

GLEBA

Mechanizmy jej degradacji oraz metody rekultywacji.

Andrzej Mizera

Konsultant Naukowo Techniczny
ds. Inżynierii Ochrony Środowiska

Grunt to zdrowa ziemia

Rozwój przemysłu, komunikacji, transportu, urbanizacja, mechanizacja i chemizacja rolnictwa - to tylko niektóre wskaźniki, które towarzyszą człowiekowi od dawna, a które niewątpliwie zasługują na miano dynamicznych wskaźników nowoczesnej cywilizacji. Czynniki te jednak wywierają także negatywny wpływ na środowisko naturalne, a szczególnie na gleby. Podjęto więc dość intensywne działania, aby zahamować postępujący w szybkim tempie proces dalszej i pogłębiającej się degradacji gleb.

Polityka ochrony gleb jest niezwykle złożoną kwestią. W Europie np. istnieje ponad 320 różnego rodzaju gleb, wykorzystywanych w rozmaitych celach. Gleba spełnia między innymi funkcje gospodarcze, społeczne, kulturowe i ekologiczne; jest wykorzystywana do celów rolnictwa, środowiska naturalnego, budownictwa, budowy dróg, nasypów i wałów. Z tego też względu zagrożenia dla gleb są zróżnicowane.

Pod pojęciem degradacji gleb należy rozumieć zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych, powodujących obciążenie lub zmniejszenie jej aktywności biologicznej. Degradacja gleby wpływa na pogorszenie stanu higienicznego środowiska, powoduje zmniejszenie produktywności oraz może doprowadzić do całkowitego wyłączenia gleby z procesu produkcji.

Rozróżniamy degradację bezwzględną (rzeczywistą) oraz degradację względną.

Degradacja bezwzględna (lub tzw. rzeczywista) związana jest z trwałym obniżeniem lub zniszczeniem aktywności biologiczno-chemicznej gleby, a tym samym pogorszenie jej walorów, w tym ekologicznych i rolniczych. Rozróżniamy cztery rodzaje degradacji bezwzględnej:

- 1. Geotechniczna degradacja gleb** - dotyczy szczególnie zniekształcenia rzeźby terenu w wyniku działalności górnictwa, budownictwa wodnego, drogowego czy kolejowego,
- 2. Fizyczna degradacja gleb** - polega na zagęszczaniu masy glebowej, pogarszaniu się jej struktury, jak również nadmiernym odwodnieniu gruntów na skutek leja depresyjnego, wadliwej melioracji, oddziaływania zbiorników wodnych oraz działania erozyjnego wody i wiatru.
- 3. Biologiczna degradacja gleb** - powstaje na skutek pogorszenia się struktury gleby, jej wilgotności i stosunków powietrznych lub poprzez niszczenie szaty

roślinnej. Formą biologicznej degradacji jest tak zwane zmęczenie gleb. Na glebach zmęczonych dochodzi do nagromadzenia się czynników chorobotwórczych oraz szkodników specyficznych dla uprawianego gatunku (lub innych roślin z tej samej rodziny botanicznej). Zjawiska te nasilają się wraz z utratą dynamicznej równowagi pomiędzy gatunkami drobnoustrojów zasiedlających glebę. Z jednej strony dochodzi do osłabienia w rozwoju i funkcjonowaniu mikroorganizmów pożytecznych, z drugiej - obserwuje się wzrost aktywności szkodliwej mikroflory. Mówiąc najogólniej, zmęczenie gleby jest to obniżenie jej żyzności na skutek zachwiania równowagi dynamicznej przez zanieczyszczenie lub nieumiejętne nawożenie.

4. Chemiczna degradacja gleb - związana jest z zakwaszeniem lub nadmierną alkalizacją gleby, naruszeniem jej równowagi jonowej, bądź wysoką lub nawet toksyczną koncentracją soli w roztworach glebowych lub metali ciężkich, siarki, fluoru oraz związków biologicznie czynnych, takich jak np. węglowodory.

