РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 798 524**(13) **C1**

(51) МПК
B09C 1/00 (2006.01)
B09C 1/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B09C 1/00 (2023.05); B09C 1/08 (2023.05)

(21)(22) Заявка: **2022134162, 23.12.2022**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.12.2022

Дата регистрации:
23.06.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **23.12.2022**

(45) Опубликовано: **23.06.2023** Бюл. № **18**

Адрес для переписки:
305040, Курская обл., г. Курск, ул. Студенческая, 34, офис 4, ООО "БАШУК ЧИЧКАНОВ, ЮРИДИЧЕСКАЯ ФИРМА", Башук Алексей Андреевич

(72) Автор(ы):
Арзамазова Анна Вадимовна (RU),
Кинжаев Руслан Рафаилович (RU),
Трофимов Сергей Яковлевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЭКОТОП" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2744375 C1, 09.03.2021. RU 2095105 C1, 10.11.1997. RU 2502569 C1, 27.12.2013. RU 2038363 C1, 27.06.1995. RU 2680583 C1, 22.02.2019. JP 2005048147 A, 24.02.2005.**

(54) Способ рекультивации нефтезагрязненных земель

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам восстановления загрязненной почвы и рекультивации нефтезагрязненных природных и хозяйственных грунтов с инкорпорированием нефти в органическое вещество почв и предназначено для участков разливов нефти и нефтепродуктов на болотных почвах и почвах с вязкой нефтью, которую невозможно откачать или отмыть. Техническая задача - создание такого технического решения, которое приведет к ускорению трансформации углеводородов во всем объеме почвы. Способ рекультивации нефтезагрязненных земель включает агротехническую механизированную обработку загрязненной почвы, проводимую с вовлечением в процесс разбавления загрязненного слоя нижележащих слоев чистой почвы непосредственно на месте разлива с последующим применением компонентов, интенсифицирующих процессы трансформации и окисления углеводородов с образованием протогуминовых веществ - инкорпорирование в гумус, таких как минеральные удобрения, оксигенное соединение и бентонитовая глина. В качестве оксигенного соединения используют пероксид кальция. Доза внесения пероксида кальция для окисления терминальных атомов С в молекулах жидких углеводородов С12-С16 составляет 1-3% от запасов нефтепродуктов. Бентонит применяют в качестве катализатора реакций полимеризации в дозе 50-100 г/м^2. Расчет глубины, на которую необходимо провести механизированную агротехническую обработку почвы, при применении на почвах с вязкой нефтью и на болотных почвах, для того, чтобы добиться нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти в почве, проводят по формуле

$$h_{обр.} = \frac{p_i \times h_{загр.} \times (c_i / c_{иск.})}{p_{ср}},$$

где $h_{обр.}$ - глубина агротехнической обработки, м; $h_{загр.}$ - глубина загрязненного слоя, м; p_i -

RU 2798524 C1

RU 2798524 C1

плотность загрязненного слоя, т/м^3; $p_{ср}$ - усредненная плотность чистого нижележащего слоя, т/м^3; c_i - концентрация нефтепродуктов в загрязненном слое, г/кг; $c_{иск.}$ - концентрация нефтепродуктов, которую необходимо достичь, г/кг. Технический результат - расширение эксплуатационных возможностей рекультивации нефтезагрязненных земель путем применения на практике оптимальных параметров технологии рекультивации и решений, которые способны приводить к ускорению трансформации углеводородов во всем объеме почвы.

RU 2798524 C1

RU 2798524 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 798 524**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
B09C 1/00 (2006.01)
B09C 1/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
B09C 1/00 (2023.05); B09C 1/08 (2023.05)

(21)(22) Application: **2022134162, 23.12.2022**

(24) Effective date for property rights:
23.12.2022

Registration date:
23.06.2023

Priority:
(22) Date of filing: **23.12.2022**

(45) Date of publication: **23.06.2023** Bull. № **18**

Mail address:
305040, Kurskaya obl., g. Kursk, ul. Studencheskaya, 34, ofis 4, OOO "BASHUK CHICHKANOV, YURIDICHESKAYA FIRMA", Bashuk Aleksej Andreevich

(72) Inventor(s):
Arzamazova Anna Vadimovna (RU),
Kinzhaev Ruslan Rafailovich (RU),
Trofimov Sergei Iakovlevich (RU)

(73) Proprietor(s):
OBShchESTVO S OGRANIChENNOI OTVETSTVENNOSTIu "EKOTOP" (RU)

RU 2798524 C1

(54) METHOD FOR RECLAMATION OF OIL-CONTAMINATED LANDS

(57) Abstract:

FIELD: soil recultivation.

