



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **94101** (13) **C2**
(51) **МПК (2011.01)**
B09B 3/00
B09C 1/08 (2011.01)
C02F 11/14 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОГО ПОКРОВУ НА ДІЛЯНЦІ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ

1

(21) а200813296
(22) 01.05.2007
(24) 11.04.2011
(86) РСТ/ЕР2007/054228, 01.05.2007
(31) 0609998.0
(32) 19.05.2006
(33) GB
(46) 11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.
(72) БЕЛЛВУД ДЖОН ГЕРАРД, GB/AU, ДАЙМОНД БРАЙАН, GB
(73) СІБА ХОЛДІНГ ІНК., CN
(56) WO 0192167, A1, 06.12.2001
US 5 043 077, A, 27.08.1991
UA а 2005 08558, А, 15.11.2005
(57) 1. Спосіб відновлення рослинного покриву на ділянці захоронення відходів, що включає використання частинок мінерального матеріалу, за яким суспензію частинок мінерального матеріалу переносять як флюїд на ділянку осадження з можливістю розтікання по поверхні затверділого матеріалу, та забезпечують відстоювання і твердіння, з утворенням купи затверділого матеріалу, причому відновлення ділянки захоронення відходів досягають додаванням до суспензії частинок мінерального матеріалу аніонного полімеру, одержаного з одного або кількох етиленоненасичених мономерів, який має внутрішню в'язкість принаймні 4 дЛ/г, у кількості від 10 до 3000 грам на тону частинок мінерального матеріалу при його перенесенні як флюїду на ділянку осадження, та додаванням насіння й живильних речовин у кінцевий шар матеріалу.
2. Спосіб за п. 1, у якому полімер являє собою гомополімер акриламід у або співполімер акриламід у та акрилату натрію.
3. Спосіб за будь-яким із пп. 1-2, у якому суспензію частинок мінерального матеріалу являє собою відходи від операцій переробки мінеральної сировини.
4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, у якому суспензію частинок мінерального матеріалу переносять шляхом її помпування через трубопровід, а полімер додають після стадії помпування.
5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, у якому суспензію частинок мінерального матеріалу переносять

2

шляхом її помпування через трубопровід, а полімер додають під час або до стадії помпування.
6. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, у якому суспензію частинок мінерального матеріалу переносять через трубопровід зі стічним отвором, причому полімер додають до суспензії на виході зі стічного отвору.
7. Спосіб за будь-яким з пп. 1-5, у якому суспензію частинок мінерального матеріалу переносять через трубопровід зі стічним отвором, причому полімер додають до суспензії перед тим, як він полишає стічний отвір, в оптимальному варіанті в межах 10 метрів від стічного отвору.
8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, у якому полімер додають у формі водного розчину.
9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, у якому полімер додають у формі частинок.
10. Спосіб за будь-яким з пп. 1-9, у якому мінеральний матеріал одержують від операцій переробки мінеральної сировини та вибирають з групи: червоний шлам від байєрівського глиноземного процесу, хвости від добування базових металів, хвости від добування дорогоцінних металів, хвости від добування заліза, хвости від добування нікелю, вугільні хвости, мінеральні та нафтоносні піски та вугільний дріб'язок.
11. Спосіб за будь-яким з пп. 1-10, у якому мінеральний матеріал є природно гідрофільним і вибраний з червоного шламу та хвостів, які містять гідрофільну глину.
12. Спосіб за будь-яким з пп. 1-11, у якому відновлення додатково досягають шляхом введення на ділянку захоронення будь-яких рослин, саджанців або насіння, придатних для проростання.
13. Спосіб за будь-яким з пп. 1-12, у якому відновлення додатково досягають шляхом введення в частинки мінерального матеріалу до його твердіння будь-яких рослин, саджанців або насіння, придатних для проростання, та бажано живильних речовин.
14. Спосіб за будь-яким з пп. 1-13, у якому рослинність відновлюють за рахунок гідрозасівання зневоднених частинок мінерального матеріалу.

(19) **UA** (11) **94101** (13) **C2**

Даний винахід стосується забезпечення відновленої території захоронення відходів для частинок мінерального матеріалу, особливо з поліпшеними для росту рослин характеристиками, де мінеральний матеріал був отриманий шляхом зневоднення із суспензії, особливо шламів мінеральних відходів. Даний винахід особливо придатний для захоронення хвостів та інших матеріалів відходів, що є результатом процесів переробки та збагачення, включаючи сумісне видалення крупнозернистих та дрібнозернистих твердих речовин як гомогенної суміші. Під частинками мінерального матеріалу розуміється різновид субстратів, де присутній мінеральний матеріал. Це включає, наприклад, червоний шлам, хвости від різних операцій переробки мінералів та переробки хвостів нафтоносних пісків.

Процеси обробки мінеральних руд для видобування мінеральної сировини звичайно дають відходи. Часто відходи матеріалів складаються із водного шламу або осадів, що включають частинки мінерального матеріалу, наприклад, глину, сланці, пісок, гравій, оксиди металів і т.д., змішані з водою.

У деяких випадках відходи, такі як шахтні хвости, можуть зручно скидатись у підземну шахту, утворюючи закладення. Загалом, відходи закладення включають значну пропорцію крупних частинок великих розмірів разом з іншими частинками менших розмірів і закачуються у шахту як шлам, де вони зневоднюються, залишаючи осаджені тверді речовини на місці. Звичайною практикою є використання флокулянтів для сприяння цьому процесу шляхом флокуляції дрібного матеріалу з підвищенням швидкості седиментації або збереження в'язучих речовин у суміші. Проте, у цьому разі крупнозернистий матеріал звичайно осаджується з більшою швидкістю, ніж флокулюваний дрібнозернистий, що призводить до гетерогенних відкладень крупнозернистих та дрібнозернистих твердих речовин.

Для інших видів застосування може бути неможливим закладати відходи у шахту. У цих випадках звичайною практикою видалення відходів є закачування водного шламу до відстійних басейнів, відвалів або куп з наданням можливості поступового зневоднення шляхом дії седиментації, дренажу та випаровування.

Існує значний тиск ззовні в плані охорони навколишнього середовища, щоб мінімізувати надання нових земель для цілей захоронення відходів та більш ефективно використовувати існуючі території з захороненнями. Один спосіб полягає у тому, щоб на певну територію навантажувати множинні шари відходів, утворюючи у такий спосіб вищі нагромаджені купи відходів. Проте, важко гарантувати, щоб відходи розтікались лише по поверхні раніше затверділого матеріалу, у прийнятних межах, тверділи, утворюючи купу, та що попередні відходи достатньо затверділи, щоб витримувати множинні шари затверділого матеріалу без ризику обвалу або ковзання. Таким чином, вимоги щодо забезпечення відходів із відповідним типом

властивостей для сумісного їх накопичення загалом відмінні від тих, що потрібні для інших форм захоронення, таких як закладення на відносно замкненій території. Звичайно вважається, що такі області захоронення непридатні для будь-якої форми відновлення, оскільки закладені тут відходи звичайно не годяться для будь-якої форми конструкційної роботи або підтримання рослинності, і часто є підземними.

У типових операціях переробки мінералів відходи у вигляді твердих речовин відокремлюються від твердих речовин, що містять корисну мінеральну сировину, у водному процесі. Водна суспензія матеріалів-відходів часто містить глини та інші мінерали, які звичайно називаються хвостами. Це вірно у випадку різних мінеральних твердих речовин, включаючи хвости від нафтоносних пісків. Ці тверді речовини часто концентрують шляхом флокуляційного процесу в ущільнювачі з утворенням більш щільного продукту та видобуванням певної кількості технічної води. Звичайною практикою є відкачувати ущільнений продукт до поверхневої області проміжного зберігання, яку часто називають хвостосховище або хвостова дамба. При осадженні в цій області проміжного зберігання вода продовжує вивільнюватись із водної суспензії, забезпечуючи з часом більшу концентрацію твердих речовин. Коли зібраний достатній об'єм води, вона звичайно відкачується назад до установки переробки мінералів.