Degradacja względna polega na przeobrażeniu się dotychczasowego układu glebowego, w wyniku czego powstaje nowy układ, który charakteryzuje się aktywnością biologiczną nie mniejszą od struktury glebowej początkowej. Przykładem takiej degradacji może być zmiana odczynu gleby z silnie kwaśnego na obojętny lub alkaliczny. W wyniku takiego procesu mogą pojawić się skutki, które oddziaływać będą zarówno pozytywnie, jak i negatywnie na występującą na danym obszarze szatę roślinną. Przykładem mogą być drzewostany szpilkowe, dla których taka zmiana stanowi duże zagrożenie.

Degradację gleb, możemy również podzielić uwzględniając czynniki, które ją wywołują, a mianowicie:

- Czynniki naturalne** - zachodzące bez czynnego udziału człowieka,
- Czynniki antropogeniczne** - wywołane skutkiem działalności człowieka. Istnieje również systematyka niekorzystnych zmian w glebach, które są spowodowane:
 - pożarami, erozją, suszami, trzęsieniami ziemi,
 - przemysłowo-chemicznymi zanieczyszczeniami, np. metalami ciężkimi, kwaśnymi i kwasotwórczymi składnikami mineralnymi oraz organicznymi składnikami toksycznymi obecnymi w nawozach,
 - chemizacją rolnictwa, nawożeniem mineralnym,
 - odkrywkową i podziemną eksploatacją kopalni,
 - techniczną zabudową, na którą składa się budownictwo mieszkaniowe, przemysłowe oraz szlaki komunikacyjne,
 - działalnością bytową człowieka,
 - składowaniem odpadów przemysłowych i bytowo-gospodarczych.

Rozpatrując procesy degradacji gleb a następnie proces ich rekultywacji, należy wziąć pod uwagę, że skutki degradacji środowiska glebowego mają charakter zróżnicowany, szczególnie na terenach dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych. W Polsce problem ten dotyczy głównie przemysłowych terenów Górnego Śląska, gdzie w przeważającym procencie mamy do czynienia z silnie zdegradowanymi glebami, które przez ostatnie dziesięciolecia narażone były na bezlitosny

wpływ przemysłu ciężkiego (hutnictwo, górnictwo, przemysł chemiczny itp.). Głównym zanieczyszczeniem na tych terenach jest skażenie metalami ciężkimi.

DEGRADACJA GLEB METALAMI CIĘŻKIMI

Toksyczność metali ciężkich wynika nie tylko ze stopnia skażenia środowiska, ale także z ich biochemicznej roli, jaką spełniają w procesach metabolicznych, oraz ze stopnia wchłaniania i wydalania ich przez organizmy żywe.

Rośliny są głównym odbiorcą składników mineralnych z gleby, wód - w tym niebezpiecznych metali - a jednocześnie głównym ich źródłem w pożywieniu ludzi i zwierząt. Zagrożenie ze strony metali ciężkich polega głównie na wchodzeniu ich do łańcucha pokarmowego, co jest uzależnione od naturalnych barier biologicznych. Szczególnie niebezpieczne dla środowiska i organizmów żywych są: Cd, Pb, Hg, Cr, As, Zn, Cu.

Kadm jest „trucizną” kumulującą się w organizmie. Organami docelowymi, gdzie deponowany jest ten pierwiastek, są wątroba i nerki. Kadm narusza przemiany metaboliczne wapnia, magnezu, żelaza, cynku i miedzi. Wypłukiwanie wapnia przez kadm ze szkieletu i innych narządów powoduje deformację i łamanie kości, uszkodzenia narządów wewnętrznych. Zatrucie kadmem powoduje bóle i zanik mięśni, niedokrwistość, nadciśnienie tętnicze, uszkodzenia wątroby, nerek i płuc. Jego nadmiar może być przyczyną powstawania nowotworów, zwłaszcza nerek i gruczołu krokowego. Chrom – w niskich stężeniach i na III stopniu utlenienia jest pierwiastkiem niezbędnym dla funkcjonowania organizmu żywego. W wyższych stężeniach może wywołać poważne zmiany immunologiczne w organizmach ssaków. Chrom (VI) cechuje się wysoką toksycznością, wykazuje też działania kancerogenne; najczęściej powoduje raka płuc.

