

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **238129**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423305**

(51) Int. Cl.

B09B 3/00 (2006.01)

B65F 5/00 (2006.01)

E02D 17/20 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.10.2017**

(54) **Sposób rekultywacji składowisk odpadów z przemysłu energetycznego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

06.05.2019 BUP 10/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

05.07.2021 WUP 14/21

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ANNA TUREK, Łódź, PL

JACEK ŚWIĘTOSŁAWSKI, Zgierz, PL

WOJCIECH WOLF, Łódź, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Ewa Kaczur-Kaczyńska

PL 238129 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób rekultywacji składowisk odpadów z przemysłu energetycznego, zwłaszcza popiołów lotnych z węgla brunatnego o właściwościach silnie alkalicznych w celu obniżenia ich odczynu i ułatwienia zainicjowania procesów siedliskotwórczych.

W skali światowej węgiel stanowi drugi co do wielkości nośnik energii pierwotnej. Dodatkowo przewiduje się dalszy wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną pochodzącą ze spalania węgla. Popioły lotne są źródłem degradacji chemicznej spowodowanej wymywaniem łatwo rozpuszczalnych składników, co prowadzi do zasolenia gleb i wód gruntowych oraz do migracji jonów metali w środowisku. Składowiska popiołów są też podatne na erozję eoliczną. Zachodzi więc konieczność wyposażenia składowisk w systemy zabezpieczające przed migracją zanieczyszczeń do wód, gleb i atmosfery. Popioły lotne znajdują zastosowanie w przemyśle materiałów budowlanych, jako podsadzka w górnictwie węgla kamiennego, w inżynierii drogowej, niwelacji terenu, rekultywacji gruntów oraz w rolnictwie. Znaczna część odpadów energetycznych w dalszym ciągu jest składowana, a tworzone hałdy powinny być stabilizowane metodą techniczną (kosztowne metody uszczelniania powierzchni) i biologiczną (zadamtanie lub zagospodarowanie rolnicze).

Znane z literatury metody rekultywacji składowisk popiołów lotnych polegają na naniesieniu na nie warstwy izolacyjnej w postaci żywej gleby, bądź humusu (co zwiększa koszty procesu) lub materiałów zastępczych, na przykład osadów ściekowych, odpadów przemysłowych, powodujących wtórne zanieczyszczenie środowiska, między innymi metalami ciężkimi zawartymi w stosowanych substancjach. Na tak przygotowane podłoże wysiewa się mieszanki roślin (głównie traw) z nawozami.

Innym znanym sposobem rekultywacji składowisk popiołów lotnych jest stabilizacja hałd popiołów materiałami tekstylnymi z naniesionymi nasionami roślin.

W zgłoszeniu patentowym P.301405 ujawniono sposób rekultywacji składowisk popiołów lotnych polegający na pokryciu powierzchni składowiska biowłókniną zawierającą nasiona roślin motylkowych oraz stokłosa.

Z kolei ze zgłoszenia patentowego P.312929 jest znane zastosowanie do rekultywacji składowisk popiołów lotnych warstwy włókien syntetycznych, na którą nanosi się cienką warstwę materiału rekultywacyjnego w postaci gleby i całość pokrywa włókniną z wszczepionymi nasionami traw.

Z opisu patentowego PL 78293 znany jest sposób rekultywacji składowisk odpadów przemysłowych (w tym paleniskowych) polegający na zraszaniu ich środkami obniżającymi pH w postaci roztworu kwasu fosforowego oraz roztworu kwasu azotowego i po co najmniej 24 godzinach obsianiu terenu mieszankami roślin z nawozami, a następnie skropieniu powierzchni zasianej 20–60% roztworem wodnym asfaltowej emulsji kationowej lub anionowej.

Sposób ten, mimo prostoty i niskich kosztów wykonania, wymaga stosowania znacznych ilości kwasów (do 2 kg na 1 m² powierzchni), z których kwas azotowy tworzy łatwo rozpuszczalne sole z metalami ciężkimi.