Хвостова дамба часто має обмежений розмір, щоб мінімізувати вплив на навколишнє середовище. Крім того, забезпечення більших дамб може бути дорогим через високу вартість переміщення ґрунту та будівництва утримуючих стінок. Ці дамби мають, як правило, злегка похиле дно, що дозволяє будь-якій воді, котра виділилась із твердих речовин, збиратись в одній області, і котра може бути потім відпомпована назад до установки. Проблема, котра часто виникає, полягає у тому, що дрібні частинки твердих речовин відносяться стічною водою, забруднюючи у такий спосіб воду, і мають негативний вплив на подальші застосування води.

У багатьох операціях переробки мінералів, наприклад, процесі збагачення мінеральних пісків, звичайним є також продукування другого потоку відходів, що включає, головним чином, крупні (> 0,1 мм) мінеральні частинки. Особливо бажано позбавлятися від крупних та дрібних частинок відходів у вигляді гомогенної суміші, оскільки це поліпшує механічні властивості зневоднених твердих речовин, знижуючи у значній мірі час та витрати, котрі фактично потрібні на відновлення землі. Проте, звичайно це неможливо, оскільки навіть якщо крупнозернистий матеріал відходів ретельно змішується у водній суспензії дрібнозернистого матеріалу перед осадженням в області захоронення відходів, крупнозернистий матеріал осідає набагато швидше, ніж дрібнозернистий матеріал, результатом чого буде утворення смужкуватої структури всередині зневоднених твердих речовин. Крім того, коли кількість крупно-

зернистого матеріалу щодо кількості дрібнозернистого матеріалу відносно велика, швидка седиментація крупнозернистого матеріалу може призвести до занадто великих кутів нагромадженого намівного матеріалу, що сприяє стіканню водних відходів, які містять високі пропорції дрібних частинок, додатково забруднюючи відновлену воду. Як результат, часто буває необхідним обробляти крупнозернисті та дрібнозернисті потоки відходів окремо та рекомбінувати ці матеріали шляхом механічної переробки, коли процес зневоднення завершений.

Робилися спроби подолати всі зазначені вище проблеми шляхом обробки матеріалу, що подається до хвостової дамби, з використанням коагулянту або флокулянту для підвищення швидкості седиментації та/або поліпшення чистоти та прозорості вивільненої води. Проте, це не було успішним, оскільки вищезазначені обробки застосовувались у звичайних дозах, і це не принесло великої вигоди або взагалі не дало її як у плані швидкості ущільнення дрібнозернистого матеріалу відходів, так і чистоти та прозорості відновленої води.

Великі кількості частинок матеріалу, такого як хвости від операцій переробки мінеральної сировини, вивантажуються як водні шлами у відстійники, водойми або запруды. Матеріал висушується у механічно тверду форму як результат комбінованої дії випаровування, седиментації та дренажу.

У байєрівському процесі відновлення оксиду алюмінію із бокситу боксит виварюється у водному лужному розчині з утворенням алюмінату натрію, котрий відокремлюється від нерозчинного залишку. Цей залишок складається як із піску, так і з дрібнозернистих частинок, головним чином, оксиду заліза (III). Водна суспензія останнього відома як червоний шлам.

Після первинного відділення розчину алюмінату натрію від нерозчинного залишку пісок (крупнозернисті відходи) відокремлюється від червоного шламу. Супернатантний луг піддається додатковій обробці для відновлення алюмінату. Червоний шлам потім промивається шляхом застосування множини послідовних стадій промивки, де червоний шлам контактує з промивним лугом і потім піддається флокуляції шляхом додавання агента флокуляції. Після кінцевої стадії промивки червоний шлам ущільнюється, наскільки це можливо, і потім піддається захороненню. Ущільнення у контексті цієї специфікації означає, що вміст твердих речовин у червоному шламі підвищується. Кінцева стадія ущільнення може включати осідання лише флокульованого шламу, або, інколи, включає стадію фільтрації. В альтернативному варіанті або додатково шлам може піддаватися пролонгованому осадженню у відстійнику. У будь-якому разі, ця кінцева стадія ущільнення обмежується потребою відкачки ущільненої водної суспензії до області захоронення відходів.

Шлам може піддаватись захороненню та/або додатковому висушуванню для наступного захоронення в областях укладання шламу. Щоб бути придатним для укладання в купи, шлам повинен мати високий вміст твердих речовин і після уклад-

ки не повинен текти, а має бути відносно твердим, щоб кут укладки був якомога більшим, так що купа займе якомога меншу площу для даного об'єму. Вимога щодо високого вмісту твердих речовин суперечить вимозі до матеріалу залишатися придатним до прокачування як рідина, так що навіть, хоча можливо продукувати шлам із бажаним високим вмістом твердих речовин для укладання, це може зробити шлам неприйнятним для перекачки.

Піщану фракцію, що відокремлена від залишку, також промивають і переносять до області захоронення для окремого зневоднення та захоронення.

Документ EP-A-388108 описує додавання водопоглинаючого водонерозчинного полімеру до матеріалу, який містить водну рідину з диспергованими частинками твердих речовин, такого як червоний шлам, до відкачування, з наступним відкачуванням цього матеріалу, його відстоюванням, твердінням та перетворенням у матеріал, що придатний для укладання. Полімер абсорбує водну рідину шламу, що допомагає зв'язуванню частинок твердих речовин та твердінню у такий спосіб матеріалу. Проте, цей процес має ту ваду, що він потребує високих доз полімеру-абсорбенту для досягнення адекватного твердіння. Для одержання у достатній мірі затверділого матеріалу часто потрібно використовувати дози від 10 до 20 кг на тону шламу. Хоча використання для твердіння відходів полімеру-абсорбенту, який розбухає від води, може дати уявне збільшення вмісту твердих речовин, водна рідина фактично утримується в об'ємі полімеру-абсорбенту. Це має ту ваду, що водна рідина, котра фактично не була видалена із затверділого матеріалу, може за певних умов десорбуватися, і це спричинює ризик повторної флоїдизації відходів з неминучим ризиком дестабілізації купи відходів. Цей спосіб не забезпечує зневоднення суспензії і, крім того, не надає жодних ознак щодо можливості проведення відновлення.

Документ WO-A-96/05146 описує процес укладання водного шламу частинок твердих речовин, котрий включає змішування емульсії водорозчинного полімеру, диспергованого у безперервній масляній фазі, зі шламом. Перевага віддається розведенню емульсійного полімеру розріджувачем, котрий є, в оптимальному варіанті у вигляді вуглеводневої рідини або газу та котрий не інвертує емульсію. Тому вимогою до даного процесу є те, щоб полімер не додавався у шлам як водний розчин. Повідомлення про те, що зневоднення та твердіння можуть бути досягнуті у мірі, достатній для формування куп мінерального матеріалу шляхом додавання водного розчину полімеру, відсутні. Крім того, в цьому документі немає вказівок на те, що може бути досягнуто відновлення області захоронення відходів, яка містить купу нагромадженого матеріалу відходів.

Документ WO-A-0192167 описує процес, де матеріал, котрий містить суспензію частинок твердих речовин, відкачується як флоїд і потім відстоюється та твердіє. Твердіння досягається шляхом введення у суспензію частинок водорозчинного полімеру, внутрішня в'язкість якого становить при-

наймні 3 дл/г (dl/g). Ця обробка дозволяє матеріалу зберігати свою текучість при прокачуванні, але при відстоюванні спричинює його твердіння. Цей процес має ту перевагу, що концентровані тверді речовини можуть легко укладатися, що мінімізує площу землі, потрібну для захоронення відходів. Даний процес має також ту перевагу відносно використання структурованих полімерів, котрі абсорбують воду, що вода із суспензії виділяється, а не абсорбується й не зберігається полімером. У даній заявці наголошується на важливості застосування частинок водорозчинного полімеру і зазначається, що використання водних розчинів розчиненого полімеру неефективне. За допомогою цього процесу досягається дуже ефективно виділення води та зручне зберігання відходів твердих матеріалів, особливо у застосуванні щодо осадів червоного шламу від байєрівського глиноземного процесу. Хоча цей спосіб забезпечує прийнятне зневоднення та твердіння суспензій частинок мінерального матеріалу, ніщо не вказує на можливість відновлення області захоронення відходів.

