de agresivitate, constituie circa 6000 t/an. Reieșind din cuantumul de plată pentru degajarea unei t convenționale de CH₄

în atmosferă, care în mun. Chișinău este de 18 MDL (echivalent a 1,7 USD), valoarea prejudiciului cauzat aerului atmosferic de emisiile de CH_4 de la fermentarea anaerobă a nămolului de la SEB Chisinau și Bender constituie circa 108 000 MDL/an.

Aceste calcule, și similarele pentru ceilalți poluanți, pot servi ca bază pentru stabilirea cuantumului de plată pentru poluarea mediului de către SEB. Însă pentru evaluarea aportului relativ al sursei de emisii de metan la procesul încălzirii atmosferei prin calcule respective s-a stabilit că cantitatea de 6000 t de CH_4 este echivalent, după potențialul de încălzire, cu 126 000 tone CO_2 . Dacă cantitatea de carbon (4500 t), care se conține în 6000 t de CH_4 , s-ar fi transformat în CO_2 , emisiile acestui gaz ar fi constituit 16 500 tone, ceea ce este de 7,6 ori mai puțin față de cantitatea de CO_2 echivalent (126 000 tone). Și tot, cel puțin, de atâtea ori mai mic ar fi și aportul la încălzirea atmosferei. Luând în considerație că perioada de viață a metanului în atmosferă depășește cu mult acest indice pentru dioxidul de carbon, efectul reducerii potențialului de încălzire a atmosferei prin substituirea mecanismului de transformare a carbonului din nămol în metan cu transformarea în dioxid de carbon este și mai mare. Aceste calcule și raționalmente demonstrează importanța evitării formării emisiilor de metan la etapele tratării apelor uzate și gestionării nămolurilor, care poate fi obținută fie prin colectarea metanului, fie prin metode de tratare și gestionare care minimizează formarea metanului, în special stabilizarea aerobă a nămolurilor. În cazul stațiilor examinate în prezenta lucrare metanul nu se colectează, iar stabilizarea nămolului se efectuează prin fermentare anaerobă.

Altă problemă majoră de mediu legată de nămolurile de la SEB este gestionarea acestora după stabilizare. Cea mai atractivă finalitate a tratării nămolului pare a fi evacuarea cu destinație agricolă – utilizarea în calitate de fertilizant al solului. Aplicarea acestei destinații este condiționată de o serie de factori: raportul dintre conținutul mineral și volatil (organic) al nămolului, prezența elementelor care determină valoarea de fertilizant al nămolului – azot, fosfor, potasiu, conținutul de săruri și de metale grele în nămol, conținutul de metale grele în solul unde se preconizează a evacua nămolul, valorile pH ale solului și nămolului, nivelul și caracterul poluării microbiene a nămolului.

Nămolurile examinate în prezenta lucrare sau dovedit a avea în medie raportul „mineral/volatil” 42/58 (SEB-Chișinău) și 45/55 (SEB-Bender), indici acceptabili pentru utilizarea agricolă.

În privința conținutului de metale grele în nămol, acesta trebuie să fie cât mai mic pentru a facilita aplicarea unei doze rezonabile la hectar fără a depăși CMA a unui metal greu în stratul de sol fertil de 30 cm. Ștefănescu [3] propune drept cantități optime de nămol ca fertilizant 6-10 t substanță uscată/ha, (sau 30 t de nămol/ha cu umiditatea de cca. 65 %) o dată în 3 ani sau 10-20 t substanță uscată/ha (50 t nămol cu umiditatea de 65 %) o dată în 5 ani. Respectarea acestei condiții solicită luarea în calcul a fondului de metale grele din sol (tab. 2).

Pentru stabilirea conținutului de metale grele în stratul arabil de sol (kg) s-a luat grosimea medie a stratului de sol de 30 cm și $d = 1,7 \text{ g/cm}^3$, astfel volumul solului la 1 ha implicat în activitatea agricolă constituie 3000 m^3 cu masa de 5400 t. Produsul dintre concentrația maxim admisibilă (CMA) și masa solului constituie conținutul de fond al metalului greu respectiv la 1 ha sol (tab. 2).

Concentrația metalelor grele în nămolurile de la SEB Chișinău a variat puternic în ultimii 15 ani ca urmare a variațiilor de nivel și modificărilor structurale din economia Moldovei. Analizele de la începutul anilor 90 ai sec. XX au stabilit în nămolul SEB Chișinău o concentrație de metale grele (mg/kg substanță uscată din nămol) de sute de mg/kg de fiecare metal: Cu-1200, Zn-4000, Pb-800, Ni-500, Cr -500 [4]. Analizele din anii 2004-2006 stabilesc la aceiași SEB concentrații de zeci de ori mai mici (Cu – 3,5; Zn – 2,1; Ni – 4,0 (mg/kg) [1]. Concentrațiile metalelor în nămolul examinat în anii 90 depășesc valorile CMA (tab. 2), prin urmare asemenea nămoluri nu sunt aplicabile pentru agricultură. Pentru nămolurile formate după anul 2000 cu un conținut foarte mic de metale grele, calculele au arătat că cantitățile de metale maximal aplicabile, determinate prin analize, depășesc cu mult doza rezonabilă de 50 tone/ha. Ele sunt aplicabile fără a fi supuse unor proceduri de diminuare a conținutului de metale, în cazul când nu sunt limitate de normativele microbiologice și au conținutul corespunzător al elementelor biogene (N, P, K). Agenții patogeni dispar treptat în cursul fermentării deșeurilor și sub acțiunea factorilor fizici și chimici. Viabilitatea ouălor paraziților intestinali, care supraviețuiesc un timp în procesul de fermentare, se reduce concomitent cu mărirea duratei de stocare a nămolurilor. Tratarea nămolului cu var și clorură de fier efectuată pentru deshidratare, este deosebit de eficientă pentru excluderea infecției cu germeni patogeni sau menținerii acestora în limitele sanitaro-igienice [4].

