



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 266 177**

51 Int. Cl.:
B09C 1/00 (2006.01)
E02D 31/00 (2006.01)
E02B 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01916470 .6**
86 Fecha de presentación : **06.03.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1289684**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.03.2003**

54 Título: **Método para el tratamiento de un material contaminado.**

30 Prioridad: **06.03.2000 US 515031**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2007

73 Titular/es: **Aquablok, Ltd.**
3401 Glendale Avenue, Suite 300
Toledo, Ohio 43614, US

72 Inventor/es: **Hull, John, H.**

74 Agente: **Durán Moya, Luis Alfonso**

ES 2 266 177 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 266 177 T3

DESCRIPCIÓN

Método para el tratamiento de un material contaminado.

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere, de manera general, a un método para la estanqueización, aislamiento, tratamiento o minimización de la erosión de una superficie.

10 Un número significativo de lagos, estanques, pantanos, lagunas, terrenos pantanosos, lechos de ríos y áreas marinas cerca de las costas están contaminados con materiales ambientalmente peligrosos. Se incluyen entre los ejemplos de dichos materiales los bifenilos policlorados ("PCB"), fósforo blanco, compuestos orgánicos sintéticos y diferentes metales. Muchos de estos materiales, una vez introducidos por un medio u otro, se posan en el fondo de las masas de agua y se unen a los sedimentos. Los sedimentos contaminados resultantes son perjudiciales para el ecosistema, especialmente la fauna que utiliza dicha masa de agua, tal como peces, aves acuáticas y pequeños vertebrados e invertebrados. En algunos casos los contaminantes son liberados lentamente desde los sedimentos e introducidos en la masa de agua. Estos contaminantes soportados por los sedimentos pueden actuar también de manera adversa sobre los ecosistemas de zonas húmedas o de aguas profundas, indirectamente a través de efectos en la cadena alimenticia.

20 En algunos casos no es factible la eliminación o tratamiento de estos sedimentos contaminados *in situ*. Por lo tanto, para restringir que la fauna y otros organismos establezcan contacto con los sedimentos contaminados y para estanqueizar o aislar los sedimentos para que no establezcan contacto con la masa de agua, se ha propuesto formar una capa barrera subacuática sobre los sedimentos contaminados. Los métodos anteriormente conocidos se han mostrado relativamente difíciles y caros de instalar, y han sido susceptibles de deterioro.

25 El documento USA 5897946 da a conocer un material fluido para el aislamiento o tratamiento de una superficie consistiendo en una serie de partículas compuestas manufacturadas. Cada una de las partículas compuestas comprende un núcleo y una capa selladora que, por lo menos de forma parcial, encapsula el núcleo. La capa selladora contiene un material sellante hidratable que es capaz de absorber agua y de hincharse. La capa selladora puede incluir también una serie de materiales de tratamiento para tratar la superficie.

30 El documento USA 5611642 da a conocer un aparato de recuperación y correspondiente método para la contaminación orgánica en suelos y agua subterránea. Este método comporta la inyección de una solución reactiva a través de inyectores que se insertan en la tierra.

35 El documento DE 3703442 da a conocer un método de recuperación para terrenos contaminados que comporta el confinamiento del material contaminado mediante hojas o láminas de material plástico y la introducción en el material contaminado de materiales de recuperación para promover el fraccionamiento bacteriano.

40 El documento WO 9301899 da a conocer un sistema para tratamiento *in situ* de materiales subacuáticos contaminados, al hacer descender un cuerpo envolvente hueco a un lecho situado por debajo, haciendo bajar una barra Kelly impulsada mecánicamente con una cuchilla de mezcla e inyección, alimentada con el material de tratamiento, proporcionando un recubrimiento superior para limitar o confinar el sedimento a tratar dentro de dicho cuerpo envolvente, inyectando y mezclando el material de tratamiento a través de la barra Kelly y, a continuación, desplazar el cuerpo envolvente a lugares de tratamiento adyacentes.

45 El documento USA 4730672 da a conocer un método y aparato para recoger contaminantes volátiles de la capa vadosa de la tierra. El aparato es un dispositivo de bucle cerrado que comprende pozos para la retirada del contaminante rodeados por pozos de reinyección de aire.

50 El documento EP 0567692 da a conocer granos de arcilla de bentonita, recubiertos con celulosa soluble en agua. Los granos son prensados sobre la superficie de fondo de un vertedero de desperdicios para formar una capa de bentonita. La bentonita puede impedir que el terreno situado por debajo sea contaminado al disolverse los desperdicios y penetrar en el suelo.

55 El documento EP 0736494 da a conocer un método de fitorrecuperación en el que una esterilla descomponible es anclada al lecho marino o playa, plantando plantas fitopurificadoras en dicha esterilla.

60 El documento DE 4303811 da a conocer un proceso de fitorrecuperación, en gran escala, basado en tierra. En este caso se requiere un método efectivo de estanqueización o aislamiento de los sedimentos contaminados. Preferentemente, un método efectivo sería también beneficioso al minimizar las pérdidas por fugas de la superficie a la masa de agua, y al minimizar los impactos potenciales con respecto al agua subterránea cuando la masa de agua contiene contaminantes disueltos.

65 Los sedimentos contaminados tienen lugar en áreas húmedas y también en agua profunda (sin vegetación), caracterizándose por agua dulce o salada (incluyendo salmueras). El dragado de recuperación y eliminación de sedimentos se utiliza frecuentemente *ex situ* para afrontar este problema. Se conoce una serie de impactos ambientales asociados con el dragado de recuperación, incluyendo la resuspensión de sedimentos contaminados en la masa de agua situada

por encima y la eliminación incompleta de los contaminantes de los sedimentos de las capas superiores, más biológicamente activas. El dragado de recuperación de sedimentos de zonas húmedas, en particular, puede tener también un severo impacto del ecosistema de una área húmeda o puede destruirlo, y puede comprometer las funciones correspondientes de la zona húmeda. Por lo tanto, se requieren otras tecnologías de recuperación menos invasivas, pero igualmente efectivas, o alternativas para afrontar el problema de los sedimentos contaminados en aguas profundas o en zonas húmedas.

Periódicamente pueden tener lugar condiciones de elevadas corrientes en una serie de vías de agua de realización humana y también de tipo natural, incluyendo zanjas o canales de drenaje, cerca de entradas y salidas de alineaderos, y en algunas zonas de ríos. Estas condiciones pueden tener como resultado significativas pérdidas por arrastres y erosión de los sustratos de fondo expuestos. La erosión de sustratos basales puede resultar también en el fallo del sistema de transporte y, en algunos casos, en la acumulación perjudicial de sedimentos desplazados y nuevamente depositados en otros lugares de las corrientes. Se requiere un método eficaz de control de la erosión.

Cuando se montan conducciones subterráneas (incluyendo alcantarillas), las conducciones están alojadas de manera típica sobre un lecho de piedra o arena que puede actuar como conducto para la emigración de agua y/o contaminantes. En el caso de conducciones que atraviesen un pantano o un dique, se requiere un cierre estanco hidráulicamente continuo (baja permeabilidad) entre la conducción y las inmediaciones; este cierre estanco minimiza el potencial de fugas de los suministros de agua urbanos. En el caso de recuperación de lugares contaminados, pueden atravesar el material del lecho hacia el material geológico o suelo adyacente aguas residuales, productos de petróleo u otros contaminantes. El mayor potencial de fugas tiene lugar, de manera típica, en las uniones entre las secciones de la conducción, si bien también pueden producirse fugas alrededor del mismo cuerpo de la conducción, donde se hayan desarrollado grietas o roturas. La estanqueización efectiva de conducciones minimiza también el potencial de movimiento de las aguas subterráneas u otros fluidos, pasando a la estructura de transporte, lo que puede tener particular relevancia en zonas en las que las aguas subterráneas son especialmente altas (tal como en zonas húmedas) y/o donde el agua subterránea está contaminada. Se requiere un método efectivo para la estanqueización de conducciones.

También se requiere un medio de estanqueización hidráulico, de baja permeabilidad, durante la construcción de pozos de control y de extracción de aguas subterráneas, y en perforación de pozos de petróleo y extracción de aguas saladas y en la industria de extracción, para minimizar el potencial de transferencia vertical de agua subterránea contaminada, petróleo o aguas saladas, a lo largo del espacio anular del pozo. Estas transferencias podrían tener como resultado emigración polucionante en los acuíferos adyacentes.

Los vertederos de relleno se construyen, de manera típica, completando una excavación en el suelo y recubriendo la excavación para formar un sistema de contención antes de su llenado con materiales de desperdicio. Desafortunadamente, el vertedero es susceptible de liberar contaminantes hacia los terrenos circundantes y posiblemente a la capa de agua fréatica. La superficie superior del vertedero atrae invasiones de animales, tales como aves y roedores, que posiblemente pueden llevar enfermedades.

40 **Características de la invención**

De acuerdo con la presente invención, se da a conocer un método para el tratamiento de materiales contaminados que comprenden material susceptible de flujo, comprendiendo el método la formación de una barrera de baja permeabilidad sobre el material contaminado, creando de esta manera un sistema hidráulicamente cerrado y tratando al material contaminado situado por debajo de la barrera, como mínimo mediante una sustancia a suministrar con un dispositivo de alimentación para tratar la contaminación y eliminar el material susceptible de flujo por debajo de la barrera, de manera que la barrera de baja permeabilidad es formada por aplicación de una serie de partículas compuestas fabricadas y, de manera que el material contaminado comprende un material contaminado permanentemente o periódicamente subacuoso que se presenta en medios de aguas profundas o de zonas húmedas.

Preferentemente, el material contaminado es tratado, como mínimo, mediante un proceso de tratamiento químico, un proceso de tratamiento biológico y un proceso de inmovilización del contaminante.

Preferentemente, el tratamiento es llevado a cabo por el suministro de un material de tratamiento con capacidad de flujo hacia adentro del material contaminado.

Preferentemente, la barrera de baja permeabilidad es una capa de barrera, y comprende adicionalmente la formación de una capa de drenaje permeable por debajo de la capa barrera de baja permeabilidad.

Preferentemente, las primeras partes del material contaminado son cubiertas con la barrera de baja permeabilidad y las segundas partes del material contaminado son cubiertas con un material permeable para crear un sistema de embudo y compuerta.

Preferentemente, el material permeable es preparado combinando uno o varios materiales con dimensiones de arena, mineral de arcilla, material con dimensiones de arcilla o dimensiones *cuasi* de arcilla, material puzolánico, hierro con valencia cero carbón activado y microbios.

ES 2 266 177 T3

Preferentemente, el material contaminado es tratado por un proceso de tratamiento biológico que comprende un proceso de fitorrecuperación.

5 Preferentemente, el proceso de fitorrecuperación es llevado a cabo por el crecimiento de plantas para producir la degradación o eliminación del contaminante.

Preferentemente, la barrera sirve como zona habitable para organismos bénticos.

10 Preferentemente, la barrera sirve como sustrato para el crecimiento de plantas.

Preferentemente, la barrera es formada como capa barrera, y comprende además la formación de una capa barrera modificada sobre la capa barrera, siendo formulada la capa barrera modificada para proporcionar zona habitable por lo menos para uno de dichas plantas y organismos bénticos por encima del material contaminado.

15 Preferentemente, la barrera es formada en forma de capa barrera, y comprende además la formación de una capa barrera modificada entre la capa barrera y el material contaminado, siendo formulada la capa barrera modificada para la promoción de crecimiento de plantas dentro del material contaminado.

20 Múltiples ventajas de la invención quedarán aparentes para los técnicos en la materia a partir de la descripción detallada siguiente de realizaciones preferentes, teniendo en cuenta los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 es una vista en sección de una partícula única de tipo compuesto para formar una capa barrera, de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 es una vista en sección de una capa barrera formada por una serie de partículas compuestas.

30 La figura 3 es una vista lateral, parcialmente en sección, de un método para tratamiento *in situ* de sedimentos por inyección y extracción de contaminante desde abajo de una capa o recubrimiento barrera, de acuerdo con una realización de la invención.

35 La figura 4 es una vista en sección lateral de otra realización del método de tratamiento de sedimentos representada en la figura 3.

La figura 5 es una vista en sección de otra realización del método de tratamiento de sedimentos de la figura 3.

40 La figura 6 es una vista lateral, parcialmente en sección, de un método de fitorrecuperación de contaminantes orgánicos situados por debajo de un recubrimiento de sedimentos.

La figura 7 es una vista en sección de otra realización del método de fitorrecuperación de la figura 6.

45 La figura 8 es una vista en sección de otra realización del método de fitorrecuperación de la figura 6.

La figura 9 es una vista en perspectiva de un método de estanqueización de una conducción bajo la superficie, que proporciona información de antecedentes de la invención pero que no forma parte de una realización de la misma.

La figura 10 es una vista en sección del método de estanqueización de conducciones de la figura 9.

50 La figura 11 es una vista en sección transversal de un método de estanqueización de un pozo que proporciona información de antecedentes sobre la invención, pero que no constituye una realización de la misma.