Документ WO 2004/060819 описує процес, у якому матеріал, котрий містить водну рідину з диспергованими частинками твердих речовин, переноситься як флюїд в область осадження, потім відстоюється та твердіє, і в якому твердіння поліпшується при збереженні текучості матеріалу під час перенесення шляхом комбінування з матеріалом ефективною для твердіння кількості водного розчину водорозчинного полімеру. Описаний також процес, в якому досягається зневоднення частинок твердих речовин. Хоча цей спосіб є способом суттєвого поліпшення твердіння та зневоднення суспензій частинок мінерального матеріалу, у даній заявці немає вказівок на можливість будь-якого відновлення області захоронення відходів.

У випадку обробки нафтоносних пісків руда переробляється для відновлення бітумної фракції, і залишок, включаючи як оброблюваний матеріал, так і порожню породу, складає хвости, котрі не являють собою цінності і мають бути переведені у відходи. У процесі переробки нафтоносних пісків основним робочим матеріалом є вода, і порожня порода являє собою, головним чином, пісок з певною кількістю мулу та глини. У фізичному плані хвости складаються із твердої частини (піщані хвости) та більш або менш рідкої частини (шламу). Найбільш придатним місцем для захоронення цих хвостів була б існуюча викопана яма у ґрунті. Проте, піщаний та шламовий компоненти займають більший об'єм, ніж руда, із якої вони були перероблені.

У процесі відновлення сирої нафти та бітуму з осадів нафтоносних пісків, коли застосовується розробка відкритим способом, нафта або бітум екстрагується або з використанням гарячого водного процесу, в якому нафтоносний пісок змішується з нагрітою до 65 °C (150 °F) водою та каустиком, або низькоенергетичного екстракційного процесу, який проводиться при нижчих температурах без каустику. Проте, обидва процеси генерують великі об'єми хвостів, котрі складаються з цільного піщаного нафтоносного рудного тіла плюс

чисті добавки оброблюваної води, лише без відновленого бітумного продукту.

Ці піщані хвости можуть бути підрозділені на три категорії, а саме: (1) надрештні, (2) крупнозернисті або піщані хвости (фракція, що осідає швидко), і (3) дрібнозернисті хвости або хвостовий шлам (фракція, що осідає повільно). Таким чином, хвости нафтоносних пісків складаються із частинок різних розмірів.

Добре відомим є концентрування цих хвостів нафтоносних пісків в ущільнювачі з утворенням високощільного ущільненого матеріалу та відновленням певної кількості технічної води, як зазначалось вище.

Наприклад, Xu. Y et al., Mining Engineering, November 2003, p. 33-39, описують добавку аніонних флокулянтів до хвостів нафтоносних пісків в ущільнювачі перед захороненням.

Документ US 3707523 описує приготування відновлених відходів шляхом обробки піску гідролізованим поліакриламідом і потім змішування цього обробленого піску зі шламами від фосфатної руди.

Документ US 4611951 описує рекультивацію гірських виробок з використанням відпрацьованих рудних шлаків, що містять флокулянт та дренажну воду від осадженого шламового майданчика. Потім на них набризкуються піщані хвости, змішані з водним шламом, що містить флокулянт та надтонкі частинки глини. Після висівання насіння йому була надана можливість проростання та зростання.

Документ US 3718003 описує комбінування тонких твердих речовин з відкладенням загалом крупнозернистих мінеральних хвостів для поліпшення родючості об'єднаного матеріалу.

Було б бажаним виявити спосіб відновлення області осадження або ділянки захоронення відходів, котрий не обов'язково потребує застосування флокулянту до одного піску. Також було б бажаним виявити спосіб, у якому уникають попереднього загущення шлаків. Крім того, було б бажаним забезпечити відновлену зону з поліпшеними характеристиками щодо поновлення рослинного покриву.

Попередній рівень техніки має також ту незручність, що потребує специфічних схем фізичного розподілу, щоб одержати перемішаний та сформований відповідним чином піщаний дріб'язок. Крім того, у попередньому рівні техніки необхідна екстенсивна додаткова обробка твердих речовин, наприклад, бульдозерами, а також значний проміжок часу для ущільнення необробленого матеріалу до прийнятного вмісту твердих речовин.

Крім того, було б бажаним забезпечити спосіб, що виключає множинні стадії обробки.

В одному аспекті даного винаходу забезпечується спосіб відновлення області захоронення відходів з метою зробити її придатною для росту рослин, що включає частинки мінерального матеріалу,

де частинки мінерального матеріалу були одержані шляхом зневоднення із суспензії вищезазначеного матеріалу,

який включає стадії перенесення суспензії частинок мінерального матеріалу як флюїду в об-

ласть осадження та в якому суспензії надають можливість відстоюватись та зневоднюватись в області осадження з утворенням зневоднених частинок мінерального матеріалу,

де відновлення області захоронення відходів досягається шляхом додавання зневоднюючої кількості полімеру до суспензії частинок мінерального матеріалу при його перенесенні як флюїду в область осадження,

де полімер є або синтетичним водорозчинним полімером, що одержаний із одного або кількох ненасичених в етиленоподібний спосіб мономерів, які мають внутрішню в'язкість принаймні 4 дЛ/г, або водорозчинним полімером, котрий є природним полімером або напівприродним полімером.

Ще один аспект даного винаходу стосується нового застосування полімеру для цілей відновлення області захоронення відходів. Так, у цій формі забезпечується застосування полімеру у зневодненні суспензії частинок мінерального матеріалу для цілей забезпечення області захоронення відходів із поліпшеними відновленими характеристиками щодо росту рослин,

де вищезазначений полімер додається до суспензії частинок мінерального матеріалу при його перенесенні як флюїду в область осадження та де суспензії надають можливість відстоюватись та зневоднюватись в області осадження з утворенням зневоднених частинок мінерального матеріалу,

де полімер є або синтетичним водорозчинним полімером, що одержаний із одного або кількох ненасичених в етиленоподібний спосіб мономерів, які мають внутрішню в'язкість принаймні 4 дЛ/г, або водорозчинним полімером, котрий є природним полімером або напівприродним полімером.

При введенні полімеру в суспензію частинок мінерального матеріалу в міру того, як він переноситься як флюїд, було виявлено, що зневоднений твердий матеріал відповідним чином дозволяє відновлювати область захоронення відходів. Крім того, вищезазначені незручності попереднього рівня техніки легко долаються за допомогою даного винаходу. Під областю осадження розуміється будь-яка область, де може бути осаджені вищезазначені частинки матеріалу. Наприклад, це може бути будь-яка область, де осаджуються відходи від операцій переробки мінеральної сировини. В альтернативному варіанті це може бути будь-яка область, що була розкопана, наприклад, для добування корисного матеріалу, наприклад, мінеральних компонентів, включаючи бітум, і де розкопана область заповнена частинками матеріалу, обробленими згідно з даним винаходом. Взагалі відновлення області включатиме, наприклад, приведення області захоронення відходів у стан, придатний для будинку або іншої конструкції, або в оптимальному варіанті відновлення додатково досягається шляхом введення в область захоронення рослин, посівів або насіння, придатного для проростання. Зазвичай, останнім буде надана можливість росту з утворенням рослинного покриву.

Зазвичай суспендовані тверді речовини можуть бути сконцентровані в ущільнювачі й цей матеріал, наприклад, полишатиме ущільнювач у ви-

гляді ущільненого матеріалу, котрий прокачуватиметься по трубопроводу до області осадження. Трубопровід може являти собою будь-який звичайний засіб для перенесення матеріалу до області осадження і може бути, наприклад, трубою або каналом. Матеріал залишається рідким і придатним до перекачування під час стадії перенесення перед його відстоюванням та твердінням.

За потреби, процес даного винаходу може бути частиною операції переробки мінеральної сировини, де водна суспензія відходів, за потреби, піддається флокуляції у резервуарі з утворенням супернатантного шару, який містить водний луг, та шару ущільненого матеріалу, який містить ущільнені тверді речовини, котрі формують матеріал. Супернатантний шар відокремлюється від ущільненого матеріалу в резервуарі і звичайно піддається рециркуляції або додатковій обробці. Водна суспензія відходів або, за потреби, ущільнений матеріал переноситься звичайно шляхом pompування до зони осадження, котра може являти собою, наприклад, хвостову дамбу або відстійник.