Rtęć i jej związki mogą wywoływać gwałtowne objawy zatrucia. Wchłanianie ich w niewielkich dawkach powoduje systematyczne kumulowanie się w organizmie. Najłatwiej wchłaniane są alkilowe związki, które są najbardziej szkodliwe, ponieważ szybko przedostają się do komórek nerwowych. Toksyczne działanie tego pierwiastka polega na jego wiązaniu z białkami, zmianie w działaniu hormonów, enzymów, hemoglobiny i białych ciałek krwi. Ma też działanie kancerogenne.

Ołów – jego szkodliwość dotyczy m.in. obniżenia poziomu inteligencji, upośledzenia słuchu, zaburzenia rozwoju fizycznego i umysłowego, a czasem prowadzi do śmierci. Zmiany spowodowane nadmiarem ołowiu we krwi są nieodwracalne w okresie rozwojowym każdego organizmu. Ołów odkłada się głównie w nerkach i tkance kostnej.

Arsen jest czynnikiem kancerogennym. Niebezpieczne dla człowieka związki arsenu (III) przedostają się do organizmu człowieka przez układ oddechowy i pokarmowy. Może powodować też: upośledzenia słuchowe u dzieci, poronienie samoistne, wady wrodzone u dzieci.

Cynk jest składnikiem różnych enzymów, spełnia wiele podstawowych funkcji w organizmach. Jego szkodliwość

jest najczęściej związana z wywołaniem wtórnego deficytu. Niedobór cynku prowadzi u ludzi do karłowatości, zmniejsza tempo krzepnięcia krwi, gojenia się ran i zapaleń skóry. Nadmiar cynku uważa się za jedną z przyczyn zmian nowotworowych.

Miedź - jej szkodliwy wpływ na organizm człowieka wiąże się z nadmiarem tego pierwiastka w diecie, co może prowadzić do zatruc chemicznych. Wywołuje różne zmiany metaboliczne, uszkadza wątrobę, nerki, tkanki mózgowe, naczynia wieńcowe i serce.

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ GLEB

Gleba stanowi element środowiska przyrodniczego, w którym kumuluje się duża część zanieczyszczeń występujących w środowisku. Zanieczyszczenia te przedostają się do gleb wraz z opadami atmosferycznymi i pyłami, w wyniku wylewu wód, a także z osadami ściekowymi i kompostami stosowanymi w nawożeniu, ze spływami z dróg oraz wskutek wieloletniego składowania wtórnych substancji szkodliwych.

Głównymi jednak źródłami zanieczyszczenia gleby są:

Zakłady przemysłowe, które emitują pyły (zawierające metale ciężkie) oraz gazy (związki fluoru, siarki, azotu, węgla, chloru). Długotrwałe oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych może być przyczyną poważnych zmian chemicznych i biologicznych w środowisku glebowym.

Rolnictwo, które wskutek postępującej chemizacji upraw pomniejsza często żyzność gleby oraz pogarsza jakość żywności i paszy.

Rolnicze zanieczyszczenie gleb - szczególnie uprawnych - następuje wskutek nieumiejętnego nawożenia mineralnego i nadmiernego stosowania gnojowicy oraz w wyniku używania chemicznych środków - pestycydów lub chemicznych regulatorów wzrostu roślin - retardantów.

Transport samochodowy zanieczyszcza glebę i rośliny ołowiem i węglowodoram

Przemysł wydobywczy - trwające od wieków, nieprzerwanie, procesy wydobywcze, pociągnęły za sobą skutki w postaci:

- trwałego naruszenia struktury geologicznej terenów, związanego z eksploatacją podziemną,
- trwałych przeobrażeń rzeźby terenu na powierzchni w wyniku eksploatacji metodą odkrywkową bądź na skutek eksploatacji podziemnej, w postaci szkód górniczych i zapadlisk,
- zajęcia rozległych obszarów pod depozycję odpadów powydobywczych i poprodukcyjnych,
- wysokiego stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego,
- zagrożenia wód powierzchniowych i podziemnych oddziaływaniami zdeponowanych odpadów oraz nieuregulowaną gospodarką wodno-ściekową,

zarówno w odniesieniu do zrzutu ścieków przemysłowych i wód kopalnianych, jak i ścieków komunalnych z rejonów o najwyższej gęstości zaludnienia,

- zagrożeń dla klimatu akustycznego,
- zagrożenia dla fauny i flory, aż do całkowitej eliminacji pewnych gatunków z ich dotychczasowych siedlisk,
- postępującej degradacji gleby prowadzącej do zmniejszenia plonowania lub nawet konieczności całkowitej eliminacji niektórych upraw.