55 La figura 12 es una vista en sección de un método para minimizar las fugas de una masa de agua superficial para proporcionar información de antecedentes de la invención, pero que no constituye una realización de la misma.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

Haciendo referencia a los dibujos, la figura 1 muestra una realización preferente de una partícula compuesta, indicada en general con el numeral (10), para formar una capa barrera de acuerdo con la invención. Las partículas compuestas (10), de acuerdo con la invención, son comercializadas con la Marca AQUABLOK^(RTM) por AQUABLOK, Ltd., Toledo, Ohio. Tal como se explicará más adelante en detalle, una serie de dichas partículas compuestas (10) forman una capa barrera efectiva. Las partículas compuestas fluyen fácilmente de una pala, transportador, bolsas de vertido, rampa, conducción u otro aparato de distribución, y se pueden hundir rápidamente en el agua para formar una capa barrera sobre una superficie sumergida. Otros métodos de aplicación e implementación de las partículas compuestas se describirán a continuación.

Por ejemplo, las partículas compuestas pueden ser también distribuidas para formar una capa barrera efectiva sobre una superficie de tierra, tal como un vertedero sanitario, lugar con desperdicios peligrosos o un pantano o estanque

ES 2 266 177 T3

recién excavado. Cuando se utiliza como recubrimiento en un lugar destinado a vertedero, las partículas compuestas pueden ser vertidas sobre la superficie del vertedero y luego niveladas para formar una capa barrera, o se pueden aplicar por otros medios. Preferentemente, los materiales que comprenden las partículas compuestas son distribuidos de manera relativamente uniforme en la capa barrera. Éste es un tema de control de calidad importante para las capas barrera de lugares destinados a vertedero. La capa barrera mantiene también las invasiones de animales, tales como aves y roedores, alejadas del material de desperdicio, dotado de recubrimiento.

Preferentemente, una capa barrera de acuerdo con la presente invención tiene una baja permeabilidad al agua, de manera que es resistente a las fugas de agua y contaminantes disueltos. Una vez irrigada, la capa barrera tiene preferentemente una permeabilidad al agua menor de $1 \times 10^{(-7)}$ cm/seg. sometida a un gradiente hidráulico mínimo de 1 cm/cm de acuerdo con el Método ASTM D 5084.

Las dimensiones de la partícula compuesta (10) pueden variar desde una pequeña piedra a una roca de gran tamaño o incluso superior. Preferentemente, la partícula compuesta tiene forma general esférica, pero también puede tener otras formas, tales como oval, alargada o irregular. La partícula compuesta es formada mediante un núcleo (11) que está parcialmente encapsulado, como mínimo, por una capa de estanqueización (12). El núcleo se encuentra preferentemente encapsulado de forma completa por la capa estanqueizante. En una disposición preferente, un recubrimiento de protección (13) queda dispuesto sobre la capa de estanqueización (12). Cada una de las partículas compuestas tiene un peso específico superior a uno.

El núcleo (11) de la partícula compuesta (10) está formado por una pieza de un material que usualmente es relativamente denso y preferentemente relativamente duro en comparación con la capa de estanqueización (12). El núcleo es de manera habitual relativamente denso porque actúa usualmente como portador de las partículas compuestas hacia la superficie aislada o tratada. Se pueden indicar como ejemplos de materiales adecuados para formar el núcleo piezas de piedra o roca, mineral de hierro, escorias, vidrio de desecho, vidrio triturado o porcelana triturada. Preferentemente, el núcleo de la partícula compuesta está formado por una pieza de grava u otro árido sólido. Para algunas aplicaciones de proyectos específicos, se puede utilizar un núcleo menos denso (por ejemplo, perlita) con respecto a la capa de estanqueización, si bien el peso específico de las partículas compuestas, en su conjunto, es superior a uno.

En otra realización, en la que la invención es utilizada como capa barrera sumergida, el núcleo de las partículas compuestas está formado por un material degradable, de manera que se puede disipar lentamente a lo largo de un período de tiempo. La utilización de un núcleo degradable ofrece ciertas ventajas. Facilita las operaciones de dragado de tipo hidráulico. Un núcleo degradable permite también que la superficie sumergida se rellene con una nueva capa barrera a lo largo del tiempo, tal como revegetación de la superficie. Tal como se explicará más adelante, un núcleo degradable puede facilitar también materiales de recuperación/restauración a la superficie sumergida.

Se pueden utilizar diferentes materiales para formar un núcleo degradable, siempre que el núcleo siga siendo relativamente denso en comparación con la capa de estanqueidad, y las partículas compuestas como conjunto tienen un peso específico superior a uno. La arena es un material preferente para formar un núcleo degradable. La arena funcionará como portadora de las partículas compuestas hacia una superficie sumergida, y cuando se hidrata se dispersará en el material de la capa de estanqueización. Otros materiales adecuados para el núcleo degradable comprenden piedras o rocas muy pequeñas, trozos de neumáticos de goma, materiales basados en azúcar, tales como caramelo sólido ("rock candy"), papel reciclado en pastillas, tal como papel de revistas o periódicos, mineral de arcilla en gránulos que se hidratan muy lentamente o fertilizantes de alta densidad. Estos materiales pueden ser retenidos entre sí por un aglomerante, tal como con los utilizados en la capa de estanqueización, para formar un núcleo con las dimensiones requeridas.

El núcleo de las partículas compuestas puede estar formado también por materiales puzolánicos, tales como yeso, finos de yeso, cemento portland, polvo de hornos de cemento, polvo de caliza, polvo de piedras, cenizas voladoras y yeso de París. Estos materiales se describirán más adelante de forma detallada.

El núcleo (11) de la partícula compuesta (10) está encapsulado, por lo menos parcialmente, por una capa de estanqueización (12). El material de la capa de estanqueización actúa como barrera principal para los contaminantes en la superficie aislada. Un tipo preferente de material para la capa de estanqueización es mineral de arcilla, o una mezcla de minerales de arcilla, que muestra gran capacidad de absorción y de hinchamiento en la hidratación. Preferentemente, se utiliza en la capa de estanqueización un mineral de arcilla seca. Este material está compuesto por partículas de mineral de arcilla extremadamente pequeñas, con carga negativa, que tienen una elevada proporción de área superficial a masa. Estas características hacen que el material de arcilla seco se hidrate fácilmente cuando se expone al agua, expansionándose formando una masa de suelo de tipo plástico, cohesivo, con permeabilidad muy baja. El mineral de arcilla puede ser una arcilla de bentonita que es fácilmente hidratable, tal como bentonita cálcica o bentonita sódica. En ciertas aplicaciones, especialmente en aguas que tienen un contenido de sal relativamente elevado, tal como aguas salobres o en ambientes marinos, la capa de estanqueización incluye una combinación especial de minerales de arcilla y/o otras partículas con dimensiones de arcilla, incluyendo, sin que ello sea necesariamente limitativo, bentonita, atapulgita, caolinita y/o yeso. Por "dimensiones de arcilla" se debe comprender un material que tiene unas dimensiones promedio de las partículas menores de unas 10 micras, típicamente menores de unas 5 micras y, en algunos casos, menores de unas 2 micras. La capa de estanqueización puede también contener otros materiales con dimensiones de arcilla o casi de arcilla para facilitar el tratamiento de sedimentos y/o la absorción de contaminantes

ES 2 266 177 T3

disueltos específicos; estos otros materiales con dimensiones de arcilla pueden incluir bentonita organofílica (“arcillas orgánicas”); zeolitas; óxidos inorgánicos u otras formas de aluminio, hierro (incluyendo hierro con valencia cero) y/o manganeso; sustancias húmicas y/o carbón activado.

5 Una capa estanqueizante basada en arcilla forma una capa barrera sumergida blanda que puede disiparse lentamente en el agua a lo largo de un período de tiempo prolongado, dependiendo de las condiciones de erosión de un lugar determinado. En algunas superficies sumergidas, puede ser deseable formar una capa barrera sumergida más permanente que constituye una envolvente impermeable y relativamente dura sobre la superficie contaminada. En estos casos, la capa barrera formaría una barrera dura que se parece más al hormigón que a un material basado en arcilla blanda. Esta capa barrera sería útil, por ejemplo, en superficies sumergidas en agua que requieren una resistencia positiva a las corrientes o turbulencias dentro del agua.

15 Un material puzolánico puede ser utilizado en la capa de estanqueización para crear una capa barrera dura de este tipo. El término “material puzolánico” significa un material capaz de fraguado y endurecimiento dentro del agua. Son materiales puzolánicos adecuados el yeso, finos de yeso, cemento portland, polvo de hornos de cemento, materiales de polvo de tipo calizo, material de polvo de piedra, cenizas voladoras y yeso de París. Son preferibles el yeso, cemento portland y su subproducto de polvo de horno de cemento. Las cenizas voladoras quedan constituidas por hollín y ceniza producidos por la combustión de madera o carbón u otros combustibles de biomasa. La naturaleza fraguante de un material puzolánico crea una capa barrera permanente más endurecida. Estos materiales pueden ser utilizados en lugar de un material basado en una arcilla relativamente más blanda, o se pueden utilizar en mezclas con el mineral de arcilla para crear capas barrera con dureza intermedia.

25 Opcionalmente, la capa de estanqueización (12) puede incluir también un aglomerante. El aglomerante promueve la adherencia de la capa de estanqueización al núcleo (11). Cuando se utiliza, una cantidad de aglomerante suficiente para la aglomeración de la capa de estanqueización al núcleo se mezcla con el material de estanqueización. Alternativamente, una capa del material aglomerante puede ser interpuesta entre el material de estanqueización y el núcleo. El material aglomerante actúa también como retardante para inhibir el fraguado o la expansión del material de estanqueización hasta que es colocado sobre la superficie sumergida. El aglomerante es preferentemente un material polímero, tal como un polímero celulósico. Un polímero celulósico preferente es goma agar. Otros polímeros celulósicos preferentes incluyen polímero de hidroxietil celulosa y polímero de carboximetil celulosa. Otros aglomerantes apropiados incluyen colas, tales como cola disolvente orgánica 3M, lignitos (madera seca) de árboles, tales como los comercializados por Arizona Chemical, poliacrílatos injertados de almidón, tales como Sanwet comercializado por Hoechst Celanese, y lecitinas de aceite de soja y sus derivados.

35 El agua es otro aglomerante adecuado, pero debe ser utilizada en pequeñas cantidades para evitar que las partículas compuestas se hidraten parcialmente y se vuelvan pegajosas, difíciles de manipular y sin capacidad de flujo. En una realización, las partículas compuestas son fabricadas por recubrimiento de un núcleo con agua y aplicando luego la capa estanqueizante alrededor del núcleo dotado de recubrimiento. Por ejemplo, un trozo de grava puede ser dotado de recubrimiento de agua, y a continuación de un recubrimiento de un material estanqueizante, tal como carbón activado, arcilla de bentonita, yeso o una órgano arcilla.

45 En una realización preferente, se añade un material de recuperación/restauración a la partícula compuesta. Este material trata la contaminación, o restablece o mejora de otra manera el medio ambiente circundante facilitando los procesos de tratamiento. Se puede diseñar un material para utilización general, o el material puede ser destinado específicamente a tratar contaminantes específicos. La necesidad de materiales específicamente diseñados es fácilmente aparente, teniendo en cuenta la diversidad de contaminantes y combinaciones de los mismos presentes en el medio ambiente, particularmente en sedimentos sumergidos o en lugares de vertederos.

50 Los materiales de recuperación/restauración pueden incluir, por ejemplo, bacterias diseñadas específicamente para tratar la contaminación de disolventes, aceites u otros hidrocarburos. Por ejemplo, se pueden añadir bacterias que consumen el petróleo a la capa aglomerante o de estanqueización de las partículas compuestas para limpiar la contaminación de sedimentos con petróleo pesado. Una encima u hongo puede ser un material especialmente deseable para tratar una contaminación específica. Una partícula compuesta preferente incluye arcilla o yeso, fertilizante y un microorganismo seleccionado entre bacterias, algas y hongos. El fertilizante actúa como material hospedante para la alimentación de las bacterias, además de los contaminantes.

60 Otros materiales de este tipo pueden incluir agentes neutralizantes u oxidantes, tales como ozono, peróxidos o permanganatos. También se pueden añadir productos químicos de recuperación, tales como metoxipolietileno glicol para el tratamiento de los PCB. También se puede añadir carbón activado para eliminar contaminantes.

65 Otro material adecuado de recuperación/restauración es un alga, tal como en las capas microbianas inoculadas con algas desarrolladas en la Clark Atlanta University por Bender y Philips. En estas capas microbiadas se inoculan cortes de hierba fermentada con algas azules-verdes. Las algas pueden alimentarse de los contaminantes de la superficie tratada e igualmente de la hierba, transformando los contaminantes orgánicos en dióxido de carbono.

Además de materiales para tratar una contaminación específica, se pueden añadir otros materiales a las partículas compuestas para restablecer o mejorar la zona circundante, particularmente en una superficie sumergida. Por ejemplo, se pueden añadir semillas y/o fertilizante a una superficie sumergida para favorecer el crecimiento de hierbas o de otras

ES 2 266 177 T3

vegetaciones hidrofíticas (zonas húmedas). Una combinación preferente de materiales para constituir o rejuvenecer una zona pantanosa comprende un conjunto de semillas, fertilizantes, encimas y bacterias.

5 El material de recuperación o restauración se añade preferentemente a la capa estanqueizante de la partícula compuesta. No obstante, también se puede añadir al núcleo o puede comprender el núcleo de la partícula compuesta siempre que el núcleo retenga la densidad requerida. Por ejemplo, se pueden añadir un producto químico de recuperación o semillas a un núcleo degradable. Como otro ejemplo, el núcleo puede comprender un fertilizante de alta densidad.