SUBSTANCE: invention relates to methods for the restoration of contaminated soil and the reclamation of oil-contaminated natural and commercial soils with the incorporation of oil into the organic matter of soils and is intended for areas of oil spills on marshy soils with viscous oil that cannot be pumped out or washed off. The technical problem is to create such a technical solution that will accelerate the transformation of hydrocarbons in the entire volume of the soil. The method for reclamation of oil-contaminated lands includes agrotechnical mechanized processing of contaminated soil, carried out by diluting the contaminated layer of the underlying layers of clean soil directly at the spill site, followed by the use of components that intensify the processes of transformation and oxidation of hydrocarbons with the formation of protohumic substances – incorporation into humus, such as mineral fertilizer, oxygen compound and bentonite clay. Calcium peroxide is used as an oxygenating compound. The dose of calcium peroxide for the oxidation of terminal C atoms in the molecules of liquid hydrocarbons C12-C16 is 1-3% of the oil reserves. Bentonite is used as a catalyst for polymerization reactions at a dose of 50-100 g/m^2. The calculation of the depth to which it is necessary to carry out mechanized agrotechnical tillage, when used on soils with viscous oil and on marsh soils, in order to achieve the standard values of the permissible residual oil content in the soil, is carried out according to the formula $h_p = (p_i \times h_{cont} \times (c_i/c_{sought}))/ p_{av}$, where h_{pr} is the depth of agrotechnical processing, m; h_{cont} is the depth of the contaminated layer, m; p_i is the density of the contaminated layer, t/m^3; p_{av} is the average density of the pure underlying layer, t/m^3; c_i is the concentration of oil products in the contaminated layer, g/kg; c_{sought} is the concentration of oil products to be achieved, g/kg.

EFFECT: expansion of operational possibilities for recultivation of oil-contaminated lands by applying in practice the optimal parameters of recultivation

RU 2798524 C1

technology and solutions that can lead to an acceleration of the transformation of hydrocarbons in the entire volume of the soil.

1 cl

RU 2798524 C1

RU 2798524 C1

Заявляемое в качестве изобретения техническое решение относится к способам восстановления загрязненной почвы и рекультивации нефтезагрязненных природных и хозяйственных грунтов с инкорпорированием нефти в органическое вещество почв, и предназначено для участков разливов нефти и нефтепродуктов на болотных почвах и почвах с вязкой нефтью, которую сложно откачать или отмыть.

Особенностью и новизной предлагаемого способа рекультивации является использование ряда решений, которые позволяют:

- кардинально сократить время проведения рекультивации, так как целевой показатель рекультивации (остаточное содержание нефтепродуктов) достигается сразу после завершения механической обработки почвы, а не через 1-2 вегетационных сезона, как в большинстве предлагаемых ранее способах;
- применять данный способ при любом уровне загрязнения почвы нефтью;
- применять данный способ круглогодично;
- совместить этапы технической и биологической рекультивации, что позволяет через 14 дней после обработки почвы начинать этап фитомелиорации и получать сформированный растительный покров на рекультивируемом участке к концу текущего сезона вегетации;
- создать в почве оптимальные условия для сорбции и полимеризации промежуточных продуктов окисления нефтяных углеводородов и их инкорпорирования в гумус (а не их полной минерализации), что приводит к накоплению углерода в почвах, а не к эмиссии углекислого газа в атмосферу;
- избежать в большинстве случаев необходимости срезки и вывоза на полигоны наиболее загрязненных верхних слоев почвы, что значительно сокращает затраты на проведение работ и повышает их экологичность за счет уменьшения выбросов углекислого газа и загрязняющих веществ (за исключением случаев, когда возникает необходимость частичного вывоза загрязненного слоя или завоза чистого торфа/грунта при недостатке запаса нижележащего чистого слоя).

