



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2023 00816**

(22) Data de depozit: **10/11/2022**

(30) Prioritate:

22/11/2021 US 63/264, 410

(41) Data publicării cererii:

29/11/2024 BOPI nr. **11/2024**

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. **US 2022/049532 10/11/2022**

(87) Publicare internațională:

Nr. **WO 2023/091349 25/05/2023**

(71) Solicitant:

• **CARBONIFEROUS INC.**, 4200 SAN
JACINTO ST., HOUSTON, TX 77004, TX,
US

(72) Inventatori:

• **MORRIS ROBERT ALDEN**, 3940
WEBSTER STREET, CA 94609, OAKLAND,
CA, US;
• **JACKSON DAVID TAYLOR**, 31
WOODLAWN AVENUE, MA 02492,
NEEDHAM, MA, US;
• **FELKER ANDREW JORDAN**, 542 CEDAR
DRIV, CA 94551, LIVERMORE, CA, US

(74) Mandatar:

**CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN
PROPRIETATE INTELECTUALĂ S.R.L.**,
STR.POPA SAVU NR.42, PARTER,
SECTOR 1, CP2-229, BUCUREȘTI

(54) CAPTAREA CARBONULUI ÎN ZONELE ANOXICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la captarea carbonului în zonele anoxice. Procedul și articolul pentru sechestrarea carbonului, conform invenției, includ inducerea unei flotabilități negative într-o sursă de carbon cu un material care nu este flotant și scufundarea sursei de carbon într-un mediu apos anoxic, iar flotabilitatea negativă poate fi indusă prin înmănunchierea sau balotarea sursei de carbon sau prin amestecarea sa cu o suspensie.

Revendicări: 35

Figuri: 17

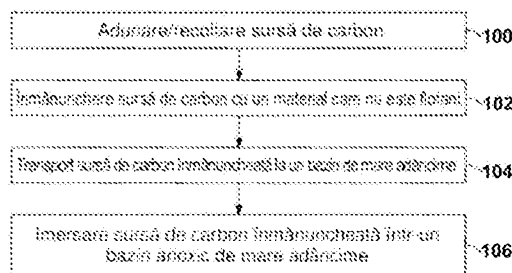
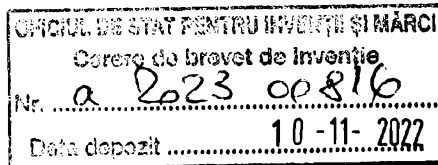


Fig. 5





CAPTAREA CARBONULUI ÎN ZONE ANOXICE

TRIMITERE LA CERERI ASOCIATE

Această cerere revendică beneficiul priorității cererii provizorii S.U.A. numărul 63/264,410, depusă pe 22 noiembrie 2021, al cărei conținut este încorporat aici prin referire.

CONTEXTUL INVENȚIEI

Prezenta invenție se referă la sechestrarea carbonului și, mai ales, la un articol și un procedeu pentru sechestrarea carbonului încasat într-o zonă anoxică.

Nivelurile de bioxid de carbon (CO_2) în creștere în atmosfera Pământului prezintă consecințe potențial dezastruoase care includ încălzirea globală și acidifierea oceanului. Reducerea producției de CO_2 din procesele industriale și încetinirea ratei de acumulare a CO_2 în atmosferă pot să nu fie suficiente pentru a împiedica în mod adecvat consecințele menționate. În plus, procesele industriale în desfășurare în lumea întreagă fac dificilă decarbonizarea rapidă, în orice măsură apreciabilă. Astfel, CO_2 trebuie să fie îndepărtat din atmosferă prin sechestrare pentru o perioadă semnificativă de timp, cum ar fi un mileniu sau în mod ideal pentru perioade de timp la scări geologice.

Cu emisii anuale nete de 40-50 gigatone (Gt) de CO_2 anual, nivelurile atmosferice de CO_2 actuale sunt aproape duble față de nivelurile preindustrializate din anii 1870. Doar industria agricolă, care cuprinde subproduse de origine animală și emanații din sol, reprezintă emisii nete de aproximativ 5-6 Gt/an de echivalent de CO_2 , care include aproximativ 3,3 Gt/an de echivalent de CO_2 sub formă de emisii de metan și aproximativ 2,8 Gt/an de CO_2 echivalent sub formă de emisii de protoxid de azot. Aceasta corespunde cu aproximativ 10% din totalul anual de emisii de CO_2 . O porțiune semnificativă din acel metan este eliberată în atmosferă din meteorismul sau bălegarul vacilor. Potențialul de încălzire globală al metanului este estimat a fi de 28-34 ori mai mare decât cel al CO_2 .

Aceleași creșteri în activitatea industrială care afectează nivelurile de CO_2 din atmosferă contribuie de asemenea la o creștere a cantității de metale grele din solul Pământului, cum ar fi cadmiu, crom, cupru, mercur, plumb, arsenic, nichel și zinc. Aceste metale grele sunt nedegradabile și periculoase pentru viață.

Pentru ca o tehnologie de sechestrare a carbonului să combată eficient

nivelurile de CO₂ în creștere, scara sechestrării carbonului trebuie să fie mai mare de 10 Gt/an timp de mai mult de 20 ani. Pentru ca această tehnologie să fie sustenabilă și accesibilă ca preț, costul sechestrării trebuie să fie mai mic decât aproximativ 100\$/tonă de carbon. În plus, efectele secundare asupra mediului trebuie să fie minime și tehnologia trebuie să inspire aversiune sau opoziție minimă din partea publicului larg. Atunci când aceste condiții sunt îndeplinite, tehnologia de sechestrare a carbonului va fi sustenabilă, atât din punct de vedere financiar, cât și ecologic.

În consecință, este necesară o tehnică de îndepărtare a carbonului care să opereze la o scară Gt/an mare. Au fost propuse unele strategii pentru a transforma agricultura dintr-un emițător într-un sechestrator. Fiecare strategie propusă a fost până acum nefezabilă financiar sau ecologic.

O strategie denumită sechestrarea în sol, constând în îngroparea rămășițelor de recoltă într-un câmp pentru a îi sechestra conținutul de carbon, este inefficientă și temporară. Studiile au arătat că mai mult de 90% din carbonul sechestrat este eliberat în atmosferă în douăzeci de ani de la sechestrarea sa. Astfel, sechestrarea carbonului pe termen lung prin astfel de mijloace nu este practică. Altă strategie, absorbția alcalină, sugerează absorbirea CO₂ din atmosferă, comprimarea aceluia CO₂ și apoi injectarea CO₂ comprimat într-un strat acvifer salin adânc pentru sechestrare. O implementare la scară mare a acestei strategii este doar teoretică datorită costurilor asociate. Estimatul pentru un astfel de cost variază de la 600\$-900\$ dolari SUA pe tona de carbon și costurile actuale sunt 1100 \$ pe tonă. Deoarece pentru a readuce atmosfera la condițiile preindustriale trebuie să fie îndepărtate peste 750 gigatone de bioxid de carbon, acest procedeu este nefezabil financiar.

Altă formă de sechestrare a carbonului, care utilizează biomasă ca materie primă, se numește injectia bio-țiței, care constă din adunarea, măcinarea, realizarea pirolizei și injectarea biomasei într-o sondă de țiței existentă. Acest procedeu de sechestrare poate fi utilizat doar lângă sonde de țiței existente și este restricționat geografic și are un randament redus de carbon din cauza energiei utilizate în timpul pirolizei rapide.

