

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2779186

**СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ
ВЕЩЕСТВ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Пашкевич Мария Анатольевна (RU), Быкова
Марина Валерьевна (RU), Смирнов Юрий Дмитриевич
(RU), Сверчков Иван Павлович (RU)*

Заявка № 2021138163

Приоритет изобретения 22 декабря 2021 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 05 сентября 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 22 декабря 2041 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B09C 1/06 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2021138163, 22.12.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.12.2021

Дата регистрации:
05.09.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.12.2021

(45) Опубликовано: 05.09.2022 Бюл. № 25

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО СПбГУ, Патентно-лицензионный
отдел

(72) