

(19)



(10)

LT 4620 B

(12)

PATENTO APRAŠYMAS

(11) Patent numeris: **4620**

(51) Int. Cl.⁶: **B09C 1/10**
A01B 79/02

(21) Paraiškos numeris: **99-069**

(22) Paraiškos padavimo data: **1999 06 10**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1999 12 27**

(45) Patent paskelbimo data: **2000 02 25**

(72) Išradėjas:

Antanas Didžiapetris, LT
Karolis Jankevičius, LT
Julius Sabaliauskas, LT

(73) Patent savininkas:

Viešoji įstaiga "Grunto valymo technologijos",
A. Juozapavičiaus g. 9, 2006 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis:

Genė Ona Sruogienė, 12, UAB "TARPINĖ",
A.P.Kavoliuko g. 24-152, 2050 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Nafta ir naftos produktais užteršto grunto biovalymo būdas

(57) Referatas:

Nafta ir naftos produktais užteršto grunto biovalymo būdą sudaro tai, kad į valomą gruntą įterpia organinių ir mineralinių trąšų, užterštą gruntą įdirba periodiškai jį ariant ir kultivuojant, užterštą gruntą aeruoja ir drėkina. Nauja yra tai, kad prieš gruntą kultivuojant į jį įterpia naftą oksiduojančių mikroorganizmų (NOM) kompleksą, kurį sudaro štamai, priklausantys *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Acetobacter*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* genčių rūšims, išskirto iš nafta ir jos produktais, pavyzdžiui, mazutu užteršto valomo grunto jo valymo baigiamosios fazėje, vandeninės suspensijos, kurios 1 ml yra $1 \cdot 10^9$ - $1 \cdot 10^{11}$ NOM ląstelių, o valomame grunte optimalų NOM kiekį (300-350 mln./g valomo grunto) palaiko į jį įterpiančios NOM kompleksą vandeninės suspensijos mažiausiai 2 kartus su ne daugiau kaip 30 parų intervalu, sunaudojant maždaug 3 l vandeninės NOM kompleksą suspensijos ne daugiau kaip 1 m² apdorojamo grunto paviršiaus ploto, kai grunto temperatūra esti ne žemesnė kaip 8°C ir ne aukštesnė kaip 40°C.

Išradimas priklauso ekologinės biotechnologijos sričiai ir gali būti panaudotas grunto, užteršto nafta arba naftos produktais (pavyzdžiui, mazutu), biologiniam valymui *ex situ* arba *in situ*.

Aplinkoje vyksta savaiminis nafta ir naftos produktais užteršto grunto ar vandens apsivalymas. Jį vykdo naftą oksiduojantys mikroorganizmai (NOM). Tačiau šie NOM nesugeba suardyti tą milžinišką kiekį naftos ir jos produktų, kurie kaip teršalas pakliūva į mūsų aplinką, todėl reikalingas saugus aplinkai ir žmogaus sveikatai šių atliekų valymas. Nafta ir jos produktais užterštas gruntas gali būti valomas vietoje, jį neiškasant (*in situ*) arba jį iškasant ir pervežant valyti specialioje aikštelėje (*ex situ*).

Gruntas gali būti valomas jį plaunant (mechaninis būdas); plaunant ir naudojant chemines medžiagas; apdorojant termiškai (iškaitinant) arba naudojant biologines technologijas.

Pirmųjų minėtų žinomų valymo būdų trūkumas yra tas, kad plovimas pakeičia grunto cheminę sudėtį, atsiranda dumblo atliekų. Gruntą valant termiškai, jis tampa negyvu.

Grunto biologinis valymas aplinkosauginiu požiūriu laikomas tinkamiausiu. Be to, šis valymo būdas yra pigiausias iš anksčiau minėtų būdų.

Žinomas naftos produktais užteršto grunto mikrobiologinio valymo būdas, aprašytas SU patento Nr. 1 809 822 aprašyme, kai užterštą vandenį ar gruntą apdoroja mikroorganizmo *Acinetobacter oleovorum* ЦМПМ - 1878 štamu, suspenduotu mineralinėje terpėje, kai azoto amonio formoje naudoja 10 - 1200 mg/l, fosforo fosfatų formoje - 15 - 1500 mg/l.