Dezagregarea amplificată este alt tip de strategie de sechestrare a carbonului care poate fi efectuată pe uscat sau în ocean. Atunci când este efectuată pe uscat, procesul implică distribuirea unor particule mici de piatră olivină sfărâmată peste suprafața unui câmp. Acest proces poate crește cantitatea de metale toxice într-un teren altfel sănătos. În plus, nicio strategie nu a abordat problema îndepărtării

metalelor grele din solul Pământului. Atunci când se realizează în ocean, cantitatea finală de carbon sechestrat este dificil de măsurat atunci când este comparată cu alte strategii de sechestrare a carbonului.

Propunerile actuale pentru utilizarea oceanului pentru a sechestra biomasa de carbon sunt CROPS și fertilizarea oceanului cu fier. Procedul CROPS cere sechestrarea biomasei terestre în adânciturile de la fundul oceanului, unde ea poate fi acoperită de sediment oceanic. Problemele critice cu această procedură includ deteriorarea fundului oceanului și nesiguranța că biomateria este într-adevăr acoperită de sediment. Nesiguranța crește pe măsură ce trece timpul date fiind evenimente naturale care pot schimba și afecta fundul oceanului. Grija pentru deteriorarea adânciturilor de pe fundul oceanului a condus autorii documentelor CROPS la descrierea ulterioară a procedurii ca "neplăcut". Într-o continuare a lucrării, ei au scris "autorii recunosc că ideea este în general dezagreabilă". O modificare a CROPS include îngroparea biomasei în sediment în adânciturile de pe fundul oceanului. În plus față de costul său ridicat, această alternativă este dificil de implementat și poate fi puternic distrugătoare pentru mediu.

O metodă alternativă propusă, denumită fertilizarea oceanului cu fier, propune însămânțarea oceanului cu fier în exces, producând o explozie de plancton aproape de suprafața oceanului. În teorie, planctonul va absorbi carbon, apoi va sechestra acel carbon scufundându-l în adânciturile de la fundul oceanului. Această propunere se confruntă cu câteva provocări importante care includ probabilitatea de a cauza multiplicarea dorită a planctonului. Doar unele părți ale oceanului au deficiență de fier. Prin urmare, fertilizarea cu fier nu va lucra în toate zonele. Este de asemenea dificil să se aprecieze unde se stabilește planctonul în coloana de apă și dacă planctonul va ajunge în masă în adânciturile de la fundul oceanului. Planctonul poate fi mâncat de zooplancton, în loc să se scufunde la fundul oceanului, așa cum este arătat în experimentul LAHOFEX. Există de asemenea riscul de a crea 'zone moarte' dezoxigenate în zonele nedorite, ca produs secundar dăunător.

Aceste metode eșuează din cauză că ele riscă deteriorarea severă a oceanelor globului, sunt nefezabile financiar, nu pot fi auditate pentru a verifica sau măsura carbonul sechestrat și nu sunt constante sau fiabile.

O provocare cu îngroparea biomasei în ocean este că materia vegetală organică este flotabilă în mod natural, în principal, datorită capilarelor și golurilor din tulpini. Moleculele din plante, care sechestrează CO₂ nu sunt flotabile. De exemplu,

densitatea apei sărate este $\sim 1,02$ g/ml pe când densitatea moleculelor care compun o plantă este semnificativ mai mare $\sim 1,3-1,5$ g/ml. Pentru a obține sechestrare permanentă, este nevoie de un articol sau procedeu pentru a densifica materialul astfel încât să se scufunde și să rămână în adânciturile de la fundul oceanului.

Biomasa, care include baloturi de material biologic, poate fi coborâtă la adâncime (posibil, câteva sute de metri) înainte ca o forță de compresie substanțială să aibă efect. "Coborârea" biomasei la această adâncime poate necesita lucru mecanic semnificativ, deoarece biomasa este flotabilă pozitiv și trebuie să fie "trasă" la o adâncime mai profundă înainte să ajungă la adâncimea critică. Procedeele actuale care utilizează un balast sau lucru mecanic pentru a trage o biomasă mai adânc în ocean pot implica un consum important de energie și/sau balast de unică folosință înainte ca balastul să fie scufundat și nu poate fi utilizat din nou cu ușurință.

În consecință, este nevoie de un procedeu îmbunătățit și un articol pentru sechestrarea carbonului care abordează aceste probleme.

EXPUNEREA PE SCURT A INVENȚIEI

Într-un aspect al prezentei invenții, un procedeu de sechestrare a carbonului cuprinde inducerea unei flotabilități negative într-o sursă de carbon cu un material care nu este flotant și scufundarea sursei de carbon într-un mediu apos anoxic. Flotabilitatea negativă poate fi indusă prin înmănuncherea sau balotarea sursei de carbon sau prin amestecarea sa cu o suspensie.

În alt aspect al prezentei invenții, un articol cuprinde o sursă de carbon îmbinată cu un material care nu este flotant în care sursa de carbon este imersată într-un mediu apos anoxic.

Acestea și alte elemente, aspecte și avantaje ale prezentei invenții vor deveni mai bine înțelese cu referire la următoarele desene, descriere și revendicări.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

Figura 1 prezintă o sursă de carbon, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 2 prezintă un mănunchi al acestora cu un material care nu este flotant, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 3 prezintă transportarea cu vaporul a mănunchiului acestora;

Figura 4 prezintă sechestrarea mănunchiului acestora într-un mediu apos anoxic;

Figura 5 este o diagramă de flux care prezintă etapele unui procedeu în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 6 prezintă un mănunchi din aceasta care se scufundă în ape anoxice;

Figura 7 prezintă un tub inclus care înconjoară un mănunchi al acestora care se scufundă, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 8 prezintă un material densificat care formează un recipient cu o presă hidraulică, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 9 prezintă recipientul din acesta cu o sursă de carbon, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 10 prezintă un recipient etanșat format din materialul densificat, care învelește sursa de carbon, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții;

Figura 11 arată o vedere de sus în plan a unui bazin natural de mare adâncime;

Figura 12 arată o vedere în perspectivă a acestuia;

Figura 13 arată o vedere în perspectivă a acestuia cu un perete construit, care formează un bazin anoxic;

Figura 14 reprezintă o sursă de carbon amestecată cu un material care nu este flotant pentru a forma o suspensie, turnată într-un bazin anoxic;

Figura 15 prezintă un sistem de scripete continuu pentru a coborâ o sursă de carbon într-un bazin anoxic, în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții, cu o greutate mare;

Figura 16 reprezintă un sistem de scripete continuu din aceasta cu balasturi atașate; și

Figura 17 reprezintă sistemul de scripete continuu din aceasta cu un lanț masiv.

DESCRIEREA DETALIATĂ A INVENȚIEI

Următoarea descriere detaliată este a celui mai bun dintre modurile de executare a exemplurilor de variante de realizare a invenției avute în vedere în prezent. Descrierea nu trebuie luată într-un sens limitativ ci este făcută doar în scopul ilustrării principiilor generale ale invenției, deoarece întinderea protecției invenției este cel mai bine definită de revendicările anexate cu referire la desene.

Va fi furnizată o trecere în revistă generală a diverselor caracteristici ale invenției, cu o descriere detaliată care urmează. Pe larg, o variantă de realizare a prezentei invenții furnizează o metodă, un procedeu și un articol de sechestrare a carbonului într-un mediu anoxic. Un mediu anoxic este o zonă sărăcită de oxigen, cum

ar fi un bazin oceanic de mare adâncime care probabil nu a fost în contact de secole cu o atmosferă bogată în oxigen de secole sau probabil nici nu a fost amestecat cu ape de suprafață bogate în oxigen de secole.