Заявляемый способ включает агротехническую механизированную обработку почвы с вовлечением в процесс разбавления загрязненного слоя нижележащих слоев чистой почвы непосредственно на месте разлива. Необходимая для этого глубина слоя нижележащей чистой почвы, вовлекаемой в этот процесс, рассчитывается по предложенной в способе формуле. При этом применение компонентов, интенсифицирующих процессы трансформации и окисления углеводородов, ускоряет взаимодействие продуктов трансформации нефти с органическим веществом почвы с образованием протогуминовых веществ - инкорпорирование в гумус. Количество применяемых компонентов рассчитывается по предложенным в способе рекомендациям и алгоритмам.

Известен предшествующий аналог заявляемого технического решения, способ рекультивации нефтезагрязненных поверхностей торфяных болот по патенту России на изобретение №2323052 от 04.08. 2006г., МПК: B09B 1/00; A01B 79/02, опубликованному 27.04.2008г. В аналоге описан способ рекультивации нефтезагрязненных поверхностей торфяных болот, включающий нанесение на загрязненный участок слоя торфа, при котором предварительно определяют уровень загрязнения поверхности торфяного болота, после чего используют фрезерный торф плотностью 0,1-0,4 г/см^3, влажностью 40-60%, в который предварительно введена добавка в виде мелкораздробленных сфагновых мхов с размером фракций от 5 до 20 мм в количестве 10-20 вес.%. При этом толщина слоя торфа составляет не менее 200 мм, а в качестве добавки используют сфагновые мхи Sph.magellanicum и/или

Sph.angustifolium, причем при превышении пороговой концентрации загрязнения 15 л/м3 осуществляют ручной сбор нефти.

Общим признаком с заявляемым техническим решением является применение на загрязненных участках слоя торфа в качестве материала, улучшающего физико-химические условия среды.

Недостатки данного аналога связаны с ограничением пороговой концентрации загрязнения в 15 л/м^3, при превышении которого необходим ручной сбор загрязнителя; затратами на закупку, транспортировку и внесение фрезерного торфа, а также сфагновых мхов с их предварительным дроблением, требуется использование не менее 20000 кубометров на 1 га торфа строго определенного ботанического состава, что технически невозможно. Предлагаемая нами технология не имеет ограничений по начальной концентрации загрязнителя и ее применение возможно для участков разливов нефти и нефтепродуктов на болотных почвах и почвах с нефтью, которую сложно откачать или отмыть.

Известен аналог следующего поколения, способ очистки почвы от углеводородных загрязнений по патенту России на изобретение №2502569 от 16.04.2012г., МПК: B09C 1/08, 1/10, опубликованному 27.12.2013г., включающий внесение в очищаемую почву углеводородокисляющих микроорганизмов и пероксидного соединения, причем очистку почвы осуществляют поэтапно, при этом на первом этапе очистки в очищаемую почву вносят пероксидное соединение в количестве от 3% до 10% от массы углеводородного загрязнения, на втором этапе очистки в очищаемую почву вносят углеводородокисляющие микроорганизмы с одновременным внесением минеральной питательной среды, причем второй этап очистки осуществляют не ранее чем через три дня после первого этапа очистки, при этом в качестве углеводородокисляющих микроорганизмов используют консорциум штаммов Candida maltose ВКПМ Y-3446 и Dietzia maris ВКПМ Ac-1824, а в качестве пероксидного соединения используют перекись водорода либо пероксид кальция.

Общими признаками с заявляемым техническим решением являются: применение на загрязненных участках пероксидных соединений, способствующих активации процессов окисления нефти и нефтепродуктов и минеральных питательных соединений.

Недостатком способа-аналога по патенту России на изобретение №2502569 является то, что эффективность биологической рекультивации нефтезагрязненных земель, расположенных в пределах болотных ландшафтов, обычно невысока вследствие недостатка кислорода в болотных почвах из-за высокой обводненности, кислой реакции среды, низких температур, очень высокой концентрации нефти в загрязненном торфе из-за его высокой нефтеемкости, при которой невозможна деятельность нефтеокисляющих микроорганизмов, как аборигенных, так и вносимых в виде биопрепаратов. Кроме того, реализация указанного способа-аналога возможна только в теплый период года, в связи с температурными ограничениями применимости микробного консорциума. Недостатком аналога является и строго определенный состав консорциума, эффективность которого для различных условий применения не доказана, кроме того, для его применения необходима разрешительная документация. При высокой степени исходного загрязнения процесс рекультивации может занять длительное время.