Матеріал може складатись із лише, головним чином, дрібнозернистих частинок або суміші дрібнозернистих та крупнозернистих частинок. За потреби, додаткові крупнозернисті частинки можуть бути скомбіновані з водною суспензією в будь-якій зручній точці перед вивантаженням у зоні осадження. Коли матеріал досягає зони осадження, йому надають можливість відстоюватись та зневоднюватись, і крім того, в оптимальному варіанті відбувається його твердіння. Полімер може бути доданий до матеріалу в ефективній кількості у будь-якій зручній точці, зазвичай під час переносу. У деяких випадках водна суспензія перед її перенесенням до зони осадження може переноситись спочатку до змішувального резервуару. Після осадження суспензії частинок мінерального матеріалу він зневоднюється з утворенням зневодненої твердої речовини зі зниженими пилоутворюючими характеристиками. В оптимальному варіанті зневоднена суспензія частинок мінерального матеріалу утворює компакту та суху тверду масу шляхом сумісної дії седиментації, дренажу та випарного висушування.

Поверхня осаджених частинок мінерального матеріалу досягає практично сухого стану. На додаток, частинки мінерального матеріалу будуть звичайно консолідованими та твердими, наприклад, завдяки одночасному твердінню та зневодненню, і зможуть нести значне навантаження, зазвичай потрібне для відновлення.

Придатні дози полімеру варіюються від 10 г до 10000 г на тонну матеріалу із твердих речовин. Зазвичай відповідна доза може варіюватись згідно з вмістом конкретного матеріалу та твердих речовин. Дози, яким віддається перевага, знаходяться у межах від 30 до 3000 г на тонну, в оптимальному варіанті від 30 до 1000 г на тонну, і в більш оптимальному варіанті в межах від 60 до 200 або 400 г на тонну. Полімер може додаватись до суспензії частинок мінерального матеріалу, такого як, наприклад, хвостового шламу, у твердій формі частинок, в альтернативному варіанті до водного роз-

чину, що був одержаний шляхом розчинення полімеру в воді або водному середовищі.

Частинки мінерального матеріалу звичайно мають неорганічну природу.

Зазвичай матеріал може бути одержаний із або містити фільтраційний кек, хвости, ущільнений матеріал із ущільнювача або неущільнені потоки відходів підприємств, наприклад, інші мінеральні хвости або шлами, включаючи фосфатні, алмазні, золоті шлами, мінеральні піски, хвости від переробки цинкових, свинцевих, мідних, срібних, уранових, нікелевих, залізних руд, вугілля, нафтоносних пісків або червоного шламу. Матеріал може являти собою тверді речовини, що випали в осад у кінцевому ущільнювачі або на стадії промивки операції переробки мінеральної сировини. Таким чином, бажано, щоб матеріал походив від операції переробки мінеральної сировини. В оптимальному варіанті матеріал включає хвости. В оптимальному варіанті мінеральний матеріал є гідрофільним за природою і в більш оптимальному варіанті його вибирають із червоного шламу та хвостів, що містять гідрофільну глину, таких як хвости нафтоносних пісків, і т.д.

Тонкі хвости або інший матеріал, котрий перекачується, можуть мати вміст твердих речовин у межах від 10 до 80% за вагою. Суспензії часто знаходяться у межах від 20 до 70% за вагою, наприклад, від 45 до 65% за вагою. Розміри частинок у типовій пробі тонких хвостів практично всі менші 25 мікрон, наприклад, 95% за вагою матеріалу складають частинки, менші 20 мікрон, і приблизно 75%, менші 10 мікрон. Частинки крупнозернистих хвостів практично більші 100 мікрон, наприклад, приблизно 85% більші 100 мікрон, але зазвичай, менші 10000 мікрон. Тонкі (дрібнозернисті) та крупнозернисті хвости можуть бути присутніми або скомбінованими разом у будь-якому зручному відношенні, за умови, що матеріал залишається здатним до прокачування.

Дисперговані частинки твердих речовин можуть мати бімодальний розподіл розмірів частинок. Зазвичай цей бімодальний розподіл може включати дрібнозернисту фракцію та крупнозернисту фракцію, де пік дрібнозернистої фракції практично нижче 25 мікрон, і пік крупнозернистої фракції практично вище 75 мікрон.

Авторами було виявлено, що кращі результати в плані зневоднення та твердіння одержують, коли матеріал є відносно концентрованим та гомогенним. Проте, даний винахід забезпечує також поліпшене відновлення. Може також бути бажаним поєднати додавання полімеру та інших компонентів. Наприклад, властивості текучості матеріалу через трубопровід можуть бути поліпшені шляхом включення диспергатора. Зазвичай, якщо диспергатор включений, то він буде присутній у звичайних кількостях. Проте, авторами було встановлено, що неочікувано присутність диспергаторів або інших добавок не зашкоджує зневодненню та твердінню матеріалу або дійсно відновленню області, в якій він був осаджений. Крім того, бажаною може бути попередня обробка матеріалу неорганічним або органічним коагулянтном для попередньої коагуляції дрібнозернистого матеріалу з метою по-

сприяти його утриманню у зневоднених частинках матеріалу.

У даному винаході полімер додається прямо до вищезгаданої суспензії частинок мінерального матеріалу, що переноситься. Полімер може складатись повністю або частково із водорозчинного полімеру. Так, полімер може включати суміш структурованого полімеру та водорозчинного полімеру, за умови, що достатня кількість полімеру є водорозчинною або поводить себе як така, що є водорозчинною, щоб здійснити зневоднення при відстоюванні. Полімер може бути у практично сухій формі частинок, але в оптимальному варіанті він додається як водний розчин.

Полімер може бути фізичною сумішшю полімеру, здатного до розбухання, та розчинного полімеру, або в альтернативному варіанті - структурованого у незначній мірі полімеру, як описано, наприклад, у документі EP 202780. Хоча частинки полімеру можуть містити певну кількість структурованого полімеру, для даного винаходу суттєво, щоб була присутня значна кількість водорозчинного полімеру. Коли частинки синтетичного полімеру містять певну кількість полімеру, здатного до розбухання, бажано, щоб принаймні 80% полімеру було водорозчинним.

Полімер повинен включати полімер, котрий повністю або принаймні частково водорозчинний. Він може бути розгалуженим через присутність розгалужувального агента, наприклад, як описано у документі WO-A-9829604, наприклад, у п. 12 формули винаходу, або в альтернативному варіанті водорозчинний полімер є практично лінійним.

В оптимальному варіанті водорозчинний синтетичний полімер має помірну або високу молекулярну вагу. Бажано, щоб він мав внутрішню в'язкість принаймні 3 дл/г (виміряну в 1M NaCl при 25 °C) і взагалі принаймні 5 або 6 дл/г, хоча полімер може бути полімером значної молекулярної ваги і виявляти внутрішню в'язкість 25 дл/г або 30 дл/г, або навіть більше. В оптимальному варіанті полімер матиме внутрішню в'язкість у межах 8-25 дл/г, в більш оптимальному варіанті - від 11 або 12 дл/г до 18 або 20 дл/г.

Внутрішня в'язкість полімерів може визначатись шляхом приготування водного розчину полімеру (0,5-1% вага/вага), базуючись на активному вмісті полімеру. 2 г цього 0,5-1% полімерного розчину розводять до 100 мл у мірній колбі 50 мл 2M розчину хлориду натрію при pH 7,0 (встановленого за допомогою 1,56 г мононатрійфосфату натрію та 32,26 г динатрій фосфату на літр деіонізованої води) і доводять до 100 мл відмітки деіонізованою водою. Внутрішню в'язкість полімерів вимірюють із використанням віскозиметра з підвищеним рівнем Номер 1 при 25 °C у 1M буферному сольовому розчині.

Водорозчинні полімери можуть бути природними полімерами, наприклад, полісахаридами, такими як крохмаль, гуарова смола або декстран, або напівприродними полімерами, такими як карбоксиметилцелюлоза або гідроксietилцелюлоза. В оптимальному варіанті полімер є синтетичним і в оптимальному варіанті він одержаний із ненасиче-

ного в етиленоподібний спосіб водорозчинного мономеру або суміші мономерів.

Водорозчинний полімер може бути катіонним, неіонним, амфотерним або аніонним. Полімери є в оптимальному варіанті синтетичними й можуть бути утворені з будь-яких придатних водорозчинних мономерів. Зазвичай водорозчинні мономери мають розчинність у воді принаймні 5 г/100 см^3 при 25°C . Полімери, яким віддається перевага, є або неіонними, або аніонними полімерами, що утворені з одного або кількох ненасичених в етиленоподібний спосіб мономерів. Коли полімер є неіонним, він буде утворений із одного або кількох неіонних мономерів, наприклад, вибраних із групи, яка складається із (мет) акриламідів, гідроксіалкілових естерів (мет) акрилової кислоти та N-вінілпіролідону. Зазвичай аніонні полімери утворені з одного або кількох іонних мономерів, за потреби у комбінації з одним або кількома іонними мономерами.