Un bazin anoxic, de obicei, se formează atunci când o formă 'de tip castron' a unei adâncituri a unui fund de ocean împiedică curenții oceanici să se amestece cu o apă dintr-un bazin. Deoarece organismele și bacteriile în mod natural consumă oxigenul din bazin, bazinul devine anoxic. Apa oxigenată nu este împrăștiată prin intermediul circulației oceanului. Cu oxigen sau gradienti chimici limitați, bazinul anoxic este o zonă moartă și ostilă vieții. În timp ce astfel de bazine există pe tot fundul oceanelor Pământului, se estimează că 99,8% din fundul oceanului nu este anoxic. Spus în mod diferit, aproximativ doar 0,2% din fundul oceanelor Pământului prezintă un bazin anoxic. Sechestrarea unei surse de carbon, cum ar fi biomateria, în aceste bazine anoxice, poate îndeplini sechestrare la o scară de timp geologică.

Sechestrarea carbonului din reziduurile de biomasă într-un bazin anoxic este analogă cu procesul care a format combustibilii fosili cu ani în urmă în perioada carboniferă, 290 la 360 milioane de ani în urmă. În acel moment, bacteriile nu puteau încă să descompună lignina. Așa că arbori mari au crescut unul peste altul și au rămas în mlaștini de arbori nedescompuși. Acești arbori, rămași nederanjați de bacterii timp de milenii, s-au transformat în cărbune, care formează aproximativ 90% din cărbunele prezent pe Pământ.

Sechestrarea carbonului în bazine anoxice este similar cu procesul de formare a cărbunelui menționat profitând de două caracteristici ale acestor bazine anoxice: o amestecare minimă a apelor din bazin cu un strat oceanic superior bogat în oxigen și stabilitatea materiei organice de proveniență terestră într-un mediu marin de mare adâncime datorită lipsei de oxigen, lumină și gradienti de temperatură. Aceste avantaje minimizează și îndepărtează interacțiunea biologică și chimică din carbonul sechestrat, permițând sechestrarea pe termen lung.

Bazinele anoxice prezintă o lipsă de circulare sau interacțiune cu ecosistemul mai extins al oceanului. Prin urmare, carbonul sechestrat nu ar interacționa cu viața oceanică și, în consecință, nu ar dăuna vieții oceanice. Mai mult, curenții oceanici nu vor deplasa carbonul sechestrat din bazinele anoxice deoarece nu există curenți care să interacționeze. Dacă ar exista, bazinul nu ar mai fi anoxic. Sechestrarea carbonului în bazine anoxice rezolvă problemele principale ale CROPS ținând un loc de sechestrare în aceste medii neobișnuite și fără viață, 0,2% din fundul oceanului fiind

anoxic. Mai mult, majoritatea carbonului care apare în mod natural în biosfera Pământului este deja în sedimente profunde, dând naștere prezumpției că nu vor exista consecințe adverse, neprevăzute.

Sursa de carbon poate fi imersată într-un mediu apos anoxic cum ar fi un bazin din ocean. Tipul de sursă de carbon nu este limitat în mod deosebit de prezenta invenție și poate fi utilizată orice sursă de carbon care nu se dizolvă suficient sau substanțial în ocean, cum ar fi porumb, trestie de zahăr, coceni de porumb, fân, fân conservat prin fermentare sau subproduse forestiere. Pentru a maximiza eficiența costurilor, poate fi utilizat un material ieftin dens în carbon, cu conținut mic de apă și conținut mic de sulf și azot. Un exemplu de astfel de sursă ieftină densă în carbon ar fi cocenii de porumb, trestia de zahăr, paie sau alte resturi, lăsate de obicei pe câmp după recoltare. Sursa de carbon poate fi de asemenea nedorită pentru utilizare ca combustibil sau fertilizator, făcând-o astfel o alegere avantajoasă. Suplimentar, pot fi utilizate surse de carbon care nu sunt legate de recolte, cum ar fi hârtie, lemn sau deșeuri alimentare. Bălegarul poate fi amestecat cu sursa de carbon. Bălegarul servește ca sursă de carbon suplimentară, un procedeu pentru a împiedica emisii terestre de metan (metano-geneză) și se poate comporta ca un adeziv pentru a ține sursa de carbon la un loc.

Sursa de carbon poate include sau poate fi amestecată cu o materie vegetală contaminată cu metalele grele, cum ar fi un hiperacumulator de metale grele. Plantele clasificate ca hiperacumulatori pot aduna elemente neesențiale, cum ar fi metalele grele, la o rată de 100 de ori mai mare decât alte plante. Amestecarea acestei materii vegetale contaminate cu sursa de carbon poate sechestra eficient metalele grele menționate, îndepărtându-le din solul utilizabil.

În sursa de carbon poate fi indusă o flotabilitate negativă. În unele variante de realizare, sursa de carbon poate fi balotată sau înmănunchată într-o configurație adecvată pentru transport sau imersare în ocean, cum ar fi baloturi de fân. Sursa de carbon poate fi înmănunchată și îmbinată cu un material care nu este flotant sau ancorat, cum ar fi cărămidă, nisip, subproduse din construcții sau alte materiale în scopul scufundării sursei de carbon în ocean.

Sursa de carbon poate fi dusă într-un port maritim înainte sau după balotarea, înmănuncherea sau stivuirea materialului vrac. Furnizarea sursei de carbon aproape de transportul naval poate reduce costurile de transport, crescând astfel sustenabilitatea. Atunci când ajunge la locul mediului apos anoxic, sursa de carbon

este imersată sau scufundată la fața locului.

Atunci când sursa de carbon este într-un mediu anoxic cum ar fi bazinul oceanic anoxic, lipsa oxigenului, a luminii și a gradientului de temperatură reduce dramatic descompunerea sursei de carbon de către bacterii sau interacțiunea chimică. Lipsa circulației și amestecării cu apele de deasupra lasă sursa de carbon nederanjată în mediul anoxic pentru perioade semnificative de timp cum ar fi mii de ani. Sursa de carbon se poate scufunda într-un sediment într-o adâncitură a fundului corpului de apă. Imersia în sediment va micșora orice interacțiune a sursei de carbon cu mediul său, sechestrând suplimentar sursa de carbon.

Sursa de carbon poate fi dopată cu agenți de inducere a anoxiei cum ar fi săruri, materiale antimicrobiene sau microbi care epuizează oxigenul. Agentul de inducere a anoxiei poate fi adăugat la sursa de carbon înaintea sau în timpul procedurii de înmănunchere. Agenții de inducere a anoxiei contribuie la generarea unui mediu toxic și fără oxigen. Doparea poate genera volume minime de gaz, minimizând astfel potențialul pentru producerea de gaze dăunătoare. Agentul de inducere a anoxiei poate fi potențat cu un microb care învinge microbii care metabolizează sursa de carbon.