Известен адсорбционно-окислительный способ рекультивации нефтезагрязненных природных грунтов и техногенных нефтешламов (прототип) по патенту России на изобретение №2744375 от 20.08.2020г., МПК: B09C 1/08, опубликованному 09.03.2021г., который включает внесение в загрязненные земли бентонитовой глины и инертного

сорбента, отличающийся тем, что в нефтезагрязненный грунт дополнительно вносят оксигенное соединение, бентонитовая глина вводится в виде водного геля, а ее литологическая структура содержит природный катализатор деструкции оксигенных соединений, при следующем соотношении компонентов, % мас.: - исходный нефтезагрязненный грунт или нефтешлам - 40-99; - водный гель бентонитовой глины - 0,5-30; - оксигенное соединение - 0,5-15; - инертный сорбент - 0-30. В качестве катализаторов деструкции оксигенных соединений используют оксид железа (II) и/или оксид марганца (II), общее содержание которых в применяемой бентонитовой глине должно быть не менее 0,4 % мас., а в качестве оксигенного соединения используется 3-50%-ный водный раствор перекиси водорода и/или порошкообразные соединения перекиси водорода: гидроперит и/или перкарбонат натрия. При этом применяемый водный гель бентонитовой глины может содержать различные объемные соотношения вода/бентонит, лежащие в диапазоне 10/90-99,9/0,1, а в качестве инертного сорбента используются следующие гранулированные и/или дисперсные материалы: каолинит и/или алюмосиликат, и/или серпентинит, и/или палыгорскит, и/или опока, и/или цеолит, и/или песчаник, и/или карбонат кальция, и/или торф, и/или активный уголь, и/или зола уноса, и/или древесные опилки, и/или сапропель.

Общими признаками с заявляемым техническим решением являются: применение на загрязненных участках оксигенного соединения и бентонитовой глины.

Недостатком данного аналога является то, что использование перекиси водорода и других оксигенных соединений в заявленных концентрациях может привести к подавлению деятельности микроорганизмов, что замедлит ход восстановления загрязненных почв. Кроме того, внесение высоких концентраций оксигенного соединения может привести к потерям органического вещества почвы вследствие окисления, что негативно скажется на уровне плодородия.

Цель заявляемого технического решения - достижение возможности разработки способа рекультивации нефтезагрязненных земель с повышением эффективности рекультивации, поскольку эффективность рекультивации земель, особенно расположенных в пределах болотных ландшафтов, обычно невысока.

Техническая задача - создание такого технического решения, которое приведет к ускорению трансформации углеводородов во всем объеме почвы. Для этого в процессе разбавления необходимо добиться того, чтобы по всей глубине вовлеченного в рекультивацию слоя почвы концентрация нефтепродуктов не превышала установленных нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти. При такой концентрации нефтепродуктов исключается их миграция за пределы загрязненного участка, и при этом за счет предлагаемых технологических решений может активно протекать как минерализация углеводородов, так и их сорбция, и последующее инкорпорирование в органическое вещество почвы.

Технический результат - расширение эксплуатационных возможностей рекультивации нефтезагрязненных земель путем применения на практике оптимальных параметров технологии рекультивации и решений, которые способны приводить к ускорению трансформации углеводородов во всем объеме почвы. К указанным решениям относится агротехническая механизированная обработка путем разбавления загрязненного слоя нижележащим чистым слоем почвы или завезенным материалом в расчетном объеме и применение некоторых компонентов способных интенсифицировать процессы трансформации и окисления углеводородов, что ускоряет как их полную минерализацию (прежде всего, наиболее легких углеводородов), так и взаимодействие продуктов трансформации с органическим веществом почвы и между собой с образованием

протогуминовых веществ.

Технический результат достигается за счет агротехнической механизированной обработки путем перемешивания загрязненного слоя с нижележащим чистым слоем или завезенным материалом в расчетном объеме и применением добавок, в качестве которых предлагаются пероксид кальция, комплексное минеральное удобрение азофоска и бентонит.

Применяемые технологические приемы и вещества.

1. Агротехническая механизированная обработка почвы с вовлечением в процесс разбавления загрязненного слоя нижележащих слоев чистой почвы непосредственно на месте разлива. Необходимая для этого глубина нижележащего чистого слоя почвы, вовлекаемого в этот процесс, рассчитывается по предложенной в технологии формуле.