Šio būdo trūkumas yra tas, kad jis tinka tik lengvų frakcijų naftai apdoroti ir tai nėra efektyvu, ir visai netinka sunkių naftos frakcijų, pavyzdžiui, mazuto biovalymui.

Žinomas naftos produktais užteršto grunto mikrobiologinio valymo būdas, aprašytas RU patento Nr. 2 019 527 aprašyme, kai užterštą aplinką apdoroja bakterijų kultūros *Rhodococcus erythropolis* E-15 vandenine suspensija, kurios sudėtyje yra azoto-fosforo trąšos. Azoto-fosforo trąšas (nitroamofoską ir natrio nitrata) bei bakterijų vandeninę suspensiją įterpia į apdorojamą gruntą: bakterijų suspensijos 1 - 10 g/m² grunto, nitroamofoskos - 115 g/m² grunto ir natrio nitrato - 400 g/m² grunto. Gruntą

apdoroja tokiu būdu: į gruntą, užterštą nafta, įterpia 2/3 grunto apdorojimui skirtų sausų trąšų mišinio, po to apdoroja bakterijų preparato vandeninės suspensijos ir likusio 1/3 mineralinių trąšų kiekio mišiniu, tada gruntą perkasa ir palieka 1,5 - 2 mėn.

Šio būdo trūkumas: mineralinių trąšų kiekis nustatomas neatsižvelgiant į tai, kiek azoto bei jo formų, fosforo, kalio ir kitų biogeninių elementų yra valomajame grunte, gruntas biovalymo metu neaeruojamas jo purenimu-kultivavimu, nesekama grunto drėgmė ir jis, reikalui esant, kai grunto vandentalpa sumažėja žemiau 60 %, nedrėkinamas. Dėl to šio būdo efektyvumas yra menkas.

Taip pat žinomas nafta užteršto vandens ir grunto mikrobiologinio valymo būdas, aprašytas WO 87/07316 publikacijos aprašyme, kai užterštą aplinką apdoroja aktyviu biokomponentu *Pseudomonas putida* 36 štamu kompozicijoje su mineralinėmis druskomis, masės %: KNO_3 - 34,26 - 37,12; NH_4Cl - 28,66 - 31,28; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ - 25,42 - 28,71; NH_4NO_3 - 2,89 - 11,66. Masės santykis tarp biokomponentų ir mineralinių ingredientų sudaro 1 : 26 - 32. Bakterinės kompozicijos naudojama 350 - 800 mg/m² grunto.

Šio būdo trūkumas - naftos produktų aromatiniai angliavandeniliai, naudojant monokultūrą yra silpnai ardomi. Neatsižvelgta į terpės vandenilio jonų koncentraciją (pH), grunto drėkinimą, jo ventiliavimą, potencialų toksiškumą visai neatsižvelgta.

Artimiausias žinomas nafta užteršto grunto biologinis valymo būdas, aprašytas RU patento Nr. 2 023 686 aprašyme, kai naftos produktais užterštą gruntą apdoroja mikroorganizmų *Rhodococcus sp.*, *Rhodococcus maris*, *Rhodococcus erythropolis*, *Pseudomonas stutzeri*, *Candida sp.* asociacija su mineralinėmis druskomis.

Šio būdo trūkumas tas, kad ši mikroorganizmų asociacija ardo tik naftos skystus sočiuosius angliavandenilius arba parafinus (nuo C_5H_{12} iki $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$). Ciklinius angliavandenilius - aromatinius angliavandenilius ir naftenus - ardo silpnai. Be to, minėta mikroorganizmų asociacija tinka tik sūriam jūros vandeniui ar druskingam gruntui nuo naftos produktų valyti.