Zgodnie z opisem patentowym PL 151335 na hałdach odpadów przemysłowych wytwarza się warstwę izolacyjną z odpadów drobnoziarnistych (popioły z węgla brunatnego, kamiennego, pyły wapienne z elektrofiltrów, odpady poflotacyjne) zawierających wapń, na których rozdeszczowuje się szkło wodne. Warstwa ta jest podłożem dla izolacyjnej wykładziny trawiastej. Kiełkowanie roślin następuje po 2 miesiącach, a po 2 latach ma miejsce dobre ukorzenie darni.

Z opisu patentowego PL 154916 znany jest sposób rekultywacji składowisk elektrownianych odpadów paleniskowych, polegający na tym, że w pierwszej fazie utrzymuje się poziom wody w składowisku poniżej 2 do 4 cm od powierzchni i nanosi się warstwę pulpy, składającą się z nadmiernego osadu czynnego fenolowego z oczyszczania ścieków koksowniczych, nadmiernego osadu czynnego z biologicznego oczyszczania ścieków sanitarnych, osadu pokoagulacyjnego z uzdatniania wody przemysłowej i zawierającego związki glinu oraz wody i tak naniesioną warstwę utrzymuje się w stanie powietrzno-suchym przez minimum 180 dni, po czym nanosi się warstwę nawozącą z nasionami mieszanki roślin w postaci pulpy z osadów jak w pierwszej warstwie, ale o innej proporcji składników, w takiej ilości aby uwodnienie wynosiło minimum 88% wagowych, a następnie obniża się i utrzymuje poziom wód w składowisku od 10 do 40 cm poniżej ostatecznego poziomu składowiska.

Metoda powoduje wprowadzenie do środowiska dużych ilości zanieczyszczeń, gdyż z założenia stosowane są tu osady o dużym ładunku związków glinu, nie nadające się do celów nawozowych w rolnictwie.

Znana jest także, z opisu patentowego PL 161636, metoda zabezpieczenia powierzchni składowisk odpadów energetycznych, polegająca na stabilizacji powierzchni przez wytworzenie niepyłającego podłoża w wyniku oddziaływania pola magnetycznego. W praktyce sposób ten stwarza jednak problemy techniczne.

W opisie patentowym PL 176580 przedstawiono sposób rekultywacji terenów (m.in. składowisk popiołów), na których jest niemożliwa praca maszyn rolniczych, polegający na tym, że powierzchnię przeznaczoną do rekultywacji pokrywa się pojemnikami rekultywacyjnymi z dnem wykonanym z siatki pokrytej substancją chłonną, wypełnionymi mieszaniną co najmniej gleby i węgla brunatnego, zawierającą także taką ilość nasion, sadzonek i kłaczy roślin, która zapewni ukorzenie się przynajmniej jednej rośliny na 1 m² rekultywowanej powierzchni na głębokość co najmniej 25 cm w czasie krótszym od 1 roku.

Sposób rekultywacji odpadów energetyki przemysłowej według opisu patentowego PL223964 polega na tym, że odpad paleniskowy w postaci substratu popiołowego deponuje się w sposób kontrolowany, tak aby utworzyć powłokę składowiska z żużli i popiołów paleniskowych, następnie wykonuje się hydroobsiew osadami pościekowymi przemieszanyymi z nasionami traw oraz stosuje startowe nawożenie mineralne NPK, po czym wprowadza się gatunki z rodzaju olsz w dołki z podsypką miálu węgla brunatnego przemieszanego z substratem popiołowym. Po zastosowaniu sposobu rekultywacji będącego istotą wynalazku teren jest przygotowany pod zalesianie bardziej wymagającymi gatunkami drzew.

Przedstawione metody rekultywacji wymagają nakładów finansowych i materiałowych związanych ze stabilizacją powierzchni hałd, regulacją odczynu popiołów, stosowaniem technologii ułatwiających ukorzenie roślin polegających na poprawie struktury podłoża poprzez wprowadzenie materiału gruboziarnistego (naturalnego lub odpadów) bądź zwałowania żyznej gleby. Na składowisko wprowadzane są duże dawki substancji i materiałów użyźniających w tym również odpadów, będących wtórnym źródłem zanieczyszczenia.