În unele variante de realizare a prezentei invenții, în sursa de carbon poate fi indusă o flotabilitate negativă prin amestecarea sa cu sau într-o suspensie. Un proces de dragare inversă poate depune suspensia cu sursa de carbon în mediul apos anoxic. Suspensia poate comprima sursa de carbon și un material care nu este flotant cum ar fi nisip, noroi, compost, piatră sau sfărâmaturi. Suspensia poate cuprinde în plus apă. Sursa de carbon poate fi îmbinată sau amestecată cu materialul care nu este flotant. În suspensie poate fi inclus și bălegar. Suspensia poate cuprinde în plus un agent liant pentru a ține suspensia la un loc, și/sau un agent de inducere a anoxiei. În procesul de dragare inversă, suspensia poate fi formată și introdusă într-un tub inclus. Tubul inclus poate ghida suspensia printr-o porțiune oxică a oceanului și în bazinul anoxic.

Un bazin anoxic, de asemenea, poate fi proiectat și realizat de om. Un bazin anoxic construit, precum și un bazin anoxic care există în mod natural pot fi utilizate pentru sechestrarea surselor de carbon. Un puț de mină deschis preexistent sau o mină de sare prăbușită pot fi un loc al unui bazin anoxic construit. De asemenea, un bazin nou poate fi săpat sau minat. Bazinul anoxic construit poate fi format prin umplerea locului cu apă și îndepărtarea sau lăsarea naturii să îndepărteze oxigenul. Anoxia poate fi indusă printr-o circulare redusă a apei. Temperaturi mai ridicate cresc

inducerea anoxiei. O sursă de carbon poate fi apoi depusă în bazinul anoxic construit. Bazinul poate fi apoi acoperit sau etanșat.

Atunci când se coboară sau se scufundă material organic într-un bazin anoxic, există riscul de amestecare a apei oxice și anoxice prin curenții turbionari de la materialul sau baloturile care se deplasează în jos. Pentru a ține sub control acești curenți turbionari și a minimiza orice oxigenare suplimentară, o țeavă sau un tub inclus poate fi configurat în jurul baloturilor care coboară pentru a minimiza propagarea acestor vârtejuri. Tubul inclus poate ghida mănunchiurile în bazinul anoxic. Tubul inclus poate de asemenea împiedica amestecarea apelor anoxice cu apele oxice.

Presiunea apei la o adâncime adecvată poate comprima în mod natural materialul biologic. Golurile și capilarele interioare ale materialului biologic pot fi comprimate în mod similar, reducând în plus flotabilitatea materialului. Această comprimare devine mai mare pe măsură ce adâncimea crește. La o adâncime critică, comprimarea din presiunea apei va face ca materialul organic să se schimbe din mai puțin dens decât apa (flotabil pozitiv) în mai dens decât apa (flotabil negativ). Un aspect al prezentei invenții cuprinde o abordare de a densifica materia biologică fără sau în combinație cu utilizarea unei prese sau mașini.

În unele variante de realizare, sursa de carbon poate fi sau include o biomotorină cum ar fi un combustibil derivat din plante sau animale capabil de comprimare la o flotabilitate negativă. Biomotorina poate fi comprimată sau amplasată într-un recipient capabil să reziste la comprimare atunci când este comprimat la un punct de flotabilitate negativă.

În unele variante de realizare a prezentei invenții, o mașină poate semăna cu un schi-lift invers autonom. Mașina poate utiliza forțe naturale sau energie mecanică pentru a obține un flux de lucru continuu de coborâre a unei cantități mari de biomasă dincolo de adâncimea critică. Mașina poate maximiza cantitatea de biomasă coborâtă dincolo de adâncimea critică sau punctul de comprimare critică minimizând în același timp lucrul necesar pentru a face aceasta. Mașina din prezenta invenție poate coborî sau elimina o cantitate de balast utilizat. Biomasa poate fi sub forma unui balot.

Mașina poate utiliza un dispozitiv, cum ar fi un lanț sau transportor care se extinde dincolo de adâncimea critică. Dispozitivul poate fi flexibil, rigid sau solid. Baloturile se pot prinde la dispozitiv prin intermediul unui mecanism de prindere. Mecanismul de prindere poate fi un lanț sau un cârlig. Greutatea dispozitivului, greutatea prinsa la dispozitiv, dispozitivul de prindere, un dispozitiv cu greutate la un

punct inferior al dispozitivului sau o combinație a acestora poate fi suficient de grea pentru a contracara forța de flotabilitate a biomasei conținute de sau prinse la dispozitiv. Dispozitivul poate fi de asemenea prins la o greutate sau ancoră care stă într-o adâncitură a fundului mării. Dispozitivul poate începe prin tragerea unei prime biomase sau balot în jos ceea ce necesită un consum de energie mecanică deoarece balotul (baloturile) inițiale sunt flotabile pozitiv. Ele exercită o forță ascendentă așa încât el trebuie să fie 'tras' în jos. Odată ce baloturile trec de adâncimea critică, comprimarea prin presiunea apei schimbă baloturile de la flotabile pozitiv la flotabile negativ. Baloturile exercită acum o forță descendentă. În punctul menționat, baloturile pot fi eliberate imediat (căzând la fundul oceanului) sau pot rămâne conectate la mașină, furnizând forță descendentă suplimentară pentru mașină, prin aceasta trăgând un balot următor. Dispozitivul care coboară baloturile poate avea o mișcare de întoarcere sau circulară formând un flux constant de baloturi către un bazin anoxic. Variantele de realizare ale prezentei invenții nu sunt limitate în mod particular la baloturi. Într-un exemplu nelimitativ, materialele vrac pot fi conținute într-un tub, un coș, o găleată sau alt recipient adecvat pentru a purta sau împinge biomasa în vrac sub adâncimea critică unde ea se poate scufunda sau continua să se scufunde fără a capta din nou energie de la materialul care se scufundă.

Păstrând baloturile flotabile negativ conectate la lanțul sau dispozitivul care se întoarce, baloturile flotabile negativ pot acum să furnizeze forță descendentă pentru a trage mai multe baloturi sub adâncimea de comprimare critică. Ca atare, odată ce forța descendentă a baloturilor flotabile negativ depășește atât forța ascendentă a baloturilor flotabile pozitiv cât și rezistențele și frecările mecanice ale mașinii, procesul se poate desfășura continuu fără energie absorbită sau cu o energie absorbită redusă. Prin acest mecanism, cu doar un necesar mic de energie inițială, un utilizator poate continua să comprime și să coboare baloturile într-un bazin anoxic. În mod avantajos, mașina poate fi autonomă, poate elimina sau reduce nevoia de densificare sau comprimare alternativă, poate economisi sau genera energie, reduce costurile cu capitalul, reduce costurile de funcționare și reduce sau elimină balastul necesar pentru a face biomasa flotabilă negativ.

În unele variante de realizare a prezentei invenții, sursa de carbon poate fi învelită într-un material, cum ar fi un material densificat, un material de conservare, o căptușeală sau altă barieră locală realizată de om. Materialul de învelire poate genera un mediu anoxic local în jurul sursei de carbon.

Un procedeu de densificare poate forma materialul densificat. Procedeu de densificare poate cuprinde presarea unui ingredient, cum ar fi biomangal, cu o presă, cum ar fi o presă hidraulică, sau aplicarea unei presiuni asupra ingredientului. Presiunea aplicată și compoziția materialelor presate pot varia, modificând proprietățile structurale ale materialului densificat pentru a îi micșora permeabilitatea. Materialul densificat poate înveli sursa de carbon, formând mediul anoxic. Materialul densificat poate fi apoi înfășurat într-un material de conservare cum ar fi plastic, noroi sau beton și poate avea o căptușeală sau carcasă din oțel sau alt metal care etanșează înfășurarea. Materialul de înfășurare și căptușeala conservă mediul anoxic. Materialul învelit poate fi depozitat într-o locație nederanjată cum ar fi subacvatică sau deasupra solului într-un mediu anoxic. Materialul densificat, materialul de conservare și căptușeala sechestrează suplimentar sursa de carbon, limitând contactul cu bacterii sau chimicale care pot descompune sursa de carbon.

