

Academia de Științe a Moldovei

Institutul de Chimie

Referat

**Analiza gradului de poluare a solurilor din Republica
Moldova și metode de decontaminare a solului**

A efectuat doctoranda anulu I

Specialitatea 145.01-Chimie ecologică

Culighin Elena

Conducător științific Lupașcu Tudor, membr. cor., dr. Hab., prof.

Consultant științific Bogdevich Oleg, dr. în geologie

Chișinău 2014

Cuprins

1. Introducere	3
2. Starea actuală a solurilor din Republica Moldova	4
3. Problema contaminării solurilor cu poluanți organici persistenti (POPs)	7
4. Terenurile contaminate	11
5. Impactul pesticidelor inutilizabile și interzise asupra solului	11
6. Metode de remediere a solurilor	12
7. Tipuri de procedee de remediere	13
8. Concluzie	23
9. Referințe bibliografice	24

1. Introducere

Republica Moldova dispune de bogate resurse de sol care, în mare măsură, asigură activitatea economică a țării. Circa 3/4 din suprafață o ocupă cernoziomurile, considerate cele mai productive soluri. Cu toate acestea, starea actuală a resurselor de sol este îngrijorătoare, utilizarea lor rămâne neeficientă și uneori distructivă. Printre motivele acestei situații este și lipsa unei strategii de stat viabile și a unui serviciu independent de gestionare a solurilor.

Resursele de sol, necesită o gestionare adecvată, bine argumentată, orientată spre utilizarea eficientă și protejarea solurilor în calitate de obiect natural polifuncțional și mijloc important de producție în agricultură. Acestea însă sunt supuse permanent unei degradări intensive, cauzate atât de factori naturali cât și de cei antropogeni, care în final condiționează reducerea productivității și progresarea deșertificării [1].

În ultimele decenii, odată cu creșterea numărului populației de pe glob și necesităților ei, se înregistrează o creștere considerabilă a producerii diferitor substanțe și articole sintetice, în componența cărora intră compușii chimici care, în timpul fabricării și utilizării, prezintă un pericol mare pentru sănătatea oamenilor și mediul ambiant. Plus la aceasta, începând cu mijlocul secolului trecut, a sporit considerabil utilizarea pesticidelor în agricultură, aplicarea intensivă a cărora provoacă efecte toxice asupra tuturor ființelor vii.

O categorie deosebit de periculoasă o prezintă poluanții organici persistenti (POP) care se utilizează în industrie și agricultură și, în unele cazuri, se generează în cadrul proceselor industriale și în rezultatul arderii.

Aceste substanțe sunt grupate astfel:

1. Pesticide: aldrin, dieldrin, endrin, clordan, heptaclor, toxafen, DDT, mirex, hexaclorobenzen.

2. Produse chimice industriale: policlorobifenili, hexaclorobenzen.

3. Produse secundare: policlorobifenili, hexaclorobenzen, policlorodibenzodioxine, policlorodibenzofurani.

4. La lista anterioară s-au adăugat și policloronaftalinele, policloroparafinele, difenileterii polibromurați, difenileterii policlorurați, hexaclorociclohexan (lindan) și hidrocarburile aromatice policiclice.

Hidrocarburile fac parte de asemenea din categoria poluanților organici care afectează mediul înconjurător. Acestea sunt de două tipuri: hidrocarburi aromatice- xilenii, toluenul; hidrocarburi aromatice polinucleare: piren și naftalina.

Proveniența acestora este foarte clară pentru primele două clase. Toate pesticidele au fost folosite ca insecticide cu excepția hexaclorobenzenului care a fost folosit ca fungicid. Policlorobifenilii sunt folosiți ca uleiuri electroizolante în industria electrotehnică, iar

difenileterii policlorurați sunt printre primii agenți de întârziere a flăcării cu aplicații tot în industria electrotehnică. Produsele secundare rezultă prin arderea necontrolată a diverselor deșeuri. Între timp tehnologia de ardere a progresat, dar deja s-au acumulat cantități apreciabile de dioxine. Hidrocarburile aromatice policiclice provin din arderea incompletă a combustibililor, în special a celor utilizați în motoarele cu ardere internă.

Până în prezent s-a realizat un număr limitat de studii pentru evaluarea impactului asupra sănătății a poluanților organici. Singurele date se rezumă la concentrațiile de apă potabilă și expunerea hranei la acești poluanți, concluzionându-se faptul că în anumite cazuri calitatea apei s-a deteriorat rapid în ultimele decenii, aceasta reprezentând o amenințare severă atât față de mediu, cât și față de sănătatea umană. Efectele pot fi estimate și măsurate dacă se ține cont nu numai de toxicitatea fiecărei substanțe, ci și de doza eliberată în mediu. Efectele asupra sănătății oamenilor și asupra animalelor din mediu sunt diverse: asupra sistemului nervos central, asupra sistemului endocrin, asupra sistemului imunologic și chiar teratogen. Toxicitatea acută este mai mică în comparație cu multe insecticide moderne (spre exemplu organofosforice). În schimb efectele de tip cronic sunt mult mai clare din cauza persistenței îndelungate. Efectele pe termen lung încă sunt neclare. Totuși s-au adunat date suficiente despre acești poluanți.

2. Starea actuală a solurilor din Republica Moldova

Calitatea solurilor fondului agricol este diferită. Fiind apreciată convențional prin notele de bonitate (etalon – cernoziomul tipic moderat humifer apreciat cu 100 de puncte) indicii medii calitativi ai solurilor variază între 50–75 puncte, iar nota medie de bonitate pe țară constituie 63 puncte [1]. Aceasta se reduce anual în dependență de activizarea proceselor de degradare, ca: eroziunea, compactarea, solonețizarea și salinizarea, înmlăștinirea, dehumificarea. (starea mediului)

Din punct de vedere natural, degradarea solurilor este cauzată de amplasarea terenurilor agricole preponderent pe pante (cca 80%), ploile cu caracter torențial în perioada caldă a anului, predominarea pe pante a culturilor prășitoare, relieful accidentat [2].

Însă cel mai mare impact asupra calității solurilor care favorizează activizarea și intensificarea proceselor de degradare, este provocat de factorul antropogen. Astfel, privatizarea pământului și parcelarea fondului funciar, lipsa asolamentelor agricole, lipsa măsurilor antierozionale, neglijarea bunelor practici de conservare a solurilor, nerespectarea recomandărilor și condițiilor necesare de protejare a solurilor a complicat posibilitatea gestionării eficiente a resurselor de sol. Pe fâșiile înguste, amplasate de-a lungul pantelor, în aceeași direcție se efectuează lucrarea solului (de la deal la vale), ceea ce accelerează eroziunea. După voia

deținătorilor de terenuri, deseori cu cele mai calitative soluri, suprafețele considerabile se exclud din circuitul agricol, altele rămân nelucrate și lăsate pârloagă.

Bilanțul negativ al humusului și elementelor nutritive nu poate fi modificat și reglat în condițiile reducerii încorporării în sol a îngrășămintelor. Dacă în anul 2000 s-au încorporat 8,97 mii tone de fertilizanți, în anul 2011 ei au fost utilizați în volum 54,3 mii tone, sau cu 45,33 mii tone mai mult, iar fertilizanzii organici s-au utilizat într-un volum de 242,88 mii tone. În același timp, deșeurile zootehnice în multe cazuri se depozitează la gunoiști cu alte deșeuri sau împrăștiate pe maluri de râuri și râpi în diferite locuri neautorizate.