Особлива перевага віддається аніонним полімерам, що утворені з мономерів, котрі вибрані з ненасичених в етиленоподібний спосіб мономерів карбонової кислоти та сульфопонової кислоти, в оптимальному варіанті тих, що вибрані з (мет) акрилової кислоти, алілсульфопонової кислоти та 2-акриламід-2-метилпропан сульфопонової кислоти та їхніх солей, за потреби у комбінації з неіонними співмономерами, вибраними в оптимальному варіанті з (мет) акриламідів, гідроксіалкілових естерів (мет) акрилової кислоти та N-вінілпіролідону. Аніонні полімери, яким віддається особлива перевага, включають гомополімер акриламідів або співполімер акриламідів та акрилату натрію.

Згідно з даним винаходом, може бути бажаним використати катіонні полімери. Придатні катіонні полімери можуть бути утворені з ненасичених в етиленоподібний спосіб мономерів, вибраних із диметиламіноетил (мет) акрилат-метилхлориду, (DMAEA.MeCl) четвертинного, діалілдиметиламоній хлориду (DADMAC), триметиламінопропіл (мет) акриламід хлориду (ATPAC), за потреби у комбінації з неіонними співмономерами, які вибрані в оптимальному варіанті з (мет) акриламідів, гідроксіалкілових естерів (мет) акрилової кислоти та N-вінілпіролідону.

У деяких випадках було визначено сприятливим додавати окремо комбінації різних типів полімерів. Так, водний розчин аніонного, катіонного або неіонного полімеру може бути доданий до вищезгаданого матеріалу першим, з наступною другою дозою або схожого чи іншого водорозчинного полімеру будь-якого типу.

У даному винаході водорозчинний полімер може бути одержаний за допомогою будь-якого придатного способу полімеризації. Полімери можуть бути одержані, наприклад, як гелеподібні полімери шляхом полімеризації у розчині, суспензійної полімеризації у суспензії типу вода-у-маслі або емульсійної полімеризації в емульсії типу вода-у-маслі. При приготуванні гелеподібних полімерів шляхом полімеризації у розчині в мономерний розчин вводяться зазвичай ініціатори.

За потреби, може бути включена система термічних ініціаторів. Зазвичай термічний ініціатор

може включати будь-яку придатну ініціаторну сполуку, що вивільнює радикали при підвищеній температурі, наприклад, азо сполуки, такі як азо-біс-ізобутиронітрил. Температура під час полімеризації має підвищуватись до принаймні 70°C , але в оптимальному варіанті нижче 95°C . В альтернативному варіанті полімеризація може проводитись шляхом опромінення (ультрафіолетового, мікрохвильового, теплового і т.д.), за потреби також із використанням придатних радіаційних ініціаторів. Коли полімеризація завершена й полімерний гел достатньо охолодився, він може бути оброблений у стандартний спосіб шляхом, по-перше, подрібнення на менші шматки, висушування до суттєво дегідратованого полімеру та наступного розмелювання в порошок. В альтернативному варіанті полімерні гелі можуть постачатись у формі полімерних гелів, наприклад, желеподібних полімерних колодок.

Такі полімерні гелі можуть бути одержані з використанням придатних способів полімеризації, як описано вище, наприклад, шляхом опромінення. Гелі можуть бути порубані на шматки потрібних відповідних розмірів і потім при застосуванні змішані з матеріалом як частково гідратовані водорозчинні полімерні частинки.

Полімери можуть бути виготовлені у вигляді бусинок шляхом суспензійної полімеризації або емульсійної полімеризації в емульсії або дисперсії типу вода-у-маслі, наприклад, згідно зі способом, що визначений у документах EP-A-150933, EP-A-102760 або EP-A-126528.

В альтернативному варіанті водорозчинний синтетичний полімер може бути забезпечений як дисперсія у водному середовищі. Це може бути, наприклад, дисперсією полімерних частинок розміром принаймні 20 мікрон у водному середовищі, що містило зрівноважувальний агент, як зазначено у документі EP-A-170394. Це може, наприклад, також включати водні дисперсії полімерних частинок, одержаних шляхом полімеризації водних мономерів у присутності водного середовища, що містить розчинені нижчі IV полімери, такі як полідіалілдиметил амоній хлорид та, за потреби, інші розчинені матеріали, наприклад, електроліт та/або мультигідрокси сполуки, наприклад, поліалкіленгліколи, як зазначено у документах WO-A-9831749 або WO-A-9831748.

Водний розчин водорозчинного полімеру одержують зазвичай шляхом розчинення полімеру в воді або шляхом розведення більш концентрованого розчину полімеру. Зазвичай тверді частинки полімеру, наприклад, у формі порошку або бусинок, диспергуються у воді та розчиняються при перемішуванні. Це може бути досягнуто з використанням звичайного придатного обладнання. Бажано, полімерний розчин може бути одержаний з використанням Auto Jet Wet (торгова марка), що постачається Ciba Specialty Chemicals. В альтернативному варіанті синтетичний полімер може постачатись у формі емульсії зі зворотною фазою або дисперсії, котра може бути потім інвертована у воду.

Коли полімер додається до водного розчину, він може додаватись у будь-якій придатній концен-

трації. Може виникнути потреба у застосуванні відносно концентрованого розчину, наприклад, до 10% або більше, виходячи з ваги полімеру, для мінімізації кількості води, що вводиться у матеріал. Хоча звичайно бажано додавати полімерний розчин при меншій концентрації для мінімізації проблем, спричинених високою в'язкістю полімерного розчину, та полегшення розподілу полімеру по матеріалу. Полімерний розчин може додаватися при відносно невеликій концентрації, наприклад, до 0,01% за вагою полімеру. Типово полімерний розчин зазвичай застосовується при концентрації від 0,05 до 5% за вагою полімеру. В оптимальному варіанті концентрація полімеру лежить у межах від 0,1 до 2 чи 3%. В більш оптимальному варіанті концентрація становить від 0,25 або 0,5% до приблизно 1 або 1,5%.

У даному винаході суспензія частинок мінерального матеріалу може звичайно бути матеріалом відходів від операцій переробки мінеральної сировини.

Коли водні суспензії дрібнозернистих та крупнозернистих частинок матеріалів поєднуються для цілей сумісного захоронення, ефективна кількість водорозчинного полімерного розчину додається звичайно під час або після змішування різних потоків відходів у гомогенну суспензію.

Зазвичай суспензія частинок мінерального матеріалу може бути перенесена вздовж трубопроводу та через стічний отвір до зони осадження. Потім суспензії частинок мінерального матеріалу надають можливість зневоднитися в зоні осадження. В оптимальному варіанті суспензія частинок матеріалу, що була перенесена до зони осадження, також твердіє при відстоюванні. У багатьох випадках зона осадження вже містить затверділий мінеральний матеріал. Придатним є, коли суспензія частинок мінерального матеріалу при досягненні зони осадження розтікається по поверхні попередньо затверділого мінерального матеріалу й матеріал відстоюється та твердіє, утворюючи нагромаджену купу.

В оптимальному варіанті матеріал відкачується як рідина до стоку в зоні осадження і йому надається можливість розтікатись по поверхні затверділого матеріалу. Матеріал відстоюється та твердіє, і таким чином утворює купу затверділого матеріалу. Цей процес може повторюватись кілька разів, з утворенням купи, котра включає кілька шарів затверділого матеріалу. Утворення нагромаджених куп затверділого матеріалу має ту перевагу, що для захоронення потрібна менша територія.