În mod alternativ, sursa de carbon poate fi învelită într-un material de conservare și imersată într-un bazin anoxic. O presiune de la o adâncime a oceanului poate densifica materialul.

Sursa de carbon învelită poate fi de asemenea utilizată ca un element structural în construcție. Elementele structurale menționate pot ajuta la formarea unui mediu anoxic construit. Elementele structurale pot fi poziționate în jurul unui mediu natural care poate fi făcut să formeze un mediu anoxic, cum ar fi o infiltrație salină oceanică de profunzime sau împrejurimile unui bazin anoxic care se formează în mod natural. Poziționarea elementelor structurale poate forma un perete construit, limitând disponibilitatea luminii, oxigenului și a unui gradient de temperatură și orice amestecare a apelor de adâncime. Aceasta poate produce un mediu anoxic construit sau un mediu anoxic extins. Mediul anoxic construit poate fi apoi umplut cu surse de carbon neînvelite.

Pentru a se asigura că procedeu de sechestrare a funcționat, și probabil va funcționa pentru multe secole, sechestrarea surselor de carbon în bazine anoxice poate fi monitorizată. Sursa de carbon poate fi măsurată înainte de imersarea în bazinul anoxic. Sursa de carbon poate fi de asemenea monitorizată după imersarea în bazinul anoxic prin măsurarea masei, dimensiunii sau volumului sursei de carbon cu radar, sonar sau radiație gama. Suplimentar, din apa din bazinul anoxic pot fi prelevate probe pentru semnături chimice și genomice ale metabolismului nedorit al materialului sechestrat. Această prelevare de probe poate fi efectuată prin măsurarea

unei proprietăți chimice a unei coloane de apă la o locație geografică a bazinului anoxic și/sau a schimbărilor unui microbiom la bazinul anoxic. Aceste măsurători chimice sau volumetrice pot fi comparate cu alte măsurători, formule matematice sau previziuni pentru a determina adecvarea sau eficiența sechestrării. Aceste măsurători pot fi utilizate pentru a crea un cadru de monitorizare, raportare și verificare. Cadrul menționat poate fi cerut de un reglementator cum ar fi Environment Protection Agency, EPA, și/sau omoloagele ei internaționale.

Locuri potențiale pentru sechestrarea surselor de carbon pot fi bazine anoxice apropiate de Statele Unite lângă coordonatele 27° N, 91° W, care găzduiesc condiții ideale pentru sechestrarea surselor de carbon. În lume există alte bazine anoxice adecvate pentru sechestrarea carbonului care includ Marea Neagră, Marea Caspică, Marea Roșie, Marea Mediterană și Marea Caraibilor.

O apropiere a căilor navigabile de o sursă de carbon potențială, omniprezentă, poate crește fezabilitatea economică de transport a acelor recolte pe cale navigabilă, făcând agricultura o sursă de carbon foarte viabilă. Sursele de carbon multiple sunt candidate viabile și fiecare poate prezenta argumente pro și contra, incluzând disponibilitatea, ușurința expedierii, costul și longevitatea. De exemplu, soia poate fi o sursă de carbon deoarece producția de soia în Statele Unite se învecinează frecvent cu căile navigabile.

În unele variante de realizare, un procedeu de sechestrare a carbonului cuprinde formarea unui material densificat prin aplicarea unei presiuni, învelirea unei surse de carbon în materialul densificat, înfășurarea materialului densificat într-un material de conservare și etanșarea materialului densificat cu o barieră locală. Materialul densificat poate fi format cu o presă hidraulică.

În unele variante de realizare, un procedeu de sechestrare a carbonului cuprinde înfășurarea unei surse de carbon într-un material de conservare, scufundarea sursei de carbon într-un mediu apos anoxic și formarea unui material densificat cu presiunea exercitată la o adâncime a unui ocean asupra sursei de carbon.

Cu referire acum la Figuri, Figura 1 și Figura 2 reprezintă o sursă de carbon 10 și un material care nu este flotant 12 formând un mănunchi 20. Sursa de carbon 10 poate fi porumb, trestie, iarbă/fân, material pentru compost sau lemn. Materialul care nu este flotant 12 poate fi metal, piatră sau beton. Mănunchiul 20 este o combinație între sursa de carbon 10 și materialul care nu este flotant 12, formând un balot cum ar fi un balot de fân. Figura 3 arată mănunchiurile 20 care sunt transportate cu vaporul

30.

Figura 4 prezintă un mediu oceanic în care sunt imersate mănunchiurile 20. Deasupra mediului oceanic este aer 40. Un strat cel mai de sus 42 al unui ocean este în contact cu aerul 40. Acest strat cel mai de sus 42 este casa unei majorități a vieții acvatice cum ar fi pește, alge și floră. Stratul cel mai de sus 42 de asemenea conține curenți bogați în oxigen. O zonă de tranziție 44 este așezată sub stratul cel mai de sus 42. O zonă anoxică 46 se află într-o adâncitură a mediului oceanic, sub zona de tranziție 44. Mănunchiurile 20 sunt așezate imersat în zona anoxică 46. Un dispozitiv de monitorizare 90 este poziționat în zona anoxică 46, măsurând sau prelevând probe din zona anoxică 46 și/sau mănunchiuri sau o masă a acestora 20. Monitorizarea poate fi efectuată la intervale periodice și măsoară sau verifică semnături chimice, biologice și/sau genomice care indică sau sunt un indicator al unei schimbări în zona anoxică 46 cum ar fi o pierdere a caracteristicilor anoxice.

Figura 5 este o diagramă de flux care prezintă etapele procedurii în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții. Sursa de carbon poate fi mai întâi adunată sau recoltată 100. Sursa de carbon poate fi apoi înmănunchiată cu un material care nu este flotant 102. Mănunchiul este transportat la un mediu anoxic cum ar fi un bazin oceanic de mare adâncime 104. Mănunchiul este apoi imersat în mediul anoxic 106.

Figura 6 prezintă un mănunchi 20 care este imersat și traversează din zona de tranziție 44 în zona anoxică 46. Când mănunchiul 20 este imersat, el produce curenți turbionari 50. Acești curenți pot amesteca ape oxice și ape anoxice. Figura 7 arată o variantă de realizare a unui tub inclus 52 care ghidează imersarea mănunchiului 20. Tubul inclus 52 limitează o împrăștiere a curenților turbionari 50 și împiedică amestecarea apelor oxice și anoxice.

Figurile 8 arată un material densificat 60 format cu o presă hidraulică 61 în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții. Materialul densificat 60 poate fi o formă din carbon. Materialul densificat 60 este fasonat într-un recipient 62. Recipientul 62 și materialul densificat 60 pot fi formate de orice mașină sau combinație de mașini adecvată care poate să densifice un material și care formează materialul într-o formă adecvată care poate să includă o sursă de carbon. Presa hidraulică 61 este dată doar ca exemplu.