2. Пероксид кальция, используемый в виде порошка, при внесении во влажную почву постепенно распадается с образованием гидроксида кальция и пероксида водорода, который в свою очередь разлагается на воду и кислород:

$CaO2 + 2H2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2O_2$

$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

Три из четырех образующихся при распаде пероксида кальция продуктов распада положительно влияют на снижение концентрации углеводородов в нефтезагрязненной почве.

Гидроксид кальция нейтрализует кислотные компоненты, что, как известно, способствует более активной деятельности микроорганизмов-нефтедеструкторов, для большинства из которых оптимальные значения pH - от 6 до 8. По этой причине в ходе рекультивации нефтезагрязненных земель используются материалы, содержащие карбонат кальция. Поэтому при использовании пероксида кальция в значительной мере отпадает необходимость использования традиционных материалов для нейтрализации почвенной кислотности. При внесении пероксида кальция устраняется одна из основных проблем рекультивации нефтезагрязненных почв болотных ландшафтов - недостаточная аэрация почв, из-за чего невозможно добиться необходимой активности микроорганизмов-нефтедеструкторов. Следует отметить, что пероксид кальция активно используется (прежде всего за рубежом) для очистки переувлажненных почв и грунтовых вод от органических соединений, в т.ч. при загрязнении керосином, бензином и другими веществами.

3. Азофоска (NPK 16:16:16 или NPK 22:11:11) - комплексное минеральное удобрение, основное назначение которого стимуляция активности аборигенных микроорганизмов, способных утилизировать углеводороды. Необходимость использования минеральных удобрений при биоремедиации нефтезагрязненных почв общеизвестна. Однако в данном случае использование соединений азота и фосфора имеет дополнительное назначение:

1) в результате потребления минерального азота образуются органические соединения, содержащие аминогруппы (белки, аминокислоты), способные к дальнейшему взаимодействию с карбоксильными и другими кислородсодержащими функциональными группами, образующимися при частичном окислении углеводородов. Классические схемы гумификации предполагают активное участие азотсодержащих соединений в образовании гуминовых веществ, в результате чего в последних отношение *C:N* значительно ниже, чем в исходных компонентах. Широко известна способность азотсодержащих соединений вступать в спонтанные реакции с образующимися при окислении органических веществ феноксильными радикалами (в данном случае образование феноксильных радикалов обеспечивается образованием пероксида водорода при распаде вносимого в почву пероксида кальция).

2) фосфаты в данной технологии необходимы не только как источник фосфора для микроорганизмов, но и как компонент, снижающий скорость разложения пероксида водорода, образующегося при распаде пероксида кальция за счет частичного связывания ионов железа, что обеспечивает более эффективное использование пероксида кальция.

4. Бентонит- природный глинистый минерал на 60-70 % состоящий из монтмориллонита, относящегося к классу 2:1 слоистых алюмосиликатов, широко применяется в качестве сорбента нефтепродуктов благодаря огромной удельной поверхности и возможности сорбции веществ в способных к расширению межпакетных промежутках. Известно также, что силоксановая поверхность проявляет способность к гидрофобным взаимодействиям, что также способствует сорбции углеводородов. Кроме того, важным качеством минералов монтмориллонитовой группы является наличие обменных катионов, которые могут участвовать в ионообменных процессах в почве. Однако в данной технологии основное назначение глинистых минералов заключается в их способности катализировать реакции образования гуминовых веществ из низкомолекулярных соединений в результате окислительной полимеризации, декарбоксилирования. Ферменты, катализирующие полимеризацию фенольных соединений по свободно-радикальному механизму - лакказа, пероксидаза и тирозиназа повсеместно встречаются в почвах, т.к. продуцируются грибами (в т.ч. почвенными микромицетами), бактериями и корнями, поэтому внесение небольшого количества глинистых минералов будет способствовать иммобилизации ферментов на их поверхностях и ускорению полимеризации фенольных соединений, часть которых может образовываться в результате окисления ароматических углеводородов пероксидом водорода и в результате деятельности микроорганизмов-нефтедеструкторов. Синтез гуминовых веществ, в свою очередь, будет способствовать увеличению сорбции нефтяных углеводородов с последующим их включением в гумус.