Išradimo uždavinys - pagerinti grunto, užteršto tiek lengvomis, tiek ir sunkiomis naftos frakcijomis, pavyzdžiui, mazutu, valymo efektyvumą, panaudojant naftos angliavandeniliams adaptuotus naftą oksiduojančių mikroorganizmų štamus.

Uždavinys išsprendžiamas siūlomu išradimu, kai į užterštą gruntą įterpia organinių ir mineralinių trąšų, gruntą periodiškai įdirba jį ariant ir kultivuojant, gruntą aeruoja ir drėkina, o prieš gruntą kultivuojant į jį įterpia naftą oksiduojančių mikroorganizmų (NOM) kompleksą, išskirtą iš nafta ir jos produktais, pavyzdžiui, mazutu užteršto valomo grunto jo valymo baigiamojoje fazėje.

NOM kompleksą sudaro štamai, priklausantys *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Acetobacter*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* genčių rūšims, išskirti iš mazutu užteršto grunto jo valymo baigiamojoje stadijoje.

Tokio NOM komplekso panaudojimas grunto valymui geras tuo, kad mikroorganizmai, adaptuoti naftos angliavandeniliams ardyti, vienu metu efektyviai ardo tiek lengvas, tiek ir sunkias naftos frakcijas, o NOM kompleksas, išskirtas iš vietoje valomo grunto sumažina darbo sanaudas ir atpigina visą valymo procesą.

Valomą gruntą apdoroja NOM komplekso vandenine suspensija, kurios 1 ml yra $1 \cdot 10^9$ - $1 \cdot 10^{11}$ NOM ląstelių.

Tokios koncentracijos suspensija pasižymi dideliu fermentiniu-oksidaciniu aktyvumu. NOM kompleksą sudaro mikroorganizmai mezofilai, kurių augimo temperatūra 8 - 40°C, gebantys ardyti policiklinius angliavandenilius ir benzeno dervas. NOM komplekso įterpimas į valomą gruntą vandeninės suspensijos pavidale užtikrina tolygų NOM pasiskirstymą grunte ir efektyvią jų veiklą.

Optimalų NOM kiekį (300 - 350 mln/g) valomame grunte palaiko įterpiant į gruntą NOM komplekso vandeninę suspensiją mažiausiai 2 kartus su ne daugiau kaip 30 parų intervalu.

Toks NOM kiekis valomajame grunte, palyginti su jų kiekiu naftos produktais užterštame grunte natūraliomis sąlygomis, padidintas beveik 600 kartų. Tuo suaktyvinamas teršalo ardymas, sutrumpėja teršalo ardymo laikas, greičiau išlaisvinama degradacijos aikštelė naujai užteršto grunto partijai valyti. NOM komplekso suspensiją į valomą gruntą įterpia išpurškiant, kai grunto temperatūra esti ne žemesnė kaip 8°C ir ne aukštesnė kaip 40°C.

Per valymo periodą į valomą gruntą per 3 - 5 kartus įterpia mineralinių trąšų, g/tonai grunto: amonio nitrato - 360 - 2250, superfosfato - 210 - 1350 ir kalio magnio sulfato - 150 - 1050 tirpalo arba druskų pavidalu.

Valomą gruntą aeruoja jį ariant ir kultivuojant ne rečiau kaip vieną kartą per savaitę, drėgmę palaiko apie 65 - 70 % grunto vandentalpos

Suspensijos išpurškimas smulkiais lašeliais padeda NOM tolygiai - vienodai įterpti į valomą gruntą, užtikrinti geresnes jų aeravimo sąlygas. NOM yra mezofilai. Žemutinė jų dauginimosi kritinė riba 8°C (žemiau šios ribos mezofilai nesidaugina), o aukštesnė kritinė riba 40°C (virš jos NOM taip pat nesidaugina).