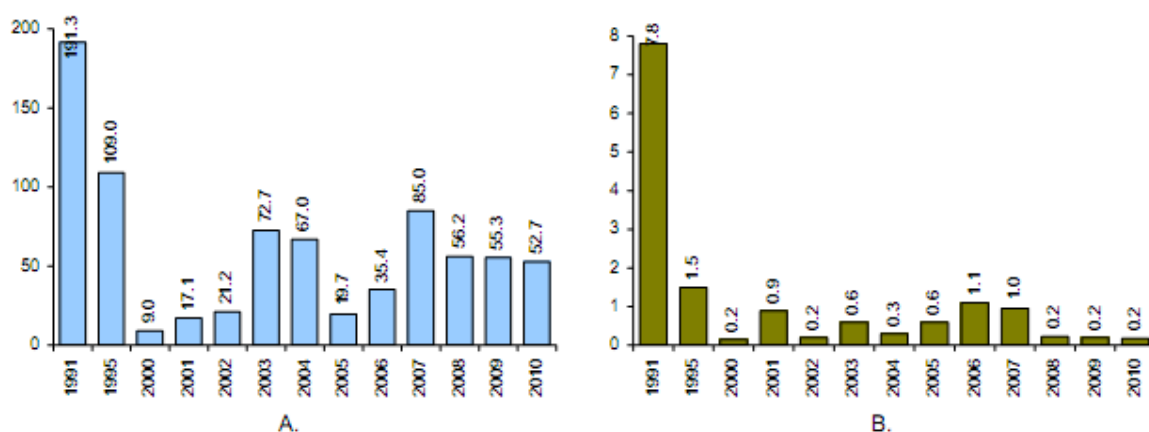


Fig. 1. Utilizarea fertilizanților în agricultură : A-chimice, mii tone, B- organice milioane tone (sursa IES 2011)

Pe lângă procesele de degradare fizică și deșertificare în Republica Moldova există și problema poluării solurilor. În ultimele decenii poluarea de fond a solurilor a devenit mai puțin actuală datorită reducerii considerabile a principalelor surse de poluare difuză. S-au redus semnificativ cantitățile de fertilizanți și pesticide aplicate în agricultură nu mai este actuală problema poluării cu nitrați și metalele grele (zinc, nichel și plumb mobil). S-a redus conținutul de plumb în combustibilul utilizat de transport, astfel a diminuat problema poluării solurilor cu acest metal de-a lungul drumurilor. Se mai produce la nivel local poluarea solurilor terenurilor agricole cu cupru mobil, rezultat al utilizării nereglementate a zamei bordoleze și altor preparate ce conțin cupru. Însă există și devine tot mai acută problema poluării locale a solurilor cu diferite deșeuri și substanțe nocive. În jurul localităților se transportă și se depozitează haotic *deșeuri de diferite categorii și proveniență*. În afară de deșeurile depozitate în locurile (rampele, platformele și poligoanele) autorizate și spontane, cantitățile semnificative de deșeuri, preponderent solide, sunt transportate (aruncate) în râpi, fâșiile forestiere, canale și râulețe, pe marginea drumurilor, pe terenuri deteriorate etc. Aceste deșeuri poluează mediul înconjurător și, în primul rând, solul.

Rămâne în continuare actuală poluarea locală a solurilor cu *DDT, DDE, HCH și alți poluanți organici persistenți (POP)* în jurul fostelor și actualelor depozite de chimicale agricole

(îngrășăminte minerale, pesticide etc.) și a stațiunilor de pregătire a soluțiilor de protecție a plantelor. Fiind răspândite cu scurgerile de suprafață acești poluanți se acumulează în sol și aluviunile corpurilor de apă. De asemenea, materialele de construcție, parvenite din demolarea depozitelor vechi, sunt factori importanți de poluare a solurilor în locurile de folosire a lor.

În perioada anilor 2008-2010 la nivel național a fost realizată inventarierea și cartografierea zonelor contaminate cu POP. În rezultatul acestui studiu au fost identificate în total 1588 locații contaminate, care includ 2326 obiecte ale infrastructurii de chimizare a agriculturii: depozite, stații de pregătire a soluțiilor, terenuri pentru elicoptere, rezervoare de evaporare, precum și locuri de înhumare ilicită a pesticidelor [3].

Starea tehnică a acestor obiecte este nesatisfăcătoare, ceea ce sporește substanțial riscurile pentru mediu și sănătatea populației. Mai puțin de 9% din numărul total al construcțiilor sunt relativ intacte, 24% din obiectele de infrastructură sunt parțial deteriorate, iar 31% sunt distruse. În 25% din cazuri există doar fundațiile construcțiilor, iar în 11% din cazuri au fost constatate doar locurile în care au existat în trecut obiecte ale chimizării (Fig. 2).

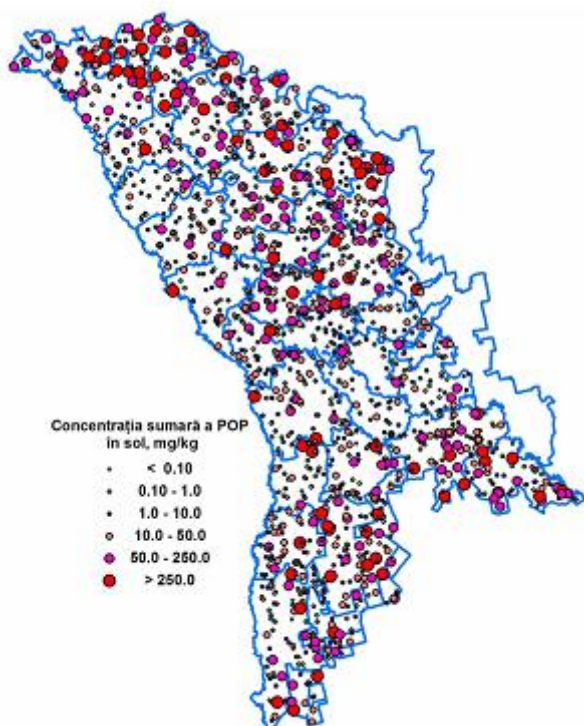


Fig. 2. Repartizarea locațiilor contaminate cu POP pe teritoriul Moldovei (EMP Management Durabil POP, Ministerul Mediului, 2011)

În probele de sol prelevate din locațiile investigate au fost depistați cinci compuși POP – DDT, HCH, clordan, heptaclor și toxafen, în concentrații depășind nivelul maxim admisibil de 0,1 mg/kg.

În figura ce urmează este redată o imagine clară a nivelului general de contaminare a solurilor cu POP în zonele investigate.

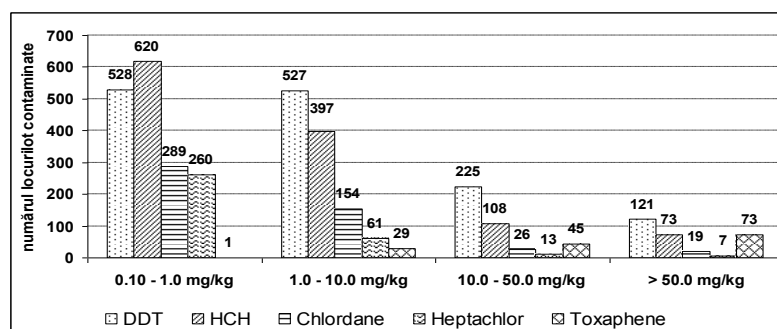


Fig. 3. Distribuția locațiilor contaminate cu POP după gradul de poluare a solului.

Poluarea solurilor cu *produse petroliere* rămâne actuală și se înregistrează pe întreg teritoriul țării, sursele principale fiind depozitele și stațiile de alimentare cu carburanți, spălătoriile și stațiile de deservire, poluări accidentale.

Pe alocuri, în solurile din preajma instalațiilor electroenergetice, se depistează poluarea intensă (cu depășirea CMA de zeci și sute de ori) cu *bifenili policlorurați (BPC)* [4].

Astfel, reieșind din starea actuală a resurselor de sol și calitatea acestora se evidențiază următoarele *probleme în acest sector*:

- Lipsa cadrului strategic și instituțional de gestionare și protecție a resurselor de sol;
- Gestionarea inadecvată a resurselor de sol caracterizată prin lipsa asolamentelor agricole și a măsurilor antierozionale, neglijarea bunelor practici de conservare a solurilor, parcelarea în masă a terenurilor;
- Activizarea continuă a proceselor de degradare a solurilor ca: eroziunea, compactarea, solonețizarea și salinizarea, înmlăștinirea, dehumificarea;
- Poluarea excesivă a solurilor cauzată de deșeuri și substanțe nocive, de utilizarea nerațională a fertilizanților și pesticidelor;
- Existența stocurilor învechite de poluanți organici persistenti și substanțe chimice periculoase, care duc la contaminarea solurilor.