10 También se puede añadir a las partículas compuestas (10) un agente repelente de las aves. Se incluyen entre los agentes repelentes de aves adecuados los ésteres de ácido antranílico, ésteres de ácido fenilacético o dimetil bencil carbinil acetato, a título de ejemplo. Son agentes repelentes preferentes de aves el dimetil antranilato y el metil antranilato. El agente repelente de aves es mezclado con la capa estanqueizante o núcleo degradable en cantidades suficientes para la repulsión de aves acuáticas que establecerían contacto con los mismos.

15 Un agente repelente para animales tal como “*capsium*” puede ser también añadido a las partículas compuestas. Cuando las partículas compuestas son utilizadas para formar un recubrimiento sobre un lugar destinado a vertedero, la adición del agente repelente de animales frenará la acción de éstos de excavar a través de recubrimiento para llegar a los desperdicios.

20 La partícula compuesta (10) puede quedar dotada de un recubrimiento externo (13) que ayuda a mantener la capa estanqueizante (12) intacta antes del depósito de la partícula compuesta en una superficie sumergida. Preferentemente, la partícula compuesta está dotada de un recubrimiento polímero delgado alrededor de la capa de estanqueización. Son materiales preferentes para el recubrimiento externo una resina acrílica o un látex. El recubrimiento externo no debe tener un grosor tal como dependiendo del material en forma de partículas, que pueda impedir la hidratación eventual de la capa estanqueizante de la partícula compuesta después de haber sido colocada debajo del agua.

25 Las partículas compuestas (10) pueden ser constituidas de cualquier forma adecuada. Según una realización, el aglomerante es dispuesto en una solución acuosa. Encimas y/o bacterias se mezclan preferentemente en la solución aglomerante acuosa, de manera que se mezclan íntimamente con todos los demás ingredientes. El material de estanqueización es mezclado en la solución acuosa. Si las partículas compuestas comprenden productos químicos de recuperación u otros reactivos o compuestos de tratamiento, éstos preferentemente se mezclan previamente con el material de estanqueización tal como bentonita. Una serie de núcleos (11) se añaden a esta mezcla de estanqueización y se agitan de forma que la mezcla de estanqueización se adhiere a cada uno de los núcleos. La mezcla de estanqueización se puede dejar secar sobre los núcleos, y a continuación se puede agitar con mezcla de estanqueización adicional para formar una capa de estanqueización de capas múltiples (12) alrededor de cada uno de los núcleos. El recubrimiento externo (13) puede ser aplicable entonces por cualesquiera medios adecuados, tales como pulverización.

30 Preferentemente, las partículas compuestas (10) están conformadas por compresión y compactado de la capa de estanqueización contra el núcleo. Por ejemplo, el material de estanqueización y el aglomerante opcional pueden ser colocados en un tambor tal como un mezclador de hormigón u hormigonera. Los núcleos tales como trozos de grava son colocados también en el tambor. La rotación del tambor hace que los núcleos queden recubiertos con el material de estanqueización y que caigan y choquen contra las paredes del tambor. Esto compacta el material de estanqueización íntimamente alrededor del núcleo.

35 Una capa barrera sumergida (20) formada a partir de las partículas compuestas (10) se han mostrado en la figura 2. La capa barrera sumergida cubre una capa de sedimentos contaminados (21), que está dispuesta por debajo de una masa de agua (22) caracterizada como agua dulce o salada (incluyendo aguas salobres) dependiendo del nivel de salinidad del agua. Para formar esta capa barrera, una serie de partículas compuestas se depositan sobre los sedimentos contaminados. Si los sedimentos contaminados se encuentran debajo del agua en el momento del depósito, las partículas compuestas pueden ser vertidas directamente en el agua. Las partículas compuestas se hundirán, posándose encima de los sedimentos contaminados. Dado que las partículas compuestas y secas son relativamente duras y resistentes a impactos, se pueden verter al agua desde el aire, por ejemplo desde una bolsa de vertido de un helicóptero. Las partículas compuestas también pueden ser bombeadas sobre los sedimentos contaminados utilizando una bomba convencional, con o sin la presencia de columna de agua. Las partículas compuestas también pueden ser colocadas desde dentro del agua con intermedio de una tubería dispuesta justamente por encima de la superficie del sedimento inundado. Las partículas compuestas también pueden ser depositadas sobre los sedimentos contaminados desde una gavarra o desde la costa de una superficie de masa de agua específica utilizando un transportador telescópico articulado, una eslinga o una grúa dotada de cuchara de mandíbulas articuladas (“clamshell”). De manera alternativa, si el clima lo permite, las partículas compuestas pueden ser depositadas cuando el agua situada encima de los sedimentos contaminados se encuentra helada. Entonces, las partículas compuestas pueden ser depositadas de manera efectiva mediante un camión, una motoniveladora, tractor de baja presión en el suelo, u otros medios adecuados. Cuando el hielo se funde, las partículas compuestas se hundirán alcanzando el fondo y posándose encima de los sedimentos contaminados.

40 Una vez que las partículas compuestas se han sumergido, la capa de estanqueización situada alrededor de cada una de las partículas compuestas empezará a absorber agua y a hincharse. La extensión del hinchamiento depende de la composición de la capa de estanqueización y también del nivel de salinidad dentro del agua. De este modo, se forma una capa continua de la capa estanqueizante sobre la capa superior de los sedimentos, con los núcleos

ES 2 266 177 T3

dispersados al azar en su totalidad. Se cree que los núcleos ayudan a mantener la capa barrera intacta sobre los sedimentos contaminados.

Un número y/o grosor suficientes de las partículas compuestas, propiamente formuladas se deposita sobre un área para formar una capa barrera de un grosor hidratado suficiente para minimizar la emigración de contaminantes (unidos a las partículas de sedimento en emigración o en forma disuelta) hacia adentro de masas de agua adyacentes, incluyendo la columna de agua situada por encima y/o el agua subterránea situada por debajo. Esto se puede conseguir de manera general con una capa barrera de partículas compuestas de un grosor hidratado preferente comprendido aproximadamente entre 7,68 a 20,32 cm (aproximadamente de 3 a 8 pulgadas), si bien también pueden ser apropiados para algunos proyectos otros grosores de partículas compuestas hidratadas, comprendidos entre 2,54 a 30,48 cm (aproximadamente 1 a 12 pulgadas). En la mayor parte de lugares, el grosor hidratado preferente de partículas compuestas debe ser también adecuado para frenar a los animales y a otros organismos que utilizan dicha masa de agua que establezcan contacto con los sedimentos encapsulados, y para minimizar la erosión de los sedimentos encapsulados situados por debajo. Además, también se pueden incorporar una o varias capas de partículas compuestas con otros materiales (incluyendo materiales granulares tales como arena, piedras y/o cantos rodados, así como materiales geosintéticos tales como materiales geotextiles y/o georejillas) para crear una capa barrera diseñada para satisfacer necesidades específicas del lugar considerado. Cuando se incorpora con otros materiales, el grosor preferente de las partículas compuestas hidratadas puede estar comprendido también entre 7,62 y 20,32 cm (de 3 a 8 pulgadas), si bien otros grosores hidratados para las partículas compuestas (quizás comprendidas entre 2,54 a 30,48 cm (aproximadamente de 1 a 12 pulgadas) pueden ser apropiados. Como resumen, el grosor más apropiado para una capa barrera de partículas compuestas, utilizada exclusivamente o cuando se ha integrado con otros materiales, dependerá finalmente de una serie de factores, incluyendo condiciones específicas del lugar, las funciones físicas, hidráulicas y/o químicas que se supone que la capa barrera debe satisfacer, y los objetivos generales del proyecto.

Cuando se ha añadido el agente repelente de aves en las partículas compuestas, éste será dispersado de la totalidad de la capa barrera, evitando adicionalmente que las aves acuáticas establezcan contacto con los sedimentos contaminados situados por debajo de la capa barrera.

En caso deseado, también se pueden mezclar materiales en partículas adicionales tales como fibras con las partículas compuestas antes de su colocación sobre los sedimentos contaminados. Se incluyen entre los ejemplos de dichos materiales los plásticos reciclados, mazorcas de maíz, serrín, papel reciclado, fibras de carbón y fibras de vidrio. Estos materiales adicionales ayudan a aglomerar el producto y, en algunos casos, pueden proporcionar un medio adicional para germinación de semillas y crecimiento de plantas dentro de la capa barrera.

Si se utiliza un material de arcilla en la capa de estanqueización (12), se dispone preferentemente una capa de recubrimiento (23) sobre la capa barrera (20) para minimizar la disipación del mineral de arcilla en el agua (22), particularmente en ambientes de alta energía, incrementando de esta manera, de forma efectiva, la vida útil de la capa barrera. Esta capa de recubrimiento puede estar formada por una capa de árido tal como rocas, grava o arena, que pueden ayudar también a la estabilidad de la vegetación una vez establecida.

Descripción de técnicas para implementar las partículas compuestas

Utilizando una o varias de las técnicas de aplicación anteriormente descritas, la tecnología de las partículas compuestas puede ser implementada en una serie de formas distintas, y en una serie de medios situados por debajo de la superficie dentro de una masa de agua dulce o salada, zonas húmedas o de agua profunda, a efectos de ser aplicables a diferentes funciones. Estas funciones, que se describen a continuación dentro del contexto de varios ejemplos específicos de implementación de partículas compuestas, son en su totalidad o en gran proporción relacionadas con las características intrínsecas cohesivas, de baja permeabilidad y/o de propiedades de reactividad química de las partículas compuestas, una vez que el material es aplicado e hidratado. La formulación específica de partículas compuestas utilizada para un objetivo de implementación determinado dependerá de una serie de factores tales como objetivos específicos del proyecto y numerosas condiciones específicas del lugar, incluyendo el nivel de salinidad del agua.

Ejemplo 1

Utilización de AQUABLOK para posibilitar tratamiento in situ de sedimentos contaminados mediante procesos de inyección y extracción

Enunciado del problema

Los sedimentos contaminados se presentan en zonas húmedas y también en agua profunda (sin vegetación) caracterizándose por condiciones de agua dulce o salada. Frecuentemente, se utiliza el dragado de recuperación y retirada de sedimentos *ex situ* para tratar este tipo de problema. Se conoce una serie de impactos ambientales asociados con el dragado de recuperación, incluyendo la resuspensión de sedimentos contaminados en la masa de agua situada por encima y la eliminación incompleta de contaminantes del sedimento de las capas de sedimentos superiores, más biológicamente activas. El dragado de recuperación de sedimentos de zonas húmedas, en particular, puede impactar severamente o destruir el ecosistema de una zona húmeda y comprometer las funciones relacionadas con la zona húmeda. Por lo tanto, se requieren otras tecnologías de recuperación, menos invasivas, pero igualmente eficaces o formas alternativas,

para solucionar el problema de los sedimentos contaminados que se presentan en medios de agua profunda o de zonas húmedas.

Forma actual de tratar el problema

5

Como alternativa no intrusiva para el dragado de recuperación de sedimentos, los sedimentos contaminados pueden ser tratados en el propio lugar, es decir, *in situ*. Utilizando este enfoque, los contaminantes que forman los sedimentos pueden ser tratados sin alteraciones físicas importantes que puedan contribuir a la resuspensión significativa de los sedimentos contaminados. El tratamiento *in situ* puede ser conseguido por implementación o promoción de procesos químicos, biológicos y/o de inmovilización de sedimentos, de los que la mayor parte o la totalidad pueden presentarse en condiciones aeróbicas o anaeróbicas.

10

Los procesos de tratamiento químico comportan, en general, la adición de oxidantes fuertes (por ejemplo, ozono, peróxido de hidrógeno o permanganato) en sedimentos para destruir los contaminantes orgánicos. Los procedimientos de tratamiento biológico (o biorecuperación) comportan, en general, la adición de una serie de constituyentes en los sedimentos (incluyendo oxígeno, nutrientes, ajustadores de pH y/o inoculantes que contienen microbios) para aumentar la degradación biológica de los contaminantes orgánicos. La fitorrecuperación es un tipo particular de tratamiento biológico *in situ* que comporta crecimiento en planta y su siguiente degradación de contaminantes orgánicos dentro de la zona de raíces biológicamente activa; este proceso puede ser utilizado también para extraer y eliminar contaminantes inorgánicos (por ejemplo, metales) de sedimentos contaminados. Y, finalmente, procedimientos para la inmovilización de contaminantes, incluyendo solidificación o estabilización, se pueden implementar comprendiendo, en general, la solidificación de la masa de sedimentos y/o la reconversión de contaminantes orgánicos/inorgánicos en fases menos solubles y/o móviles.

15

20

25

La práctica actual par facilitar sustancias químicas, biológicas y/o inmovilizantes (colectivamente designadas en esta descripción como “reactivos”) en la masa de sedimentos estables comporta, en general, la inyección de los reactivos directamente en la base del sedimento utilizando un aparato de brazo de inyección, de tipo mecánico, similar a un rastrillo que es arrastrado a través de los sedimentos a diferentes profundidades.

30

Los tratamientos de sedimentos *in situ*, tal como se ha descrito, pueden ser menos eficaces que los tratamientos *ex situ* básicamente debido a la falta de control del proceso, es decir, el suministro uniforme de reactivos, con una aplicación adecuada, en la masa de sedimentos contaminados. La incapacidad de controlar el flujo de aguas portadoras de reactivos por los poros a través de la masa de sedimentos limita también el contacto eficaz entre los reactivos y los contaminantes fijados en las superficies de las partículas inmóviles de sedimentos; el control limitado de las corrientes impide también la retirada de los contaminantes disueltos y/o productos de reacción de la masa de sedimentos, limitando esencialmente la eficacia de procesos de tratamiento *in situ* que degradan los contaminantes orgánicos en el propio lugar. Finalmente, la falta general de control del sistema minimiza también la capacidad de crear, de manera uniforme, condiciones aeróbicas (en las que, de manera típica, los microbios pueden degradar contaminantes orgánicos de manera más efectiva) y limita, asimismo, la eliminación efectiva de gases (por ejemplo, metano y sulfuros) que pueden ser resultado de procesos químicos y biológicos *in situ*.

35

40

También se pueden producir impactos medioambientales adversos durante el tratamiento químico *in situ* de sedimentos, dada la falta general de control del proceso. Durante los procesos de inyección, se pueden liberar directamente agentes químicos potencialmente tóxicos u otros reactivos de tratamiento a la masa de agua situada por encima, perjudicando potencialmente los organismos de la masa de agua o de la zona húmeda. Una vez inyectados los sedimentos, los productos químicos también se pueden difundir en la masa de agua, reduciendo no solamente su tiempo de permanencia efectivo en el sedimento que se desea tratar, sino que además tiene un impacto potencialmente perjudicial en la calidad del agua superficial. La utilización de un proceso de brazo de inyección, parecido a un rastrillo, podría también resuspender sedimentos contaminados (y productos químicos de tratamiento) en la masa de agua situada por encima.

50

Finalmente, la falta de control de proceso durante el tratamiento *in situ* de sedimentos impide la supervisión controlada y precisa de la efectividad real de técnicas de tratamiento *in situ*, incluyendo efectividad de seguimiento de procesos de recuperación natural. Una serie de procesos de tipo natural (por ejemplo, bioturbación, difusión, advección y erosión/depósito de sedimentos) tiene lugar también de manera típica en un ecosistema acuático dinámico, simultáneamente con tratamiento *in situ*. Con intermedio de cualquiera o varios de estos procesos naturales, se pueden reducir las concentraciones de contaminantes en sedimentos, por ejemplo, mediante difusión en la masa de agua situada por encima o por intermedio de pérdidas por erosión de sedimentos superficiales contaminados. Estos fenómenos, si no son controlados o no son claramente identificados y cuantificados, pueden complicar notablemente las interpretaciones de las reducciones reales, producidas por el tratamiento, en la masa de contaminantes de los sedimentos.

55

60

Descripción general del método de implementación AQUABLOK^(RTM)

Este método específico de implementación AQUABLOK^(RTM), que se ha mostrado conceptualmente en la figura 3, comporta, en general, la colocación de una capa impermeable (30) de AQUABLOK^(RTM), de grosor apropiado, sobre la parte superior de los sedimentos (32) de una zona húmeda o en agua profunda, que se presentan en medios de agua dulce o salada. Tal como se muestra en la figura 3, la capa (30) de AQUABLOK^(RTM) es colocada bajo la masa de agua (34). Antes de la colocación de la capa, durante la misma o después de ella, un sistema de conducciones (36)

65

interconectadas, orientadas de forma variable y separadas de manera apropiada es instalado por debajo de dicha capa y a través de la masa de sedimentos. Partes del sistema de tuberías (36) se prolongarían hacia afuera de los sedimentos, siendo accesibles desde lugares situados en las riberas. La figura 3 muestra una abertura (38) para suministro y/o extracción de reactivo. Las secciones de tubería en contacto directo con el sedimento pueden tener perforaciones (40) para permitir el paso de reactivos de tratamiento fluidos hacia adentro de los sedimentos (32); el suministro de reactivos hacia adentro de los sedimentos se podría optimizar incorporando dispositivos de difusión especialmente diseñados a intervalos aproximados a lo largo del sistema de tuberías, en lugar de utilizar tuberías perforadas. El sistema de tuberías permitiría, también, la extracción y eliminación de aguas de los poros de los sedimentos (conteniendo contaminantes disueltos, productos de reacción, etc.) de la masa de sedimento saturada.

Dependiendo de su diseño y configuración, condiciones hidrológicas específicas del lugar, el tipo o tipos de procesos de tratamiento *in situ* a los que se hace referencia, y los contaminantes específicos a los que se dirige el proceso, estos sistemas de tuberías podrían funcionar de manera general para uno o varios de los objetivos siguientes: (1) como conductos para inyección de reactivos de tratamiento a la masa de sedimentos; (2) como conductos para dar salida a gases de reacción procedentes de los sedimentos tratados, o para inyectar aire hacia adentro de los sedimentos para favorecer los procesos de biodegradación aeróbica; y/o (3) para controlar y/o para inducir flujo de agua de los poros a través de los sedimentos con intermedio de inyección de reactivos de tratamiento a una parte del sistema de tuberías y extracción simultánea de aguas de poros de sedimentos que han reaccionado con respecto a otras partes del sistema. Los volúmenes de agua de poros que han reaccionado, una vez extraído utilizando el sistema de tuberías, se pueden eliminar a un sistema de tratamiento situado en las riberas para su tratamiento químico o biológico adicional. La figura 3 muestra una conducción (41) que se dirige a un sistema de tratamiento situado en la ribera. Para mantener equilibrio de las condiciones hidrológicas y relativas a la presión dentro de la masa de sedimentos, se podrían inyectar reactivos de tratamiento y/o masas de agua hacia adentro del sistema de tuberías en una proporción equivalente a la de eliminación de las aguas de sedimentos de poro ya reaccionadas, ajustadas para reflejar una descarga de una corriente natural o flujos de recarga.

En algunas disposiciones de implementación, el funcionamiento del sistema de tuberías descrito (36) podría ser facilitado por la instalación de una capa de drenaje (42) permeable, granular directamente por debajo de la capa impermeable AQUABLOK^(RTM) (ver figura 4). Dichas capas de drenaje podrían ayudar no solamente a la eliminación de agua de poros del sistema de sedimentos, sino que se podría utilizar para el ciclo *in situ* de agua de poros y volúmenes de reactivo durante procesos de tratamiento. La figura 4 muestra un sistema (44) de inyección/extracción en la capa de drenaje permeable (42), y un sistema de inyección/extracción/rociado (46) en los sedimentos contaminados (32). El sistema podría funcionar también sin capa permeable (42).

En lugares de aguas más profundas o zonas húmedas caracterizadas por el ascenso de aguas subterráneas (flujo desde los sedimentos hacia adentro de la masa de agua situada por encima), se podría colocar una capa (30) AQUABLOK^(RTM) relativamente impermeable en zonas seleccionadas del lugar, mientras que un AQUABLOK^(RTM) (48) más permeable y reactivo, modificado para incluir uno o varios reactivos de tratamiento, sería instalado como “áreas de tratamiento” en otras partes del lugar. Por “más permeable” se debe comprender que el AQUABLOK^(RTM), una vez hidratado, tiene una permeabilidad al agua superior a 10×10^7 cm/seg bajo un gradiente hidráulico mínimo de 1 cm/cm. Esta formulación de AQUABLOK^(RTM) relativamente permeable pero reactiva podría ser preparada por combinación en proporciones variables de uno o varios minerales de arcilla, materiales puzolánicos, carbón activado, otros materiales con dimensiones de arcilla y/o materiales con dimensiones de arena. De manera típica, la formulación más permeable de AQUABLOK^(RTM) sería preparada utilizando un porcentaje más elevado de partículas con dimensiones de arena, si bien ciertos materiales de arcilla son más permeables, tales como materiales de arcilla no reactivos. La composición específica de dicha formulación relativamente permeable pero reactiva sería función de una serie de factores, incluyendo los tipos de contaminantes involucrados, condiciones específicas del lugar tales como nivel de salinidad del agua y objetivos del proyecto. Esta disposición espacial de capas de AQUABLOK^(RTM) estratégicamente situadas ayudaría en favorecer el flujo lateral de reactivos de tratamiento y aguas de poros de sedimentos a través de la masa de sedimentos (32) (por debajo de las áreas con capas impermeables) y hacia las áreas de tratamiento más permeables y reactivas. Este enfoque es conceptualmente similar a la técnica de “embudo y compuerta” utilizada para tratar contaminación de aguas subterráneas (figura 5). Este enfoque puede ser utilizado con o sin capa de drenaje (42) situada por debajo. Los vectores que se han mostrado demuestran el potencial de circulación de la masa de agua situada por encima (34) a través de los sedimentos (32).

Como enfoque alternativo en el caso de que no se descargan aguas subterráneas en los sedimentos, las aguas superficiales situadas por encima de los sedimentos pueden ser dirigidas e inyectadas a través del sistema de tuberías para inundar de manera efectiva la masa del sedimento, proporcionando un flujo controlado a través de los sedimentos y hacia las “puertas” de tratamiento relativamente permeables. Condiciones ambientales no óptimas (por ejemplo, calidad de agua superficial) pueden presentarse en áreas puerta de tratamiento, con independencia de si predominan o no condiciones de recarga o de descarga en el lugar. Como consecuencia, las puertas de tratamiento se podrían colocar y accionar a efectos de crear impactos mínimos en las comunidades y medios de vida de la fauna y flora locales.

Mejoras sobre las técnicas actuales

La colocación de una capa de AQUABLOK^(RTM) sobre la parte superior de los sedimentos crea una barrera relativamente impermeable al flujo vertical de agua a través del interfaz sedimento/masa de agua. La creación de dicha barrera esencialmente “cierra” el sistema de sedimentos hidráulicamente, sino de forma completa, como mínimo en mucha

mayor medida que se podría conseguir utilizando un material de formación de la capa granular, más permeable. La resistencia sustancial a la erosión de AQUABLOK^(RTM), con respecto a la de arenas poco coherentes, aseguraría también la presencia continuada de la capa relativamente impermeable con un grosor adecuado. Dentro de los confines de este sistema sedimentario casi cerrado, se puede conseguir entonces un grado sustancial de control de proceso durante la implementación de métodos químicos, biológicos y/o de tratamiento de inmovilización, particularmente cuando los tratamientos se desarrollan dentro del contexto de uno o varios de los sistemas de tuberías que se han descrito anteriormente. Un control de proceso incrementado debería traducirse directamente en un tratamiento *in situ* más eficaz de sedimentos contaminados, con independencia de los procesos utilizados.

La capacidad de controlar, e incluso inducir, el flujo líquido de reactivos de tratamiento a través del sedimento incrementa, notablemente, el contacto entre los reactivos y los contaminantes unidos a las superficies de partículas de sedimento inmóviles. La capacidad de controlar o determinar el flujo del líquido hace también posible la extracción y eliminación de contaminantes disueltos y/o productos de reacción potencialmente tóxicos. Una vez retirados del sistema de sedimentos, los líquidos conteniendo contaminantes podrían ser dirigidos a un sistema de tratamiento adyacente situado en la ribera, en el que se pueden controlar las condiciones ambientales (por ejemplo temperatura, pH, contenido de oxígeno disuelto) para optimizar el tratamiento *ex situ* de las aguas de poros extraídas. La mayor capacidad de controlar o inducir flujo de oxígeno u otros oxidantes fuertes hacia adentro y a través de la masa de sedimento hace también máximo el potencial para crear condiciones aeróbicas en el sedimento, que son frecuentemente mucho más favorables (con respecto a las condiciones anaeróbicas) para afectar la biodegradación de muchos contaminantes orgánicos. Un mayor control del sistema durante el tratamiento *in situ* de los sedimentos aumenta también el potencial para una eliminación efectiva de gases (por ejemplo metano y sulfuros) que puede resultar de procesos de tratamiento *in situ*.

Este método de implementación podría mejorar también la eficacia de tecnologías de tratamiento *in situ* al proporcionar una aplicación de los volúmenes de reactivo mejor dirigida (y más eficaz) hacia adentro de las masas de sedimentos, por el hecho de que se puede hacer mínimo el desperdicio de los reactivos aplicados, por pérdida o difusión desde la masa de sedimentos hacia adentro de la masa de agua situada por encima. Con una capa relativamente impermeable tal como AQUABLOK^(RTM) en su lugar, incluso contaminantes relativamente solubles permanecen concentrados también dentro del área sometida a tratamiento. El mantenimiento de concentraciones más elevadas de algunos contaminantes orgánicos dentro del área de tratamiento podría favorecer el desarrollo eventual (por mutación y selección natural) de especies microbianas o cepas que son especialmente efectivas en la biodegradación de uno o más contaminantes, incluso sin la adición de sustratos de alimentos fácilmente degradables o nutrientes.

Por la creación de un sistema de sedimentos cerrado, este método de implementación permitiría también una supervisión más controlada y precisa de la efectividad real de las técnicas de tratamiento *in situ*, incluyendo el control de los procesos de recuperación naturales.

La aplicación de una capa de AQUABLOK^(RTM) impermeable sobre los sedimentos como componente de un enfoque de tratamiento *in situ* también minimizaría notablemente los daños colaterales de reactivos añadidos a la masa de agua situada por encima. La utilización de un sistema de conducciones inmóvil para inyección de reactivo, en vez de un sistema de brazo con inyección, de tipo rastrillo, también reduciría notablemente a un mínimo la resuspensión de sedimentos contaminados en la masa de agua.