Nafta ir jos produktais užterštas gruntas *ex situ* valomas tokiu būdu. Grunto valymui naudoja specialiai tam reikalui įrengtą biovalymo aikštelę. Ją įrengia taip, kad valomi grunto teršalai nepakliūtų į gruntinius vandenius. Aikštelės danga paruošiama nelaidi vandeniui, būtent betonas, plūktas molis, speciali plėvelė arba jų kompozicijos. Aikštelė įrengiama ne mažiau kaip 0,5 % nuolydžiu, kad nuo aikštelės nutekėjusį vandenį būtų galima surinkti specialiaime tvenkinyje, apvalyti ir vėliau panaudoti valomo grunto lietinimui.

Valomą gruntą paruošia taip: iš jo pašalina akmenis, kitus intarpus, gruntą maišo, siekiant, kad jis būtų kiek galima daugiau homogeniškas taršos sklaidos požiūriu. Jei taršos koncentracija didelė ir grunto struktūra nepalanki valymui, jį gerina naudojant struktūratorius. Valomą gruntą kloja 35 - 45 cm sluoksniu ant vandeniui laidaus drenuojančio sluoksnio arba formuoja 2 m aukščio, 4 - 6 m pločio ir iki 60 m ilgio krūvas. Krūvose kas 0,5 m deda 10 cm šiaudų sluoksnį, kuriame kloja perforuotus polietilenuinius ne mažiau kaip 63 mm skersmens vamzdžius gruntui aeruoti natūralios oro cirkuliacijos būdu. Atstumai tarp vamzdžių horizontalioje padėtyje 0,5 m.

Siekiant parinkti optimalius technologinio proceso parametrus atlieka valomo grunto ekologinę atestaciją. Nustato, kiek naftos ar jos produktų yra valomajame grunte; kokia yra kokybinė naftos (kaip teršalo) sudėtis; kokia yra mikroorganizmų pagrindinių mitybos elementų (makro- ir mikroelementų) foninė būklė (C organinis, %, su teršalu ir be jo; N bendras, N skystoje grunto frakcijoje amonio, nitratų ir nitratų formoje; P bendras, P bendras judrus, P skystoje grunto frakcijoje mineralinėje, organinėje, bendrojoje tirpioje formoje). Taip pat nustato valomuosiuose gruntuose pagrindinių mikroelementų (B, Mn, Mo, Co, Cu, Zn) foninę būklę, įvertina valomo grunto drėgmę ir vandenilio jonų koncentraciją (pH), ištiria, koks kiekis valomuosiuose gruntuose yra naftą oksiduojančių mikroorganizmų (bakterijos, mikromicetai) ir koks yra bendras mikroorganizmų kiekis.

Valomą gruntą tręšia amonio nitratu (NH_4NO_3), granuliuotu superfosfatu ($\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{CaSO}_4$) ir kalio magnio sulfatu ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$) arba KCl. Valant nafta ir jos produktais užterštą gruntą trąšų kiekį naudoja priklausomai nuo to, koks biogeninių elementų ir teršalo kiekis yra valomuosiuose gruntuose, remiantis santykiu $\text{C} : \text{N} : \text{P} = 100 : 7 : 1$. Trąšų naudoja tokiais kiekiais: amonio nitrato - 360 - 2250 g/tonai valomo grunto, superfosfato - 210 - 1350 g/tonai ir kalio magnio sulfato - 150 - 1050 g/tonai. Makroelementus per valomą sezoną įterpia į valomą gruntą tirpalo arba druskų pavidalu per 3 - 5 kartus. Nustatyta, kad valomuose gruntuose dažnai trūksta mikroelementų. Siekiant suaktyvinti NOM biocheminę-fermentinę veiklą į valomą gruntą papildomai įnešmi atitinkami kiekiai mikroelementų - mangano sulfato, vario ir cinko sulfatų, molibdenizuoto superfosfato, boro rūgšties, kobalto sulfato.

Naftą ir jos produktus ardo naftą oksiduojantys mikroorganizmai (NOM), kurių yra nafta užterštuose gruntuose, tačiau jų kiekis natūraliose gamtinėse sąlygose nėra didelis, siekia 0,4 - 0,6 mln. ląstelių/g grunto. Optimaliomis nafta užteršto grunto biovalymo sąlygomis NOM turi būti apie $3 \cdot 10^8$ ląstelių/g grunto, t.y. 600 kartų daugiau. Tam naudoja paruoštą NOM komplekso vandeninę suspensiją, kurią sudaro štamai, priklausantys *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Acetobacter*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* gentims, išskirti iš nafta ir jos produktais, pavyzdžiui, mazutu užteršto valomo grunto jo valymo baigiamojoje fazėje.