3. Problema contaminării solurilor cu poluanți organici persistenti (POPs)

Pe parcursul unui șir de ani efectul negativ asupra mediului și populației se provoacă de prezența volumului major al stocurilor de substanțe chimice, printre care în mare parte sînt stocurile de pesticide inutilizabile și interzise, inclusiv din categoria poluanților organici persistenti (POP). În urma inventarierii efectuate în anul 1997, în 344 depozite, amplasate pe teritoriul țării, erau stocate 1712 tone de pesticide inutilizabile și interzise, acumulate în perioada sovietică. În perioada 1997-2007 cantitatea lor a crescut la 3 300 tone [3]. În anul 2012 au fost identificate noile acumulări de pesticide în volum de 2486,8 kg în r-l Taraclia, ceea ce confirmă politica neadecvată în domeniul reglementării pesticidelor. Întru realizarea prevederilor Strategiei Naționale cu privire la reducerea și eliminarea poluanților organici persistenti și Planului Național de implementare a Convenției de la Stockholm privind poluanții organici persistenti, în anii 2007-2008, cu asistența financiară a Fondului Global de Mediu, efectuată prin

intermediul Băncii Mondiale, și cofinanțare din bugetul de stat și Fondul Ecologic Național, au fost evacuate din sectorul agricol peste hotare și distruse 1293 tone de pesticide și ambalaj contaminat din 11 raioane. În perioada 2011-2013 cu asistența financiară a Agenției Cehe pentru Dezvoltare au fost evacuate peste hotare și distruse 200 tone de pesticide, ambalaj și sol puternic contaminat din raioanele Căușeni, Ocnîța și Cantemir [5].

Desființarea gospodăriilor colective și dezordinea instituțională din domeniul agricol și rural s-au răsfrînt grav asupra depozitelor și stocurilor de POPs, din care 60% au fost demolate și distruse, iar din cele rămase, doar 20% erau în stare satisfăcătoare [6]. În urma contactului direct cu factorii de mediu, aceste deșeuri și-au sporit considerabil impactul asupra apelor freatice și sănătății populației rurale. În anii 1997-2003, Ministerul Agriculturii a efectuat o serie de lucrări puțin eficiente de colectare și depozitare centralizată a pesticidelor inutilizabile și interzise [7].

Adoptarea, în anul 2004, a Strategiei Naționale și a Convenției de la Stockholm cu privire la reducerea și eliminarea POPs a semnat o nouă etapă în realizarea acestor obiective. Implementarea Strategiei s-a bazat pe asistența financiară, informațională și managerială externă, precum și pe alocarea suficientă și operativă a unor resurse financiare și umane autohtone [8]. În ultimii ani, pentru soluționarea acestei probleme, se implementează, cu succes, proiectul „Managementul și distrugerea stocurilor de poluanți organici persistenți”, care este unul de pionierat în Europa Centrală și de Est. În baza Acordului dintre Guvernul Republicii Moldova și Organizația pentru Întreținere și Aprovizionare a Alianței Nord Atlantice (NAMS), în anii 2006-2007, au fost colectate, reambalate și depozitate centralizat majoritatea absolută a pesticidelor inutilizabile și interzise (cca 3000 tone în 22 de raioane) și a condensatoarelor electrice (1050 tone sau 20 mii bucăți). La colectarea condensatoarelor vechi, s-au încadrat activ IS „Moldelectrica” și concernul „Union Fenosa”, iar a pesticidelor – 7 echipe de militari autohtoni. Au fost evacuate și distruse în Franța toate condensatoarele uzate colectate și 1172 tone (30%) de pesticide din 12 depozite centralizate, inclusiv din 8 depozite cu risc de poluare foarte înalt și 4 depozite cu risc de poluare înalt (tabelul 1), [9].

În viitorul apropiat, rămîne deosebit de acută problema pesticidelor și vaselor rămase în gospodăriile casnice. Acestea sunt deosebit de periculoase și pot genera un impact grav asupra apelor freatice și sănătății populației. Totodată, din cauza pazei ineficiente a depozitelor, se înregistrează furturi frecvente de ambalaje din plastic și metal, precum și incendierea centrelor de depozitare [8].

Tabelul 1. Stocurile de pesticide inutilizabile și interzise (anul 2007) [9]

Nr. d/o	Raionul	Cantitatea pesticidelor ambalate (t)	Localizarea depozitului central
1	Telenești	305,5	Primăria Ratuș
2	Florești	128,2	Primăria Timiliuți
		27,0	Primăria Ghindești
3	Cimișlia	149,1	Cimișlia
4	Briceni	132,0	Primăria Grimăncăuți
5	Hîncești	49,9	Primăria Cărpineni
6	Rîșcani	23,3	Primăria Recea
7	Srtășeni	32,9	Fertilitatea SA / Strășeni
8	Ștefan-Vodă	201,5	Primăria Tudora
			Primăria Olănești
9	Nisporeni	54,1	Primăria Nisporeni
10	Șoldănești	35,4	Primăria Chipeșca
11	Comrat	77,2	Fertilitatea SA / Comrat
12	Ceadâr -Lunga	68,7	Primăria Gaidar
13	Călărași	123,6	Primăria Onițcani
14	Orhei	35,1	Primăria Pelivan
15	Basarabeasca	10,4	c. Sadaclia / SRL „SadîcAgro”
16	Glodeni	31,9	c. Sîngerei /”Vast Protect”
17	mun. Bălți	13,7	Primăria mun. Bălți
18	Anenii -Noi	20,0	Primăria Bulboaca
19	Criuleni	44,2	Primăria Pașcani
20	Vulcănești	49,0	Primăria Cișmichioi
21	Sîngerei	86,2	Primăria Alexăndreni
22	Dubăsari	25,3	Primăria Pașcani
23	Dondușeni	65,1	Fabrica din Tîrnova
24	Căușeni	141,7	Primăria Grădinița
25	Ocnîța	21,3	Primăria Clocușna
26	Rezina	34,1	Primăria Păpăuți
27	Ungheni	77,9	Depozitul militar
28	mun. Chișinău	55,0	Primăria Pașcani
29	Cahul	54,2	Primăria Cahul
30	Cantemir	8,0	c. Ciobalaccia
31	Edineț	2,7	Primăria Edineț
32	Soroca	25,8	c. Cosăuți / SRL „Agrovaslad”
33	Drochia	15,3	Primăria Drochia
34	Ialoveni	75,2	Primăria Ialoveni
35	Fălești	61,1	Fertilitatea SA / Fălești
36	Leova	25,3	Or. Iargara
37	Taraclia	109,6	Primăria Taraclia
	Total cu risc mediu și mic	1011	
	Total evacuate cu risc de poluare foarte înalt (8) și înalt (4)	1139	
	Total cu risc înalt neevacuate	347	
	Total stocuri	2497	

Situația se agravează și de acumularea stocurilor de alte substanțe chimice periculoase, inclusiv și de reactive chimice de laborator, păstrate la întreprinderile, organizațiile, instituțiile academice și de învățământ. Concomitent pe parcursul ultimelor ani sunt identificate problemele majore de gestionare a mercurului și articolelor cu conținut de mercur și alte metale grele, precum și substanțelor necunoscute în legătură cu depistarea acestora la cetățenii Republicii Moldova și/sau pe teritoriul țării.

Actualmente, domeniul dat este reglementat prin *Legea nr. 1236-XIII din 03. 07.1997 cu privire la regimul produselor și substanțelor nocive*, care prevede cadrul legal de activitate în procesul de fabricare, depozitare, transportare și utilizare a substanțelor și produselor chimice, de import și export, în scopul de a exclude, reduce sau preveni impactul acestor produse și substanțe asupra omului și mediului. Însă, această lege, fiind bazat pe standardele sovietice, nu asigură gestionarea integrată a substanțelor chimice pe întreg ciclul de viață, clasificarea, ambalarea, etichetarea, înregistrarea substanțelor și amestecurilor și restricționarea anumitor substanțe chimice, inclusiv a celor periculoase și nu este completată cu cadrul normativ. În același timp, cadrul juridic național, reglementează insuficient responsabilitățile producătorului/importatorului vis-a-vis de asigurarea informării consumătorului despre calitățile periculoase ale substanțelor chimice, despre clasificarea și etichetarea acestora. Legislația națională în domeniul vizat nu specifică cerințe la import, producere și utilizare, comportamentul acestora, reieșind din condițiile de utilizare. Prin urmare, actualul sistem de reglementare a substanțelor chimice nu corespunde tratatelor, programelor, inițiativelor și abordărilor internaționale și nu asigură gestionarea adecvată pe întreg ciclul de viață în scopul prevenirii poluării mediului și a sănătății umane.

Pentru a răspunde principalelor provocări asociate de substanțe chimice este strict necesară atât soluționarea problemelor legale și instituționale, cât și sporirea conștientizării și educației ecologice privind impactul substanțelor chimice, stocurilor și deșeurilor acestora asupra mediului, ecosistemelor acestuia, sănătății populației, asigurând accesul publicului la informația de mediu în mod adecvat și corespunzător abordărilor europene și tratatelor internaționale, la care Republica Moldova este parte.

4. Terenurile contaminate

Pe parcursul anilor 2008-2010 sunt identificate circa 1600 de locații din Moldova, cu o suprafață totală de circa 800 ha, contaminate cu pesticide din categoria poluanților organici persistenți (fostele depozite de pesticide, stațiile de pregătire a soluțiilor, terenuri pentru elicoptere, rezervoare de evaporare, precum și locuri de înhumare ilicită a pesticidelor etc.), precum și cu bifenili policlorurați din preajma instalațiilor electroenergetice, care prezintă un pericol sporit pentru mediu și sănătatea populației, duc la poluarea terenurilor agricole și a apelor de suprafață și, ca rezultat, au un impact negativ asupra calității produselor agricole recoltate și securității alimentare în general, fapt care se răsfrânge asupra potențialului de comercializare a lor, inclusiv în cazul exportului [10].

Rezultatele studiului de identificare a terenurilor contaminate sunt prezentate într-o bază de date și reflectate pe o hartă digitală, fiind stabilite și accesibile pentru factorii de decizie, experți, publicul larg, și cu posibilitatea de actualizare ulterioară a informației. Acest sistem informațional, fiind disponibil pe pagina web: <http://pops.mediu.gov.md>, servește ca baza pentru elaborarea instrumentelor politice și luarea măsurilor respective pentru remedierea treptată a terenurilor contaminate cu poluanții organici persistenți.

Pe teritoriul țării există și terenuri contaminate cu produsele petroliere, atât istorice, contaminate în perioada sovietică, cât și înregistrate pe parcursul ultimelor ani, sursele principale fiind depozitele și stațiile de alimentare cu produse petroliere, spălătoriile și stațiile de deservire, poluări accidentale etc.

Lucrările de remediere vor contribui la reducerea impactului substanțelor chimice periculoase, inclusiv din categoria POP, asupra sănătății populației, asupra solului, calității produselor agricole și mediului (Strategia de mediu 2012-2013).

5. Impactul pesticidelor inutilizabile și interzise asupra solului

Majoritatea absolută a stocurilor existente de pesticide inutilizabile și interzise au fost acumulate în anii '70-'80 ai secolului trecut. Astfel de depozite existau aproape în fiecare gospodărie agricolă colectivă. Mai mult decât atât, în apropierea satului Cișmichioi din raionul Vulcănești, au fost înhumate, timp de 10 ani (1978-1987), 3,9 mii tone pesticide și depozitate peste 1000 tone de condensatoare electrice uzate (care conțin bifenil policlorurați), colectate de pe întreg teritoriul Republicii [5]. Deșeurile de poluanți organici persistenți (POPs) poluează masiv solurile și sursele de apă potabilă și afectează grav sănătatea populației, îndeosebi, din spațiile rurale. Acestea se pot menține timp îndelungat în mediu, posedă o acțiune toxică variată și pot fi transportate ușor la distanțe mari [11]. Acumulându-se în țesuturile animale și vegetale, multe din ele își multiplică efectul toxic în organismul uman. Concentrația excesivă de POPs

provoacă incidență sporită a bolilor hepatice, cancerigene, dereglarea sistemului nervos și imun [11, 12]. Astfel, studiile geoeologice și geomedicale realizate la sfârșitul anilor '80 în perimetrul acestor zone, constată prezența unor concentrații foarte sporite de substanțe nocive în soluri, în apele freatică și bazinele acvatică, precum și incidență foarte mare a bolilor cancerigene și , în special, numărul mare de copii cu dizabilități fizice și intelectuale [13]. Efectele impactului acestor stocuri sunt resimțite acut și în prezent, însă, din cauza lipsei unor studii recente, nu putem vorbi, cu certitudine, despre riscurile și prejudiciul actual al acestor deșeuri [14].

6. Metode de remediere a solurilor

Poluanții nimeresc în mediu direct, ca rezultat al accidentelor, scurgerilor în timpul transportării și de pe terenurile de păstrare și depozitare sau de la facilitățile industriale [15].

Problemele asociate cu decontaminarea locațiilor poluate cu petrol au demonstrat necesitatea dezvoltării tehnologiilor de remediere care sunt practice, rapide și dislocabile într-o gamă largă de condiții fizice. Guvernul, industria și publicul recunosc acum potențialele pericole pe care le au asupra sănătății oamenilor și mediului așa amestecuri chimice complexe cum sunt hidrocarburile petroliere, bifenilii policlorurați (PCB), hidrocarburile aromatice policiclice (HAP), metalele grele și pesticidele. Ca răspuns la necesitatea crescândă de a aborda contaminarea mediului, au fost dezvoltate multe tehnologii de remediere pentru tratarea solului, levișurilor, apelor reziduale și apelor subterane contaminate cu diverși poluanți, inclusiv și metodele in situ și ex situ de remediere [16].

Un teren particular, contaminat, poate necesita o combinație de proceduri pentru a permite o remediere optimă pentru condițiile care predomină pe acest teren.

Tehnologiile biologice, fizice și chimice pot fi folosite împreună cu altele pentru a reduce contaminarea până la un nivel acceptabil și sigur [17, 18]. Deoarece multe tehnologii de remediere sunt specifice fiecărui teren, selectarea lor depinde de caracteristicile contaminantului și ale terenului, cerințelor regulatorii, costurile și limitele de timp. Astfel, tratamentul cu succes al unui teren contaminat depinde de selectarea, designul și ajustarea corespunzătoare a operațiunilor tehnologice de remediere, bazate pe proprietățile contaminanților, solului și a performanței sistemului utilizat.

7. Tipuri de procedee de remediere:

1. Spălarea solului

Sunt utilizate lichide (de obicei apă, ocazional combinată cu solvenți) și procese mecanice pentru a purifica solul. Solvenții sunt selectați în baza abilității lor de a solubiliza contaminanții specifici și în baza efectelor asupra mediului și sănătății [19]. Procesul de spălare a solului, separă solul fin (argilă și nămolul) de solul granulat (nisip și prundiș). Fiindcă contaminanții hidrocarbonici tind să se lege și să se adsorbă pe particule de sol mai mici (inițial argilă și nămol), separînd particulele cele mai mici de sol de cele mai mari, se reduce volumul de sol contaminat [16]. Volumul de sol obținut, care conține majoritatea particulelor de argilă și nămol, poate fi tratat în continuare prin alte metode (cum ar fi incinerarea sau bioremedierea) sau depozitate în concordanță cu regulamentele federale [20].

Grupul de contaminanți țintă pentru spălarea solului include compușii organici semi-volatili (SVOC), reziduuri de petrol și combustibil, metale grele, PCBuri, HAPuri și pesticide [21]. Spălarea solului este cost-efectivă, deoarece reduce cantitatea materialului care va necesita un tratament adăugător pentru viitor prin altă tehnologie.

Observații importante legate de performanța procedurii de spălare a solului sunt:

- Amestecurile complexe de deșeuri necesită o combinație de solvenți;
- Este necesar pre-tratamentul pentru solurile care conțin acizi humici;
- Compușii organici adsorbiți pe particulele de argilă sunt dificil de înlăturat [22];
- Deoarece spălarea solului nu distruge sau imobilizează contaminanții, solul rezultat trebuie depozitat cu atenție;
- Apa de spălare necesită tratament înainte de a fi eliminată;
- Spălarea solului este mai efektivă pentru solul care nu conține cantități mari de nămol și argilă.

Spălarea solului este utilizată extensiv în Europa, dar are și utilizări limitate în Statele Unite. Costul mediu pentru această tehnologie, incluzînd și excavarea, este de aproximativ 170 \$ SUA/tonă, în dependență de condițiile specifice de teren și concentrația și cantitatea de deșeuri țintă [23].

2. Extracția cu vapori

Extracția cu vapori, cunoscută și ca ventilarea solului sau extracția cu vacuum, este o tehnologie acceptată, recunoscută și cost-efectivă pentru remedierea solurilor nesaturate, contaminate cu VOC și SVOC [24]. Extracția cu vapori implică instalarea de fîntîni verticale și/sau orizontale în aria de contaminare a solului. “Suflătoarele” de aer sunt deseori folosite pentru a ajuta procesului de evaporare. Vacuumurile sunt aplicate prin fîntîni alături de sursa de

contaminare pentru a evapora constituenții volatili ai masei contaminate care mai apoi sunt extrase printr-o fântână de extracție. Vaporii extrași sunt mai apoi tratați (de obicei prin adsorbție pe carbon) înainte de a fi emiși în atmosferă [25]. Fluxul de aer mărit din subteran aprovizionat de extracția cu vapori a solului, de asemenea, stimulează biodegradarea contaminanților, în special a celor care sunt mai puțin volatili [24].

Extracția cu vapori este mai mult aplicabilă în cazurile când zona contaminată nesaturată este relativ permeabilă și omogenă. În ideal, terenul trebuie să fie acoperit de o suprafață impereabilă pentru a minimiza scurt-circuitul de flux de aer și infiltrările. Benzenul, toluenul, xilenul, naftalenul, bifenilii, percloretilena, tricloretilena, triclorețanul și benzina sunt toate îndepărtate efectiv din solurile contaminate de către sistemele de extracție cu vapori [26].

Observații importante în legătură cu performanța tehnologiei de extracție cu vapori sunt:

- Extracția cu vapori este o tehnologie in-situ, perturbațiile terenului sunt miniale;
- Extracția cu vapori poate trata un volum mare de sol la preț rezonabil;
- Este efectiv la reducerea concentrațiilor de VOC în zona de vad, astfel reducând potențialul de migrare ulterioară;
- Are un timp de tratare scurt (de obicei de la câteva luni la 2 ani în condiții optimale);
- Aplicabilitatea metodei este limitată la cazurile ce implică compuși volatili și terenuri cu strat acvifer neadânc;
- Este dificil, chiar imposibil, de a dezvolta modele care permit o prezicere exactă a timpului de purificare prin această metodă din datele colectate în studiile-pilot de durată scurtă [26];
- Reduceri de concentrații mai mari de 90% sunt dificil de atins [27];
- Permeabilitatea solului afectează rata mișcării aerului și vaporilor prin sol. Cu toate acestea, cu cât este mai mare permeabilitatea solului, cu atât mai efectiv va fi sistemul de extracție cu vapori a contaminanților din sol [28];
- Solurile cu textură granulată sunt cele mai potrivite pentru extracția cu vapori;
- Umiditatea mărită a solului poate reduce permeabilitatea acestuia, și astfel, poate reduce eficacitatea extracției cu vapori prin limitarea fluxului de aer prin porii solului;
- Extracția cu vapori nu este potrivită pentru terenurile a cărui strat acvifer este localizat la o adâncime mai mică de 0,9 m de la suprafață.

În concordanță cu Agenția de Protecție a Mediului din SUA, extracția cu vapori are un cost ce variază între 20 și 50 dolari SUA pentru o tonă de sol contaminat [25].

3. Landfarmingul

Landfarming-ul este o tehnologie de remediere de suprafață, care reduce concentrația compușilor petrolieri prezenți în sol prin procesele asociate cu bioremedierea. Această tehnologie implică, de obicei, răspîndirea solului contaminat excavat într-un strat subțire (nu mai mare de 1,5 metri) pe suprafața terenului de tratare și stimularea activității microbiale aerobice în sol, prin aerarea și/sau adăugarea de nutrienți, minerale și apă/umiditate [29]. Bacteriile, care au fost selectate pentru a distruge hidrocarburile, sunt deseori adăugate la sol pentru a atinge viteza de degradare necesară. Îmbunătățirea activității microbiale mărește degradarea produselor petroliere adsorbite [16]. Solul trebuie să fie bine amestecat pentru a mări contactul dintre compușii organici și microorganismele și pentru a asigura oxigenul necesar degradării aerobice biologice. În dependență de rata degradării, solurile care conțin contaminanți petrolieri pot fi aplicate pe teren la intervale regulate. Aceasta ajută la reprovizionarea proviziilor de hidrocarburi, și ceea ce-i mai important, să mențină activitatea biologică [29].

Landfarming-ul este potrivit pentru tratarea hidrocarburilor petroliere. A fost practicat în lumea întreagă de peste 100 de ani și de industria petrolieră de peste 25 ani [16]. Hidrocarburile petroliere mai ușoare tind să fie înlăturate prin evaporare în timpul procesului de aerare și într-o măsură mai mică, degradate de respirația microbială [30]. Cu toate acestea, hidrocarburile petroliere mai grele nu se evaporă în timpul aerării, dar sunt degradate de către microorganismele prezente în solul de pe terenul de tratare. Acești constituenți ai petrolului cu masă moleculară mare, cum ar fi cei din uleiurile de ardere și lubrifiere, necesită perioade îndelungate de timp pentru degradare.

Observări importante legate de performanța tehnologiei de landfarming sunt :

- Este necesară o cantitate mare de teren;
- Contaminanții volatili trebuiesc pre-tratați, deoarece ei se vor volatiliza în atmosferă și vor cauza poluarea aerului [31];
- Nu este eficientă în degradarea componentelor grei ai petrolului;
- Există posibilitatea migrării contaminanților din terenul de tratare spre alte zone nepoluate [29];
- Reducerea concentrațiilor mai mult de 95% și a concentrațiilor constituenților mai mică de 0,1 ppm sunt dificil de atins [32];
- Poate fi neeficientă pentru terenurile cu concentrațiile mai mari de 50000 ppm;
- Datorită creșterii microbiale reduse, rata metabolică de biodegradare tinde să se micșoreze odată cu micșorarea temperaturii. Intervalul optim de temperaturi este de 25-40°C;

- Umiditatea optimă pentru cea mai bună degradare este de 18%. La 33% umiditate (prea umed) și 12% umiditate (prea uscat), rata degradării tinde să fie mică;
- Nutrienții, în special azotul, în zona solului permite realizarea eficientă a proceselor biologice. Cea mai rapidă biodegradare a deșeurilor de la rafinării are loc atunci când azotul adăugat reduce raportul C:N la 9:1;
- Menținerea pH-ului în intervalul 6,5-7,5 asigură condiții optime de biodegradare;
- Disponibilitatea oxigenului din zona de încorporare este importantă pentru biodegradarea produselor petroliere. Aceasta poate fi atinsă prin ararea sau cultivarea zonei de încorporare și prin evitarea solurilor saturate.

Prețul resurselor, instalării, operării și întreținerea pentru operațiunile de landfarming sunt relativ mici în comparație cu alte tehnologii de remediere. Costul landfarming-ului pentru remedierea solului contaminat cu petrol este în intervalul de 30-60 \$ SUA/t și poate lua de la 6 luni la 2 ani (mai mult pentru constituienți ai petrolului cu masă moleculară mai mare) [29, 32].

4. Solidificarea / stabilizarea

Solidificarea/ stabilizarea, sau fixarea deșeurilor, reduce mobilitatea substanțelor toxice și a contaminanților din mediu atât prin căi fizice, cât și chimice [33]. Stabilizarea, în general, se referă la procesul care reduce riscul impus de către deșeuri, prin convertirea contaminantului într-o formă mai puțin solubilă, imobilă și mai puțin toxică. Solidificarea se referă la procesul care încapsulează materialele deșeu într-un solid monolit cu o integritate structurală înaltă. Stabilizarea și solidificarea in situ include 3 componente principale:

1. un mijloc de amestecare a solului contaminat într-un anumit loc,
2. un sistem de păstrare a reagenților, preparare și alimentare și
3. un mijloc de aprovizionare a reagenților către zona de amestecare a solului [34].

Stabilizarea/solidificarea in situ și ex situ sunt, de obicei, aplicate solurilor contaminate cu metale grele și alți compuși anorganici. Dar, stabilizarea solurilor care conțin concentrații mici de compuși organici este practicabilă, chiar și pentru compușii organici volatili. Cele mai multe tehnologii de stabilizare/solidificare au eficacitate limitată contra compușilor organici și a pesticidelor, cu excepția dozării cu asfalt și a vitrificării, care distrug majoritatea contaminanților organici [35].

5. Desorbția termală

Desorbția termală este o tehnologie de tratament inovativă, în care solul contaminat este excavat, izolat și încălzit pentru a elibera petrolul din sol. Acest procedeu implică încălzirea solului la temperaturi de 100-600 °C, astfel că acei contaminanți cu puncte de fierbere în acest

interval se vor evapora și se vor separa de sol. Contaminanții vaporizați sunt apoi colectați și tratați prin alte metode. Există o mică confuzie între desorbția termală și incinerarea, diferența constă în aceea că desorbția termală nu are ca scop distrugerea compușilor organici, doar schimbarea stării acestor într-una mai ușor de tratat, pe când incinerarea are ca scop distrugerea contaminantului. Procesul real de desorbție termală implică încălzirea solului într-o cameră în care contaminanții organici și anumite metale pot fi evaporate. De aici, un gaz sau un sistem de vaccum transportă contaminanții vaporizați spre un sistem de tratare off-site. Dacă are loc oxidarea în locul de vaporizare, procesul devine unul de incinerare. În baza temperaturii din camera de lucru, desorbția termală poate fi divizată în desorbție termală de înaltă sau joasă temperatură [36].

