

METODE ȘI SCHEME DE ELIMINARE A FOSFORULUI DIN APELE UZATE MENAJERE

*Vasile Vîrlan, doctorand
Universitatea Tehnică a Moldovei*

INTRODUCERE

Apa este substanța minerală cea mai răspândită pe suprafața pământului și are un rol primordial în dezvoltarea social - economică a unei națiuni. Apa este un constituent indispensabil și fundamental al organismului uman. Modificări mici ale calității acesteia pot produce tulburări grave de sănătate, iar insuficiența aportului de apă este mult mai puțin tolerată decât carența în alte elemente.

Sectorul de epurare a apei uzate din Republica Moldova se confruntă cu următoarele probleme:

- îmbunătățirea operațiunilor din punct de vedere tehnic, financiar și comercial, pentru conformarea la Directivele Europene și principii economice sănătoase;

- modificarea structurii instituționale, în special trecerea de la servicii organizate și gestionate la nivel local, la operatorii de apă regionali.

Având în vedere atât poziționarea Republicii Moldova în bazinul hidrografic al râurilor Prut și Nistru care mai apoi se revarsă în fluviul Dunărea și Marea Neagră, cât și necesitatea protecției mediului în aceste zone, Republica Moldova urmează să declare întregul său teritoriu ca zonă sensibilă.

Având în vedere proiectele în derulare/finalizare, precum și portofoliul de proiecte care se află în curs de pregătire, se poate constata că Republica Moldova este preocupată în continuare să-și îndeplinească angajamentele referitoare la dezvoltarea infrastructurii de alimentare cu apă cât și evacuarea și epurarea apei uzate.

1. STADIUL ACTUAL PRIVIND PROCESELE DE ELIMINARE A FOSFORULUI

1.1. Procese biologice de eliminare a fosforului din apa uzată

Reducerea biologică a fosforului necesită bazine în care sunt create condiții anaerobe, și bazine care lucrează în condiții aerobe. Expunerea la condiții anaerobe/aerobe conduce la o utilizare

competitivă a substratului și la selectarea microorganismelor care stochează fosforul.

Metoda biologică constă în expunerea microorganismelor la condiții alternativ aerobe și anaerobe. Acest lucru duce la o suprasolicitare a microorganismelor, astfel încât capacitatea de adsorbție crește foarte mult. Fosforul nu este utilizat numai pentru supraviețuire, sinteză și energie, ci este stocat și folosit ulterior de către microorganisme.

Mecanismul de reducere a fosforului arată că nivelul reducerii biologice a fosforului este legat în mod direct de cantitatea de substrat care poate fi fermentat de către microorganismele existente în mod obișnuit în zona anaerobă, ulterior asimilat și stocat ca produși de fermentație prin microorganismele reducătoare de fosfor, de asemenea în zona anaerobă. Reprezentarea schematică a mecanismului de eliminare biologică a fosforului este redată în figura de mai jos:

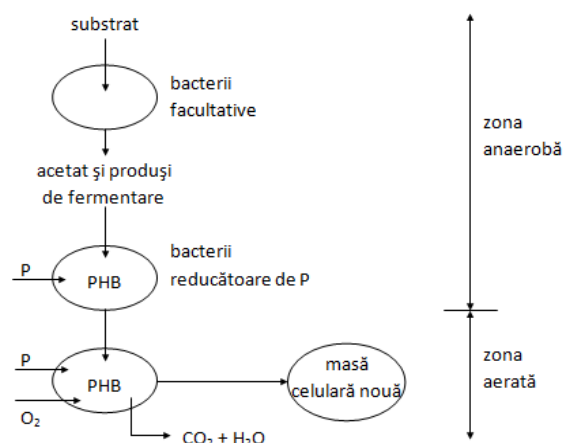


Figura 1. Reprezentarea schematică a mecanismului de eliminare a fosforului pe cale biologică. PHB – polihidroxibutirat, P – fosfor

1.2. Procese chimice de eliminare a fosforului din apa uzată

Epurarea avansată a apelor uzate, precipitarea chimică, implică adăosul de reactivi chimici pentru alterarea formei fizice a substanțelor coloidale și în suspensie și îmbunătățirea reducerii lor prin

sedimentare. În anumite situații, distrugerea particulelor coloidale este lentă iar reducerea este împiedicată chiar prin blocarea coagulantului într-un precipitat voluminos.