Finalmente, una capa aplicada de AQUABLOK^(RTM) podría servir también como sustrato viable para colonización con flora y fauna, ayudando simultáneamente y de forma activa en procesos de tratamiento *in situ*. Semillas de plantas de zonas húmedas y/o nutrientes podrían ser añadidos también a la formulación para favorecer el crecimiento de plantas y el establecimiento de las mismas en sistemas de zonas húmedas sometidas a tratamiento.

Ejemplo 2

Utilización de AQUABLOK para facilitar la Fitorrecuperación-Recuperación forzada de sedimentos contaminados por compuestos orgánicos

Enunciado del problema

Los sedimentos contaminados se presentan en zonas húmedas y también en aguas profundas (sin vegetación) caracterizándose por condiciones de agua dulce o salada. El dragado y retirada, utilizando frecuentemente el enfoque *ex situ* para recuperar sedimentos contaminados, tendría un severo impacto o produciría la destrucción del ecosistema de la zona húmeda, poniendo en compromiso funciones relacionadas de la zona húmeda. Por lo tanto, se requieren otras tecnologías menos invasivas, pero igualmente efectivas de recuperación, o alternativas.

Forma actual de intentar la solución del problema

La recuperación de sedimentos de zonas húmedas en el propio lugar, es decir, *in situ*, ofrece una técnica sustancialmente menos invasiva para la limpieza de sedimentos que el dragado y extracción. Se conoce una serie de técnicas de recuperación *in situ*, entre las que se incluyen: recuperación natural (o atenuación), recubrimiento, o tratamiento de contaminantes arrastrados por sedimentos mediante la iniciación o promoción de procesos químicos, biológicos y/o de inmovilización de contaminantes.

ES 2 266 177 T3

Un tipo particular de tratamiento biológico *in situ* que es apropiado para ecosistemas de zonas húmedas de agua dulce o salada (incluyendo zonas salinas) es la fitorrecuperación. La fitorrecuperación comporta el crecimiento de plantas hidrofíticas (zonas húmedas) para afectar la degradación o retirada de contaminantes orgánicos e inorgánicos depositados en el sedimento. Mediante el proceso de crecimiento de plantas, los contaminantes situados en la zona de la raíz de la planta rica, desde el punto de vista microbiano (rizosfera) se reducen de manera efectiva, se eliminan los tóxicos y/o se absorben por la planta y se metabolizan o volatilizan.

Una o varias técnicas *in situ*, incluyendo la fitorrecuperación, se podrían aplicar dentro del mismo sistema de zona húmeda (de manera simultánea o secuencial) para conseguir la recuperación de los sedimentos. Por ejemplo, los niveles de contaminante en los sedimentos pueden ser tan elevados que la colocación de un recubrimiento *in situ* solamente pueda presentar un riesgo inaceptable a largo plazo. En estos casos, la fitorrecuperación conjuntamente con la colocación de recubrimientos puede reducir estos riesgos hasta niveles aceptables a lo largo del tiempo.

Si bien la fitorrecuperación puede recuperar contaminantes de la mayor parte de masas de sedimentos, los sedimentos contaminados situados entre las plantas permanecen expuestos a organismos invertebrados bénticos, que habitan los sedimentos de las zonas húmedas. Por lo tanto, existe también el potencial para difusión de contaminantes desde los sedimentos a la masa de agua situada por encima, lo que podría impactar de manera adversa las condiciones químicas dentro de la masa de agua situada por encima.

Además, muchos ambientes de zonas húmedas son transitorios hidrológicamente por su naturaleza y pueden estar sometidos a elevadas velocidades periódicas de flujo de agua superficial que pueden retirar las plantas establecidas y los lechos de semillas. El crecimiento incontrolado de plantas invasivas y agresivas de zona húmeda que son menos eficaces en la fitorrecuperación de contaminación de sedimentos objetivo podrían reducir también la viabilidad global de esta técnica de recuperación.

Descripción general de este método de implementación de AQUABLOK^(RTM)

Este método específico para implementación de AQUABLOK^(RTM), mostrado gráficamente en la figura 6, comporta de manera general la colocación de una capa de AQUABLOK^(RTM) (30), de grosor apropiado, sobre la parte superior de sedimentos (50) de agua dulce o salada, así como de la vegetación de zona húmeda existente (52). Basándose en observaciones prácticas documentadas, la vegetación de zona húmeda existente crecerá atravesando el material (30) de la capa de AQUABLOK^(RTM) en zonas con capas más delgadas. La vegetación puede también germinar a partir de sedimentos portadores de semillas, depositados sobre la parte superior de la capa de recubrimiento a lo largo del tiempo, creciendo dentro del material de recubrimiento (y a través del mismo), sin comprometer significativamente su capacidad de actuar como barrera.

A efectos de ofrecer un sustrato de recubrimiento más inmediatamente viable para favorecer más fácilmente la penetración de raíces a través de la capa de recubrimiento y pasando hacia adentro de los sedimentos contaminados situados por debajo, una capa inicial de AQUABLOK^(RTM) (54), implementada con materiales orgánicos y nutrientes, podría ser aplicada en primer lugar, seguido de una capa de AQUABLOK^(RTM) (30) situada por encima (figura 7) no corregida e inherentemente orgánicamente pobre (típicamente menos viable). Dependiendo de los tipos de plantas destinadas a crecimiento, las capas (30), (54) se podrían invertir también para favorecer el crecimiento de raíces de plantas más superficiales o más profundas (figura 8).

También se pueden incorporar directamente en las formulaciones de AQUABLOK^(RTM) semillas de especies de plantas apropiadas para zonas húmedas (junto con nutrientes) antes del recubrimiento del sedimento, favoreciendo de esta manera el crecimiento de fitorrecuperadores eficaces dentro de áreas seleccionadas objetivo en un lugar determinado.

Mejoras sobre la tecnología actual

La técnica de implementación de AQUABLOK^(RTM), descrita de manera general en lo anterior, minimizaría la exposición directa de organismos invertebrados bénticos a sedimentos contaminados durante el proceso de fitorrecuperación. También minimizaría la difusión de contaminantes disueltos en la masa de agua situada por encima, por el hecho de que el AQUABLOK^(RTM) muestra muy baja permeabilidad.

El AQUABLOK^(RTM) que es un sustrato relativamente resistente a la erosión puede proporcionar también un “lecho” mejor para retener plantas de zonas húmedas en su lugar, dentro de áreas de un lugar caracterizado por velocidades de flujo periódicamente más elevadas del agua superficial. Esta característica del AQUABLOK^(RTM), junto con el potencial de incorporación de semillas y nutrientes en las formulaciones del producto, permite un grado superior de control sobre el tipo de especies de plantas de zonas húmedas que se cultivan a efectos de fitorrecuperación, y donde se pueden cultivar en el propio lugar.

Finalmente, la utilización de AQUABLOK^(RTM) ofrecería un sustrato viable y físicamente similar a efectos de colonización de flora y fauna, en comparación con la arena, que es otro material potencial, pero más altamente permeable y susceptible de erosión para la capa de recubrimiento. Las observaciones empíricas y de laboratorio indican también que se forma un cierre de estanqueidad hidratado de manera continua y “autorrecuperador”, y que permanece alrededor

ES 2 266 177 T3

del interfaz de tallo de la planta/AQUABLOK^(RTM), de manera que esta estanqueización minimizaría los movimientos ascendentes de transferencia de contaminantes soportados por el agua o por los sedimentos.

Ejemplo 3

Utilización de AQUABLOK para conseguir estanqueización hidráulica en ambientes situados por debajo de la superficie del suelo o subacuáticos

Enunciado del problema

Cuando se instalan conducciones por debajo del suelo (incluyendo alcantarillas), las conducciones quedan alojadas de manera típica en lechos de piedra o de arena que pueden actuar como conducto para la emigración de agua y/o contaminantes. En el caso de tuberías que atraviesan un pantano o dique, se requiere un cierre estanco hidráulicamente continuo (baja permeabilidad) entre el conducto y las inmediaciones del mismo, de forma que dicha estanqueización haga mínimo el potencial de fugas de los suministros de agua urbanos. En el caso de recuperación de lugares contaminados, vertidos, productos de petróleo u otros contaminantes, pueden fluir por el material del lecho pasando al material de suelo o a zonas geológicas adyacentes. El mayor potencial de fugas tiene lugar de manera típica en las uniones entre secciones de conducto, si bien también pueden ocurrir fugas a lo largo de los conductos en los sitios donde se hayan desarrollado grietas o roturas. La estanqueización efectiva de conductos minimiza también el potencial de movimiento de aguas subterráneas u otros fluidos hacia adentro de la estructura de transporte, a lo que podría tener importancia específica en zonas en las que las aguas freáticas son altas (tales como las zonas húmedas) y/o en los lugares en los que las aguas subterráneas están contaminadas.

También se requiere un cierre hidráulico de baja permeabilidad durante la construcción de pozos de supervisión y extracción de aguas subterráneas, y en la industria de perforación y extracción de petróleo y aguas salinas para minimizar el potencial de transferencia vertical de agua subterránea contaminada, petróleo o aguas salinas por el espacio anular del pozo. Estas transferencias podrían tener como resultado la emigración de contaminantes a acuíferos adyacentes.

La creación de una barrera hidráulica a lo largo de las profundidades de estanques, pantanos o lagunas de agua dulce o salada es también beneficiosa por minimizar las pérdidas por fugas desde la masa de agua superficial, y por minimizar los impactos potenciales sobre las aguas subterráneas cuando la masa de agua o sedimento situado por debajo contiene contaminantes disueltos.

Técnicas actuales para resolver el problema

Llevar a cabo una estanqueización hidráulica continua durante la instalación de las tuberías: Durante la instalación de tuberías, la técnica práctica actual comporta, de manera típica, el relleno de una excavación o zanja de poca profundidad, en la que, la tubería ha sido colocada sobre un lecho de piedra o arena. Un material de relleno apropiado (frecuentemente una arena relativamente permeable o en el caso de pantanos y diques, un material de baja permeabilidad) es colocado en la excavación por encima de los tubos y de forma adyacente a los mismos, siendo apisonado hasta conseguir el nivel apropiado de compactado utilizando equipos pequeños o accionados a mano.

Antes y/o durante la instalación de los conductos, se instalan abrazaderas antifugas alrededor de las uniones de los tubos para minimizar las fugas de estos puntos especialmente vulnerables de la tubería. Las abrazaderas antifugas consisten habitualmente en placas o anillos fijados alrededor de la totalidad del perímetro del tubo que tiene la unión. Además de retener el fluido potencialmente valioso que es transportado (por ejemplo, durante el transporte de petróleo), la minimización de las fugas de uniones u otras interrupciones a lo largo del tubo minimiza también la posibilidad de formación de "huecos localizados". La formación de huecos es un fenómeno de erosión por debajo de la superficie que se caracteriza por la formación de grandes huecos (o tubos) en el material de relleno o de lecho (y quizás también en superficies intactas adyacentes) que resulta del arrastre progresivo de partículas de suelo. Una formación extensa de huecos puede tener como resultado condiciones físicamente inestables dentro de una zanja, produciendo eventualmente el colapso o rotura del tubo contenido en la misma. La erosión relativa a la formación de huecos puede tener también como resultados un fallo catastrófico de presas o diques a través del cual se hayan podido instalar los conductos.

La instalación de abrazaderas antifugas en cada una de las uniones en un tramo importante de una conducción o en uniones en las que las tuberías atraviesan presas o diques puede ser una tarea que requiere mucha mano de obra y elevados costes. La preparación de un cuerpo compactado, físicamente uniforme, de material de relleno que proporcione soporte lateral eficaz a la estructura de la conducción (y también la baja permeabilidad, si es necesario) puede ser una labor engorrosa y costosa. El compactado no uniforme y/o inadecuado de un relleno dentro de una zanja podría crear potencialmente condiciones físicamente inestables y/o permeables que podrían resultar finalmente en una disposición diferencial o movimiento lateral, y eventualmente en el agrietamiento o rotura de las conducciones.

Además, en caso de que tengan lugar pérdidas por erosión significativas, relativas a las conducciones, del relleno o material de lecho, se requeriría el nuevo excavado de una zanja, la inspección de la integridad de uniones y abrazaderas antifugas y su reparación (en caso necesario) y nueva instalación de material del lecho y/o material de relleno, pudiendo ser más complicada la reparación de pérdidas por erosión similares en sistemas de presas o diques. Dependiendo de la

ES 2 266 177 T3

profundidad de la tubería y de las condiciones climáticas de la zona, los procedimientos de congelación/descongelación o secado podrían producir también grietas o fisuras semipermanentes dentro del material de relleno, lo que podría poner en compromiso la estanqueización eficaz de las tuberías.

5 *Realización de un cierre estanco hidráulico en pozos de aguas subterráneas, petróleo o aguas salinas:* La práctica habitual para crear un cierre estanco hidráulico por encima del intervalo o espacio periférico protegido de un pozo comporta, en general, la instalación de una capa semi-sólida, de baja permeabilidad directamente sobre la parte superior de la arena u otro material granular previamente colocado en el espacio anular adyacente al apantallado o protección del pozo. La capa de recubrimiento es creada de manera típica por vertido de una cantidad adecuada de gránulos o láminas de bentonita seca, pura, por el espacio anular y en la superficie del componente granular. El agua presente en la formación hidrata los gránulos, realizando de esta manera la expansión del material y el cierre estanco del espacio anular. Finalmente, una emulsión de hormigón/bentonita, conocida también como “lechada” o “mortero” y caracterizada típicamente por una baja capacidad de resistencia es conducida mediante tubos a la parte superior de la capa de recubrimiento semisólido. A continuación, se termina de manera típica la construcción del pozo por aplicación de una capa de recubrimiento superficial de hormigón.

