

# **POLUAREA CU PETROL, BIOREMEDIEREA ȘI MICROORGANISMELE IMPLICATE ÎN ACEST PROCES**

## **OIL POLLUTION, BIOREMEDIATION AND MICROORGANISMS INVOLVED IN THIS PROCESS**

**Laura Doboș, Carmen Puia**  
USAMV Cluj-Napoca

### **INTRODUCERE**

Fenomenul de poluare constituie contaminarea mediului înconjurător cu diverse materiale care interferează cu sănătatea umană, calitatea vieții sau funcția naturală a ecosistemelor (organismele vii și mediul în care trăiesc). Chiar dacă uneori poluarea mediului (apă, sol, aer) este rezultatul cauzelor naturale, cea mai mare parte a substanțelor poluante provine din activitățile umane. „Omul, după ce a atins un anumit grad de cultură, a scos la lumină o trăsătură care îl deosebește de toate celelalte viețuitoare; în timp ce toate speciile se adaptează mediului de viață, omul a încercat o performanță diferită: adaptarea mediului la particularitățile sale biologice, la cerințele vieții sociale” (Puia și colab., 1998).

### **Petrolul și efectele lui asupra solului, plantelor și organismului uman**

Petrolul este combustibilul cel mai important al societății noastre dar și sursa principală de materiale sintetice plastice, uleiuri, lubrifiante, bitum etc. (Elena Gavrilescu, 2002). Totodată dezvoltarea industriei petroliere este însoțită de apariția unor fenomene secundare, neprevăzute, cu efecte dăunătoare asupra mediului înconjurător și vieții omului.

Petrolul brut (țiței) este un amestec extrem de complex de hidrocarburi însumând sute de compuși individuali cu structură chimică și greutate moleculară diferite la care se adaugă o serie de compuși cu greutate moleculară mai mică diferiți de hidrocarburi (fenoli, tioli, acizi naftenici, compuși heterociclici cu N (piridine, pirol, indol etc.), compuși ai S (alchil tioli, tiofen etc.) (Zarnea, 1994).

Rezultatul poluării cu hidrocarburi petroliere provoacă mari tulburări atât componentelor biotice cât și componentelor abiotice din cadrul ecosistemelor (Müeller et al., 1992, citat de Okoh, 2006).

Poluarea solului și degradarea calității acestuia, datorită compușilor chimici este una dintre cele mai grave forme de poluare, deoarece spre deosebire de apă și aer unde poluanții au posibilitatea de a se dispersa și de a se dilua ușor, în sol aceștia se acumulează (Rodica Stănescu și colab., 2006).

Sursele majore de contaminare cu hidrocarburile petroliere sunt: tancurile de stocare, conductele de transport, tancurile de transport și rafinăriile (Răuță și Cârstea, 1983; Płaza et al., 2007).

Solurile poluate cu petrol au la suprafață o pojghiță de țitei densă, compactă, lucioasă, care determină apariția următoarelor aspecte:

- ✓ împiedicarea desfășurării proceselor de infiltrație a apei în sol, de circulație a acesteia;
- ✓ împiedicarea realizării substanțelor gazoase între sol și aer (oxigen, bioxid de carbon, hidrogen sulfurat etc.);
- ✓ dezvoltarea intensă a proceselor de reducere, cu eliberare de toxine, care determină asfixierea sistemului radicular, iar în final moartea plantelor (Elena Gavrilăscu, 2002).

Poluarea afectează procesele biochimice și chimice din plante, ducând la slăbirea rezistenței față de agenții patogeni, precum și față de dăunători.

În tabelul 1 este prezentat efectul dăunător al petrolului asupra plantelor de fasole roșie și porumb.