Na terenach o mniejszym stopniu degradacji, gdzie nie wszystkie wymienione powyżej składniki środowiska są zagrożone, w takim stopniu jak na terenach silnie zurbanizowanych, przemysłowych bądź poprzemysłowych, zabiegi mające na celu ich odnowę są łatwiejsze w realizacji

OCHRONA GLEB W PRZEPISACH PRAWNYCH

Podstawową ochrony istniejących struktur glebowych jest ustawa Prawo ochrony środowiska. Oceny jakości gleby i ziemi oraz obserwacji zmian dokonuje się w ramach państwowego monitoringu środowiska. Zgodnie z wymaganiami ustawy, obszary, na których stwierdza się przekroczenie obowiązujących standardów jakości gleby muszą być poddane rekultywacji, czyli przywróceniu wartości użytkowej przez wykonanie właściwych zabiegów technicznych, agrotechnicznych i biologicznych.

Oprócz Prawa ochrony środowiska, standardy jakości gleby regulują:

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9 września 2002 r., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Rozporządzenie definiuje, kiedy glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, oraz określa dopuszczalne zawartości substancji szkodliwych w gruntach zaliczanych do trzech grup, z punktu widzenia ich przeznaczenia.

Grupa A - nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne; obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody (jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska - dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego).

Grupa B - grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane, z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych.

Grupa C - tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne.

2. Ustawa z 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych, oraz Ustawa z 22 maja 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Ustawa reguluje zasady ochrony gruntów rolnych i leśnych oraz rekultywacji i poprawiania wartości użytkowej gruntów.

Gruntami rolnymi, w rozumieniu ustawy, są grunty:

- określone w ewidencji gruntów jako użytki rolne,
- pod stawami rybnymi i innymi zbiornikami wodnymi, służącymi wyłącznie dla potrzeb rolnictwa,
- pod wchodzącymi w skład gospodarstw rolnych budynkami mieszkalnymi oraz innymi budynkami i urządzeniami służącymi wyłącznie produkcji rolniczej oraz przetwórstwu rolno-spożywczemu,
- pod budynkami i urządzeniami służącymi bezpośrednio do produkcji rolniczej uznanej za dział specjalny, stosownie do przepisów o podatku dochodowym od osób fizycznych i podatku dochodowym od osób prawnych,
- parków wiejskich oraz pod zadrzewieniami i zakrzewieniami śródpolnymi, w tym również pod pasami przeciwwietrznymi i urządzeniami przeciwerozyjnymi,
- pracowniczych ogrodów działkowych i ogrodów botanicznych,
- pod urządzeniami melioracji wodnych, przeciwpowodziowych i przeciwpożarowych, zaopatrzenia rolnictwa w wodę, kanalizacji oraz utylizacji ścieków i odpadów dla potrzeb rolnictwa,
- zrehabilitowane dla potrzeb rolnictwa,
- torfowisk i oczek wodnych,
- pod drogami dojazdowymi do gruntów rolnych.

Gruntami leśnymi, w rozumieniu ustawy, są grunty:

- określone jako lasy w przepisach o lasach,
- zrehabilitowane dla potrzeb gospodarki leśnej,
- pod drogami dojazdowymi do gruntów leśnych.

Nie uważa się za grunty rolne gruntów znajdujących się pod parkami i ogrodami wpisanymi do rejestru zabytków.