La construcción de una capa de recubrimiento efectiva de bentonita directamente sobre la parte superior (y de forma contigua) de la unidad granular situada por debajo se puede complicar por un fenómeno conocido como “formación de bóvedas”. La formación de bóvedas comporta, en general, el “taponado” de masas de gránulos de bentonita dentro de las partes superiores del espacio anular durante su aplicación y descenso por dicho espacio. Este proceso resulta en la formación de una capa de recubrimiento de bentonita ineficaz, dispuesta por encima de la superficie granular situada por debajo, en vez de encontrarse adyacente a la misma; por lo que dicho intersticio hidráulico podría crear rutas para la transferencia incontrolada de aguas subterráneas contaminadas de un acuífero a otro. La formación de bóvedas puede resultar de la adición de cantidades de gránulos no adecuadas y a una velocidad no adecuada, reduciendo físicamente los espacios anulares y/o superficies “rugosas” a lo largo de la pared del orificio de referencia, lo cual puede reducir el descenso suave del material de bentonita granular.

20 *Minimización de fugas de estanques, pantanos o lagunas:* La práctica habitual para crear una barrera subacuática de baja permeabilidad en el fondo de estanques, pantanos o lagunas de nueva construcción (o vacíos) comporta en general la colocación de un recubrimiento de membrana flexible o capa de bentonita seca (en forma de polvo, gránulos, pastillas o forma de escamas) de manera continua sobre la superficie de fondo antes de añadir agua o bien agua de desperdicio.

En un esfuerzo para minimizar las fugas de estanques, pantanos o lagunas ya llenos, se aplica material de bentonita seca de manera regular sobre la superficie del agua, por encima del área de fondo deseada. El material de bentonita desciende por la masa de agua, se posa en la superficie del fondo, se hidrata y forma un cierre estanco de baja permeabilidad. Este cierre estanco puede ser creado también mediante conducción por tuberías de una emulsión basada en bentonita a través de la columna de agua y sobre la superficie de fondo. La creación de un cierre estanco de uniformidad y grosor adecuados utilizando cualquiera de estos métodos se ve dificultada por la falta general de control durante la aplicación de la bentonita a través de la masa de agua, lo que se relaciona básicamente con dispersión lateral no controlada del material de bentonita, particularmente cuando se aplica en forma de emulsión o de masa de polvo.

35 *Descripción general de este método de implantación de AQUABLOK^(RTM):* *Realización de un cierre estanco hidráulico continuo durante la instalación de las tuberías:* La utilización de AQUABLOK^(RTM) como relleno de baja permeabilidad y como sustitución de abrazaderas anti-fugas durante la instalación de conducciones se muestra, de manera general, gráficamente en las figuras 9 y 10. Una vez que la tubería (56) ha sido colocada dentro de una zanja excavada (58) (o se ha montado atravesando un pantano o dique) y se han conectado físicamente secciones de tuberías (60), (62) entre sí en la unión (64), una cantidad apropiada de partículas de AQUABLOK^(RTM) secas es colocada alrededor de la parte alta del tubo y por encima del mismo, de manera continua y uniforme. A continuación, se hidrata el producto por adición de agua. Una vez hidratado, la masa de AQUABLOK^(RTM) que se ha aplicado se expande en todas direcciones formando un cierre estanco uniforme y de baja permeabilidad (66) a lo largo de la superficie del tubo y dentro de las secciones del tubo unidas entre sí; formándose también un cierre estanco íntimo y uniforme a lo largo de las paredes laterales de la zanja, lo que proporciona una estabilidad adicional a la instalación del conducto. Si se requiere en algunos proyectos, se puede utilizar también una formulación relativamente diluida, rica en áridos de AQUABLOK^(RTM) para proporcionar una mayor estabilidad física dentro del área que se ha rellenado, sin poner en compromiso la capacidad del producto en actuar como barrera hidráulica efectiva.

50 *Realización de un cierre estanco hidráulico en pozos de agua subterránea, petróleo o aguas salinas:* La utilización de AQUABLOK^(RTM) durante la construcción de un pozo se muestra, en general, de forma gráfica en la figura 11. En particular, se utiliza AQUABLOK^(RTM) para la construcción de la capa de recubrimiento (68) de baja permeabilidad y semisólida dentro del espacio anular (70) de un pozo (71), siendo colocado directamente sobre la parte superior del componente granular (72) tal como arena. El componente granular (72) está colocado dentro del intervalo apantallado o protegido del pozo (74). Se vierten partículas secas de AQUABLOK^(RTM) en el espacio anular (70) y se hidratan de manera similar a las pastillas o láminas de bentonita. El componente (76) formado por una lechada basada en bentonita podría ser también sustituido por AQUABLOK^(RTM) en su totalidad o en parte, dependiendo de las condiciones específicas y objetivos de la construcción del pozo. Una capa (78) de hormigón o de lechada adicional se coloca, de manera típica, en la parte superior del componente (76) constituido por la lechada. Las capas rodean la envolvente (80) del pozo. La figura 11 muestra también la superficie potenciométrica del agua subterránea (82).

Minimización de fugas de estanques, pantanos o lagunas: La utilización de AQUABLOK^(RTM) en la minimización de las fugas de agua dulce o de agua salada en estanques, pantanos o lagunas se muestra, de manera general, gráficamente en la figura 12. En particular, la figura 12 muestra una masa de agua superficial, tal como un pantano (84), con una presa o dique de contención (86). Se crea una barrera subacuática (88) de baja permeabilidad aplicando AQUABLOK^(RTM) de forma continua sobre la superficie del fondo, antes del relleno, o aplicando el producto con intermedio de una masa de agua dulce o salina ya existente y, a través de la totalidad o partes seleccionadas de la superficie de fondo, si la masa de agua superficial efectúa ya el llenado. La figura 12 muestra partículas (90) de AQUABLOK^(RTM) vertidas sobre el sustrato (92) en el fondo del pantano (84), que pueden incluir formaciones relativamente permeables, tales como una zona de arena (94).

Mejoras Sobre las Técnicas Actuales

Realización de un cierre estanco hidráulico continuo durante la instalación de la tubería: El AQUABLOK^(RTM) puede crear un cierre estanco continuo, de baja permeabilidad y elástico alrededor del tubo. La utilización de AQUABLOK^(RTM) como componente de relleno principal eliminaría la necesidad de la añadidura tanto laboriosa como en incremento y la compactación de manera típica de tierras, y los daños potenciales que podrían ocurrir a la tubería durante procesos de compactado. Las fuerzas de expansión uniformes creadas dentro de la zanja y contra las paredes exteriores del tubo durante la hidratación del producto ayudarían también a crear condiciones físicamente estables, particularmente en caso de aplicación de formulaciones ricas en áridos. La utilización de AQUABLOK^(RTM) en lugar de abrazaderas múltiples anti-fugas durante la instalación de los tubos en zanjas o atravesando pantanos o diques sería también una técnica muy eficaz en cuanto a costes, pero técnicamente viable para la instalación de conducciones. El cierre estanco de baja permeabilidad creado alrededor de uniones de tuberías minimizaría el potencial de fugas y la erosión sub-superficial subsiguiente; cualesquiera fugas localizadas que tuvieran lugar por las uniones u otros fallos de la conducción mantendrían condiciones de hidratación (y de expansión física) adyacentes a la avería, a modo de un material autoestancante. Finalmente, la formación de grietas o fisuras localizadas inducidas climáticamente en el material AQUABLOK^(RTM) se sellarían nuevamente a sí mismas cuando tuviera lugar la descongelación o nuevo humedecimiento, resultando en el mantenimiento de un cierre estanco de baja permeabilidad.

Realización del cierre estanco hidráulico en pozos de aguas subterráneas, petróleo o aguas salinas: Dependiendo de condiciones específicas del lugar, diseño del pozo y necesidades del proyecto, la velocidad de depósito de partículas de AQUABLOK^(RTM) dentro del espacio anular se puede incrementar significativamente, con respecto a la de pastillas o láminas de bentonita pura, al optimizar variables clave en el proceso de depósito (es decir, densidad de las partículas, diámetro y forma) durante el diseño y formulación del AQUABLOK^(RTM). La utilización de dicho producto portador de bentonita, relativamente denso, para la construcción de capas de recubrimiento semisólidas minimizaría la formación de bóvedas durante el descenso por el espacio anular, posibilitando una colocación más eficaz del componente de bentonita reactivo directamente encima de la masa de arena, resultando de esta manera en la formación de un cierre estanco continuo y efectivo del pozo. También se pueden formular partículas de AQUABLOK^(RTM) de pequeño diámetro, pero relativamente densas, para adaptarse a espacios anulares especialmente estrechos. El AQUABLOK^(RTM) puede ser también utilizado en lugar de materiales de lechada típicos, o en combinación con los mismos, para conseguir un cierre estanco hidráulico en cualquier otro lugar dentro de un pozo, tal como se determina por condiciones hidrológicas/hidráulicas específicas del lugar, diseño del pozo y objetivos específicos para la construcción del pozo.

Una ventaja adicional de utilización de AQUABLOK^(RTM), en vez de pastillas de bentonita para la construcción de un cierre estanco para pozos, es que el flujo másico de contaminantes a través de una capa de AQUABLOK^(RTM) es significativamente menor que a través de una capa de bentonita pura. La presencia de núcleos de áridos impermeables en formulaciones típicas de AQUABLOK^(RTM) prolonga de manera efectiva la trayectoria de flujo y, por lo tanto, aumenta el tiempo de desplazamiento para los contaminantes disueltos que se difunden a través del material de bentonita. No existe tal reducción en tiempo de desplazamiento del contaminante a través de bentonita pura. Dada esta ventaja adicional de AQUABLOK^(RTM), se puede utilizar una cantidad menor de producto para crear una capa de estancamiento efectiva que lo que lo que se pueda requerir utilizando material de bentonita pura para la construcción de cierres estancos para pozos.

Minimización de fugas de estanques, pantanos o lagunas: El diseño exclusivo de AQUABLOK^(RTM) permite un suministro eficaz y controlado de las cantidades adecuadas de bentonita y otros materiales con las dimensiones de arcillas, de manera uniforme, sobre la superficie de fondo, con independencia de las dimensiones o profundidad de la masa de agua dulce o salada. El grado superior de control durante el suministro de la bentonita, en comparación con el depósito relativamente incontrolado de muchos otros materiales portadores de bentonita, se traduce directamente en la construcción de capas de recubrimiento sub-acuáticas espacialmente continuas, de baja permeabilidad, y de uniformidad y grosor adecuados.

Ejemplo 4

Utilización de AQUABLOK^(RTM) para estabilizar físicamente productos de control de erosión, basados en bloques de hormigón, en medios en los que existe corriente de agua

Enunciado del problema

Se pueden presentar periódicamente condiciones de corrientes fuertes o flujos elevados en una serie de vías de agua artificiales o naturales, incluyendo las circunstancias de drenaje de zanjas o canales, cerca de las entradas y salidas de alcantarillas y en algunos medioambientes de riberas de ríos. Estas condiciones pueden tener como resultado pérdidas significativas por rozamiento y erosión de los sustratos de fondo expuestos a dichas corrientes. La erosión de sustratos basales puede también resultar en el fallo del sistema de transporte y, en algunos casos, en la acumulación perjudicial de los sedimentos desplazados y redepositados en lugares situados más abajo en el sentido de las corrientes.

Enfoque actualmente practicado para solucionar el problema un método efectivo y habitualmente utilizado para protección de canales y control de la erosión comporta la instalación de bloques de hormigón premoldeados, que se interconectan y articulan (de diferentes grosores, tamaño y dimensiones) a lo largo de la superficie de fondo de una vía de agua. Una serie de dichos productos técnicos de control de erosión se encuentra a disposición comercial, incluyendo los de designaciones Tri-Lock, Channel-Lock e Hydropave. Para facilitar la instalación de bloques y control de erosión en algunos lugares, los bloques se cablean entre sí, formando una unidad única, o capa, por encima del sustrato situado por debajo. Los bloques pueden ser diseñados, moldeados e instalados para incluir espacios abiertos o huecos dentro de las unidades interconectadas, o entre las mismas. Estos espacios abiertos proporcionan compensación de las presiones hidráulicas (en caso necesario) y, en algunos casos, permiten el crecimiento de la vegetación a través de las áreas cubiertas (lo que, a su vez, estabiliza adicionalmente la capa de hormigón). Para ciertas aplicaciones, también se pueden minimizar los espacios abiertos dentro de los bloques y entre los mismos, a efectos de minimizar las pérdidas por fugas, tales como en los casos en los que los bloques son utilizados para el recubrimiento de estructuras de transporte de agua tales como acueductos.

Durante la instalación de los bloques, se coloca una tela de filtro geotextil típicamente por debajo de los bloques y por encima de la parte superior del sustrato situado por debajo, si bien un material de rejilla más abierta puede también ser utilizado en lugar del geotextil. La función primaria del componente geotextil permeable o georejilla es minimizar la erosión del sustrato situado por debajo, permitiendo, no obstante, el paso del agua durante la estabilización hidráulica del sistema de la vía del agua. La colocación del producto geotextil o georejilla proporciona, también, una base estable para la capa de hormigón, especialmente cuando se construye sobre un sustrato relativamente blando, en el que existe el potencial de una diferencia sustancial de depósito por debajo de la carga aplicada.