Tabelul 1  
**Efectul petrolului asupra plantelor de fasole roșie și porumb**

Concentrația petrolului %	Fasole roșie		Porumb	
	Înălțimea plănuțelor (cm)	Lungimea rădăcinilor (cm)	Înălțimea plănuțelor (cm)	Lungimea rădăcinilor (cm)
0	23,84 ± 0,76	15,30 ± 2,01	18,30 ± 1,63	17,78 ± 1,23
1	21,24 ± 1,51	10,86 ± 2,07	13,16 ± 0,89	8,42 ± 1,10
3	12,56 ± 1,54	5,80 ± 1,58	7,12 ± 1,38	5,78 ± 1,45
5	1,84 ± 1,54	4,18 ± 0,67	-	-
10	-	-	-	-

Sursa: Baek et al., 2004

Autorii au folosit fasolea roșie (*Phaseolus nipponesis* OWH1) și porumbul (*Zea mays*) pentru a determina influența toxicității cu petrol asupra plantelor. În urma experimentului s-a observat că porumbul nu a germinat la concentrații mari de petrol, respectiv 5 și 10%, comparativ cu plantele de fasole roșie care au germinat la concentrația de 5% petrol.

Influența petrolului asupra plantelor a fost determinată prin observații fenologice la nivelul plantelor și anume s-au făcut măsurători asupra înălțimii acestora și lungimii rădăcinilor. După 14 zile, cât a durat experimentul, s-a remarcat o sensibilitate ridicată a plantelor de porumb. Acestea au avut o dezvoltare mai slabă comparativ cu cea a plantelor de fasole roșie.

Hidrocarburile aromatice polinucleare (HAP) sunt compuși toxici cu proprietăți mutagene, teratogene și cancerigene. În acest sens Agenția EPA din SUA încadrează un număr de 16 hidrocarburi poliaromatice în categoria poluanților prioritari, care necesită o atenție deosebită. Agencia Internațională de Cercetări asupra Cancerului a identificat 15 tipuri de hidrocarburi poliaromatice, care includ șase din cele 16 tipuri de HAP, identificate de USEPA – având proprietăți cancerigene (Arun et al., 2008; Chauhan et al., 2008).

### **Bioremedierea, avantajele dezavantajele acesteia**

Procesul de remediere a solurilor poluate cu hidrocarburi prin procedee biologice sunt cunoscute sub denumirea de procedee de bioremediere. Bioremedierea se realizează prin intermediul microorganismelor indigene sau introduse și create în mod special (Rodica Stănescu și colab., 2006).

Jelena Milić et al. (2009) definesc bioremedierea ca fiind o metodă modernă, unde capacitatea naturală a microorganismelor este angajată pentru reducerea concentrației și/sau toxicității a diverselor substanțe chimice, cum ar fi derivate din petrol – hidrocarburi alifatice și aromatice, solvenți industriali, pesticide și metale.

**Avantajele bioremedierii** sunt următoarele:

1. Bioremedierea, fiind un proces natural, este percepută ca un posibil proces de tratament asupra materialelor contaminate, cum ar fi solul. Microorganismele au capacitatea de a degrada un număr mare de contaminanți, iar în urma activității lor rezultatul rămas este inofensiv pentru mediu (Vidali, 2001).
2. Un alt avantaj al bioremedierii îl constituie faptul că acest proces se poate realiza la fața locului, fără a cauza întreruperi majore ale activității (Sasikumar and Taniya Papinazath, 2003).
3. Costurile de operare sunt mai scăzute comparativ cu a procedeelelor convenționale aplicate (spălare, incinerare, desorbție termică).
4. Este posibilă utilizarea inoculării sau/și a apei oxigenate pentru creșterea eficienței procesului.

5. Se elimină problemele legate de depozitarea deșeurilor (Rodica Stănescu și colab., 2006).

**Dezavantajele bioremedierii constau în:**

1. Bioremedierea este limitată, ea aplicându-se doar compușilor biodegradabili.
2. Există anumite temeri în ceea ce privește produsele de biodegradare, acestea putând fi mai toxice decât compusul de origine.
3. Este dificil de a extrapola de la condiții de laborator la scară largă (câmp) (Vidali, 2001).
4. Nu decurg bine în solurile argiloase, compacte, unde oxigenul sau nutrienții sunt dificil de introdus în zona de tratat (Rodica Stănescu și colab., 2006)
5. Procesul de bioremediere se realizează într-o perioadă mult mai mare decât în cazul altor tratamente de remediere, cum ar fi excavarea, incinerarea solului.

**Microorganismele implicate în procesul de bioremediere**

Rolul microorganismelor constă atât în geneza zăcămintelor de țiței „Petrolul s-a format probabil dintr-un nămol depus pe fundul unor mări interioare, care a provenit, în principal din plante microscopice. Acesta a suferit în cursul epocilor geologice o serie de transformări biologice, în absența oxigenului, sub influența unor bacterii anaerobe, și apoi transformări chimice, lente, catalizate de rocile cu care a venit în contact” (Margareta Avram, 1994) cât și în degradarea biologică a hidrocarburilor petroliere din diferite habitate (Geamăn, 2008).

În acest sens s-a observat faptul că numeroase microorganisme au capacitatea de a utiliza hidrocarburile atât în stare gazoasă cât și în stare lichidă și solidă din seriile alifatică, aromatică și asfaltică, pe care le folosesc ca sursă de carbon și energie (Zarnea, 1994). Acestea degradează hidrocarburile parțial sau complet, iar rezultatul rămas în urma activității lor microbiene este nepoluant pentru mediu fiind alcătuit din apă, CO<sub>2</sub> și substanțe netoxice inofensive pentru mediu.

Microorganismele izolate frecvent din solurile poluate, cu proprietăți ridicate în biodegradarea hidrocarburilor, fac parte din următoarele grupe (Zarnea, 1994):

**Bacterii** - *Achromobacter* sp., *Acinetobacter* spp., *Actinomyces* (*Actinomyces asteroides*, *Actinomyces farcinica*, *Actinomyces gypsoides*), *Alcaligenes* spp., *Arthrobacter* sp., *Bacillus* (*Bacillus*

*lipolyticum*), *Brevibacterium* spp., *Corynebacterium* (*Corynebacterium simplex*), *Flavobacterium* spp., *Micrococcus* (*Micrococcus paraffinae*), *Mycobacterium* (*Mycobacterium phlei*, *Mycobacterium lacticola*, *Mycobacterium luteum*, *Mycobacterium rubrum*), *Nocardia* spp., *Pseudomonas* (*Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas liquefaciens*, *Pseudomonas striata*, *Pseudomonas borbopolis*), *Spirillum* spp., *Vibrio* spp.

Bacteriile fotosintetizante din genurile *Rhodopseudomonas* și *Rhodospirillum* degradează țițeiul în condiții de anaerobioză strictă și iluminare slabă.

**Cianobacteriile** implicate în biodegradarea hidrocarburilor aparțin genurilor: *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Coccochloris*, *Microcoleus*, *Nostoc*, *Oscillatoria*. Acestea au capacitatea ridicată de a oxida hidrocarburile aromatice.

**Levurile** care degradează hidrocarburile fac parte din genurile *Candida*, *Rhodotorula*, *Rhodospirillum*, *Saccharomyces*, *Sporobolomyces* etc.

**Fungii filamentoși** cu importanță deosebită în degradarea hidrocarburilor fac parte din următoarele genuri: *Aspergillus* (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus effusus*, *Aspergillus tumari*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus versicolor*), *Acremonium* spp., *Cladosporium* (*Cladosporium resinae*), *Fusarium* spp., *Graphium* spp., *Gliocladium* spp., *Paecilomyces* spp., *Penicillium* spp., *Mortierella* spp., *Trichoderma* spp., *Trichosporium* spp., *Sphaeropsidales* spp. etc.

**Alge** – *Amphora* spp., *Chorella* spp., *Chlamydomonas* spp., *Cylindrotheca* spp., *Dunaliella* spp., *Petalonia* spp., *Porphyridium* spp., *Ulva* spp. etc.

Saadoun et al. (2008) și Abbassi and Shquirat (2008) sunt de părere că bacteriile și fungii sunt principalele microorganisme responsabile pentru biodegradarea hidrocarburilor petroliere.

Numărul microorganismelor care degradează hidrocarburile crește foarte mult după poluare, cu câteva ordine de mărime și se menține ca atare uneori mai mult de un an.

În sol, după contaminare, fungii care degradează hidrocarburile reprezintă 60-82% din microbiota fungică iar bacteriile 50% din micropopulația respectivă. Bacteriile din genul *Pseudomonas* pot reprezenta 66% din total.

Principalele condiții pe care ar trebui să le dețină microorganismele ideale în procesele de biodegradare a țițeiului sunt următoarele:

- să degradeze intens și rapid o gamă cât mai mare de compuși din petrol;
- să se reproducă rapid;
- să se multiplice și în medii naturale;
- să fie genetic stabile și să poate fi conservate și recultivate fără a suferi modificări esențiale;
- să nu producă efecte toxice și să nu fie patogene;
- să poată fi utilizate în asociere cu alte microorganisme active, pentru a asigura degradare a diferitelor tipuri de hidrocarburi (Zarnea, 1994).

## BIBLIOGRAFIE

1. Abbassi E. B., W.D. Shquirat, 2008, Kinetics of indigenous isolated bacteria used for ex-situ bioremediation of petroleum contaminated soil, *Water Air Soil Pollut*, 192: 221–226.
2. Arun A., P. Praveen Raja, R. Arthi, M. Ananthi, K. Sathish Kumar, M. Eyini, 2008, Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) biodegradation by basidiomycetes fungi, pseudomonas isolate, and their cocultures: comparative in vivo and in silico approach, *Appl Biochem Biotechnol*, 151: 132–142.
3. Avram Margareta, 1994, *Chimie organică. Volumul I. Ediția a II-a*. Ed. Zecasin, București, 100-102.
4. baek k.h., h.s. kim, h.m. oh, b.d. yoon, j. kim, i.s. lee, 2004, Effect of crude oil, oil components and bioremediation on plant growth, *Journal of environmental science and health, Part A – Toxic/Hazardous Substances & environmental engineering* vol. A39 (9): 2465-2472.
5. Chauhan Archana, Fazlurrahman, J.G. Oakeshott, R. K. Jain, 2008, Bacterial metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons: strategies for bioremediation, *Indian J. Microbiol*, 48: 95–113.
6. Gavrilescu Elena, 2007, *Surse de poluare și agenți poluanți ai mediului*, Ed. Sitech, Craiova, 378 pag.
7. Geamăn I., 2008, *Microbiologie*, ediția a VII-a. Ed. Cris Book Universal, București, 293 pag.
8. Milić S. Jelena, V.P. Beškoski, Mila V. Ilić, Samira A.M. Ali, Gordana Đ. Gojgić-Cvijović, M.M. Vrvić, 2009, Bioremediation of soil heavily contaminated with crude oil and its products: composition of the microbial consortium, *J. Serb. Chem. Soc.* 74 (4): 455–460.
9. okoh a.i., 2006, Biodegradation alternative in the cleanup of petroleum hydrocarbon pollutants, *Biotechnology and molecular Biology Review*, vol. 1 (2): 38-50.
10. Płaza A. G., K. Jangid, Krystyna Łukasik, G. Nałęcz-Jawecki, C.J. Berry, R.L. Brigmon, 2008, Reduction of petroleum hydrocarbons and toxicity in

- refinery wastewater by bioremediation, *Bull Environ Contam Toxicol* 81: 329–333.
11. PUIA I., V. SORAN, I. ROTAR, 1998, *Agroecologie. Ecologism. Ecologizare*, Ed. Genesis, Cluj-Napoca, 265 p.
  12. Răuță C., S. Cârstea, 1983, *Prevenirea și combaterea poluării solului*, Ed. Ceres, București, 239 pag.
  13. Saadoun i., M. J. Mohammad, K. M. Hameed, M. Shawaqfah, 2008, Microbial populations of crude oil spill polluted soils at the Jordan-Iraq desert (the Bahia region), *Brazilian Journal of Microbiology*, 39:453-456.
  14. Sasikumar C.S., Taniya Papinazath, 2003, Environmental management – bioremediation of polluted environment, *Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health*, Chennai, India, 465-469.
  15. Stănescu Rodica, Liliana Bobirică, Oanamari Orbuleț, 2006, *Remediarea solurilor contaminate*, Ed. Agir, București, 235 pag.
  16. Vidali M., 2001, Bioremediation. An overview., *Pure Appl. Chem.*, 73 (7): 1163-1172.
  17. Zarnea G., 1994, *Tratat de microbiologie generală. Bazele teoretice ale ecologiei microorganismelor. Microorganismele și mediile lor naturale*, Ed. Academiei Române, București, 943-947.