3. Ustawa z 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze.

PROCESY REKULTYWACJI GLEB

Sposób postępowania z zanieczyszczonym terenem uzależniony jest od obecnego i planowanego sposobu użytkowania terenu oraz od rodzaju zanieczyszczeń, które spowodowały degradację. Po tej analizie można przystąpić do wyboru optymalnej technologii rekultywacji. Metoda ta będzie polegała nie tylko na wizualnym przywróceniu porządku na terenach zdegradowanych, ale również na przywróceniu pierwotnych ich właściwości

pod względem czystości gruntów i znajdujących się tam wód podziemnych.

Na wybór metod rekultywacji i zagospodarowania terenów zdegradowanych składa się wiele czynników takich jak: jakość gruntów lub zwałowanego materiału, ich skład chemiczny i mineralogiczny, kształt zwału, zagłębienia oraz ich budowa.

Rozróżniamy trzy fazy rekultywacji terenów zdegradowanych:

Rekultywacja przygotowawcza, polegająca na rozpoznaniu i ustaleniu kierunku zagospodarowania terenów zdegradowanych.

Rekultywacja techniczna, która polega na przystosowaniu gruntu do wyznaczonej funkcji, poprzez ukształtowanie rzeźby terenu, uregulowanie stosunków powietrzno-wodnych na gruntach przesuszonych i zawodnionych, pokrycie toksycznych gruntów warstwą gleby - procesy detoksykacji. Rekultywacja techniczna obejmuje:

- ukształtowanie rzeźby terenu przez wypełnienie zagłębień lub uformowanie zwałów
 - o w nawiązaniu do otaczającego terenu,
- wyrównanie powierzchni zwałów, nadanie zboczom nachyleń zapewniających
 - o stateczność skarp,
- właściwe ukształtowanie warunków wodnych (właściwa gospodarka wodami
 - o powierzchniowymi na terenie rekultywowanym i w jego sąsiedztwie, zabezpieczenie skarp przed erozją),
- całkowite lub częściowe odtworzenie profilu glebowego, zwłaszcza, gdy zachodzi
 - o konieczność izolacji odpadów niebezpiecznych,
- neutralizację gruntów toksycznych i użyźnianie jałowych,
- budowę infrastruktury niezbędnej do prawidłowego funkcjonowania rekultywowanego terenu

Rekultywacja biologiczna, która obejmuje:

- zabezpieczenie stateczności zboczy obudową biologiczną,
- regulację lokalnych stosunków wodnych (budowa urządzeń melioracyjnych i
 - o ochrona wód przed zanieczyszczeniem),
- przeciwerozijną odbudowę roślinności, związaną z przywróceniem siedlisk roślin,
- magazynowanie wody w dolach poeksploatacyjnych przeznaczonych na zbiorniki wodne.

Rola roślinności w procesach rekultywacji polega na: stabilizacji luźnych utworów gruntowych, zabezpieczeniu przed erozją wodną i powietrzną; ochronie terenów przed zanieczyszczeniami przemysłowymi, jak gazy, pyły; inicjowaniu i stymulowaniu procesów glebotwórczych (rośliny trawiaste i motylkowe).

WYBRANE METODY REKULTYWACJI - FITOREMEDIACJA

Metody stosowane w rekultywacji gleb zanieczyszczonych, np. metalami ciężkimi, można zasadniczo podzielić na dwie grupy: metody techniczne i metody biologiczne. Techniki te stosuje się bez przemieszczania gleby (in situ) lub poprzez usunięcie zanieczyszczonej warstwy gleby, a następnie poddanie jej procesowi oczyszczania w innym miejscu (ex situ).

Przy wyborze właściwej techniki remediacyjnej należy uwzględnić następujące kryteria: a) wielkość powierzchni zanieczyszczonej i lokalizacja, b) właściwości gleby, c) poziom i rodzaj zanieczyszczenia, d) przyszły sposób zagospodarowania obiektu, e) dostępne środki finansowe i techniczne, f) względy społeczne

Fitoremediacja została odkryta i udokumentowana już ponad 300 lat temu, jednak dopiero we wczesnych latach osiemdziesiątych XX wieku proces ten został wykorzystany na skalę technologiczną. Fitoremediacja zaliczana jest do biologicznych metod oczyszczania gleb, gdzie wykorzystuje się właściwości niektórych gatunków roślin zdolnych do pobierania z gleby i gromadzenia w tkankach zanieczyszczeń, w ilościach nawet stukrotnie wyższych od spotykanych w tkankach innych roślin. Metoda ta najlepiej sprawdza się na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi, lecz o stężeniach nie wygórowanych, bowiem w przeciwnym przypadku należy zastosować inną metodę rekultywacji.