NOM individualius štamus išskiria iš nafta ir jos produktais (mazutu) užteršto grunto. Štamams išskirti naudoja selektyvines mitybines terpes: modifikuotą Raimondo mitybinę terpę, g/l: NH_4Cl - 2; NaCl - 5; Na_2HPO_4 - 3; KH_2PO_4 - 0,1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 2; $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,01; $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 0,02; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,01; mazuto - 1,0; pH - 6,7 - 7,0, o taip pat modifikuotą Tausono terpę, g/l: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 1; KNO_3 - 0,25; KH_2PO_4 - 0,25; K_2HPO_4 - 0,25; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,25; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,25; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,005; mazuto - 1,0; pH - 6,6. Toliau NOM štamus selekcionuoja atsižvelgiant į jų gebėjimą oksidinti naftos produktų angliavandenilius. Atlieka jų kultivavimo - morfologinių, o taip pat fiziologinių-biocheminių požymių analizę.

NOM komplekso suspensiją paruošia taip. Iš baigiamo valyti nafta bei jos produktais užteršto grunto paima 1 kg svorio mėginį, kurį sudaro ne mažiau kaip iš 5 skirtingų valomo grunto vietų paimtas gruntas. Mėginyje 1 grame buvo rasta 250 - 350 milijonų NOM, priklausančių *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Acetobacter*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* gentims. Bendras NOM štamų skaičius valomuose gruntuose yra apie 40. Paimtą mėginį (1 kg) talpoje užpildo pašildytu iki 25 - 30°C

temperatūros 5 - 10 litrų vandeniui, gerai išmaišo, nufiltruoja per drobinį filtrą. Filtratas - NOM inokuliantas. Juo užsėja 50 litrų terpę (gali būti ir didesnis terpės kiekis). Terpės sudėtis: amonio nitrato - ne mažiau 1,5 g/l, superfosfato - ne mažiau 0,5 g/l ir kalio chlorido - ne mažiau 0,25 g/l. Anglies šaltinį (C) į terpę įneša dvejopos prigimties: sacharozė - 10 g/l ir naftos produktai - mazuto 150 mg/l, ištirpinto gazolyje 300 mg/l (mazutas, kurį, siekiant, kad terpėje pasiskirstytų tolygiai, tirpina gazolyje). Žinoma, kad kai kuriems NOM (jų fermentų aktyviems centrums formuoti) reikalingos specifinės fiziologiškai aktyvios medžiagos (tai B grupės vitamininės medžiagos). Šių medžiagų šaltinis yra alaus misa. Jos naudoja 5 ml/l. Taip paruoštą mitybinę terpę 50°C išmaišo, užsėja 5 - 10 l NOM inokuliantu (valomo grunto filtratu). NOM terpėje kulivuoja 24 val. Terpę aeruoja. Terpės temperatūra - 27°. Tolesnę NOM suspensijos gamybą vykdo fermenteriuose, kurių talpa - 10 m³. Juose paruošia tokios pat sudėties, kaip jau nurodyta, mitybinę terpę, tik sacharozės kiekis joje sumažintas iki 2 - 4 g/l. Į 10 m³ mitybinę terpę supila 55 - 60 litrų pagamintos NOM suspensijos. Fermenteriuose NOM augina 3 paras, terpę aeruoja mechaninių maišyklių pagalba, palaiko kultivavimo temperatūrą - 27° C. Suspensijos gamybos eigą tikrina mikrobiologiniais metodais. NOM suspensiją po 3 parų įterpia į valomą gruntą. NOM komplekso suspensiją įterpia išpurškiant ją iš asenizacinės mašinos aukšto spaudimo siurbliu. NOM koncentracija vandeninėje suspensijoje siekia $1 \cdot 10^9$ - $1 \cdot 10^{11}$ ląstelių/1 ml suspensijos.