Dependiendo de la forma específica de su incorporación, utilización de un material cohesivo, un material basado en arcilla mineral como componente de sistemas basados en bloques para control de erosión, se puede incrementar significativamente la resistencia contra la erosión del sustrato y/o añadir estabilidad a la unidad de capa de hormigón durante situaciones de corrientes extremas. La incorporación de un material cohesivo de baja permeabilidad como capa estanqueizante, situada por debajo, minimizaría también, de forma notable, las pérdidas por fugas desde los sistemas de transporte con recubrimiento de hormigón. No obstante, la aplicación efectiva y controlada de dicho material cohesivo, particularmente cuando existe una columna de agua presente sobre la parte superior del sustrato, puede ser un problema logístico, y especialmente si se efectúa la instalación sobre un sustrato blando.

Descripción general de este método de implementación AQUABLOK^(RTM)

El AQUABLOK^(RTM) puede ser incorporado en el diseño de sistemas de control de erosión, basados en bloques de hormigón, instalados en medios subacuáticos de vías acuáticas de diferentes formas distintas. Dependiendo de las condiciones específicas del lugar y de los objetivos del proyecto, el AQUABLOK^(RTM) puede ser: (1) aplicado entre el componente geotextil o georejilla y la capa de bloques; o bien, (2) aplicado directamente entre la capa de bloques y el sustrato situado por debajo, en lugar del componente geotextil o georejilla.

Mejoras sobre las técnicas actuales

El sistema de alimentación AQUABLOK^(RTM) para el transporte de materiales cohesivos, ricos en bentonita al fondo de sistemas de vías de agua inundados, posibilita la incorporación de una capa cohesiva en un sistema de control de erosión basado en bloques. La incorporación de AQUABLOK^(RTM) en diseños de sistemas, tal como se ha descrito anteriormente, puede mejorar notablemente la efectividad global de este método para estabilización de canales y control de erosión con intermedio de un incremento significativo de la adherencia entre los componentes de hormigón y el geotextil o georejilla (en el caso en que no existe ninguno de ellos de manera extrínseca), o por incremento de la adherencia entre los bloques de hormigón y el sustrato situado por debajo (en el que solamente existe una adherencia limitada, tal como en el caso en el que están involucrados sustratos granulares o de arena). Una adherencia incrementada, favorecida por la adición de un material altamente cohesivo, se traslada directamente en un mayor control de la erosión y también en forma de estabilidad incrementada del sistema técnico en su conjunto. La instalación de sistemas viables de control de erosión basados en la utilización de bloques puede ser especialmente eficaz en cuanto a costes cuando se utiliza AQUABLOK^(RTM) como capa de nivelado cohesiva y estable, en lugar de los componentes geotextiles o de georejilla caros.

ES 2 266 177 T3

El AQUABLOK^(RTM) puede permitir, también, la instalación de sistemas basados en bloques de permeabilidad especialmente baja (además de la resistencia a la erosión) cuando se construyen estructuras de transporte de agua en las que se deben minimizar las pérdidas por fugas.

5 Finalmente, los espacios vacíos o huecos entre los bloques de hormigón y dentro de los mismos, en los que el material AQUABLOK^(RTM) puede quedar expuesto en algunos diseños de aplicación, ofrecería un medio viable para el crecimiento de plantas de zonas húmedas y/o organismos bénticos invertebrados. El crecimiento de plantas dentro de sistemas con recubrimiento de bloque puede también ser promocionado por la incorporación de semillas de plantas de zonas húmedas y/o nutrientes en formulaciones de AQUABLOK^(RTM).

10

El principio y modo de funcionamiento de esta invención se ha descrito en sus realizaciones preferentes. No obstante, se debe observar que esta invención puede ser practicada de forma distinta que la ilustrada específicamente y descrita sin salir de su ámbito, de acuerdo con las reivindicaciones.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Método para el tratamiento de un material contaminado (32) que incluye un material con capacidad de flujo, cuyo método comprende la formación de una barrera de baja permeabilidad (30) sobre el material contaminado (32), creando de esta manera un sistema hidráulicamente cerrado y tratando el material contaminado (32) situado por debajo de la barrera (30), como mínimo mediante el suministro de una sustancia mediante un dispositivo de suministro (36) para tratar la contaminación y eliminar el material con capacidad de flujo de debajo de la barrera (30), de manera que la barrera de baja permeabilidad (30) es formada por aplicación de una serie de partículas compuestas fabricadas (10), y en el que el material contaminado (32) comprende un material contaminado (32) subacuático permanente o periódicamente que se presenta en medios de aguas profundas o zonas húmedas.

15 2. Método, según la reivindicación 1, en el que el material contaminado (32) es tratado como mínimo por un procedimiento de tipo químico, un procedimiento de tipo biológico o bien un procedimiento de inmovilización de contaminantes.

3. Método, según la reivindicación 2, en el que el tratamiento es conseguido por el suministro de un material de tratamiento con capacidad de flujo hacia adentro del material contaminado (32).

20 4. Método, según la reivindicación 1, en el que la barrera de baja permeabilidad (30) es una capa barrera, y comprende adicionalmente la formación de una capa de drenaje permeable (42) por debajo de la capa barrera de baja permeabilidad (30).

25 5. Método, según la reivindicación 1, en el que primeras partes del material contaminado (32) son cubiertas con la barrera de baja permeabilidad (30) y segundas partes del material contaminado son cubiertas con un material permeable (48) para crear un sistema de embudo y puerta (“funnel and gate”).

30 6. Método, según la reivindicación 5, en el que el material permeable (48) es preparado combinando uno o varios materiales con dimensiones de la arena, mineral de arcilla, mineral con dimensiones de la arcilla o material con dimensiones casi de la arcilla, material puzolánico, hierro de valencia cero, carbón activado y microbios.

7. Método, según la reivindicación 2, en el que el material contaminado (32) es tratado por un proceso de tratamiento biológico que comprende un proceso de fitorrecuperación.

35 8. Método, según la reivindicación 7, en el que el proceso de fitorrecuperación es conducido por el crecimiento de plantas para conseguir la degradación o eliminación del contaminante.

9. Método, según la reivindicación 1, en el que la barrera (30) sirve como medio habitable para organismos bénticos.

40 10. Método, según la reivindicación 1, en el que la barrera (30) sirve para el crecimiento de plantas.

45 11. Método, según la reivindicación 1, en el que la barrera (30) está constituida como capa barrera (30), y que comprende además la formación de una capa barrera modificada (54) sobre la capa barrera (30), siendo formulada la capa barrera modificada (54) para proporcionar medio habitable como mínimo para plantas o bien para organismos bénticos por encima del material contaminado (32).

50 12. Método, según la reivindicación 1, en el que la barrera (30) está formada como capa barrera (30), y comprende además la formación de una capa barrera modificada (54) entre la capa barrera (30) y el material contaminado (32), siendo formulada la capa barrera modificada (54) para promover el crecimiento de plantas dentro del material contaminado.