Desorbția termală are efect pe majoritatea solurilor contaminate cu hidrocarburi, dar poate avea variate efecte pe întregul spectru de compuși organici. Cu excepția mercurului, alte metale nu pot fi înlăturate cu această metodă. Desorbția termală de temperatură joasă, de obicei, este folosită pentru tratarea VOC-urilor și diverșilor combustibili, în timp ce desorbția termală de temperatură înaltă este de obicei utilizată pentru HAP-uri, PCB-uri și pesticide [36].

Există câteva avantaje de utilizare a desorbției termale ce se opune la așa tehnologii cum ar fi extracția cu solvent convențională. Acestea sunt:

- Eficiența desorbției poate fi mai mare de 99 %;
- Nu depinde de nivelul de concentrație al contaminantului din sol;
- Este o tehnologie prietenoasă pentru mediu.

Desorbția termică nu este la fel de efectivă pentru toate tipurile de sol. Prezența apei reduce din eficacitate, deoarece apa se evaporă mai mult decât contaminantul. De asemenea, conținutul mărit de argilă sau nămol împiedică procesul. Aerul generat de nămol sau argilă interferă cu echipamentul de emisii de aer utilizat pentru tratarea chimicalelor. Solul bine bătătorit nu permite penetrarea caldurii prin acesta.

Costul remedierii solurilor contaminate cu petrol prin desorbția termică poate varia de la 50 \$ SUA la 330 \$ SUA pentru tonă. Dintre acestea 20-35 \$ SUA merg direct costurilor de operare. Aceste cifre includ costul de instalare inițială și de transportare, cât și costul de excavare a solului contaminat și înlocuire a solului tratat [37].

6. Biopilele

Biopilele includ biocelulele, bioreactoarele, camerele de compostare, bioremedierea în movilă sau compostarea statică. Acest tratament include îngrămădirea solului contaminat în grămezi sau movile și stimularea activității microbiale aerobice prin aerare și adăugarea mineralelor, nutrienților și umidității. Căldura și pH-ul pot fi, de asemenea, controlate pentru a

spori biodegradarea. Suprafețele de tratare sunt desori acoperite cu o căptușeală impermeabilă pentru a reduce cantitatea de scurgeri ce intra în solul necontaminat. Aceste grămezi, care dețin un sistem subteran prin care trece aerul, pot fi de cca 6 metri înălțime (înălțime nerecomandată) și pot fi acoperite pentru a preveni scurgerile de suprafață, evaporarea și volatilizarea, și pentru a ajuta încălzirea solară. Dacă în sol sunt prezente VOC-urile, aerul poate necesita tratament înainte de a fi eliminat în atmosferă. Aceasta este o tehnologie de termen scurt și poate dura de la câteva săptămâni la câteva luni. Biopilele sunt similare landfarmingului, dar în acesta din urmă, solul este aerat prin arat.

Biopilele sunt efective la reducerea majorității produselor petroliere, precum și a altor poluanți care includ VOC-urile nehalogenate, VOC-urile halogenate, SVOC-urile și pesticidele. Produsele petroliere cu mase moleculare mici cum este benzina, tind să fie eliminate în timpul aerării prin evaporare, deoarece ele conțin VOC-uri. Compușii medii, cum este motorina sau petrolul lampant, conțin mai puțini compuși volatili, și biodegradarea lor este mai efectivă. Compușii mai grei, cum sunt uleiurile de încălzire și de lubrifiere, nu se evaporă, și biodegradarea este necesară pentru reducerea lor [38].

Observări importante despre performanța tehnologiei de biopile sunt:

- Biopilele sunt ușor de proiectat și implementat;
- Timpul de tratare este, de obicei, scurt: în condiții optime este de la 6 luni la 2 ani;
- Biodegradarea este eficace pe un șir larg de compuși organici;
- Un sistem închis poate controla emisiile de gaze;
- Poate fi construit să se potrivească unui număr anumit de produși și condiții de teren;
- Reducerea contaminanților cu mai mult de 95% este dificil de atins;
- Poate fi neefectivă pe concentrații de petrol mai mari de 50000 ppm;
- Prezența concentrațiilor mari de metale grele poate inhiba creșterea microbială;
- Compușii volatili tind să se evapore mai ușor decât să se biodegradeze;
- Vaporii generați de la evaporare pot necesita un tratament adăgător înainte de a fi eliminați;
- Această tehnologie poate necesita suprafețe mari de pământ, însă aceasta este mai mică decât cea necesită pentru landfarming.

Caracteristicile solului care joacă un rol major în succesul biopilelor sunt: textura, permeabilitatea, conținutul de umiditate și granulometria. Solurile cu o permeabilitate mică sunt dificil de aerat, însă rețin apa mai bine decât cele cu o permeabilitate mare. Solurile cu permeabilitate joasă deseori se conglomerază, ceea ce face dificilă distribuirea umidității, aerului și nutrienților. Din cauza distribuției neuniforme a acestor caracteristici în sol,

răsturnarea sau aratul poate fi necesare pentru a asigura condițiile optime pentru degradare. Microorganismele necesită condiții de umiditate pentru o creștere adecvată, însă excesul de umiditate inhibă mișcarea aerului necesar pentru creșterea aerobică prin sol. Biodegradarea optimală are loc la temperaturi între 20 și 40 °C [39].

Costul biopilelor depinde de contaminant, de procedura de pre- sau post-tratare sau de necesitatea unui sistem de control al emisiilor. Metoda necesită puțin personal pentru operare și mentenanță. Costul tipic asociat cu acest procedeu poate varia între 130 și 260 \$ SUA pentru 1 metru cub de sol [40].

7. Fitoremedierea

Fitoremedierea folosește plantele pentru purificarea solului și apei contaminate. Acest proces are avantajul că plantele strâng, acumulează și/sau degradează componentii care sunt prezenți în sol sau în mediile apoase [41]. Toate plantele extrag componentii necesari, inclusiv nutrienții și metalele grele, din aceste medii. Unele plante sunt numite ca hiperacumulatoare, deoarece ele au abilitatea de a depozita mari cantități de metale care nu sunt utilizate conform funcțiilor lor. Se cunoaște, de asemenea, că plantele asimilează diverși compuși organici și chiar le degradează sau le procesează pentru necesitățile sale vitale. Barter (1999) a prezentat un bun rezumat al fitoremedierii solurilor contaminate. El subliniază, în primul rând, cinci principale procedee de fitoremediere : rizofiltrarea, fitoextracția, fitotransformarea, fitostimularea și fitostabilizarea.

Rizofiltrarea – o tehnică de remediere cu apă în care contaminanții sunt asimilați prin rădăcinile plantei.

Fitoextragerea- implică asimilarea contaminantului din sol.

Fitotransformarea- aplicabilă atât solului cât și apei, și implică degradarea contaminanților prin metabolismul plantei.

Fitostimularea – sau bioremedierea asistată de plante, ce implică stimularea degradării microbiene prin activitatea plantei din zona rădăcinii.

Fitostabilizarea – utilizează plantele pentru reducerea migrării contaminanților prin mediul solului [41].

Experimentele la scară mică arată că fitoremedierea poate purifica un șir de diverși contaminanți.

Fitoremedierea a fost aplicată la un șir de poluanți în studii de scară mică și cele de laborator. Acești poluanți includ metale grele, radionuclizi, solvenți clorurați, hidrocarburi petroliere, PCB-uri, HAP-uri, insecticide organofosforice, explozivi și surfactanți.