Așa cum este arătat în Figura 9, sursa de carbon 10 este amplasată în recipientul 62. Sursa de carbon 10 poate fi apoi presată sau compactată. Recipientul

62 este apoi etanșat. Figura 10 arată un recipient etanșat 63 care include sursa de carbon 10. Recipientul etanșat 63 poate să nu fie flotabil, permițându-i să se scufunde atunci când este imersat în ocean. Recipientul etanșat 63 poate de asemenea sechestra suplimentar sursa de carbon 10.

Figurile 11 și 12 arată un bazin adânc natural 70. Bazinul are o creastă înaltă 72 și o bază joasă 74. O scobitură 76 în creasta înaltă 72 expune baza joasă 74 apelor din afara bazinului 70, împiedicând apele din baza joasă 74 să devină anoxice.

Figura 13 arată bazinul 70 cu un perete construit 78 care închide scobitura 76. Peretele construit 78 limitează orice amestecare a apelor din interiorul bazinului 70 cu apele exterioare, formând un bazin anoxic construit 80.

Figura 14 detaliază un sistem și procedeu pentru depunerea unei surse de carbon 10 într-o zonă anoxică 46 în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții. Sursa de carbon 10 este amestecată cu un material care nu este flotant 12 pentru a forma o suspensie 14. Suspensia coboară pe un tub inclus 52 prin stratul cel mai de sus 42 oceanului și prin zona de tranziție 44 în zona anoxică 46. Odată aflată în zona anoxică 46, suspensia 14 poate să stea nederanjată.

Figurile 15 detaliază un sistem și procedeu alternativ pentru coborârea baloturilor 320 dintr-o biomasă de carbon într-o zonă anoxică în conformitate cu o variantă de realizare a prezentei invenții. Un vapor 300 utilizează un lanț rotativ 310 pentru a coborâ baloturile 320. Baloturile 320 pot fi prinse de lanțul rotativ 310 și coborâte până ce baloturile 320 ajung la o adâncime predeterminată. La adâncimea predeterminată, baloturile 320 pot fi eliberate din lanțul rotativ 310 pentru a se scufunda într-un mediu apos. O greutate 330 ajută la menținerea unei poziții a lanțului rotativ 310 în raport cu o coloană de apă din ocean, cum ar fi prin ancorarea sa, asigurând că baloturile 320 se scufundă la o locație predeterminată cum ar fi mediul anoxic.

Figura 16 detaliază un sistem și procedeu alternativ pentru coborârea baloturilor 320. Vaporul 300 utilizează un lanț rotativ 410 cu balasturi. La o adâncime predeterminată, baloturile 320 pot fi eliberate din lanțul rotativ 410 cu balasturi pentru a se scufunda. Balasturile 412 rămân fixate la lanțul rotativ 410 cu balasturi. Balasturile 412 ajută la menținerea unei poziții a lanțului rotativ 310 în raport cu o coloană de apă din ocean, cum ar fi prin ancorarea sa, asigurând că baloturile 320 se scufundă la o locație predeterminată cum ar fi mediul anoxic.

Figura 17 detaliază alt sistem și procedeu alternativ pentru coborârea baloturilor 320. Baloturile sunt fixate la un lanț rotativ greu 510. La adâncimea predeterminată,

baloturile 320 pot fi eliberate de la lanțul rotativ 310 pentru a se scufunda. O greutate a lanțului rotativ greu 510 ajută la menținerea unei poziții a lanțului rotativ 310 în raport cu o coloană de apă din ocean, cum ar fi prin ancorarea sa, asigurând că baloturile 320 se scufundă la o locație predeterminată cum ar fi mediul anoxic.

Ar trebui înțeles, desigur, că cele precedente se referă la exemple de variante de realizare a invenției și că pot fi făcute modificări fără a se îndepărta de la spiritul și întinderea protecției invenției așa cum este prezentat în următoarele revendicări.

Revendicări

1. Un procedeu de sechestrare a carbonului, care cuprinde:
inducerea unei flotabilități negative într-o sursă de carbon; și
scufundarea sursei de carbon într-un mediu apos anoxic.
2. Procedeu din revendicarea 1, în care flotabilitatea negativă este indusă în sursa de carbon prin înmănuncherea sursei de carbon cu un material care nu este flotant.
3. Procedeu din revendicarea 1, în care flotabilitatea negativă este indusă în sursa de carbon prin amestecarea într-o suspensie a sursei de carbon cu un material care nu este flotant.
4. Procedeu din revendicarea 1, în care sursa de carbon este amestecată cu bălegar.
5. Procedeu din revendicarea 1, în care sursa de carbon este amestecată cu materie vegetală contaminată cu metale grele.
6. Procedeu din revendicarea 1, la care mediul apos anoxic este un bazin anoxic construit.
7. Procedeu din revendicarea 1, care cuprinde, în plus, monitorizarea sursei de carbon în mediul apos anoxic prin măsurarea unei mase a sursei de carbon.
8. Procedeu din revendicarea 7, în care sursa de carbon este măsurată cu radar pentru a determina masa sursei de carbon.
9. Procedeu din revendicarea 7, în care sursa de carbon este măsurată cu sonar pentru a determina masa sursei de carbon.
10. Procedeu din revendicarea 7, în care sursa de carbon este măsurată cu radiație gama pentru a determina masa sursei de carbon.
11. Procedeu din revendicarea 1, care cuprinde, în plus, monitorizarea sursei de

carbon în mediul apos anoxic prin măsurarea unei proprietăți chimice a unei coloane de apă din mediul apos anoxic .

12. Procedeul din revendicarea 1, care cuprinde, în plus, monitorizarea sursei de carbon în mediul apos anoxic prin măsurarea activității microbiologice din mediul apos anoxic.

13. Procedeul din revendicarea 1, care cuprinde, în plus, doparea sursei de carbon cu un agent de inducere a anoxiei.

14. Procedeul din revendicarea 13, în care agentul de inducere a anoxiei este o sare.

15. Procedeul din revendicarea 13, în care agentul de inducere a anoxiei este un material antimicrobian.

16. Procedeul din revendicarea 13, în care agentul de inducere a anoxiei este un microb care epuizează oxigenul.

17. Procedeul din revendicarea 13, în care agentul de inducere a anoxiei este potențat de un microb care învinge microbii care metabolizează sursa de carbon.

18. Procedeul din revendicarea 1, în care sursa de carbon este ghidată în mediul apos anoxic cu un tub inclus.

19. Procedeul din revendicarea 1, în care sursa de carbon este coborâtă în mediul apos anoxic cu un sistem de scripete continuu.

20. Procedeul din revendicarea 19, în care sistemul de scripete continuu cuprinde în plus un lanț rotativ funcțional pentru coborârea și eliberarea sursei de carbon în mediul apos anoxic.

21. Procedeul din revendicarea 20, în care lanțul rotativ este ancorat cu o greutate mare.

22. Procedeu din revendicarea 20,

în care balasturile sunt fixate la lanțul rotativ și se rotesc cu lanțul rotativ,

în care balasturile ajută la menținerea unei poziții a lanțului rotativ, în raport cu o coloană de apă, deasupra unui mediu apos anoxic.

23. Procedeu din revendicarea 20, în care lanțul rotativ este suficient de greu pentru a menține o poziție a lanțului rotativ, în raport cu o coloană de apă, deasupra unui mediu apos anoxic.

24. Procedeu din revendicarea 1, în care sursa de carbon este o biomotorină capabilă de a fi comprimată la o flotabilitate negativă și amplasată într-un recipient capabil să reziste la comprimare atunci când este comprimat la un punct de flotabilitate negativă.