Sposób rekultywacji składowisk odpadów z przemysłu energetycznego, zwłaszcza popiołów lotnych z węgla brunatnego, w drodze prowadzenia uprawy roślin w warstwie wierzchniej tych składowisk, **według wynalazku** polega na tym, że na wierzchnią warstwę odpadów, nasyconą wodą i spulchnioną do głębokości co najmniej 10 cm w pierwszym etapie wysiewa się ziarna zbóż jarych w dawce 300–500 kg·ha⁻¹, po 4–7 dniach od wysiania wykonuje bronowanie posiewne i po 25–35 dniach od wschodów zbóż przeoruje się podłoże z materiałem roślinnym do głębokości 10 cm oraz bronuje. W drugim etapie na nasycone wodą podłoże wysiewa się partię zbóż w dawce jak w pierwszym etapie, po 4–7 dniach wykonuje się bronowanie posiewne i po 25–35 dniach od wschodów rośliny przeoruje się podłoże z materiałem roślinnym do głębokości 15–25 cm oraz bronuje, po czym ewentualnie stosuje się trzeci etap uprawy, w którym powtarza się operacje wysiania zbóż, bronowania posiewnego i przeorania podłoża z materiałem roślinnym w warunkach jak w drugim etapie. Operację kilkuetapowego obsiewania powierzchni składowisk zbożami jarymi, bronowania i przeorania wykonuje się w okresie wiosenno-letnim, najkorzystniej rozpoczynając od pierwszej lub drugiej dekady kwietnia. Stosuje się ziarna zbóż jarych z gatunków owsa (*Avena sativa*), jęczmienia (*Hordeum vulgare*) lub pszenicy (*Triticum aestivum*).

Po 3-krotnym obsianiu powierzchni składowisk, ich bronowaniu i przeoraniu uzyskuje się podłoże o znacznie niższej alkaliczności i znacznie korzystniejszych warunkach powietrzno-wodnych. Podłoże to, po zastosowaniu odpowiedniego nawożenia mineralnego NPK, może być wykorzystane pod uprawy roślin ozimych, a w kolejnym roku – na przykład pod zasiewy roślin przemysłowych.

Sposób według wynalazku stwarza możliwość realizacji procesu uzdatniania podłoża przy użyciu prostego sprzętu, przy niskich nakładach finansowych i materiałowych, a jednocześnie zapewnia efektywne obniżenie odczynu popiołów, szczególnie pochodzących ze spalania węgla brunatnego. Wytworzona masa zielona roślin po przeoraniu stanowi materiał poprawiający strukturę i właściwości powietrzno-wodne rekultywowanego drobnoziarnistego podłoża, a jednocześnie jest naturalnym źródłem substancji organicznych o właściwościach nawozowych, nie powodującym wtórnej degradacji chemicznej, mającej miejsce podczas częstego w praktyce nawożenia organicznego, na przykład osadami ściekowymi. Sposób według wynalazku umożliwia ograniczenie erozji powierzchni składowiska, przygotowanie terenu pod dalsze zabiegi rekultywacyjne i wprowadzenie roślin docelowych. Szczególna zaleta sposobu według wynalazku polega na całkowitym wyeliminowaniu etapu nanoszenia warstwy glebotwórczej i ograniczeniu nawożenia mineralnego, co obniża degradację chemiczną oraz na bezpośrednim obsiewie powierzchni składowiska w kilku etapach zbożami z gatunków owsa, jęczmienia lub pszenicy. Zastosowane rośliny wpływają pozytywnie na obniżenie odczynu podłoża, dają dużą masę zieloną,

która po zaoraniu ulega szybkiemu rozkładowi, wzbogacając środowisko w materię organiczną niezbędną w dalszych etapach biologicznej rekultywacji. Dodatkowo substancje toksyczne, szczególnie metale ciężkie obecne w popiołach są akumulowane przez rośliny, co zwiększa ich immobilizację w warunkach obniżającego się pH podłoża i zapobiega migracji metali do środowiska. W sposobie według wynalazku stosuje się odporne gatunki zbóż jarych, szczególnie o małych i średnich wymaganiach glebowych.

Sposób według wynalazku ilustruje poniższy przykład.