Сущность заявляемого технического решения заключается в том, что способ рекультивации нефтезагрязненных земель включает агротехническую механизированную обработку почвы с вовлечением в процесс разбавления загрязненного слоя нижележащих слоев чистой почвы непосредственно на месте разлива с последующим применением компонентов (минеральных удобрений, оксигенного соединения и бентонитовой глины), интенсифицирующих процессы трансформации и окисления углеводородов с образованием протогуминовых веществ - инкорпорирование в гумус. Доза пероксида кальция составляет 1-3% от запасов нефтепродуктов (количество, необходимое для окисления терминальных атомов С в молекулах жидких углеводородов С12-С16), а бентонит применяют в качестве катализатора реакций полимеризации в дозе 50-100 г/м^2. Заявляемый способ рекультивации нефтезагрязненных земель применим на почвах с нефтью, которую сложно откачать или отмыть, и на болотных почвах, при этом расчет глубины, на которую необходимо провести механизированную агротехническую обработку почвы, чтобы добиться нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти в почве, проводиться по формуле

$$h_{обр.} = \frac{p_i \times h_{загр.} \times (c_i / c_{иск.})}{p_{ср}},$$

где

$h_{обр.}$ - глубина агротехнической обработки, м;

$h_{загр.}$ - глубина загрязненного слоя, м;

p_i - плотность загрязненного слоя, т/м^3;

$p_{ср}$ - усредненная плотность чистого нижележащего слоя, т/м^3;

c_i - концентрация нефтепродуктов в загрязненном слое, г/кг;

$c_{иск.}$ - концентрация нефтепродуктов, которую необходимо достичь, г/кг.

ПРИМЕР конкретного выполнения заявляемого способа.

Для успешного применения заявляемого способа необходимо провести подробное натурное обследование нефтезагрязненного участка, в ходе которого необходимо установить: характер и вид загрязнения, тип биогеоценоза, положение в ландшафте, тип (подтип) почв, гидрологические особенности, глубину слоя проникновения загрязнения, мощность торфяной залежи/потенциально плодородного слоя. При натурном обследовании проводят отбор почвенных образцов согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 послойно с шагом 20 см до визуально и органолептически определяемой глубины распространения загрязнителя и далее в не менее, чем двух нижележащих слоях, для определения следующих показателей: содержание нефтепродуктов, состав нефтепродуктов, содержание водорастворимых углеводородов, pH_{KCl}, плотность почвы, влажность. Эти данные позволяют рассчитать запасы нефтепродуктов в загрязненном слое почвы и определить глубину, на которую целесообразно провести агротехническую обработку почвы, чтобы добиться нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти в почве, а также рассчитать объемы применяемых компонентов. В случае, если расчеты указывают на превышение нормативных значений, вычисляют количество загрязненной почвы для вывоза на полигон или объем чистой почвы/торфа для завоза на загрязненный участок для разбавления.

Этапы применения технологии и расчет количества вносимых компонентов:

- Натурное обследование участка и отбор образцов почвы;
- Получение и анализ результатов количественного химического анализа почвы и плотности почвы;
- Расчет глубины, на которую целесообразно провести агротехническую обработку почвы, чтобы добиться нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти в почве;
- Расчет количества загрязненной почвы для срезки и вывоза на полигон или объема чистой почвы/торфа для завоза на загрязненный участок для разбавления, в случае невозможности достижения нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти в почве при агротехнической обработке на требуемую глубину;
- Расчет объемов применяемых компонентов - пероксида кальция, азофоски и бентонита.

После проведения необходимых расчетов, а в случае необходимости, срезки и удаления избыточной массы нефтезагрязненной почвы, проводят фрезерование верхнего загрязненного слоя с одновременным внесением компонентов. Фрезерование проводится в целях гомогенизации загрязненной части почвы, выравнивания содержания нефтепродуктов в ней, разрушении коркоподобных образований, сформированных высоковязкими фракциями нефти. Далее проводят тщательное перемешивание ковшом экскаватора загрязненной массы почвы с нижележащими чистыми слоями до расчетной глубины.

