



A X-a Conferință Națională multidisciplinară - cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL - fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2010

STUDIU PRIVIND PROIECTAREA SISTEMELOR DE BIOREMEDIERE A SOLURILOR CONTAMINATE

Alina URS (Nedelcu), Valer MICLE

DESIGN STUDIES ON BIOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOIL SYSTEMS

This paper presents an integrated feasibility study on designing systems for remediating petroleum-contaminated sites. Its consists of components of site-condition investigation, multiphase multicomponent transport modeling, remediation technology screening, and remediation-system design. The developed system could help petroleum industries to reduce costs at consulting, planning, design, and operation stages of their remediation practices.

Cuvinte cheie: bioremediation, soil pollution, biological treatment

1. Introducere

În România, în urma schimbărilor politice și economice, numeroase amplasamente industriale nu au mai fost utilizate, sau au fost utilizate numai într-o mică măsură. Prin utilizarea industrială a acestor situri s-au produs contaminări, mai mult chiar, infrastructura existentă nu mai face față cerințelor-standard de natură tehnică, de dreptul muncii și ecologice din Europa. Aceste situri necesită impulsioni în vederea reutilizării lor.

Această situație cu care se confruntă multe țări justifică cercetările pentru elaborarea unor tehnologii ieftine și eficiente de

îndepărtare a metalelor grele din efluenții de la instalațiile generatoare de astfel de poluanți.

Metodele convenționale fizice și chimice (precipitare, reacții de oxidare sau reducere, filtrare, tratamente electrochimice, cromatografie pe schimbători de ioni, osmoză inversă și altele) sunt scumpe și cu eficiență limitată, mai ales când concentrațiile metalelor în soluție sunt în domeniul 1-100 mg/L, acumulându-se ca produs rezidual nămoluri toxice, a căror tratare este costisitoare, dar necesară, deoarece pot contribui la poluarea mediului. De aceea aplicarea metodelor biologice pentru reducerea încărcăturii în metale grele aflate în concentrații reduse a devenit un domeniu de interes în cercetările actuale de specialitate cu potențial aplicativ ridicat [1].

În ultima decadă cercetările legate de bioremedierea mediului poluat cu metale grele au luat o mare amploare, bazată pe activitatea microorganismelor acidofile a căror diversitate metabolică explică eficiența îndepărtării compușilor toxici din mediul înconjurător. Accentuarea gradului de poluare a mediului a determinat creșterea interesului cu privire la rezistența microbiană la ioni metalici și mai ales asupra extinderii potențialului de aplicații biotehnologice acestor microorganisme. Microorganismele acidofile, cum sunt: bacteriile heterotrofe acidofile și bacterii chemolitotrofe fier și sulf - oxidante, care s-au dovedit rezistente la concentrații crescute de cupru sunt de interes pentru aplicații biotehnologice (biohidrometalurgice).

O importanță deosebită în utilizarea microorganismelor acidofile în procese de biosorbție, bioacumulare și biosolubilizare a metalelor din ape reziduale industriale (în special drenajele miniere acide) o reprezintă rezistența acestor microorganisme la concentrații crescute de ioni metalici existente în mediile respective. Acest fapt oferă posibilitatea utilizării lor eficiente în procesele biotehnologice.

2. Condițiile de bază ale bioremedierii

În funcție de contaminanții situ-lui, bioremediere poate fi mai sigură și mai puțin costisitoare decât soluțiile alternative, cum ar fi incinerarea sau depozitarea materialelor contaminate.

Metodele de remediere biologice în condiții optime pot fi destul de eficiente dacă includ următoarele aspecte:

- existența surselor de nutrienți (cum ar fi azotați, fosfați, sursă de carbon, minerale) pentru a sprijini speciile microbiene sau speciile de plante;

- caracterizarea activității biologice a situ-lui existent (plante și microbi), precum și descrierea penei;
- biodisponibilitatea poluantului pentru un tratament eficient;
- aciditatea/alkalinitate solului pentru a determina nevoia de îngrășăminte și de aerare;
- forma chimică a speciilor radioactive;
- timpul de înjumătățire a radionuclizilor;
- specii de plante sau speciile microbiene cele mai potrivite pentru decontaminare situ-lui;
- conturul penei [2].

Condițiile de bază pentru bioremediere sunt descrise în mod piramidal în figura 1. În ordinea importanței, în primul rând avem nevoie de prezența unor microorganisme cu capacitatea de a sintetiza enzimele care pot degrada poluanții țintă. Prin urmare cel de-al doilea nivel al piramidei arată că trebuie să fie prezente sursele de energie adecvate și acceptarea de electroni. Al treilea nivel arată nevoia de umiditate suficientă și pH-ul acceptabil, al patrulea nivel reamintește importanța de a evita temperaturi extreme și asigurarea disponibilității de nutrienți anorganici cum ar fi azotul, fosforul și urme de metal. În final la baza piramidei avem trei cerințe de mediu care sunt importante pentru durabilitatea bioremedierii: lipsa unor concentrații mari de substanțe care sunt toxice pentru microorganisme; îndepărtarea metabolizilor pot inhiba activitățile specifice microbiene și absența concentrațiilor mari de protozoare care acționează în calitate de prădători pe bacteria responsabilă pentru degradarea contaminanților [3].