Valomą gruntą, į kurį įterpta NOM suspensija, reikalui esant, drėkina. Reikalaujama, kad valomo grunto drėgmė būtų 65 - 70 % grunto vandentalpos. Valomas gruntas aktyviais, prisitaikiusiais ardyti įvairius naftos produktų angliavandenilius mikroorganizmais turi būti turtingas. Šių NOM koncentracija valomajame grunte turi siekti $3 \cdot 10^8$ - $3,5 \cdot 10^8$ ląstelių 1 grame grunto.

Naftos produktais (mazutu) užterštą gruntą, išpiltą 35 - 45 cm sluoksniu degradavimo aikštelėje, įdirba - aria, kultivuoja. Šiuo grunto įdirbimu siekia: užtikrinti grunto aeraciją, sudaryti palankų drėgmės ir šilumos režimą valymo zonoje, suaktyvinti NOM veiklą ir tuo pačiu spartinti teršalo valymą. Vien tik arimu sutrupinti nafta užterštą gruntą neįmanoma. Gruntas po arimo nėra pakankamai poringas (makro- ir mikroporos lemia spartų oro ir vandens judėjimą grunte). Siekiant sudaryti nafta (mazutu) užteršto grunto purią struktūrą ir tuo pačiu sudaryti palankias sąlygas NOM veiklai, po grunto arimo reikia ji supurenti. Šiam reikalui geriausiai tinka įvairaus tipo spyruokliniai kultivatoriai. Jų pagalba ne tik sumaišomos įterptos į gruntą mineralinės trąšos, struktūriatoriai (šiaudų kapojai, pjuvenos, medžio drožlės). Grunto geru įdirbimu pasiektas poringumas išsilaiko

neilgai, todėl nafta (mazutu) užteršto grunto arimą ir kultivavimą atlieka ne rečiau kaip kartą per savaitę.

Analogiškai, panaudojant aukščiau aprašytą būdą, galima valyti nafta užterštą gruntą *in situ*.

1 pavyzdys

Mazutu užterštas gruntas buvo išpiltas biodegradavimo aikštelėje 35 - 45 cm sluoksniu. Grunto kiekis 260 tonų. Sklypo plotas - 390 m². Grunto tarša mazutu - 15579 - 20729 mg/kg. Taršos sudėtis: parafino-nafteno angliavandeniliai - 15 %; olefinai ir ciklodiolefinai - 5 %; alkilmono-, alkildi-, poli- aromatiniai angliavandeniliai - 25% ir dervos - 55%. Tai sunkiai degraduojama tarša.

Cheminė valomo grunto charakteristika: organinės anglies (C) kiekis (%) orasausame grunte svyravo plačiose ribose (0,74 - 4,15), vidurkis - 2,38.

Bendrojo azoto (N) kiekis (%) svyravo nedideliame intervale (0,13 - 0,38), vidurkis - 0,27.

Azoto (N) skystoje grunto frakcijoje, vidurkiniais duomenimis, rasta (mg/l): N - NH₄ apie 70,0; N - NO₂ - 0,5; NO₃ - 27,0 mg/l.

Fosforo (P) bendras kiekis, pagal P₂O₅, mg/1000 g orausio grunto svyravo 460 - 1120 ribose, vidurkis 800 mg/1000 g grunto.

Fosforo (P) skystoje grunto frakcijoje, vidurkiniais duomenimis, mg/l buvo toks: mineralinis - 7,3; organinis tirpus - 2,6 ir bendras tirpus - 9,9 mg/l.

Nustatytas toks mikroelementų kiekis (vidurkiniai dydžiai) valomuosiuose gruntuose, mg/kg: mangano (Mn) - 220; vario (Cu) - 7; cinko (Zn) - 40; molibdeno (Mo) - 0,8; boro (B) - 20 ir kobalto - 2,2.