Sărurile de fier și aluminiu se adaugă în diferite puncte ale proceselor de epurare însă, deoarece polifosfații și fosforul organic sunt mai ușor de îndepărtat decât ortofosfații, pentru obținerea unor eficiențe mai bune ale procesului, se adaugă sărurile de aluminiu sau fier, după treapta de epurare biologică.

Precipitarea fosforului cu var

Cantitatea de var necesară pentru precipitarea fosfatului din apa uzată este în general de 1,4 - 1,5 ori alcalinitatea totală a apei uzate respective, exprimată prin CaCO_3 . Datorită valorii mari a pH-ului necesar pentru precipitarea fosfatului, co-precipitarea nu este eficientă.

Precipitarea fosforului cu aluminiu

Un mol de aluminiu reacționează cu un mol de fosfat iar raportul masic Al/P este 27/31, deci 0,87/1.

Precipitarea fosforului cu fier

Sărurile de fier utilizate în precipitarea chimică a fosforului sunt: clorura ferică, sulfatul feric, clorura feroasă și sulfatul feros, ultimele două fiind disponibile ca lichide de decapare, provenind din oțelării.

1.3. Procese de schimb ionic de eliminare a fosforului din apa uzată

În încercarea de armonizare a formulărilor și nomenclurii utilizate în literatura de specialitate, la simpozionul organizat la Helsinki în 1994 s-au propus următoarele definiții:

- schimbul ionic este schimbul echivalent de ioni între 2 sau mai multe specii ionizate localizate în diferite faze, dintre care cel puțin una este schimbător de ioni, fără formarea unor noi tipuri de legături chimice;

- schimbătorul de ioni este o fază ce conține un purtător de sarcină electrică, insolubil și osmotic

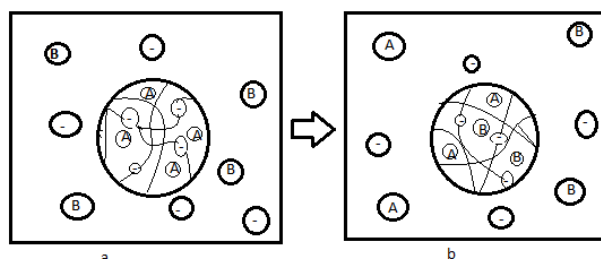


Figura 2. Reprezentarea schematică a schimbului ionic între un schimbător de ioni și o soluție de electrolit: a – starea inițială; b - starea de echilibru.

inactiv; termenul de „osmotic inactiv”, exprimă posibilitatea purtătorului de a migra din faza unde este localizat, în altă fază.

Schimbul ionic este o operație unitară care are o bază teoretică comună cu adsorbția și cromatografia, susținută și de elemente specifice. Procesul global, cuprinde mai multe faze:

- afânarea - se realizează prin percolarea coloanei cu un curent de apă preepurată sau epurată și are drept scop îndepărtarea impurităților mecanice, a bulelor de gaz și a particulelor de rășină sfărâmată;

- epuizarea - procesul se desfășoară până când matricea se saturează, iar ionii care trebuie separați nu mai sunt reținuți de rășină, și apar la ieșirea din coloană, momentul fiind marcat de creșterea bruscă a concentrației ionice;

- regenerarea - este procesul invers celui de epuizare, de reactivare a schimbătorului de ioni prin schimb ionic, realizat pe baza gradientului de concentrație dintre ionii reținuți la epuizare și ionul din agentul de regenerare;

- spălarea - are drept scop îndepărtarea soluției de regenerare în exces în stratul de rășină. Operația de spălare se efectuează prin introducerea unui curent de apă epurată, decarbonată sau demineralizată în sensul parcurs de influent în faza de epuizare.

Cele mai des utilizate materiale pentru schimbul de ioni sunt rășinile sau polimerii pe bază de fenoli. Sunt folosite în general 5 tipuri de rășini: cationice, puternic acide sau slab acide; anionice, puternic bazice sau slab bazice; rășini selective pentru metale grele.