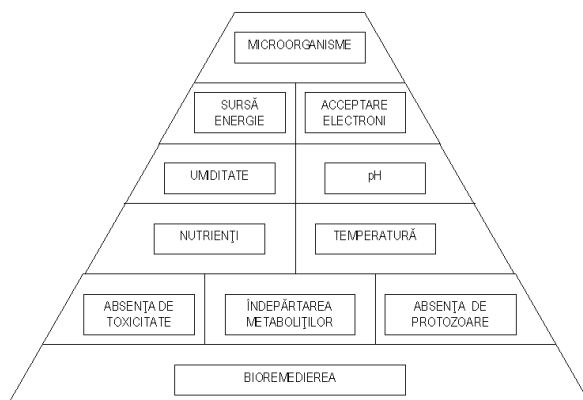


Fig. 1 Condițiile de bază ale bioremedierii [2]

3. Sisteme de bioremediere

3.1 Sistemele în situ

Sistemele în situ sunt acelea pentru care mediul contaminat, fie el sol sau ape subterane, nu este deplasat din locația originală. Aceste sisteme pot fi la rândul lor de remediere intrinsecă sau sisteme de bioremediere tehnică.

Figura 2 prezintă schema unui sistem de bioremediere în situ, aplicat în cazul unui sit poluat cu produse petroliere din vestul Canadei de către Departamentul de Construcții Civile de la Universitatea Dalhousie, Canada, Colegiul de Arhitectură de la Universitatea Tehnică Beijing, Colegiul de Știința Mediului Beijing, China [4]. Sistemul conține puțuri de extracție, puțuri de injectare, tranșee de infiltrație, puțuri de monitorizare a unui sistem de rezervoare integrate, precum și un sistem de conducte. S-au prevăzut opt puțuri de extracție. Trei dintre ele trebuie să fie forate și instalate, EW3, EW6, și EW8, celelalte sunt puțuri de monitorizare EW1, EW2, EW4, EW5, și EW7, sunt șase puțuri de injectare, IW1 - IW6. Tranșeele de infiltrație utilizate pentru tratarea solurilor contaminate ar trebui să fie distribuite, cu o adâncime de 1-2 m sub suprafață. În total, 15 locații de tranșee de infiltrație sunt identificate. Sistemul de rezervoare integrate este format din patru subsisteme, fermentația biologică inoculară, alimentarea cu nutrienți, oxigenarea, și controlul biologic aditiv. În urma infiltrării apei pretratate

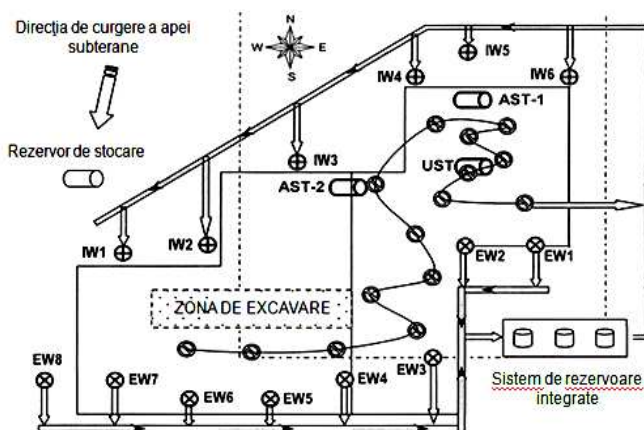


Fig. 2 Sistemul de bioremediere în situ [4]

va fi adăugată în apa infiltrată o substanță biologică folosită pentru inoculare pentru a spori dezvoltarea microbiană.

În ceea ce privește bioremedierea în situ, costurile aferente sunt pentru pregătirea sit-ului, proiectarea instalației și construcție, precum și operarea sistemului. Costurile aferente tratării pot fi influențate de concentrațiile inițiale și volumul solului ce trebuie tratat. Pe baza examinării a mai multor cereri anterioare de analiză a condițiilor sit-ului cei de la universitatea tehnică din Dalhousie, Canada au estimat costurile pentru bioremedierea sit-ului între 1.000.000 și 1.250.000 \$ pentru o suprafață de 10000 m².