Valomieji gruntai charakterizuojami tokiais mikrobiologiniais rodikliais:

bendras bakterijų skaičius	- 300 - 1300 mln./g grunto
(tiesioginio skaičiavimo metodu)	
baltymus mineralizuojančios bakterijos	- apie 750 tūkst./g grunto
naftą oksiduojančios bakterijos	- 690 - 1700 tūkst./g grunto
mikromicetai	- 2620 - 3600 tūkst./g grunto

Valomas gruntas (260 tonų) buvo patręštas NPK mineralinėmis trąšomis: amonio nitratu (NH₄NO₃) - 200 kg (veikliosios medžiagos kiekis - 340 g/kg), superfosfatu (CaH₂PO₄·H₂O·2CaSO₄) - 120 kg (veikliosios medžiagos kiekis - 230 g/kg) ir kalio chloridu - 90 kg (veikliosios medžiagos kiekis - 600 g/kg).

Naftą oksiduojančių mikroorganizmų kompleksas, išauginto fermenteriuose, suspensija buvo įterpta į valomą gruntą ją išpurškiant 3 l/m² kiekiu. NOM komplekso suspensija buvo išpurkšta iš asenizacinės mašinos aukšto spaudimo siurbliu.

Valomas gruntas buvo aeruojamas jį kultivuojant ne rečiau 1 kartą per savaitę. Grunto temperatūra per bandymo laikotarpį (25 paras) svyravo nedidelėse ribose (4 val. naktį - 18 - 24°C, 12 val. dieną - 20 - 26°C).

Valomo grunto drėgmė buvo palaikoma 65 - 70 % grunto vandentalpos ribose.

Nustatyta, kad mazuto, vidurkiniais duomenimis, per parą buvo suardyta 300 mg/kg grunto arba per 25 paras 7,5 g/kg arba 7,5 kg mazuto/1 tonai valomo grunto.

Naftą oksiduojančių mikroorganizmų (NOM) kiekis valomuosiuose gruntuose siekė 300 - 360 mln./g grunto.

2 pavyzdys

Atliktas gamybinis bandymas, kuris visais savo technologiniais parametrais atitinka 1 pavyzdyje aprašytą bandymą. Valomas gruntas buvo išpiltas tokio pat storio sluoksniu. Jis buvo užterštas mazutu. Jo taršos koncentracija prilygo 1 pavyzdžio grunto taršai. Naudoti tokie patys mineralinės mitybos elementai ir tokiu pat kiekiu grunto tūrio vienetui. Bandymai skyrėsi tik temperatūros rodikliu. Gamybinis bandymas buvo vykomas 25 paras, kai grunto temperatūra, vidurkiniais duomenimis, beveik 4 - 5° C buvo žemesnė palyginti su 1 pavyzdyje aprašytu bandymu (4 val. naktį - 14 - 19°C ir 12 val. dieną - 16 - 21°C).

Mazuto, vidurkiniais duomenimis, per parą buvo suardyta 250 mg/kg grunto arba per 25 paras - 6,25 g/kg grunto bei suardyta 6,25 kg mazuto/1 tonai valomo grunto.

Naftą oksiduojančių mikroorganizmų (NOM) kiekis valomuosiuose gruntuose nesiekė 300 mln./g grunto.

3 pavyzdys

Atliktas gamybinis bandymas, kuris savo technologiniais parametrais atitinka 1 ir 2 pavyzdyje aprašytus bandymus. Valomas gruntas buvo išpiltas biodegradavimo aikštelėje 35 - 40 cm sluoksniu. Jis buvo užterštas mazutu, kurio koncentracija skyrėsi nuo 1 ir 2 bandymo mazuto taršos. Ji valomajame grunte siekė 28 - 32 g/kg grunto. Gamybinis bandymas pradėtas gegužės 20 d. ir baigtas rugsėjo 20 d. Per šį laikotarpį valomuosiuose gruntuose suardoma 27 - 30 kg mazuto/tonai grunto. Per sezoną (123 paras) mazutu užterštas gruntas (vidurkiniais dydžiais nuo 30 g/kg grunto) išvalomas iki normatyviniame dokumente LAND 9 - 1995 nurodytų užterštumo naftos produktais didžiausių leistinų lygių (2 - 5 g/kg grunto).