Schimbătorii de ioni sunt utilizați în special în domeniul tratării apei și mai puțin în cel al epurării apelor uzate, în acest domeniu, apariția rășinilor sintetice selective, reprezentând o soluție apărută recent, dar cu perspective mari de viitor.

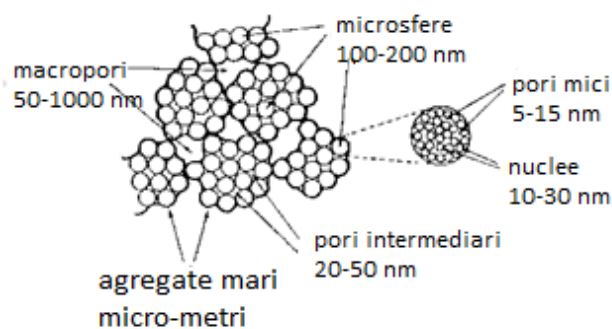


Figura 3. Reprezentarea schematică a structurii unei rășini macroporoase

2. SCHEME TEHNOLOGICE DE ELIMINARE A FOSFORULUI DIN STAȚIILE DE EPURARE

2.1. Îndepărtarea fosforului prin metode biologice

Procedeu A/O - presupune îndepărtarea fosforului pe linia apei, în treapta biologică concomitent cu oxidarea substanțelor organice pe bază de carbon. Concentrația fosforului în efluent depinde în mare măsură de raportul $CBO_5:P$ al apei uzate influente. Pentru valori mai mari de 10:1 se pot obține concentrații în fosfor solubil în efluentul epurat sub 1 mg/l, iar pentru valori mai mici de 10:1, pentru a se obține valori scăzute ale concentrației de fosfor în efluent, este necesară adăugarea de săruri metalice pentru precipitare.

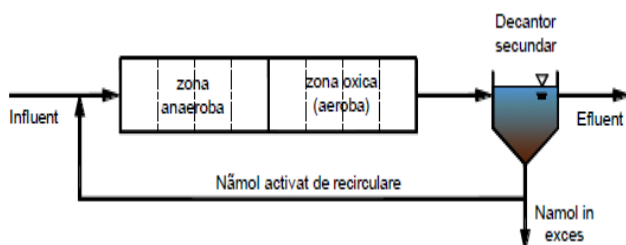


Figura 4. Schema A/O de reținere pe cale biologică a fosforului

Procedeu PHOSTRIP - implică îndepărtarea fosforului pe linia nămolului. În acest procedeu, o parte din nămolul activ recirculat este dirijat într-un rezervor anaerob de stripare a fosforului. Procedeu de tip PHOSTRIP asociat cu cel cu nămol activ poate asigura un efluent cu o concentrație de fosfor total de 1,5 mg/l.

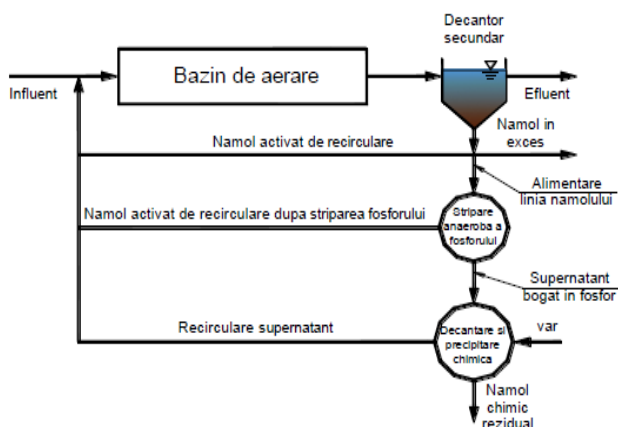


Figura 5. Schema PHOSTRIP de reținere biologică a fosforului

Tabel 1. Avantaje și dezavantaje ale alternativelor de îndepărtare biologică a fosforului.