Количество пероксида кальция рассчитывается исходя из запасов нефтепродуктов и составляет 1-3% от запасов (количество, необходимое для окисления терминальных атомов С в молекулах жидких углеводородов С12-С16), но с учетом того, чтобы

значения pH после внесения пероксида не превышали 7 ед. Для этого целесообразно определение буферной способности почв по отношению к гидроксиду кальция с последующим расчетом запасов кислотных компонентов в толще почвы, в которую будет вноситься пероксид кальция. Количество азофоски определяется в соответствии с общепринятыми в рекультивации нефтезагрязненных земель подходами. Бентонит в данной технологии выполняет функции катализатора реакций полимеризации, поскольку на болотных почвах чистый торф является сорбентом в отношении водорастворимых компонентов нефти. Рекомендуемая доза бентонита 50-100 г/м^2.

Через 30 дней после перемешивания контролируют равномерность распределения нефтепродуктов по профилю, в случае выдавливания нефти к поверхности проводят повторное перемешивание. Фитомелиорацию, если это предусмотрено в конкретном случае применения способа, проводят после того, как установится равномерное распределение нефтепродуктов по профилю, а их концентрация не будет превышать значения, установленные для начала этого вида работ.

Пошаговый пример применения технологии

1. Натурное обследование участка и отбор образцов почвы.

2. Получение и анализ результатов количественного химического анализа почвы.

3. Расчет глубины, на которую целесообразно провести агротехническую обработку почвы, чтобы добиться нормативных значенийдопустимого остаточного содержания нефти в почве, проводиться по формуле:

$$h_{обр.} = \frac{p_i \times h_{загр.} \times (c_i / c_{иск.})}{p_{ср}},$$

где $h_{обр.}$ - глубина агротехнической обработки, м;

$h_{загр.}$ - глубина загрязненного слоя, м;

p_i - плотность загрязненного слоя, т/м^3 ;

$p_{ср}$ - усредненная плотность чистого нижележащего слоя, т/м^3 ;

c_i - концентрация нефтепродуктов в загрязненном слое, г/кг;

$c_{иск.}$ - концентрация нефтепродуктов, которую необходимо достичь, г/кг.

В случае, если мощности чистого нижележащего слоя почвы/торфяной залежи не хватает для достижения нужной концентрации нефтепродуктов в ходе механической обработки почвы, то необходимо рассчитать объем чистой почвы/торфа для завоза на загрязненный участок для разбавления или глубину загрязненного слоя почвы для срезки и вывоза на полигон.

Объем чистой почвы/торфа, который необходимо завезти для достижения нужных значений содержания нефтепродуктов рассчитывается в два этапа по следующему алгоритму:

$$\mathbf{m = (h_{обр.} - h) \times p_{ср} \times S,}$$

где m - масса чистой почвы/торфа, т;

$h_{обр.}$ - расчетная глубина агротехнической обработки, м;

h - глубина имеющегося чистого нижележащего слоя, м;

$p_{ср}$ - усредненная плотность чистого нижележащего слоя, т/м^3;

S - площадь загрязненного участка, м.

Далее объем чистой почвы/торфа, который необходимо завезти, пересчитывается

на объем:

$$V = m / p,$$

где V - объем чистой почвы/торфа, который необходимо завезти, $м^3$;

m - масса чистой почвы/торфа, т;

p - плотность чистой почвы/торфа, который будет завезен на участок, $т/м^3$.

В случае, если объем чистой почвы/торфа, который необходимо завезти для достижения нужных значений содержания нефтепродуктов, по каким-либо причинам оказывается неприемлемым, то нужно рассчитать глубину срезки загрязненного слоя почвы/торфа на рекультивируемом участке. Для этого сначала рассчитывается глубина загрязненного слоя, для разбавления которого достаточно имеющейся мощности чистого нижележащего слоя почвы:

$$h_{дост.} = \frac{h \times p_{ср}}{p_i \ (c_i / c_{иск.})},$$

где $h_{дост.}$ - глубина загрязненного слоя, на разбавление которого достаточно имеющейся мощности чистого нижележащего слоя почвы, м;

h - глубина имеющегося чистого нижележащего слоя, м;

p_i - плотность загрязненного слоя, $т/м^3$;

$p_{ср}$ - усредненная плотность чистого нижележащего слоя, $т/м^3$;

c_i - концентрация нефтепродуктов в загрязненном слое, г/кг;

$c_{иск.}$ - концентрация нефтепродуктов, которую необходимо достичь, г/кг.