Importante observări ce țin de performanța tehnologiei de fitoremediere sunt:

- Remedierea este îndeplinită cu perturbări minimale ale mediului;
- Este o tehnologie pasivă și estetic plăcută, condusă de energia solară;
- Poate fi utilizată pe un spectru larg de contaminanți;
- Generarea deșeurilor secundare este minială;
- Poluanții organici pot fi convertiți în CO₂ și H₂O, în loc de transferul toxicității;
- Este cost-eficientă pentru terenuri poluate mari(cu concentrații mici de contaminanți);
- Stratul de la suprafața solului este lăsat în condiții utilizabile și poate fi folosit în agricultură;
- Solul poate rămîne pe teren după îndepărtarea contaminantului, spre deosebire de depozitarea sau izolarea;
- Asimilarea apei subterane contaminate poate preveni migrarea poluanților;
- Remedierea necesită mai mult de un sezon de creștere;
- Tratamentul este limitat la stratul de sol mai mic de 1 metru de la suprafață și la apa subterană la o adîncime de mai puțin de 3 metri de la suprafață;
- Condițiile climatice și hidrologice, cum ar fi inundațiile și seceta, pot restricționa creșterea plantelor și tipul plantelor care pot fi utilizate;
- Poluanții pot intra în lanțul trofic prin animalele care consumă plantele folosite în aceste proiecte;
- Necesită depozitarea specială pentru plantele folosite.

Costul remedierii unui acru de sol contaminat cu plumb la o adîncime de 50cm este estimată a fi de la 60000 \$ SUA la 100000 \$ SUA. În comparație, excavarea și depozitarea deșeurilor al aceluiași volum de sol costă de la 400000 \$ SUA la 1700000 \$ SUA [42].

8. Adsorbția

Mecanismele de adsorbție pot fi divizate în cîteva categorii: adsorbția fizică, adsorbția chimică și cea electrostatică. Forțele moleculare nesemnificative, cum ar fi cele Van der Waals, inițiază adsorbția fizică, iar în rezultatul reacției chimice are loc legătura chimică între compus și suprafața corpului în chemosorbție. Adsorbția electrostatică prezintă adsorbția ionilor în baza interacțiunilor forțelor coulombiene. De obicei, acest proces este numit schimb de ioni. Cel mai răspîndit asorbent este cărbunele activ granulat (CAG). Printre alți adsorbenți naturali și sintetici putem enumera alumina activată, buretele Forager, lignina, argila sorbentă și rășinile sintetice.

Amendamentul cu cărbune activ

Îmbunătățirea cu cărbune activ (CA), pentru reducerea expunerii la contaminare în solurile poluate și sedimente, a devenit recent un procedeu de remediere promițător. Majoritatea studiilor, nu numai pe sedimente, dar și pe soluri, au fost efectuate doar în laborator și doar câteva în teren. Astfel, experiența practică la scara de teren este puțină și abordările realizabile de amendament cu CA necesită a fi dezvoltate, mai ales pentru soluri.

Cărbunele activ reduce cu succes biodisponibilitatea contaminanților organici datorită proprietăților sale puternice de sorbție. Plus la aceasta, adaosul de CA poate fi preferat față de alte posibilități de remediere din câteva cauze. În primul rând, fiind o tehnică in situ, este mai cost-efectivă în comparație cu remedierea ex-situ și mai prietenoasă mediului, fiindcă nu deplasează problemele contaminării dintr-un loc într-altul. În al doilea rând, fiind aplicată corespunzător, nu eliberează noi cantități de poluanți, cum ar putea fi în cazul dragajului sau săpării. În cele de-a treilea, este uneori mult mai efectivă decât de ex. purificarea cu surfactanți sau alți compuși chimici (in sau ex- situ) sau fitoremedierea. Plantele pot doar să asimileze un anumit procent de poluant și au perioade mari de creștere și dezvoltare a biomasei vegetale [43].

În ciuda acestor avantaje, există câteva îngrijorări legate de amendamentele cu CA. Majoritatea problemelor sunt prețul și disponibilitatea cantităților suficiente a formelor adecvate de CA necesar pentru tratarea ariilor extinse poluate. Așadar, cercetătorii au început să utilizeze materialul alternativ de carbon cum ar fi cărbunele biologic (biochar) (Yu et al., 2009), praful de cocs (Zimmerman et al., 2004), deșeurile de CA (Guo et al., 1991), cenușă (Burgess et al., 2009) și multe altele. Alte dezavantaje și efecte secundare ale CA , cum ar fi stabilitatea materialului de CA, alterarea fizică a matricei, efectele negative directe sau indirecte și disponibilitatea nutrienților pentru organisme sunt discutați de către Hilber și Bucheli în „Factorii potențil reducători ai eficienței amendamentelor de CA și alte efecte secundare”. În orice caz, inginerii de mediu trebuie să cântărească între aspectele pozitive ale amendamentelor de CA și cele adverse și să ia în considerație această tehnică îmbinată cu altele pentru optimizarea strategiei de regenerare la terenurile individuale [44].

Cărbunele activ este deseori folosit pentru adsorbirea sau deactivarea compușilor organici cum ar fi pesticidele. Cărbunele activ a fost utilizat de mulți ani pentru înlăturarea contaminanților organici din apele reziduale și în sistemele de purificare a apei. Deoarece majoritatea pesticidelor sunt de proveniență organică, cărbunele activ poate fi utilizat eficient pentru deactivarea sau „legarea” acestor produși în sol. Odată ce pesticidele sunt adsorbite pe cărbunele activ, ele devin biologic inactive și nu pot cauza daune stratului de iarbă. Prin urmare, acest produs poate fi în beneficiu agriculturilor în cazul unei scurgeri accidentale de pesticide sau unde un ierbicid necesită să fie dezactivat. Datorită culorii sale întunecate, deci și a abilității de a

absorbi căldura, cărbunele activ este, de asemenea, folosit pentru încălzirea artificială a solului pentru a minimiza efectele unor înghețuri ușoare sau pentru a permite sămănarea devreme a unei arii [45].

Cărbunele este o substanță poroasă, fină, neagră obținută prin încălzirea într-o anumită cantitate de aer a substanțelor ce conțin carbon cum ar fi materialul de la copacii cu coajă tare sau coji de cocos. Cărbunele activ pulbere constă din particule foarte mici de cărbune care au o afinitate mărită pentru compușii organici cum sunt pesticidele. Cărbunele activ are o suprafață mare și poate absorbi cantități de 100-200 de ori mai mari decât masa acestuia.

Cantitatea de cărbune activ aplicabilă unei suprafețe contaminate cu pesticide variază odată cu caracteristicile chimice ale pesticidului particular. Conform lui McCarty (1996) proporțiile se includ între 50 și 200 kg la 0,5 ha (1,12- 4,6 kg la 1000 metri pătrați) pentru fiecare 0,5 kg de ingredient activ al pesticidului aplicat la 0,4 ha. Regul generală este de aplicare a 100 kg de cărbune activ la 0,4 ha (2,3 kg la 1000 metri pătrați) pentru fiecare 0,5 kg de ingredient activ al pesticidului pe 0,4 ha [46].

8. Concluzie

Calitatea și sănătatea solului este o componentă principală a sănătății oamenilor și tuturor organismelor vii. Stocurile de pesticide care încă mai rămân depozitate pe teritoriul țării și care nu au un management adecvat continuă să prezinte un risc foarte înalt pentru calitatea solurilor, apei și a aerului din apropiere, ceea ce la rândul său ne afectează nemijlocit și pe noi. Caracterul spectrului de poluare demonstrează un caracter complex al remedierii de viitor și altor acțiuni de eliminare a impactului negativ al amplasamentelor poluate asupra mediului și sănătății.

Sumarul scurt al aplicațiilor reale a tehnologiilor de remediere arată următorul tablou:

- extracția cu vapori este un din cele mai utilizate tehnici ea nu numai promite rezultate bune, dar și e cost-efectivă;
- landfarming-ul este o tehnologie convențională, este de asemenea eficientă și cost-efectivă în tratarea hidrocarburilor petroliere;
- desorbția termică este o opțiune pentru îndepărtarea unui spectru larg de contaminanți din mediile dificile (soluri argiloase și nămolose);
- spălarea solului este un tratament ex situ eficient doar pentru cantități limitate de sol, dar este eficientă și rapidă;
- biopilele și fitoremedierea sunt doar la etapa de studii-pilor și nu există detalii suficiente despre aceste tehnici;
- adsorbția pe cărbune activ este o metodă care abia a început să fie studiată, și la momentul actual, există puține date despre utilizarea în teren a acestei metode.