Procedeu	Avantaje	Dezavantaje
A/O	<ul style="list-style-type: none"> - funcționare relativ simplă; - nămolul rezidual are o concentrație ridicată de fosfor, 3 – 5 %, având proprietăți fertilizante; - timp de retenție hidraulic scurt. 	<ul style="list-style-type: none"> - nu asigură simultan îndepărtarea azotului și fosforului; - performanțe mici la temperaturi scăzute; - cu scăderea timpului de retenție al celulelor în mediul aerob, poate fi necesară o valoare mai mare a transferului de oxigen.
PHOSTRIP	<ul style="list-style-type: none"> - proces flexibil care poate fi încorporat în stațiile de epurare cu nămol activ; - consum de reactivi chimici semnificativ mai mic decât la precipitarea chimică în treapta biologică; - poate conduce la concentrații de ortofosfați sub 1,5 mg/l. 	<ul style="list-style-type: none"> - necesită adaos de var pentru precipitarea fosforului; - curățarea depozitelor de var poate fi o problemă de întreținere; - necesită o concentrație crescută a amestecului în oxigen, pentru a preveni eliberarea fosforului în decantorul primar.

2.2. Îndepărtarea fosforului prin metode chimice

Sărurile metalice pot fi adăugate atât în decantorul primar, cât și în decantorul secundar, sau în treapta biologică de epurare.

Adaosul de săruri metalice în decantorul primar - este necesară realizarea adecvată a operațiilor de amestecare și floculare amonte de instalațiile de decantare primară, pentru care fie se amenajează bazine separate, fie se modifică cele existente.

Adaosul de săruri metalice și polimeri în decantorul secundar - se utilizează sărurile de fier sau de aluminiu împreună cu polimeri organici, pentru coagularea particulelor coloidale și

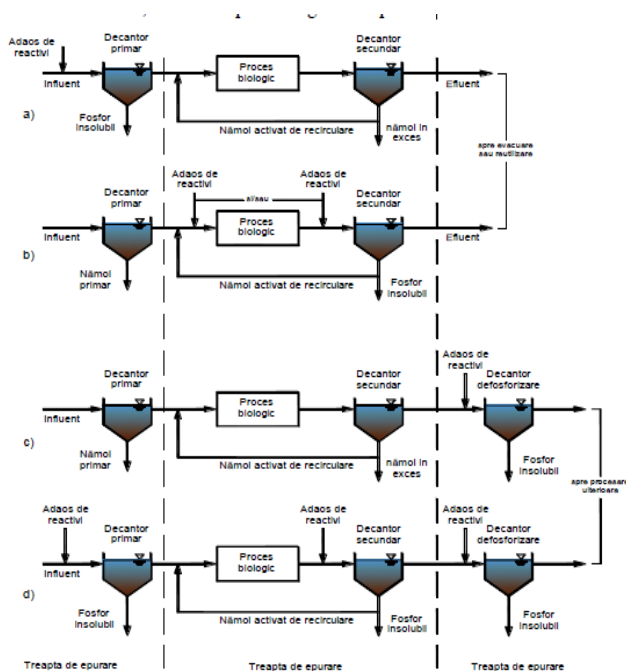


Figura 6. Posibilități de introducere a reactivilor în procesele de eliminare a fosforului

- a) înainte de decantorul primar (pre-precipitare);
- b) înainte și/sau după bioreactor (co-precipitare);
- c) după decantorul secundar (post-precipitare);
- d) în mai multe puncte din procesul tehnologic (adiție chimică multipunctuală).

îmbunătățirea eficienței filtrelor.

Adaos de reactivi în treapta biologică - fosforul este îndepărtat din faza lichidă printr-o combinație de procese: precipitare, adsorbție, schimb și floculare și îndepărtat din sistem fie în nămolurile primare sau în cele secundare, fie în ambele.

Adiția de săruri metalice în treapta de epurare secundară - cel mai adesea se utilizează adășiile multipunctuale. Fosforul este îndepărtat din faza lichidă printr-o combinație de procese: precipitare, adsorbție, schimb și floculare și îndepărtat din sistem odată cu nămolul biologic.

Tabel 2. Avantajele și dezavantajele adaosului de substanțe chimice pentru îndepărtarea fosforului, în diverse trepte ale stației de epurare.

Treapta de epurare	Avantaj	Dezavantaj
Primară	- aplicată la majoritatea stațiilor de epurare; - crește procentul de îndepărtare a	- necesită polimeri de floculare; - nămol mai dificil de deshidratat decât nămolul

	substanțelor organice și a suspensiilor.	primar.
Secundară	- costuri reduse; - dozaj chimic scăzut în comparație cu adăția în treapta mecanică de epurare; - stabilitate îmbunătățită a nămolului activ; - nu necesită polimeri.	- doze suplimentare de metal pot determina toxicitate prin reducerea pH-ului; - la ape cu alcalinitate scăzută este necesar controlul pH-ului.
Avansată	- asigură o concentrație scăzută a fosforului în efluent; - utilizarea metalului este mai eficientă.	- costuri ridicate; - pierderi importante de metal.