Tabelul 2. Concentrațiile unor metale grele în sol și nămol.

Indicatorii	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
CMA in sol, mg/kg	100	300	100	3	100	100
CMA raportat la 1ha sol, kg	540	1620	540	16	540	540
Conținutul mediu în sol, mg/kg	30	60	17		60	80
CMA in nămol, mg/kg	500	2000	300	10	100	500

Cercetările au demonstrat că și nămolurile cu depășirea CMA de metale grele pot deveni aplicabile pentru agricultură utilizând tehnologii speciale de tratare. În prezentul studiu a fost examinată și se propune pentru aplicare tehnologia compostării aerobe a nămolului în amestec cu deșeuri menajere solide (DMS). Tehnologia dată are două avantaje importante: reducerea concentrației de metale în produsul obținut ca fertilizant și reducerea emisiilor de metan.

Compostarea aerobă a nămolului poate fi efectuată și în amestec cu alte deșeuri (DMS, deșeuri animale, agricole etc.). Această tehnologie evită dezavantajele fermentării anaerobe a nămolului cum ar fi termenul îndelungat al procesului de fermentare (în cazul fermentării aerobe procesul are durata de 2-3 luni), de uscare ulterioară a nămolului (2-4 ani) și de formare a metanului. În procesul de fermentare aerobă, ca și în cazul fermentării anaerobe se reduce microflora patogenă din nămol. Ca dezavantaj poate fi menționat faptul că nu se dezactivează ouăle de helminți. Utilizarea ca fertilizant necesită dehelmintizarea prealabilă a nămolului.

Calculul reducerii emisiilor de metan a fost efectuat în baza caracteristicilor nămolului de la SEB din orașul Orhei (58 000 t/an nămol). Calculele sau efectuat reieșind din conținutul masei organice în nămol și DMS în amestec luând în considerație faptul că în procesul de fermentare aerobă din toată masa organică, care se conține în

DMS, fermentării se supun 30 %. Raportul optim Nămol/DMS sa stabilit a fi 1:2. Respectiv pentru calcule a fost luată cantitatea anuală de 58 000 t nămol și 116000 t DMS. Prin determinare experimentală s-a stabilit componența morfologică a DMS din or. Orhei și valorile conținutului de carbon degradabil pentru componentele DMS (tab. 3). Reducerea potențialului de încălzire a atmosferei prin emisiile de la compostarea aerobă a nămolului împreună cu DMS pentru cazul examinat a constituit circa 30% față de cazul fermentării anaerobe separate a nămolului și DMS.

Tabelul 3. Valorile conținutului de carbon degradabil pentru componentele principale ale DMS.

Tipul deșeurilor	Carbon organic degradabil (% din masă)
Hârtie și țesături (pânze naturale)	10
Deșeuri din parcuri, grădini publice	10,5
Deșeuri alimentare	54,5
Lemn și paie	1,7

În același timp, în compostul obținut scade concentrația metalelor grele față de concentrația lor în nămolul inițial. Astfel, după o asemenea fermentare, nămolul care depășește cu 50% CMA a unuia sau câtorva metale devine component al unui compost aplicabil ca fertilizant agricol.

Concluzii

1. Compostarea aerobă a nămolului de la stațiile de epurare biologică a apelor uzate menajere și industriale în amestec cu deșeurile menajere solide reduce potențialul efectului de seră al emisiilor prin reducerea formării gazului metan.

2. În cazurile când concentrația metalelor grele din nămolurile de la SEB depășesc CMA, fermentarea lor aerobă împreună cu DMS poate conduce la obținerea unui compost aplicabil ca fertilizant.

Bibliografie

1. Instrucțiune privind evaluarea prejudiciului cauzat aerului atmosferic la gestionarea deșeurilor de producție și menajere. // Ghid cu privire la evaluarea prejudiciului cauzat mediului de la activitățile antropogene și mecanismele de compensare a lui. MERN, Chișinău, 2006, p. 90 -106
2. *Dima, M.* Epurarea apelor uzate urbane. Iași, Ed. Lumina, 1998, 526 p.
3. *Ștefănescu L., Dumitru, M.* Condiții de valorificare a nămolurilor orășanești. // Mediul înconjurător, București, 1991, vol. II, nr. 1-2, p. 73-75.
4. *Bulimaga C.* Studiarea factorilor care determină compoziția nămolului și posibilitatea utilizării lui ca fertilizant agricol. // Mediul Ambient, 2004, nr. 3, p. 11-15.