В операції переробки мінеральної сировини, де суспензія, котра містить тверді речовини, піддається флокуляції в ущільнювачі для розділення суспензії на супернатантний шар та на ущільнений матеріал, матеріал може зазвичай оброблятися у будь-якій придатній точці після флокуляції в ущільнювачі, але перед спрямуванням матеріалу на відстоювання. Зазвичай суспензія переноситься по трубопроводу до зони осадження. Звичайно це досягається шляхом помпування суспензії частинок мінерального матеріалу. Придатна та ефективна у плані зневоднення кількість водорозчинного

полімеру може змішуватися з матеріалом до або під час стадії помпування. Зазвичай це має бути достатнім для забезпечення твердого матеріалу, що придатний для відновлення певної області, зокрема, де суспензія частинок матеріалу одночасно твердіє. У такий спосіб полімер може бути розподілений по матеріалу.

В альтернативному варіанті полімер може бути введений та змішаний з матеріалом після стадії помпування. Найбільш ефективна точка введення залежатиме від субстрату та відстані від ущільнювача до зони осадження. Якщо трубопровід відносно короткий, може бути зручним дозувати полімерний розчин поблизу того місця, де матеріал витікає з ущільнювача. З іншого боку, коли зона осадження у значній мірі віддалена від ущільнювача, може бути бажаним вводити полімерний розчин ближче до стічного отвору. У деяких випадках може бути зручним вводити полімерний розчин у матеріал на виході зі стоку. Часто може бути бажаним вводити полімер у суспензію до її виходу зі стічного отвору, в оптимальному варіанті в межах 10м від стоку.

Реологічні характеристики матеріалу, коли він перетікає через трубопровід до зони осадження, важливі, оскільки будь-яке погіршення характеристик текучості може серйозно зашкодити ефективності процесу. Важливо, щоб не відбувалось значного осадження твердих речовин, оскільки це може спричинити закупорювання, що може означати зупинку установки для її прочищення. Крім того, важливо, щоб не відбувалось значного погіршення характеристик текучості, оскільки це може занадто погіршити придатність матеріалу до перекачування. Такий шкідливий ефект може призвести до суттєвого підвищення енерговитрат, оскільки помпування стане утрудненим і збільшиться ймовірність підсиленого зносу помпового обладнання.

Реологічні характеристики суспензії частинок мінерального матеріалу в процесі його зневоднення важливі, оскільки коли він відстоюється, важливо, щоб течія була зведена до мінімуму та щоб в ідеалі загуснення і в оптимальному варіанті твердіння матеріалу просувалося швидко. Якщо матеріал занадто текучий, він не утворить ефективної купи і є також ризик, що він забруднить воду, яка виділилась із матеріалу. Бажано також, щоб затверділий матеріал був достатньо міцним і залишався неушкодженим, і міг витримувати вагу наступних шарів затверділого матеріалу, котрі на нього наносяться. Ця властивість особливо бажана для відновлення території, на якій був осаджений матеріал.

Даний винахід намагається уможливити утворення несегрегованої суміші в одну стадію. Після зневоднення утворюється супраповітряний шар, і це робить його придатним для росту рослинності. Крім того, відношення крупнозернистого матеріалу до дрібнозернистого матеріалу передбачуване, на відміну від звичайних способів, де ступінь прошакування в цілому може змінюватись. Додаткові переваги щодо інших методів відновлення включають простий підхід до забезпечення відновленої області, зазвичай шляхом єдиної та безперервної

обробки текучої суспензії матеріалу, який має осаджуватись.

Несегрегована відкрита структура обробленої купи більш проникна для наступних дощів, що сприятливо для росту рослин. Це дає структуру, котра є ближчою до структури природного ґрунту. Рослини потребують повітря, воду та живильні речовини, щоб вижити та процвітати. Без вільного руху води та живильних речовин створюються анаеробні умови, і ріст рослин не може підтримуватись. Імовірно, що структура, створена шляхом обробки, буде сприятлива до рослинного росту, котрий генерований або шляхом природної повторної вегетації або гідровисівання. Можливо також вводити насіння та живильні речовини у кінцевий шар обробленого матеріалу, щоб забезпечити простий, одностадійний процес для сприяння поверхневому проростанню.

У багатьох випадках частинки мінерального матеріалу, наприклад, хвости, можуть містити розчинні забруднювачі, наприклад, високі рівні солей, котрі можуть бути шкідливими для росту рослин і тому можуть обмежувати відновлення. Високі рівні солей, таких як NaCl, можуть бути присутніми через переробку мінеральної сировини у замкненому контурі, коли всі солі вимиваються з руди, наприклад, у випадку вугільних хвостів. Крім того, мінеральний матеріал може також містити розчинні важкі метали, котрі вилуговуються з руди в операціях переробки мінеральної сировини. У даному винаході обробка полімером, що спричиняє твердіння, котра генерує більш проникну структуру, надає можливість дощовій воді ефективніше вилугувати солі або інші розчинні солі шляхом перколяції. Таким чином, завдяки відкритій поруватій структурі дія дощової води на затверділі тверді речовини знижує кількість солей, присутніх поблизу поверхні, надаючи тим самим можливість росту для рослин і, отже, забезпечуючи поліпшене відновлення.

В оптимальному варіанті в результаті процесу даного винаходу досягається сприятлива нагромаджувальна геометрія укладання відходів і сумісна фіксація дрібнозернистої та крупнозернистої фракцій твердих речовин у матеріалі, та те, що будь-яка виділена вода має вищу рухому силу для її відокремлення від матеріалу шляхом гравітаційного дренажу. Нагромаджувальна геометрія забезпечує, як маєтсья на думці, вищий спрямований вниз ущільнюючий тиск на нижні шари твердого матеріалу, що, як здається, сприяє підсиленню процесу зневоднення. Авторами було встановлено, що ця геометрія забезпечує нагромадження більших кількостей відходів на певну площу поверхні, і це сприятливо як у плані збереження навколишнього середовища, так і з економічних міркувань.

Цілей даного винаходу неможливо досягти шляхом адаптації стадії флокуляції до ущільнювача. Наприклад, флокуляція суспензії в ущільнювачі з забезпеченням достатньо концентрованого ущільненого матеріалу, котрий можна укладати, дасть мало користі, оскільки буде неможливим перекачувати такий концентрований ущільнений матеріал. Крім того, додавання полімеру в ущільнювач

не досягне бажаного ефекту поліпшення стискання зневодненого мінерального матеріалу. Замість цього автори виявили, що важливо обробляти той матеріал, який був сформований в ущільнювачі. Здається, що окрема обробка загущених твердих речовин в ущільнювачі дозволяє ефективно твердіти матеріалу без погіршення його текучості під час переносу.

Відмітною ознакою даного винаходу, який віддається перевага, є твердіння під час виділення водного лугу, що відбувається в оптимальному варіанті на стадії зневоднення. Таким чином, у формі даного винаходу, який віддається перевага, матеріал зневоднюється під час твердіння з виділенням лугу, що містить значно менше твердих речовин. Луг потім може бути повернений у даний процес, зменшуючи у такий спосіб об'єм потрібної води, що подається, і тому важливо, що луг прозорий і практично вільний від забруднень, особливо мігруючих дрібнозернистих частинок. Відповідно, луг може бути, наприклад, рециркульований до ущільнювача, із якого матеріал був виділений в ущільненому вигляді. В альтернативному варіанті луг може бути спрямований на інші процеси, що забезпечені на цій самій установці.

Наступні приклади ілюструють даний винахід.

Приклад 1: Характеристики модифікаторів реології полімерів А та В

Характеристики порошкових полімерів, застосованих у прикладах 2 та 3.

Полімер А являв собою 50:50 натрій акрилат / акриламідний співполімер молекулярною вагою приблизно 1500000.

Полімер В являв собою 50:50 натрій акрилат / акриламідний співполімер молекулярною вагою приблизно 1000000.

Приклад 2: Відновлення

Приготування зразків

Як типову місцеву флору вибрали насіння трави Dwarf Ryegrass.

Субстрат 1 - Каолін & Піщаний шлам вибрали для цього експерименту як типового представника гетерогенних частинок глинистих хвостів.

833,0 г 20% SPS каолінового шламу

383,6 г піску з вмістом срібла (просіяного до фракції нижче 1000 мкм)

Загалом 1205,6 г

SG= 1,205

Субстрат 2 - 36,6% (вага/об'єм) глинисті хвости із шахти New Milton Sand and Gravel Mine, Великобританія.

Для кожного субстрату доза модифікатора реології була оптимізована з одержанням суттєвого поліпшення кута укладання та виділення води з використанням наступного способу.

Розчин модифікатора реології готували як 0,5% (вага/вага) маточний розчин і перед застосуванням додатково розводили до 0,25% (вага/вага).