După cum a fost menționat mai sus, o varietate de tehnici de remediere pot fi utilizate pentru decontaminarea terenurilor poluate. Însă nici o tehnică nu este aplicabilă pentru toate tipurile de contaminanți și pentru diversitatea de condiții specifice terenului. Condițiile terenului, tipul contaminantului, sursa contaminantului, măsurile de control ale sursei și potențialul impact al măsurii potențiale de remediere determină alegerea strategiei și tehnologiei de remediere. Selectarea uneia sau mai multor metode particulare de remediere pentru terenurile contaminate este o decizie crucială.

9. Referințe bibliografice

1. „Starea mediului în Republica Moldova în anii 2007-2010 (raport național)” Ministerul mediului al RM, AȘM, Institutul de Ecologie și Geografie, Chișinău 2011
2. IPAPS „N. Dimo” 2011
3. Raportul „Identificarea reziduurilor POP și cartografierea zonelor poluate”, www.moldovapops.md
4. Rapoarte de activitate pe anii 2007-2010, Serviciul Hidrometeorologic de Stat, Direcția Monitoring a Calității Mediului
5. Anuarul privind calitatea factorilor de mediu și activitatea Inspectoratului Ecologic de Stat în anul 2001. Chisinau, 2002. 125 p.
6. Starea mediului în Republica Moldova în anul 2004. Chisinau, 2005. 123 p.
7. Anuarul privind calitatea factorilor de mediu și activitatea Inspectoratului Ecologic de Stat în anul 2004. Chisinau, 2005. 214 p.
8. Bacal P. Gestionarea deșeurilor în: Republica Moldova 2007: Raportul de Stare a Țării. Centrul Analitic Independent „Expert Grup”. Chisinau, 2007, p. 192-196.
9. Rapoartele Oficiului de implementare a proiectului „Managementul și distrugerea poluanților organici persistenti” pentru anii 2006-2009, coordonator V. Plesca.
10. Strategia națională de mediu 2013-2023, <http://www.particip.gov.md/proiectview.php?l=ro&idd=1109>
11. Garaba V., Plesca V., Isac A. Poluanții organici persistenti. Mediul și sănătatea. In: Mediul Ambient. 2005, nr. 1, p. 38-41.
12. Duca Gh., Cazac V., Galca G. Poluanții organici persistenti. Starea actuală și evaluarea capacității de monitoring în Republica Moldova. Chisinau, 2004. 52 p.
13. Mereniuc G. Poluarea mediului și sănătatea populației. Chisinau: Stiinta, 1991. 128 p.
14. Bacal P. Aspectele teritoriale ale gestionării deșeurilor în creșterea competitivității și dezvoltarea economiei bazate pe cunoaștere: Tezele Simp. Int. Chisinau: ASEM, 2007, Vol. II, p. 411-415.
15. Riser-Roberts, E., 1992. Bioremediation of Petroleum Contaminated Sites, CRC Press, Boca Raton, FL.
16. Riser-Roberts, E., 1998. Remediation of Petroleum Contaminated Soil: Biological, Physical, and Chemical Processes, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
17. Reddy, K.R., Admas, J.F., Richardson, C., 1999. Potential technologies for remediation of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management 3(2), 61–68.
18. RAAG, 2000. Evaluation of Risk Based Corrective Action Model, Remediation Alternative Assessment Group, Memorial University of Newfoundland, St John’s, NF, Canada.
19. Asante-Duah, D.K., 1996. Managing Contaminated Sites: Problem Diagnosis and Development of Site Restoration, Wiley, New York, NY.
20. USEPA, 1996b. In situ soil vapor extraction. Office of Solid Waste and Emergency Response, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, <http://www.epa.gov/techinfo/case/comm/soilvape.html>
21. Feng, D., Lorenzen, L., Aldrich, C., Mare, P.W., 2001. Ex-situ diesel contaminated soil washing with mechanical methods. Minerals Engineering 14(9), 1093–1100.
22. CPEO, 1997. Soil washing. Center for Public Environmental Oversight. 425 Market Street, San Francisco, CA, <http://thecity.sfsu/~cpeo/techtree/ttdescript/soilwash.html>
23. FRTR, 1999a. Soil washing. Federal Remediation Technologies Round-table. USEPA, 401 M Street, S.W. Washington, DC, http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_21.html
24. Halmemies, S., Grondahl, S., Arffman, M., Nenonen, K., Tuhkanen, T., 2003. Vacuum extraction based response equipment for recovery of fresh fuel spills from soil. Journal of Hazardous Materials 97(1–4), 127–143.

25. USEPA, 1995a. How to Evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites. Office of Solid Waste and Emergency Response, US Environmental Protection Agency. Publication # EPA 510-B-95-007, Washington, DC.
26. Barnes, D.L., Cosden, E., Johnson, B., Johnson, K., Stjarnstrom, S., Johansson, K., Filler, D., 2002. Operation of Soil Vapor Extraction in Cold Climates, Cold Regions Engineering, Cold Regions Impacts on Transportation and Infrastructure, Proceedings of the Eleventh International Conference, May 20–22 2002, Anchorage, AK, pp. 956–967.
27. Zhan, H., Park, E., 2002. Vapor flow to horizontal wells in unsaturated zones. Soil Science Society of America Journal 66(3), 710–721.
28. Yeung, A.T., Hsu, H.T., 2002. Semi-analytical simulation of soil vapor extraction. Practice, Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management 6(1), 14–22.
29. Hejazi, R.F., 2002. Oily Sludge Degradation Study Under Arid Conditions Using a Combination of Landfarm and Bioreactor Technologies. PhD thesis, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St John's, Canada.
30. Hejazi, R., Husain, T., Khan, F.I., 2003. Landfarming operation in arid region-human health risk assessment. Journal of Hazardous Materials B99, 287–302.
31. FRTR, 1999b. Landfarming. Federal Remediation Technologies Round-table. USEPA, 401 M Street, S.W., Washington, DC, http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_15.html
32. USEPA, 1998b. Landfarming. Office of the Underground Storage Tank, US Environmental Protection Agency. Publication # EPA 510-B-95-007 <http://www.epa.gov/swrust/cat/landfarm.htm>
33. Sherwood, L.J., Qualls, R.G., 2001. Stability of phosphorus within a wetland soil following ferric chloride treatment to control eutrophication. Environmental Science and Technology 35(20), 4126–4131.
34. Nyer, E.K., 1996. In situ Treatment Technology, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
35. Wilk, C.M., 2003. Solidification/stabilization treatment: principles and practice. Air and Waste Management Association's Magazine for Environmental Managers July, 31–37.
36. Wait, S.T., Thomas, D., 2003. The Characterization of Base Oil Recovered From the Low Temperature Thermal Desorption of Drill Cuttings, SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, Mar 10–12, San Antonio, TX, pp. 151–158.
37. FRTR, 1999j. Thermal desorption. Federal Remediation Technologies Roundtable. USEPA, 401 M Street, S.W., Washington, DC, http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_29.html
38. Li, P., Sun, T., Stagnitti, F., Zhang, C., Zhang, H., Xiong, X., Allinson, G., Ma, X., Allinson, M., 2002. Field-scale bioremediation of soil contaminated with crude oil. Environmental Engineering Science 19(5), 277–289.
39. Chaineau, C.H., Yepremian, C., Vidalie, J.F., Ducreux, J., Ballerini, D., 2003. Bioremediation of a crude oil-polluted soil: biodegradation, leaching and toxicity assessments. Water, Air, and Soil Pollution 144(1–4), 419–440.
40. FRTR, 1999i. Biopiles. Federal Remediation Technologies Roundtable. USEPA, 401 M Street, S.W., Washington, DC, http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_12.html
41. GWRTAC, 1996d. Phytoremediation. Groundwater Remediation Technologies Analysis Center. Publication # GWRTAC-TO-96-03. 425 Sixth Avenue, Regional Enterprise Tower, Pittsburgh, PA.
42. FRTR, 1999m. Phytoremediation. Federal Remediation Technologies Roundtable. USEPA, 401 M Street, S.W., Washington, DC, http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_5.html
43. White J.C. (2009), Optimizing planting density for p,p'-DDE phytoextraction by Cucurbita pepo, Environmental Engineering Science, 26, 369-375.

44. Bucheli T. D., Hilber I., Activated carbon amendment to remediate contaminated sediments and soils : review, Global NEST Journal Vol. 12, No. 3, pp. 305-317 2010
45. Viktor Mukhin, Tudor Lupascu et al., Activated carbons from vegetal raw material to solve environmental problems, Chemistry Journal of Moldova, vol. 9, no. 1, pp.33-36,
46. McCarty L. B. Activated charcoal for pesticide deactivation. – University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS, 1996