3.2. Sistemele ex situ

Sistemele ex situ necesită aducerea solului sau apelor subterane contaminate la suprafață pentru a fi tratate. Această tratare se realizează într-un reactor sau într-un biofiltru de suprafață. Există cazuri în care este necesară chiar cultivarea solurilor contaminate care au fost aduse la suprafață. Studiul a fost realizat de către Departamentul de Inginerie Chimică din Québec, Canada, pe un sit contaminat cu produse petroliere pe o suprafață de 16900 m², a fost afectat cu hidrocarburi un volum de 8000 m³.

Sarcina de mediu a fost calculată în raport cu unitatea funcțională și evidența rezultatelor prezentate, evaluate și distribuite în 11 etape prezentate în ciclul depoluării solului din figura 3. Fiecare dintre cele 11 etape ale ciclului (cum ar fi excavarea solului, tratarea biopile, administrarea emisiilor lixivate și volatile, reumplerea locului excavat cu sol tratat) este compus din una sau mai multe procese, cum sunt producția de material, transportul sau funcționarea echipamentelor.

Stabilirea metodologiei pentru remediere nu a fost un succes în atingerea criteriului B. În acest caz, tratarea solului parțială (concentrație > criteriu B) este adus la rampa de gunoi (figura 3). În modul de transport sunt incluse etapele procesului.

Transportul implică schimbarea locației a solului și a materialelor utilizate. Pregătirea sit-ului (1) include izolarea sit-ului contaminat și decontaminarea zonei, două adăposturi pentru substanțe nutritive și echipamente, pavajul din zona de tratare (patru straturi succesive de asfalt, pietriș și argilă și pregătirea recipientului biopile (cu o grosime de 0,5 mm a acoperi LDPE). Pentru tratarea biopilei (5) au fost construite în mod similar grămezi sub formă de șiruri de sol lungi de 50 m și 1,5 m înălțime unde a fost introdusă (4) bariera

impermeabilă instalată în etapa 1. Prin metoda biopile solul a fost aerat și irigat cu apă de la sistemul de lixiviere (10) și nutrienți până la realizarea obiectivelor de remediere. Instalarea sistemului de aerare este instalat sub grămada de sol (4). Separatorul de aer și apă, turnul de umidificare și biofiltru aerului permite absorbția emisiilor volatile (9) în timp ce rezervorul colector de apă stochează levgatul care a fost folosit pentru irigarea biopile (10.) Etapele 2, 4, 5 și 6 constă în utilizarea unui excavator pentru a muta solul înainte, în timpul și după tratament. Închiderea sit-ului (7) implică demontarea tuturor structurilor de pe sit folosind echipament adecvat și trimiterea deșeurilor la rampa de gunoi. Nu s-au luat în considerare tratarea apei subterane în situ. Rezultatele din acest studiu a permis identificarea a mai multor optimizări de procese în vederea îmbunătățirii tehnologiei biopile inclusiv utilizarea unui centru de tratare permanentă.

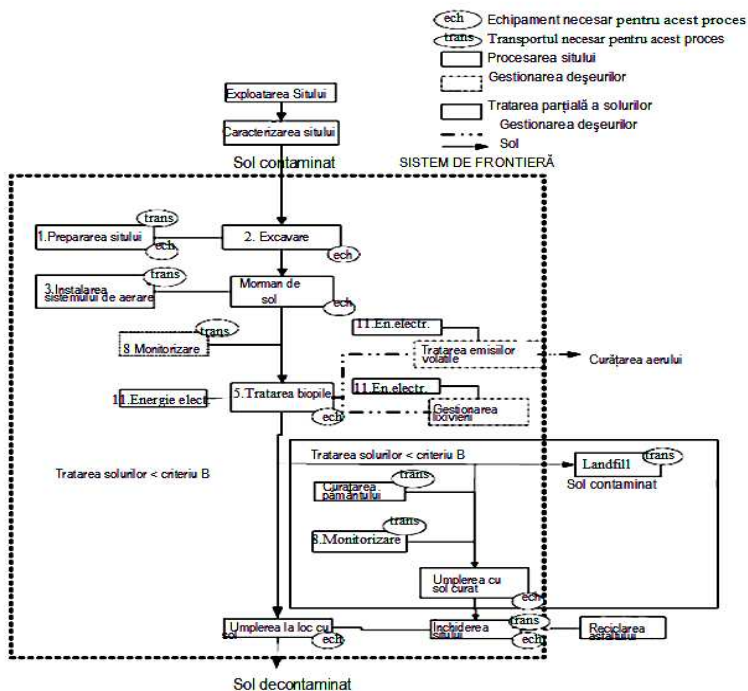


Fig. 3 Sistemul de depoluare a solului în ex situ

3.3. Model experimental propus

Schema conceptuală a modelului propus pentru depoluarea solurilor la nivel de laborator prin metode biologice este prezentată în figura 4.