CONCLUZII

Fosforul are un rol foarte important în natură. Prezența acestuia sub formă de săruri sau de compuși derivați ai acidului fosforic condiționează viața, fiind componente de bază ale celulelor vii și participând nemijlocit la diferite metabolisme. Fosforul se găsește în celulele plantelor și animalelor și are un rol esențial în captarea energiei solare și utilizarea ei în procesele de creștere și reproducere.

Eliminarea fosforului din apele uzate are loc prin 3 metode:

- metoda biologică;
- metoda chimică;
- metoda prin schimbarea de ioni.

Metoda biologică constă în expunerea microorganismelor la condiții alternativ aerobe și anaerobe. Acest lucru duce la o suprasolicitare a microorganismelor, astfel încât capacitatea de adsorbție crește foarte mult.

Epurarea avansată a apelor uzate, precipitarea chimică, implică adaosul de reactivi chimici pentru alterarea formei fizice a substanțelor coloidale și în suspensie și îmbunătățirea reducerii lor prin sedimentare. În anumite situații, distrugerea particulelor coloidale este lentă iar reducerea este

împiedică chiar prin blocarea coagulantului într-un precipitat voluminos.

Eliminarea fosforului din apele uzate prin schimbători de ioni este un proces relativ tânăr, ce urmează a fi studiat mai amănunțit. Schimbul de ioni este schimbul echivalent de ioni între 2 sau mai multe specii ionizate localizate în diferite faze, dintre care cel puțin una este schimbător de ioni, fără formarea unor noi tipuri de legături chimice.

16. Frank R. Spellman. *Water and Wastewater Treatment Plant Operations.* New York 2003.

17 Iurciuc C.E. *Teză de doctorat. Studii și cercetări privind epurarea avansată a apelor uzate în vederea valorificării efluentului la irigarea culturilor energetice.* Iași 2013.

Bibliografie

1. Ungureanu D. *Eliminarea nutrienților din apele uzate la stațiile de epurare din localitățile canalizate.* Chișinău, 2005.

2. Ungureanu D., Vîrlan V. *Îndrumar metodic pentru întocmirea proiectului de an. Partea a III-a. Epurarea biologică și dezinsecția apelor uzate.* Chișinău, 2013.

3. Vîrlan V. *Teză de master. Stații individuale de epurare a apelor uzate cu capacitatea până la 100 m³/zi.* Chișinău 2013;

4. Marin D. Florentina. *Teză de doctorat. Reducerea avansată a fosforului în cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate.* București 2014;

5. HG nr. 1141 din 10.10.2008.

6. Bodik I., Ridderstolpe P. *Sanitația durabilă în Europa centrală și de est - soluție pentru rezolvarea problemei apelor uzate din satele și comunele mici și mijlocii.* 2007;

7. SNIP 2.04.03-85. *Kanalizatsiya. Naruzhnye seti i sooruzheniya.*

8. Robescu D., Stroe F., Presura A., Robescu D. *Tehnici de epurare a apelor uzate.* București 2011;

9. Minescu A. *Teză de doctorat. Stații de epurare compacte.* București 2011.

10. Barnard J.L. *Biological nutrient removal without the addition of chemicals, water research.* 1975.

11. George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition.* New York 2003.

12. Stănescu Ioana. *Studii și cercetări privind procesele fizico-chimice și biologice pentru reducerea fosforului din apele uzate.* București 2012.

13. Lisov V.A. *Nitrificatia i denitrificatia gorodskih stocinih vod.* Rostov na Donu 1998.

14. Sâmbeteanu A. *Teză de doctorat. Optimizarea proceselor de epurare biologică a apelor uzate.* Oradea, 2013.

15. Dolina L.F. *Ochistka stochnyh vod ot biogennyh elementov.* Dnepropetrovsk, 2011.

Recomandat spre publicare: 22.01.2016.