Przykład

W celu przeprowadzenia rekultywacji popiołów lotnych z węgla brunatnego, umieszczonych w wazonach o powierzchni 200 cm², przeprowadzono w okresie od trzeciej dekady marca do końca sierpnia operację trój etapowego obsiewania powierzchni popiołów zbożami jarymi, spulchniania i mieszania popiołów z masą zieloną.

W pierwszym etapie procesu warstwę popiołów o grubości 20 cm umieszczoną w wazonach spulchniono do głębokości 10 cm, wysiano na nią po 20 ziaren jęczmienia jarego Soldo lub pszenicy jarej Tybalt, następnie zroszono wodą. Po 4 dniach powierzchnię popiołów spulchniono, zaś po upływie 25 dni od wschodów rośliny masę zieloną zmieszano z popiołem do głębokości 10 cm. W drugim etapie powtórzono czynności z pierwszego etapu, ale masę zieloną zmieszano z popiołem do głębokości 20 cm, w trzecim etapie postępowano jak w drugim etapie. Proces rekultywacji prowadzono w temperaturze pokojowej, bez doświetlania. Kiełkowanie jęczmienia następowało po 3–4 dobach, a pszenicy – po 5–7 dobach. Uzyskano wysoki stopień kiełkowania zbóż w granicach 80–100%. Wykonano pomiary pH podłoża po kolejnych zasiewach. Odczyn popiołów przeznaczonych do rekultywacji był silnie alkaliczny (pH = 11,4÷11,7). Jednokrotny zasiew jęczmienia lub pszenicy powodował obniżenie pH do 9,0÷10,0. Odczyn podłoża po drugim zasiewie zmniejszał się o kolejne 0,8÷1,0 jednostek pH, natomiast zmiany pH w podłożu po trzecim zasiewie są nieznaczne. Stwierdzono natomiast znaczne zmiany w morfologii korzeni roślin. Zboża uprawiane w drugim i trzecim zasiewie charakteryzowały się bardziej rozwiniętym i silniejszym systemem korzeniowym w porównaniu z korzeniami roślin uprawianych na świeżych popiołach.

Stwierdzono, że ponowne zasianie zbóż na podłożu mniej alkalicznym, pozostałym po zbiorze poprzedniego pionu poprawia wydajność kolejnych zbiorów. Analizowano również zawartość metali ciężkich w korzeniach i częściach nadziemnych zbóż. Oba gatunki zbóż wykazywały znaczną tendencję do kumulacji metali w korzeniach, pełniąc rolę fitostabilizującą w odniesieniu do tej grupy zanieczyszczeń.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób rekultywacji składowisk odpadów z przemysłu energetycznego, zwłaszcza popiołów lotnych z węgla brunatnego, w drodze prowadzenia uprawy roślin w warstwie wierzchniej tych składowisk, **znamienny tym**, że na wierzchnią warstwę odpadów, nasyconą wodą i spulchnioną do głębokości co najmniej 10 cm w pierwszym etapie wysiewa się ziarna zbóż jarych w dawce 300–500 kg·ha⁻¹, po 4–7 dniach od wysiania wykonuje bronowanie posiewne i po 25–35 dniach od wschodów zbóż przeoruje się podłoże z materiałem roślinnym do głębokości 10 cm oraz bronuje, w drugim etapie na nasycone wodą podłoże wysiewa się partię zbóż w dawce jak w pierwszym etapie, po 4–7 dniach wykonuje się bronowanie posiewne i po 25–35 dniach od wschodów rośliny przeoruje się podłoże z materiałem roślinnym do głębokości 15–25 cm oraz bronuje, po czym ewentualnie stosuje się trzeci etap uprawy zbóż, w którym powtarza się operacje wysiania zbóż, bronowania posiewnego i przeorania podłoża z materiałem roślinnym w warunkach jak w drugim etapie, przy czym operację kilkuetapowego obsiewania powierzchni składowisk zbożami jarymi, bronowania i przeorania wykonuje się w okresie wiosenno-letnim, najkorzystniej rozpoczynając od pierwszej lub drugiej dekady kwietnia.
2. Sposób rekultywacji według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się ziarna zbóż jarych z gatunków owsa, jęczmienia lub pszenicy.