Pentru a se realiza depoluarea sit-ului, solul este excavat și depozitat într-un recipient pe fundul acestui recipient este instalat sistemul de țevi de drenare pe urmă peste aceste țevi este montată o sită cu ochiuri de dimensiuni mici peste care se va pune un strat de pietriș apoi aducem solul prelevat din diferite zone poluate și se va așeza peste pietriș, acest sistem de țevi pentru aerare va funcționa cu ajutorul unui compresor, deasupra vasului va exista un sistem de țevi perforate pentru irigarea solului cu microorganismе, sistemul de irigare este ajutat de o pompă electrică.

Pe toată durata procesului se vor controla continuu parametrii solului și se va analiza cu ajutorul unor senzori și a unui soft care ne va da rezultatele sub formă de grafice. La apa rezultată se vor face analize chimice pentru a vedea ce poluanți rezultă și pentru a alege metodele potrivite pentru tratarea apei care urmează să fie deversată în canalizare.

La realizarea modelului experimental pentru condiții de laborator s-a optat pentru o construcție simplă având dimensiuni reduse și cost de realizare redus.

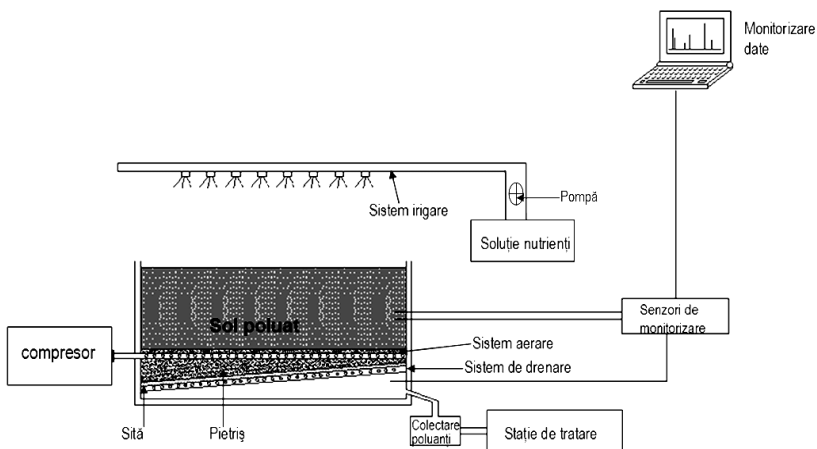


Fig. 4 Schița modelului de laborator propus pentru depoluarea solurilor ex situ

4. Concluzii

■ Bioremedierea solurilor reprezintă o metodă cu un cost efectiv scăzut pentru decontaminare solurilor poluate și este una dintre cele mai sigure din punct de vedere al impactului de mediu. Caracterizarea sistemelor microbiene implicate în degradarea contaminanților este un pas inițial important în dezvoltarea strategiilor de bioremediere.

■ Prin cercetările realizate de cei de la Universitatea Tehnică din Dalhousie, Canada împreună cu celelalte universități, aceștia oferă un suport de luare a deciziilor pentru industrie privind reabilitarea sitului. Prin aceste sisteme au fost examinate proiectarea sistemului de exploatare precum și eficiența costului.

■ Modelul experimental propus la nivel de laborator permite tratarea biologică a solurilor poluate cu metale grele, hidrocarburi. De asemenea modelul va permite variația parametrilor fizico-chimici ai solului tratat, măsurarea și înregistrarea parametrilor procesului de tratare biologică a solului.

BIBLIOGRAFIE

- [1] * * * *Studii privind utilizarea biomasei reziduale fungice în bioremedierea apelor reziduale cu conținut de metale grele*, REV. CHIM.(București) 58, Nr. 6 , 2007.
- [2] Spiridon, Iuliana, *Biotehnologii în prevenirea dezastrelor provocate de factori naturali și antropici*, Institutul de Chimie Macromoleculară Petru Maior Iași.
- [3] Gavrilesco, Maria, Pavel, L.V., Cretescu, I., *Characterization and remediation of soils contaminated with uranium*, Journal of Hazardous Materials 163 (2009) pag. 475–510.
- [4] L. Liu, L., Hao, R.X., Cheng, S.Y., Guo, H.C., *An integrated feasibility study on designing remediation systems for petroleum-contaminated sites*, 15 December 2003; accepted 6 January 2004.
- [5] Toffoletto, L., Deschênes, L., Samson, R., *LCA of Ex-Situ Bioremediation of Diesel-Contaminated Soil*, Int J LCA 10 (6), pag. 406 – 416, 2005.

Drd. Ing. Alina (Nedelcu) URS

Prof. Dr. Ing. Valer MICLE

Catedra Ingineria Mediului, Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,

e-mail: urs_alina@yahoo.com, Valer.Micle@sim.utcluj.ro

telefon: 0264 401759, 0264 401657