25. Un articol pentru sechestrarea carbonului care cuprinde:

o sursă de carbon îmbinată cu un material care nu este flotant, în care sursa de carbon este imersată într-un mediu apos anoxic.

26. Articolul din revendicarea 25, în care sursa de carbon este înmănunchată cu materialul care nu este flotant.

27. Articolul din revendicarea 25, în care sursa de carbon este amestecată într-o suspensie cu materialul care nu este flotant.

28. Articolul din revendicarea 25, în care sursa de carbon este amestecată cu bălegar.

29. Articolul din revendicarea 25, în care sursa de carbon este amestecată cu materie vegetală contaminată cu metale grele.

30. Articolul din revendicarea 25, în care mediul apos anoxic este un bazin anoxic construit.

31. Articolul din revendicarea 25, care cuprinde, în plus, un agent de inducere a anoxiei.

32. Articolul din revendicarea 31, în care agentul de inducere a anoxiei este o sare.

33. Articolul din revendicarea 31, în care agentul de inducere a anoxiei este un material antimicrobian.

34. Articolul din revendicarea 31, în care agentul de inducere a anoxiei este un microb care epuizează oxigenul.

35. Articolul din revendicarea 31, în care agentul de inducere a anoxiei este potențat de un microb care învinge microbii care metabolizează sursa de carbon.

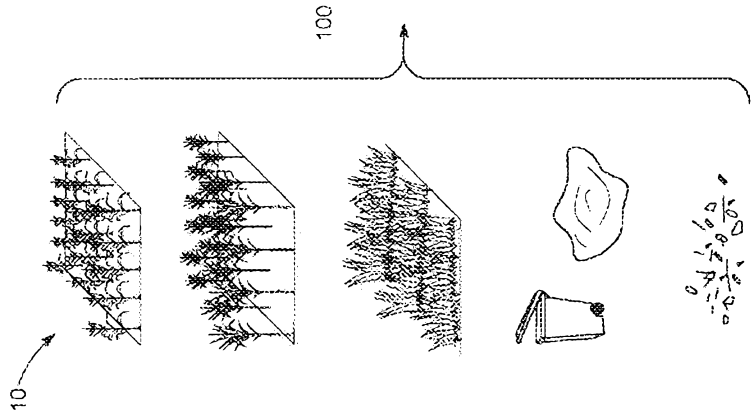


FIG. 1

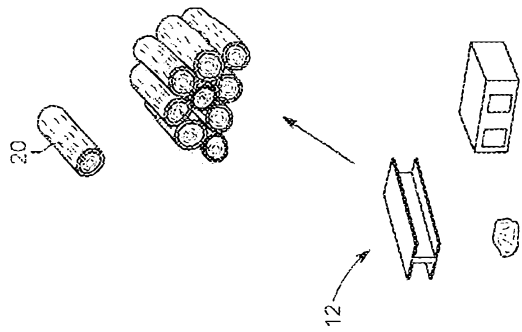


FIG. 2

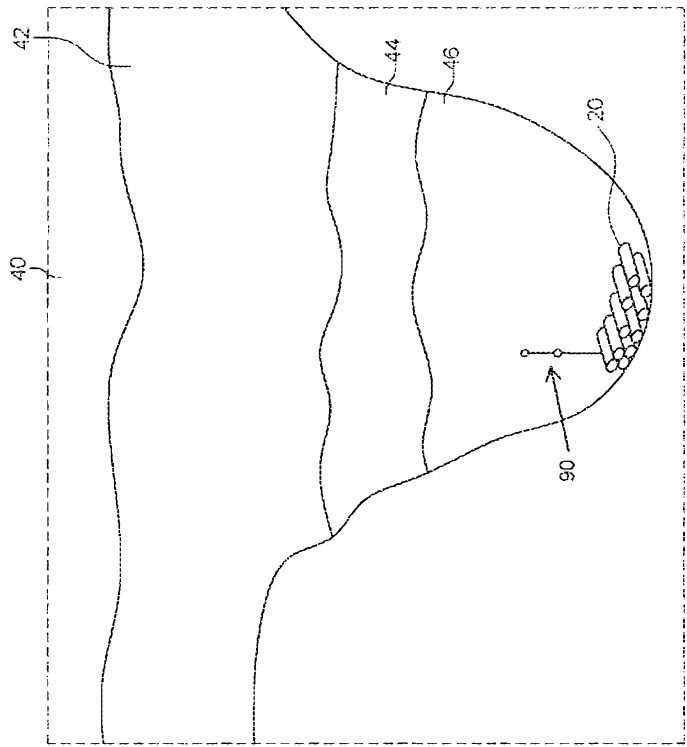


FIG. 4

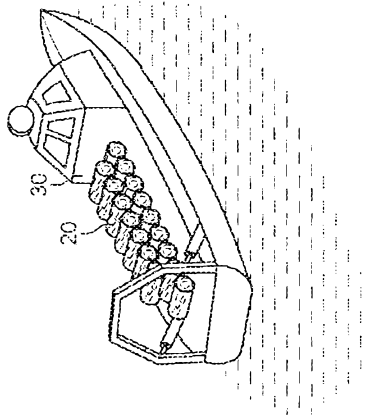


FIG. 3

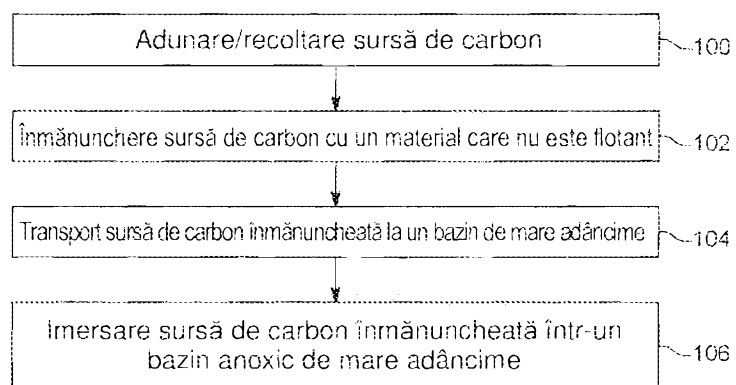
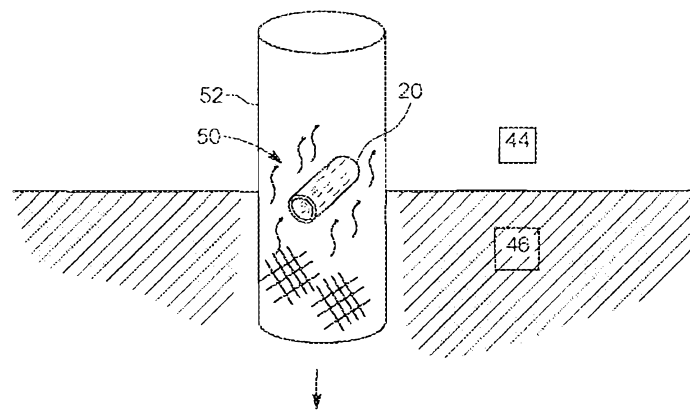
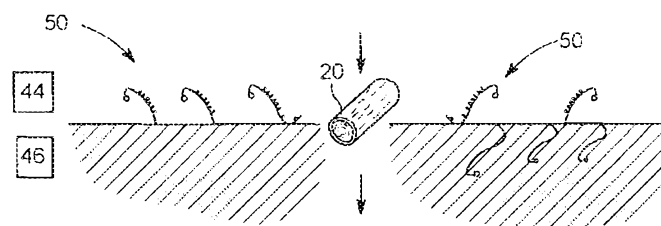