Модифікатор реології додавали до кожної суспензії при вибраному рівні дозування 300 г/т для субстрату 1 та 956 г/т для субстрату 2 і розподіляли та змішували шляхом визначеної кількості виливів із стакана у стакан. Результуючий кут укладання встановлювали за допомогою наступного способу.

Жорсткий комір однакового діаметру та висоти (63 мм) поміщували на роликовий піддон для фарби, покритий листом грубого наждачного паперу.

Комір заповнювали до краю глинистою суспензією й останню розрівнювали.

Комір вилучали вертикально з піддону, на швидкості, надаючи можливість суспензії осідати назовні.

Заміряли діаметр та висоту на краю і в центрі результуючого кеку глинистої суспензії.

Результуючий кут конуса осадження обчислювали з використанням наступної формули:

$$\text{Кут конуса осадження, \%} = \frac{c - e}{r} \times 100.$$

Тут c відповідає висоті конуса осадження в центрі, e відповідає висоті конуса осадження на краю і r відповідає радіусу конуса осадження. Це показано на Фігурі 3.

Результат

Таблиця 1

Субстрат	Полімер	Дозування (г на тонну)	Кут конуса осадження (%)
Каолін та глина	Полімер А	300	134,5
Хвосты New Milton	Полімер В	956	120

Оцінка

Були застосовані два ефективних способи випробувань, щоб показати переваги використання обробки згідно з даним винаходом щодо відновлення шахтних майданчиків. Було вирішено змоделювати реалістичне навколишнє середовище шляхом відтворення області захоронення хвостів у зменшеному масштабі, а також оцінити ефект обробки в окремому статичному тесті на укладання.

Процедура

1) Методологія змодельованої області захоронення:

Для створення порівнянного розміру купи для обробленого та контрольного зразків було потрібно встановити рівні площі куп. Цього досягали шляхом поміщення 2 кілець діаметром 30 см на верх бетонних плит. Потім на верх кільця (на висоті 14 см над бетонною основою) поміщали трубу довжиною 120 см, діаметром 4 см, що нависала над кромкою кільця на 5 см.

Суспензію продавлювали через трубу з використанням стрижня з поршнем, приєднаним на його кінці, для моделювання прокачування суспензії через трубопровід та її осадження в області захоронення. За кілька діб додавання оброблена суспензія утворювала нагромаджену купу; необроблена суспензія купи не утворювала. Кінцева порція суспензії, яку додавали, містила в собі насіння трави при стандартній кількості для обробки поверхні, що покрита кінцевою аплікацією.

Фігура 1 зображує схему змодельованої області захоронення відходів.

Трубу довжиною 120 см, діаметром 4 см закупували з одного кінця, і 2 л субстрату 1 (2 кг для субстрату 2) вливали в неї через широкого горла лійку. Потім у відкритий кінець труби вводили гумовий поршень зі щільною посадкою, котрий пізніше розміщували у положенні над кільцем діаметром 30 см. До поршня приєднували металевий стрижень довжиною 150 см, і коли корок вилучали із труби, стрижень використовували для продавлювання суспензії з відкритого кінця у кільце, де їй надавали можливість зайняти свій власний рівень. Оскільки кільце вільно лежить на бетонній плиті,

виділена вода може повільно витікати з-під нього. Кільця знаходяться також під контрольованим освітленням, і їх піддавали освітленню протягом 10 годин на добу.

Цей спосіб був реалізований для оброблених та необроблених зразків протягом 5 діб при кожній новій добавці суспензії, яку накладали поверх відкладень попередніх діб. 5-та добавка також містила 66 г (33 г/л) насіння трави Rye.

З цього моменту кільця зрошували 500 г води через кожну добу, котру розповсюджували рівномірно по поверхні. Від 9 доби для субстрату 1, коли було помічено проростання, та 8 доби для субстрату 2 (незалежно від проростання) використовували замість цього 500 мл стандартного NPK добрива для обох обробок.

За 30 діб росту для субстрату 1 та 28 діб росту для субстрату 2 біомасу збирали та зважували.

2) Методологія статичного тесту на окреме укладання

По 2 л кожної суспензії, що містила 66 г насіння трави Rye, обробляли модифікатором реології, як для методу вище, та виливали у сито діаметром 20 см з розміром отворів 100 мкм. Потім його поміщували на бетонну плиту й піддавали освітленню протягом 10 годин за добу. Це було зроблено як для оброблених, так і для необроблених суспензій. Зразки зрошували через день 100 мл води, яка розтікалась по поверхні.

Після 30 діб вирощування біомасу збирали та зважували.

Два промислових субстрати одержували із шахтних майданчиків. Обробки модифікатором реології були оптимізовані у кожному випадку з одержанням значного поліпшення щодо кутів укладання та виділення води. Шлам вугільних хвостів із шахти Kellingley Coal Mine, Великобританія (19,1% твердих речовин, SG = 1,21, Polymer A @ 700 г/т 15 виливів із хімічного стакану) та шлам пісок і гравій (34,8% твердих речовин, SG = 1,21 Polymer B @ 956 г/т 15 виливів із хімічного стакану). Також випробували репрезентативний шлам каолін/пісок, описаний вище.

Подобиці обробки:

Таблиця 2

Субстрат	Полімер	Дозування (г на тонну)	Кут конуса осадження (%)
Каолін та пісок	Полімер А	300	134,5
Пісок та гравій	Полімер В	956	120
Вугільні хвости Kellingly	Полімер А	700	83,3

Результати
Зібрана біомаса

Таблиця

Хвостовий шлам	Методологія змодельованої області захоронення		Статичний тест	
	Необроблений	Оброблений	Необроблений	Оброблений
Каолін та пісок	45,5 г	117,0 г	0,0 г	29 г
Пісок та гравій	5,91	12,2	0,4 г	1,6 г
Вугільні хвости Kellingly			0,4 г	0,8 г

Приклад 3: Утримання води

Було розроблене випробування для оцінки перколяційних ефектів дощової води щодо обробки з модифікацією реології згідно з даним винаходом для шламу глини, піску та води, який представляє типовий субстрат шахтних хвостів. Це стосується опору до утворення поверхневої кірки і, отже, утримання вологості після дощу, що підтримує відростання рослин в області захоронення відходів.

Процедура

Розчин Полімер А готували як 0,5% (вага/вага) маточний розчин і перед застосуванням додатково розводили до 0,25% (вага/вага).

Шляхом додавання сухого піску у суспензію 20% (вага/об'єм) каоліну було одержане 3:7 відношення сухих твердих речовин для каоліну та піску, котре використовувалось для кожного випробування. Пісок попередньо висушували при 110 °C та просівали до розміру частинок -500+90 ум (um) перед застосуванням.

Модифікатор реології додавали при дозі 300 г/т сухих твердих речовин до суспензії й розподіляли та змішували шляхом встановленої кількості виливів із стакана у стакан. Контрольний зразок обробляли у схожий спосіб за виключенням модифікатора реології.

Ці зразки виливали у попередньо зважені тиглі зі спеченого скла (поруватість 1) і залишали для вільного стікання рідини у попередньо зважені хімічні стакани. Досліди повторювали. Первинний перколяційний тест схематично зображений на Фігурі 2.

Первинний перколяційний тест

Тести для контрольних та оброблених зразків проводили по два рази.

Вагу фільтрату луку вимірювали за 1 годину. Фільтрат луку висушували в печі при 110 °C для

визначення вмісту суспендованих твердих речовин.

Тиглі висушували в печі для визначення сухої ваги.

Результати наведені у Таблиці 4.

Профіль висушування суспензії

Випробування для контрольних та оброблених зразків проводили по два рази.

Тиглі поміщували під контрольоване у часі освітлення на кілька діб. Тривалість контрольованого таймером освітлення становила 10 годин протягом 24-годинного проміжку часу.

Кімнатну температуру підтримували в межах 19-22 °C.

Тиглі та стакани періодично зважували для одержання профілю висушування суспензії, який показаний на Фігурі 4.

Повторне зволоження дренажної суспензії та перколяція луку

Первинний перколяційний тест повторювали й висушування суспензії відтворювали. Проте, на 21 годині суспензію повторно зволожували 50 г води.

На 45 годині будь-яку поверхневу воду, яка залишилась, вилучали із суспензії й вагу фіксували.