55

60

65

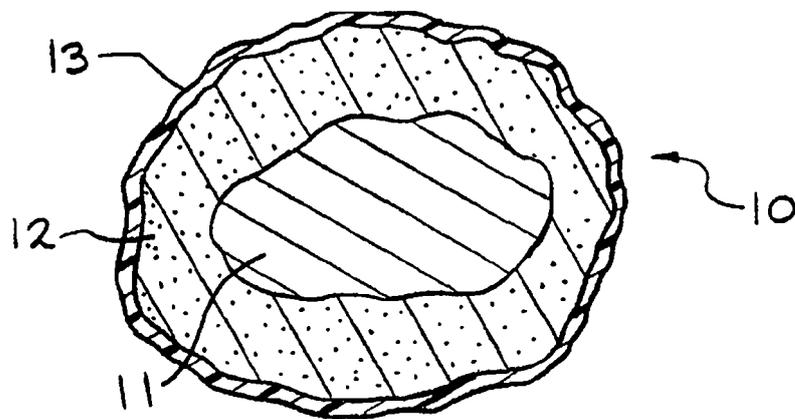


FIG. 1

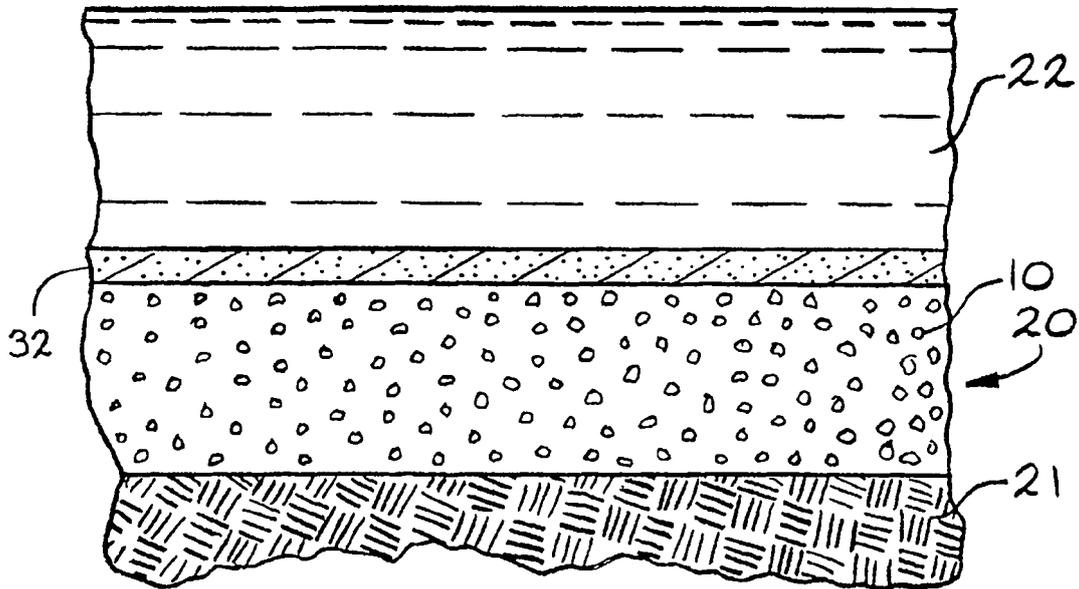


FIG. 2

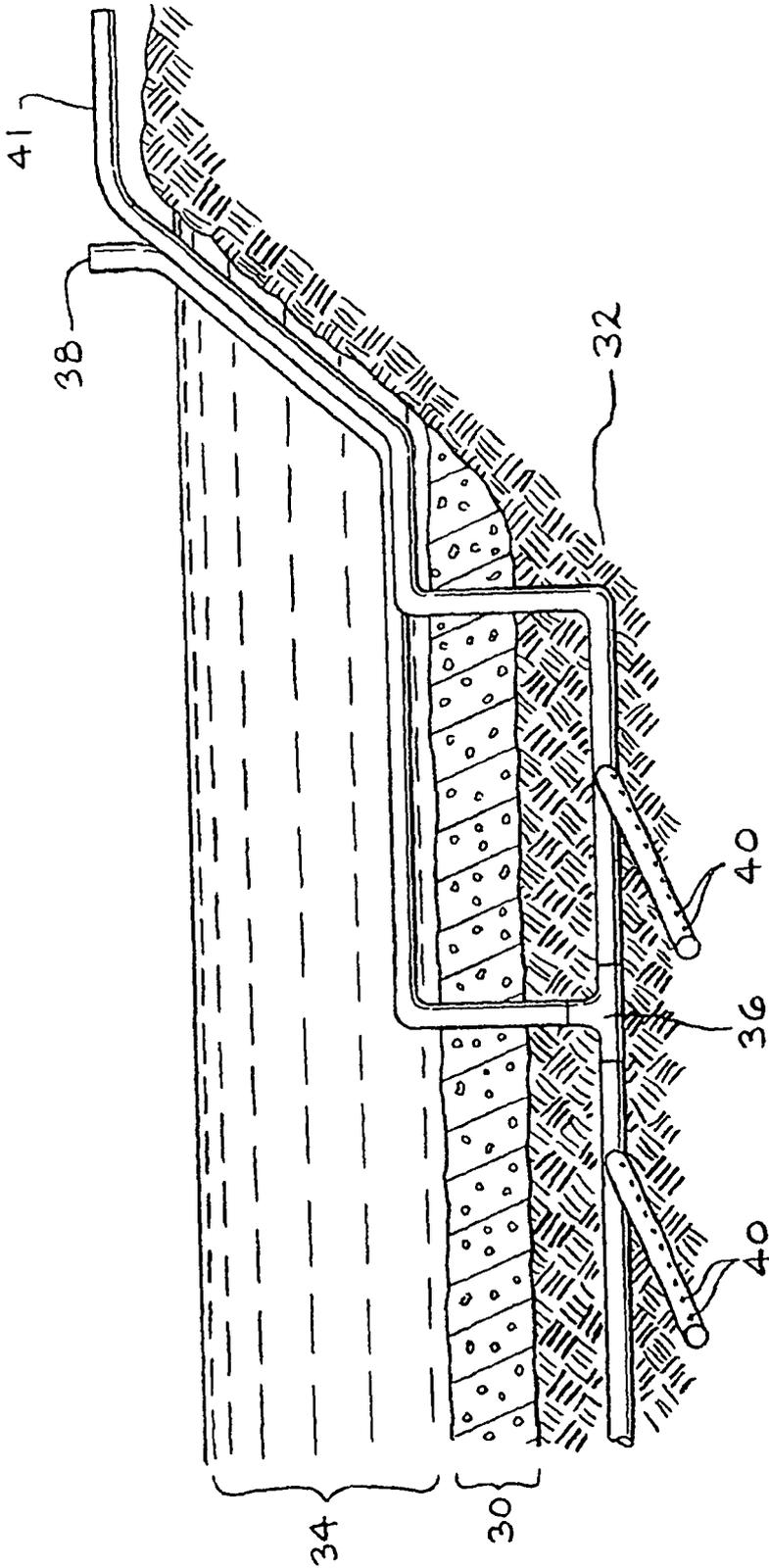


FIG. 3

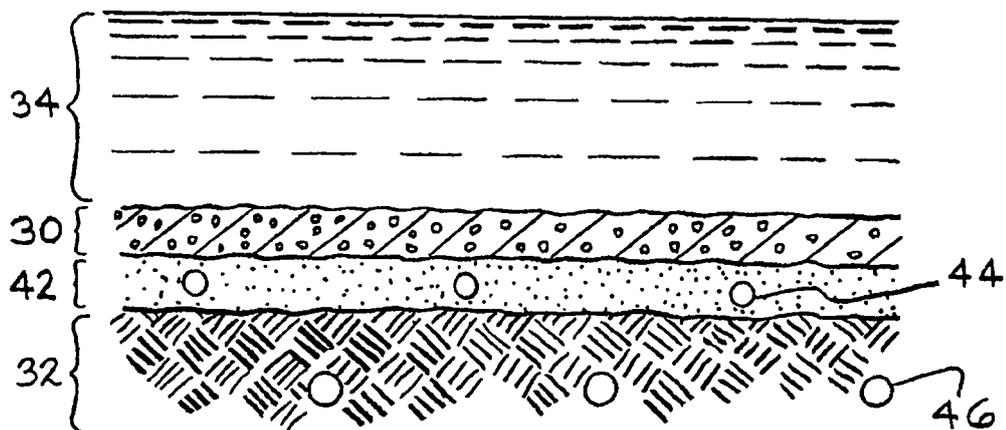


FIG. 4

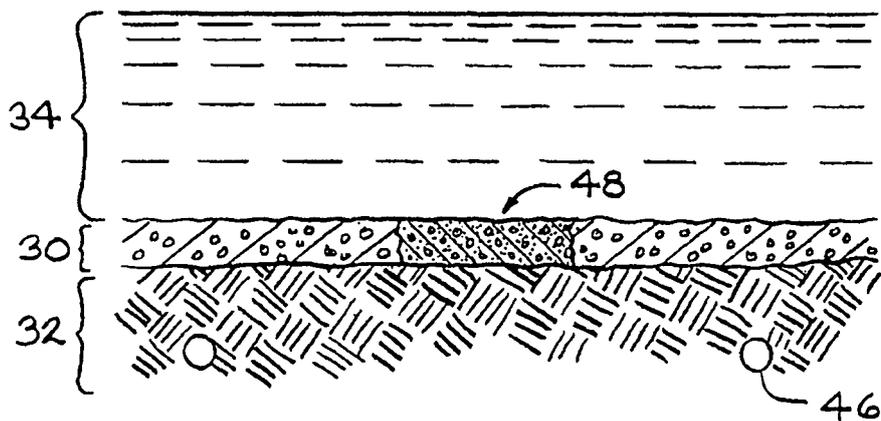


FIG. 5

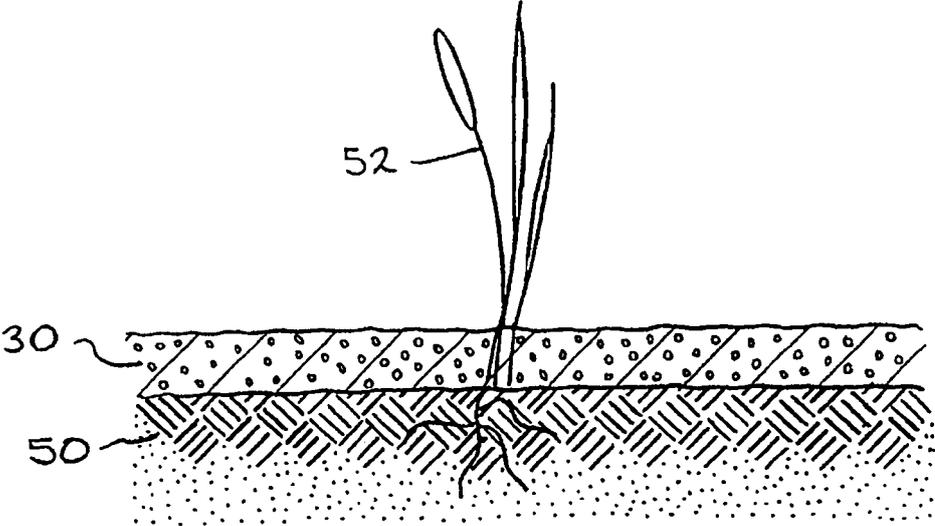


FIG. 6

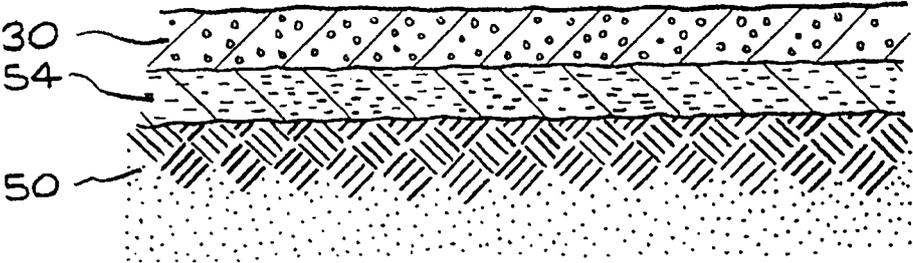


FIG. 7

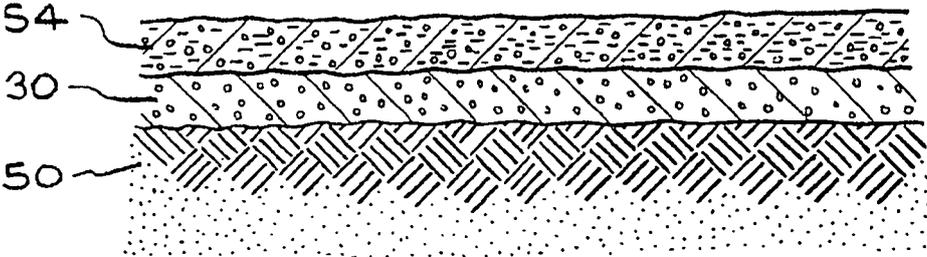
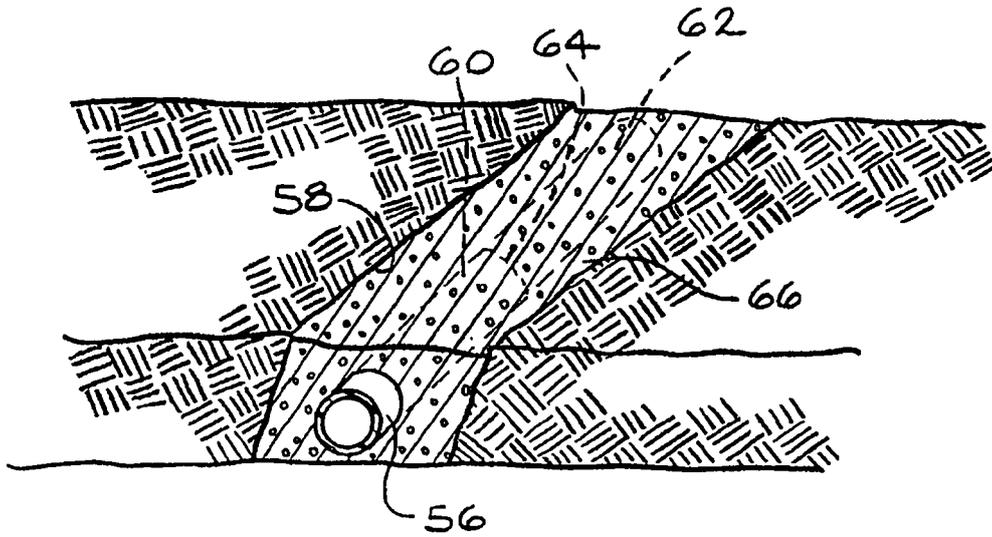
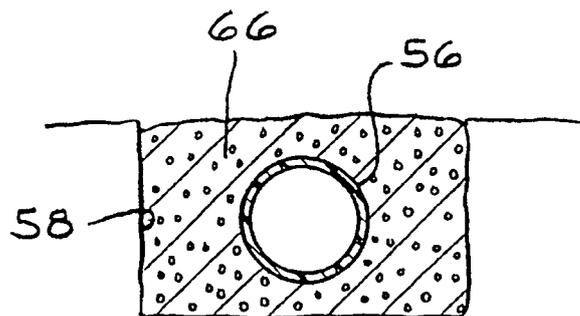


FIG. 8



—FIG. 9



—FIG. 10

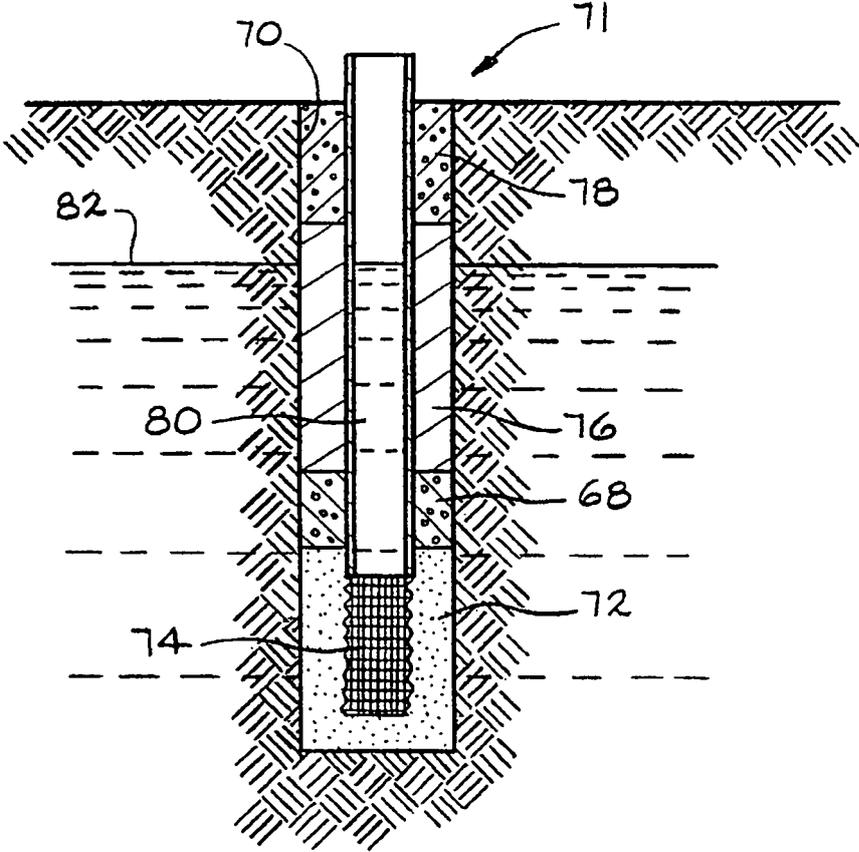


FIG. 11

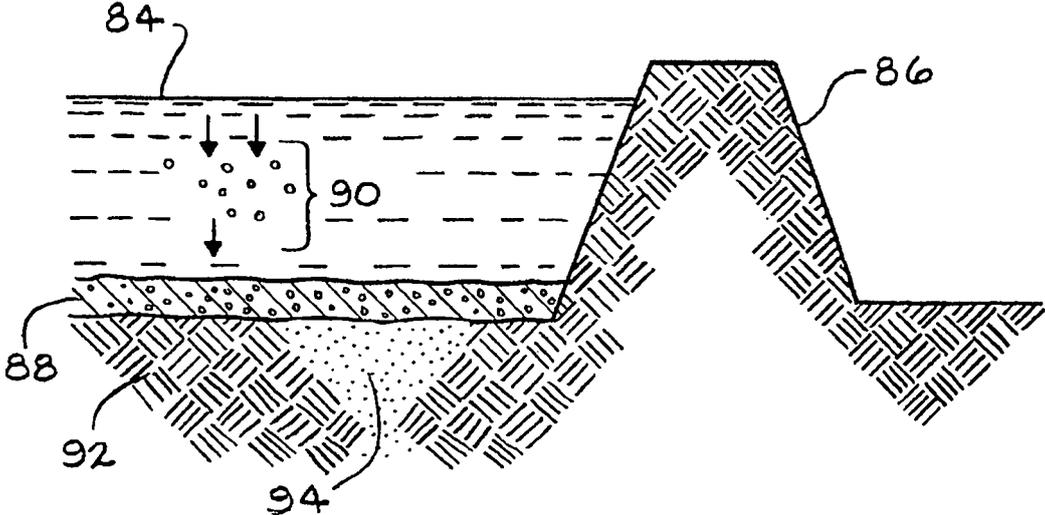


FIG. 12