Proces fitoremediacji jest wykorzystywany do usuwania - oprócz metali ciężkich - takich ksenobiotyków jak: pestycydy, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB). Charakterystykę, zalety i ograniczenia różnych technologii fitoremediacyjnych pokazuje tabela 1.

Metoda fitoremediacji może okazać się dogodna do oczyszczania gleb terenów rolnych, nieużytków, miejskich terenów rekreacyjnych, a także ogródków działkowych i terenów popowodziowych. Metoda ta jednak nie rozwiązuje wszystkich problemów wynikających z zanieczyszczenia gleb, ale znacząco może poprawić stan średniozanieczyszczonych gleb użytkowych rolniczo, usuwając z nich metale ciężkie.

W fitoremediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi wykorzystywane są rośliny charakteryzujące się: dużą akumulacją metali; wysokim przyrostem biomasy; wysokim stopniem przemieszczania metali z korzeni do części naziemnych, który zapewniłby możliwe największe usunięcie tych pierwiastków ze skażonego środowiska wraz z materiałem roślinnym.

Ze względu na zawartość niektórych metali ciężkich (miedzi, kadmu, cynku, ołowiu), rośliny akumulujące te pierwiastki, można uszeregować w następujący sposób:
 Cu - mniszek > skrzyp > trawy > sałata > kukurydza
 Cd - tobołek > szpinak > sałata > wierzba > słoma jęczmienia > trawy
 Pb - kapusta sitowata > kapusta pekińska > trawy > zboża > liście buraków > ziemniaki > sałata > marchew
 Zn - tobołki alpejskie > zboża > cebula > sałata > szpinak > kukurydza.

Tabela 1.

Typ techniki fitoremediacyjnej	Charakterystyka metody	Zalety	Wady
Fitoekstrakcja	Wykorzystanie roślin do pobierania metali z gleb i ich bioakumulacji w częściach naziemnych, a następnie ich usuwanie	Roślina powinna być zdolna do wytwarzania dużej ilości biomasy	Rośliny z grupy hiperakumulatorów charakteryzują się powolnym wzrostem. Fitomasa musi być poddana odpowiednim procesom unieszkodliwiania
Fitostabilizacja	Ograniczenie mobilności metali ciężkich do głębszych warstw podłoża oraz wtórnego pylenia przy pomocy roślin	Zapobiega usuwaniu gleby. Niskie koszty procesu. Wspomaganie procesu odnowy ekosystemów	Wymagane jest dodatkowe nawożenie lub modyfikacja gleby
Fitoutlenianie	polega na pobieraniu przez rośliny substancji toksycznych wraz z wodą i ich transpiracji poprzez liście.	Zamiana ksenobiotyków w mniej toksyczną postać	Zanieczyszczenie lub metabolit może podlegać procesowi kumulacji w trakcie wzrostu rośliny
Fitofiltracja/ Rizofiltracja	Wykorzystanie strefy korzeniowej roślin do usuwania zanieczyszczeń z wody	Może być prowadzona in situ (pływające trawy na stawach) lub w odpowiednio przygotowanym miejscu (systemy zbiorników)	Konieczne są specjalne Urządzenia (bioreaktory)

Pozytywne rezultaty przy zastosowaniu fitoremediacji uzyskano np. w Czarnobylu na Ukrainie oraz w zakładach Daimler-Chrysler w Detroit w USA. W Czarnobylu fitoremediacji poddane zostały grunty oraz woda gruntowa, wykazujące podwyższoną zawartość cezu i strontu. Proces przebiegał metodą in situ w środowisku wodnym na poletkach zalewowych. Zastosowano słoneczniki, charakteryzujące się szybkim

wzrostem oraz dużym przyrostem masy roślinnej. W rezultacie, w okresie dziesięciodniowego okresu wzrostu słoneczników, poziom toksyn zredukowany został o 90%.