NOM dauginimosi intensyvumas, esant normalioms sąlygoms, priklauso ir nuo temperatūros. NOM būdingos tam tikros temperatūros ribos. NOM pagal temperatūros gradientą skirstomi į psichrofilinius, mezofilinius ir termofilinius.

Psichrofiliniai NOM gerai auga temperatūroje, artimoje nulinei (nuo $+10^{\circ}$ iki -8°C). Išradime naudojami NOM štamai priklauso mezofilams. Jie geba augti nuo 8 iki 40°C temperatūros sąlygomis. Optimali jų augimui temperatūra - $23 - 37^{\circ}\text{C}$, su nedideliais nukrypimais, priklausomai nuo NOM rūšies bei štamo. Kai temperatūra artėja prie aukštesnės maksimalios ribos (40°C), NOM mezofilų augimas lėtėja. Tas pats procesas vyksta, kai temperatūra artėja prie NOM mezofilų žemesnės minimalios (8°C) ribos - jų dauginimasis palaipsniui silpnėja, o žemiau 8°C visai užgęsta. Tą reiškinį rodo 2 pavyzdžio palyginti su 1 pavyzdžiu rezultatai. Mažėjant grunto temperatūrai NOM dauginimasis lėtėja.

Vidutinio klimato zonoje panaudojant šį išradimą palankiausios sąlygos NOM dauginimuisi ir tuo pačiu grunto, užteršto nafta ir naftos produktais, biovalymui yra birželio - rugsėjo mėnesiai (3 pavyzdys).

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Nafta ir naftos produktais užteršto grunto biovalymo būdas, kai į užterštą gruntą įterpia organinių ir mineralinių trąšų, užterštą gruntą įdirba periodiškai jį ariant, kultivuojant, aeruojant bei drėkinant, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad prieš gruntą kultivuojant į jį įterpia naftą oksiduojančių mikroorganizmų (NOM) kompleksą, kuris yra gamtinės NOM asociacijos, išskirtos iš nafta ir jos produktais užteršto valomo grunto jo valymo baigiamojoje stadijoje.

2. Būdas pagal 1 punktą, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad NOM kompleksą sudaro štamai, priklausantys *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Acetobacter*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* genčių rūšims.

3. Būdas pagal 1 ir 2 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad valomą gruntą apdoroja NOM komplekso vandenine suspensija, kurios 1 ml yra $1 \cdot 10^9$ - $1 \cdot 10^{11}$ NOM ląstelių.

4. Būdas pagal 1 - 3 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad optimalų NOM kiekį (300 - 350 mln./g) valomame grunte palaiko įterpiant į gruntą NOM komplekso vandeninę suspensiją per valymo periodą mažiausiai 2 kartus su ne daugiau kaip 30 parų intervalu.

5. Būdas pagal 1 - 4 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad NOM komplekso suspensiją į valomą gruntą įterpia, kai grunto temperatūra esti ne žemesnė kaip 8°C ir ne aukštesnė kaip 40°C.

6. Būdas pagal 1 - 4 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad NOM komplekso suspensiją į valomą gruntą įterpia ją išpurškiant.

7. Būdas pagal 1 - 4 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad per valymo periodą į valomą gruntą per 3 - 5 kartus įterpia mineralinių trąšų, g/tonai grunto: amonio nitrato - 360 - 2250, superfosfato - 210 - 1350 ir kalio magnio sulfato - 150 - 1050 tirpalo arba druskų pavidalu.

8. Būdas pagal 1 - 4 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad valomą gruntą aeruoja jį ariant ir kultivuojant ne rečiau kaip vieną kartą per savaitę.

9. Būdas pagal 1 - 4 punktus, *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad palaiko valomo grunto drėgmę apie 65 - 70 % grunto vandentalpos.