FIG. 5



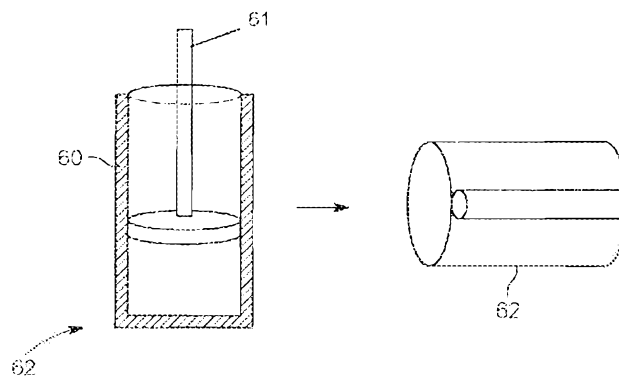


FIG. 8

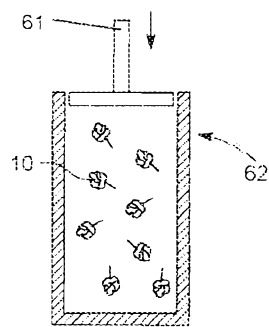


FIG. 9

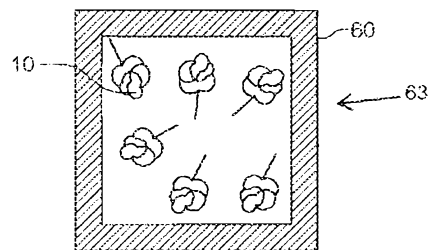


FIG. 10

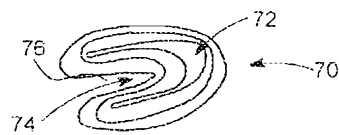


FIG. 11

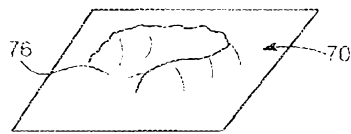


FIG. 12

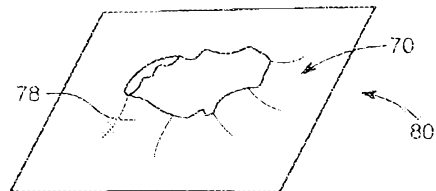


FIG. 13

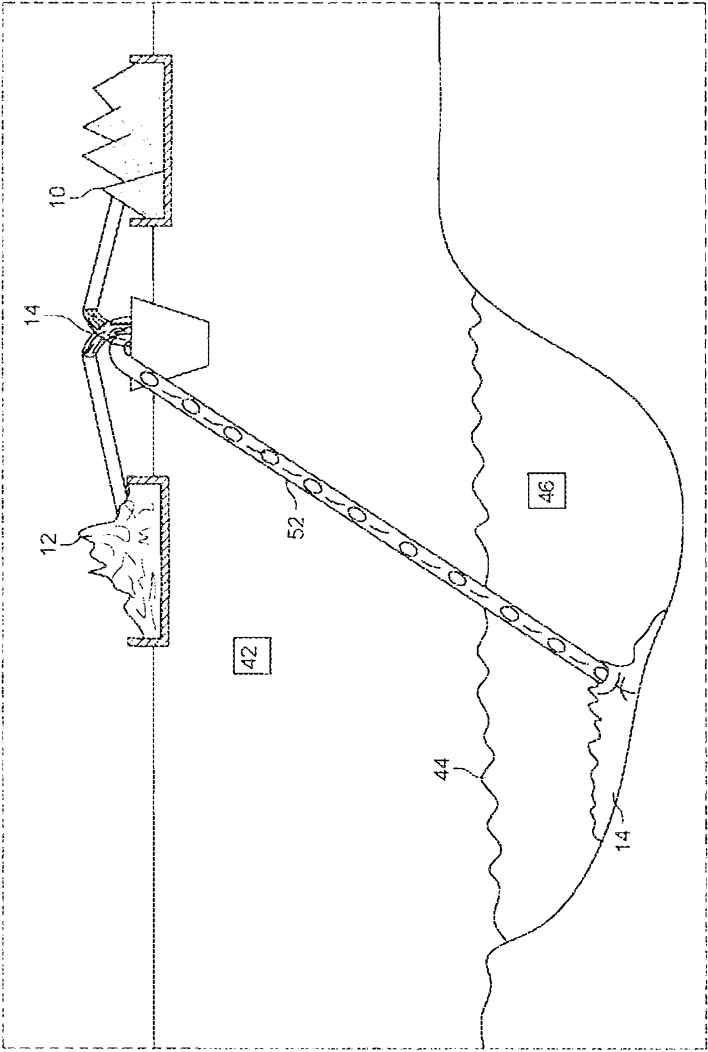


FIG. 14

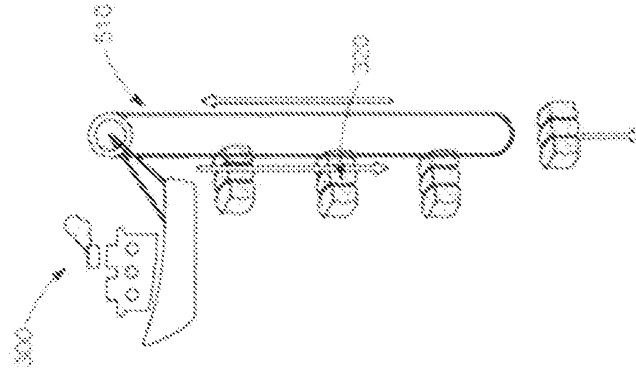


FIG. 17

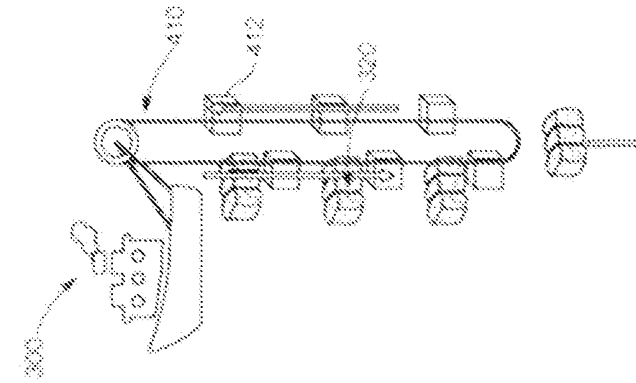


FIG. 16

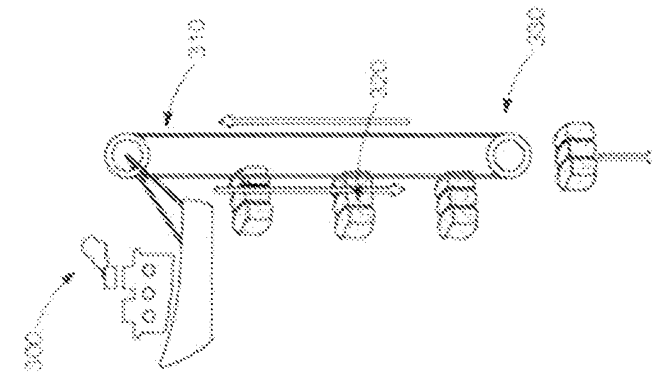


FIG. 15