Затем рассчитывается глубина срезки нефтезагрязненного слоя, который необходимо удалить и вывезти на полигон:

$$h_{срезки} = h_{загр.} - h_{дост.},$$

где $h_{срезки}$ - глубина срезки нефтезагрязненного слоя, который необходимо удалить и вывезти на полигон;

$h_{загр.}$ - глубина загрязненного слоя, м;

$h_{дост.}$ - глубина загрязненного слоя, на разбавление которого достаточно имеющейся мощности чистого нижележащего слоя почвы, м.

1. Расчет количества применяемых компонентов - пероксида кальция, азофоски (комплексного удобрения) и бентонита.

Рекомендуемая доза внесения пероксида кальция рассчитывается исходя из запасов нефтепродуктов и составляет 1-3% от запасов нефтепродуктов (количество, необходимое для окисления терминальных атомов С в молекулах жидких углеводородов С12-С16).

Расчет запаса нефтепродуктов проводиться по формуле:

$$C_{НП} = \frac{p_i \times h_{загр.} \times c_i \times S}{1000},$$

где $C_{НП}$ - запас нефтепродуктов, кг;

p_i - плотность загрязненного слоя, $кг/м^3$;

$h_{загр.}$ - глубина загрязненного слоя, м;

c_i - концентрация нефтепродуктов в загрязненном слое, г/кг;

S - площадь загрязненного участка, $м^2$.

Доза пероксида кальция равна 0,01-0,03× $C_{НП}$.

Бентонит в данной технологии выполняет функции катализатора реакций полимеризации, поскольку чистый торф является сорбентом в отношении водорастворимых компонентов нефти. Рекомендуемая доза бентонита 50-100 г/м^2.

Количество азофоски определяется в соответствии с общепринятыми в рекультивации нефтезагрязненных земель подходами.

2. Контроль равномерности распределения нефтепродуктов по профилю и достижения необходимого содержания нефтепродуктов в почве путем отбора почвенных образцов согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 послойно с шагом 20 см до глубины проведения агротехнической обработки с последующим анализом на содержание нефтепродуктов в аккредитованной лаборатории.

Заявляемый способ рекультивации нефтезагрязненных земель может быть применен с использованием стандартного оборудования.

Из научно - технической литературы и патентной документации не известен подобный способ рекультивации нефтезагрязненных земель, обладающий универсальностью с относительной простотой использования, с помощью которого проводят обработку широкого спектра загрязненных почв, как природных, так и хозяйственного значения.

Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критериям «новизна», «изобретательский уровень» и «промышленная применимость».

(57) Формула изобретения

Способ рекультивации нефтезагрязненных земель, включающий применение оксигенного соединения, бентонитовой глины и комплексного минерального удобрения, отличающийся тем, что механизированную агротехническую обработку загрязненной почвы проводят с вовлечением в процесс разбавления загрязненного слоя нижележащих слоев чистой почвы непосредственно на месте разлива, с последующим применением компонентов, интенсифицирующих процессы трансформации и окисления углеводородов с образованием протогуминовых веществ - инкорпорирование в гумус, таких как минеральные удобрения, оксигенное соединение и бентонитовая глина, при этом доза пероксида кальция для окисления терминальных атомов С в молекулах жидких углеводородов С12-С16 составляет 1-3% от запасов нефтепродуктов, а бентонит применяют в качестве катализатора реакций полимеризации в дозе 50-100 г/м^2, при этом расчет глубины, на которую необходимо провести механизированную агротехническую обработку почвы, при применении на почвах с вязкой нефтью и на болотных почвах, для того, чтобы добиться нормативных значений допустимого остаточного содержания нефти в почве, проводят по формуле

$$h_{обр.} = \frac{p_i \times h_{загр.} \times (c_i / c_{иск.})}{p_{ср}},$$

где $h_{обр.}$ – глубина агротехнической обработки, м;

$h_{загр.}$ – глубина загрязненного слоя, м;

p_i – плотность загрязненного слоя, т/м^3;

$p_{ср}$ – усредненная плотность чистого нижележащего слоя, т/м^3;

c_i – концентрация нефтепродуктов в загрязненном слое, г/кг;

$c_{иск.}$ – концентрация нефтепродуктов, которую необходимо достичь, г/кг.