Firma Daimler-Chrysler zdecydowała się na fitoremediację typu ex situ. Skażony grunt z terenu oddziału kuźni i odlewni, zanieczyszczony głównie ołowiem na głębokość 1m, został wybrany i umieszczony w specjalnie zaprojektowanych "skrzyniach", zapewniających szczelność oraz wyposażonych w system nawadniania.

BIOREMEDIACJA I PROCESY TOWARZYSZĄCE

Bioremediacja jest techniką, którą wykorzystuje naturalne mikroorganizmy glebowe (bakterie, grzyby i promieniowce) w procesach rozkładu zanieczyszczeń organicznych, do związków mniej toksycznych lub nietoksycznych. Polega na wspomaganiu mikroorganizmów rozkładających zanieczyszczenia poprzez utrzymywanie optymalnych warunków dla ich wzrostu.

O powodzeniu bioremediacji decydują takie czynniki jak: obecność szczepów aktywnych w procesach rozkładu określonych grup zanieczyszczeń organicznych, warunki glebowe i klimatyczne jak również zawartość i toksyczność zanieczyszczeń. W przypadku braku odpowiednich grup mikroorganizmów można wprowadzać do zanieczyszczonej gleby specjalnie wyselekcjonowane lub genetycznie zmodyfikowane grupy mikroorganizmów aktywnie rozkładających związki organiczne. Sposób ten stosuje się w przypadku, gdy naturalne szczepy mikroorganizmów glebowych nie są zdolne do rozkładu specyficznych grup zanieczyszczeń. Metoda ta wzbudza wiele zastrzeżeń ze względu na zgromadzenie zbyt małych doświadczeń i stosowanie organizmów modyfikowanych genetycznie.

Biostymulacja. Stymulację mikroorganizmów naturalnie występujących na skażonym terenie stosuje się zazwyczaj w celu przyspieszenia procesu bioremediacji zanieczyszczeń z gleby. Do powszechnie znanych czynników ograniczających naturalny proces biodegradacji należą: skrajnie wysokie stężenie substancji stanowiącej skażenie, niedobór tlenu, niekorzystne pH, niedobór substancji mineralnych, zbyt niska wilgotność oraz niekorzystna temperatura.

W celu zwiększenia tempa procesu naturalnej biodegradacji można zastosować różne metody modyfikacji warunków środowiskowych, przede wszystkim: natlenianie i dodawanie pożywek. Natlenianie stosuje się w celu zwiększenia dostępności tlenu cząsteczkowego, gdyż w sposób istotny wpływa ono na biodegradację różnych związków chemicznych. Najczęściej stosowanymi metodami natleniania są: wentylacja (wtłaczanie powietrza pod zwiększonym ciśnieniem przez układ przewodów-drenów umieszczonych w gruncie); stosowanie rozcieńczonych roztworów wody utlenionej; spulchnianie gruntu przez mechaniczną uprawę.

Szybkość procesu biodegradacji może być limitowana poprzez ograniczone stężenie substancji odżywczych. Głównymi czynnikami tej grupy są związki

azotu i fosforu, gdyż dostępność tych pierwiastków jest parametrem krytycznym dla procesu bioremediacji. W warunkach, w których deficyt azotu i fosforu limituje efektywność tego procesu, sztuczne wzbogacenie pożywkami rekultywowanego terenu, najczęściej poprzez zastosowanie nawozów zawierających azot i fosfor, daje bardzo dobre efekty w postaci znacznego przyspieszenia bioremediacji. Spośród stosowanych nawozów wydzielić można trzy grupy: ciekłe nawozy hydrofobowe, nawozy w fazie stałej i wodne roztwory nawozów.