На 69 годині суспензію повторно зволожували другий раз 50 г води.

На 93 годині будь-яку поверхневу воду, що залишилась, вилучали із суспензії й вагу фіксували.

Тиглі та стакани періодично зважували для одержання профілю перколяції.

Випробування дублювали й усереднені результати наведені нижче.

Результати

Первинний перколяційний тест

Таблиця 4

Первинний перколяційний тест

	Контрольний 1	Контрольний 2	Оброблений 1	Оброблений 2
Первинна маса(г)	63,6	63,6	63,6	63,6
Фільтрат (г)	19,05	19,88	10,13	9,65
Тверді речовини у фільтраті (г)	1,80	1,83	0,01	0,01
% твердих речовин у фільтраті	9,44	9,21	0,13	0,11
Кінцева суха вага (%)	37,00	37,10	40,51	40,96

Повторне зволоження дренажних суспензій

Таблиця 5

Повторне зволоження - накопичений фільтрат

	Час (години)	Усереднен. контрольн. Накопичений фільтрат (г)	Усереднен. оброблен. Накопичений фільтрат (г)	Усереднен. контрольн. Вилучена поверхн. вода (г)
	0,0	0,0	0,0	
	2,0	14,3	7,5	
	6,0	17,8	7,5	
	21,0	17,8	7,5	
1-ше повторн. зволож.	21,2	0,0	0,0	
	21,3	0,0	49,2	
	26,3	11,5	49,2	
	29,9	18,5	49,2	
	45,1	38,1	49,2	
	45,2	38,1	49,2	6,0
	50,6	38,3	49,2	
	53,6	38,1	49,2	
	69,1	38,3	49,2	
2-ге повторн. зволож.	69,3	0,0	0,0	
	69,4	0,0	46,1	
	70,3	0,6	46,1	
	77,9	6,1	46,1	
	93,4	15,0	46,1	28,5
	93,6	15,0	46,1	
	99,4	15,0	46,1	
	165,2	15,0	46,1	

Одержані результати наведені на Фігурі 5 як графік.

Що стосується первинного перколяційного тесту, результати у Таблиці 1 вказують на те, що необроблена суспензія втрачає 9,3% твердих речовин у своєму фільтраті луку, у порівнянні з 0,1% в обробленій суспензії, що свідчить про наявність сегрегації тонких частинок від крупнозернистого матеріалу в необробленій суспензії. Із візуальних спостережень, оброблені суспензії зберігали свою гомогенність; проте, необроблені суспензії розділялись на більш важкі частинки піску на дні тигля та утворювали шар кірки із глини у верхній частині.

Профіль висушування суспензії на Фігурі 4 показує меншу швидкість втрати вологи для дослідів на оброблених зразках та більш високе кінцеве утримання вологи.

Із випробувань на повторне зволоження суспензій витікає, що через утворення поверхневої кірки необроблені суспензії значно повільніше пропускають воду через осушені суспензії в порівнянні з обробленими суспензіями (Таблиця 5, Фігура 5). Надлишок води знаходився на верху покритої кіркою поверхні необроблених суспензій протягом кількох діб. Цей час контактування надавав можливість певній частині води проникати через висушену суспензію, проте, на практиці вода стікає з поверхні, а не проникає через неї. Навпаки, на поверхнях оброблених суспензій надлишкова вода не накопичується.

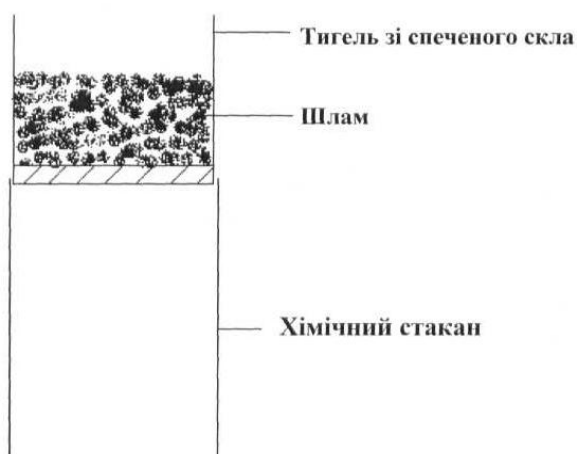
Гомогенна структура оброблених суспензій дозволяла воді проникати через матеріал протягом хвилин. Необробленим суспензіям було потрібно кілька діб для досягнення схожого проникнення, і протягом цього часу на практиці деяка

кількість води буде втрачена також через поверхневе випаровування. Таким чином, оброблені шлами роблять воду більш доступною для висія-

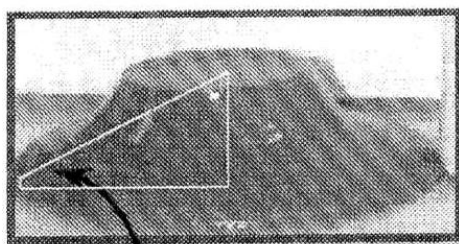
них рослин або місцевої флори і сприяють росту та відновленню.



ФІГ. 1 – Схема змодельованої області захоронення відходів



ФІГ. 2



Висота конуса осаження в центрі, с

Висота конуса осаження з краю, е

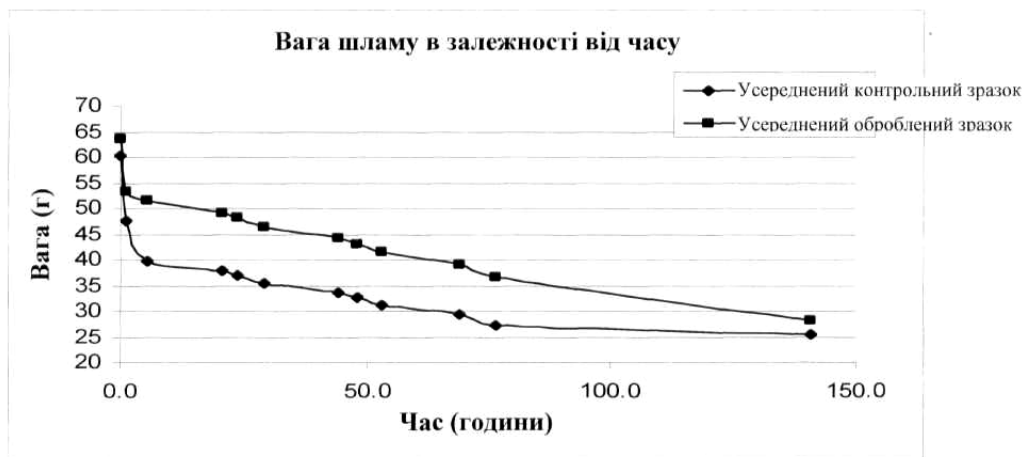
Радіус, r

Кут конуса осаження, %

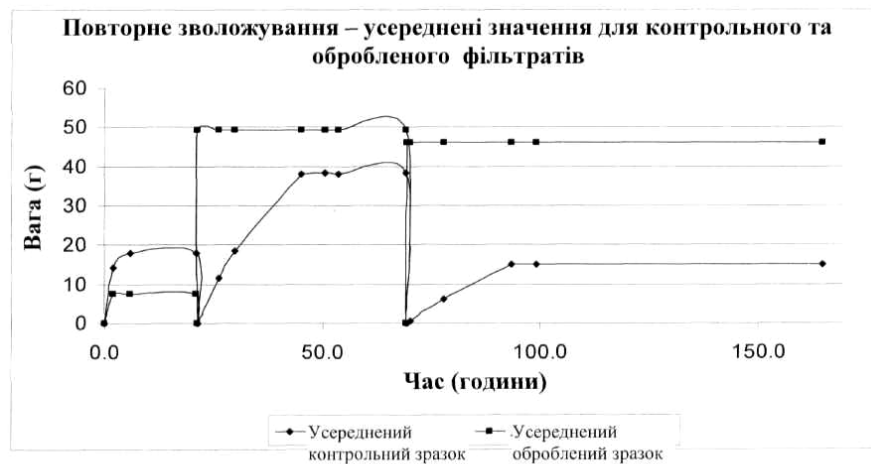
=

$$\frac{s - e}{r} \times 100$$

ФІГ. 3



ФІГ. 4 – Профіль висушування суспензії



ФІГ. 5