Bioaugmentacja. Wzbogacenie zanieczyszczonego terenu w specjalnie wyselekcjonowane, o dużej zdolności biodegradacji zanieczyszczeń bakterie, stosuje się, gdy rodzima populacja bakterii na skażonym terenie nie wykazuje pożądanej aktywności w biodegradacji zanieczyszczeń. Technologię tę realizuje się poprzez bezpośrednią iniekcję zawiesiny mikroorganizmów (o pożądanej aktywności katalitycznej) wraz z substancjami odżywczymi do skażonego gruntu.

Elektrobioremediacja. Jest to nazwa grupy metod oczyszczania gruntów, wykorzystujących zjawiska mikrobiologiczne, chemiczne oraz elektrokinetyczne, np. pole elektryczne, do przyspieszenia procesów usuwania zanieczyszczeń ze środowiska.

ZALETY I OGRANICZENIA BIOREMEDIACJI

Bioremediacja polecana jest do szerokiego stosowania w walce z coraz powszechniejszymi skażeniami, szczególnie gruntów i wód gruntowych. Sprawdza się ona w różnych warunkach pogodowych i w zróżnicowanych formacjach geologicznych. Coraz większą popularność bioremediacja zawdzięcza temu, że:

- jest ekonomiczna (tańsza niż dotychczas stosowane metody oczyszczania gruntów i wód gruntowych),
- proces likwidacji skażenia może być prowadzony in situ (w miejscu skażenia, bez konieczności przemieszczania gruntu),
- grunt nadaje się do użytku bezpośrednio po przeprowadzeniu procesu oczyszczania,
- technologia ta nie wymaga z reguły stosowania kosztownej i skomplikowanej aparatury.

Do ograniczeń w stosowaniu bioremediacji zaliczyć należy:

- rodzaj skażeń, w stosunku do których można tę metodę zastosować,
- warunki panujące w miejscu, które należy poddać oczyszczeniu,
- czas, w którym zanieczyszczenie powinno zostać usunięte.

Metody biologiczne i ich zastosowanie muszą być poprzedzone rozległymi badaniami mikrobiologicznymi, przy szczególnym uwzględnieniu wszystkich elementów danego środowiska, mogącego mieć jakikolwiek wpływ na przebieg remediacji.

Metody te znajdują szczególne zastosowanie przy remediacji gruntów i wód gruntowych skażonych głównie:

- produktami ropopochodnymi, benzenem, toluenem, ksylenem, paliwami napędowymi, benzyną,
- produktami organicznymi, w tym trichloroetylenem,
- pestycydami,
- rozpuszczalnikami,
- środkami do impregnacji drewna.

Metoda ta jest również wykorzystywana w przypadku skażeń metalami ciężkimi.

Bioremediacja bardzo skutecznie została zastosowana na terenie byłej bazy paliwowej oraz magazynowania rozpuszczalników w stanie Nowy Jork w USA. Głównymi substancjami skażającymi grunt były: aceton, benzen, etanol, trichloroetylen, ksylen oraz w niewielkim stopniu metale ciężkie (m.in. ołów, rtęć). Zanieczyszczenie obejmowało 3,2 ha powierzchni i sięgało na głębokość do 2 m. Wykorzystano tu napowietrzenie z równoczesnym wprowadzeniem dodatkowych mikroorganizmów. Prace prowadzono osiem miesięcy i osiągnięto redukcję stężenia do poziomu nieco poniżej dopuszczalnej normy.

Przedstawiona powyżej różnorodność metod rekultywacji gleb wykazuje, że ze względu na wielorakość występowania presji oraz zróżnicowanie właściwości podłoża obszarów zdegradowanych, ich dobór stanowi trudny i złożony problem.

Problematyka ochrony gleb stała się w ostatnich latach przedmiotem ożywionej dyskusji rządów wielu państw świata. Charakter tych dyskusji jest nieco odmienny od tak popularnych dziś kwestii, jakimi są ochrona klimatu, warstwa ozonowa czy różnorodności biologicznej. Należy wziąć pod uwagę, że degradacja gleb to problem nie tylko lokalny bądź regionalny, bowiem przyczyny degradacji gleb oraz ich następstwa wywierają ogromny wpływ na stan środowiska naturalnego oraz aspekty gospodarcze w wymiarze globalnym.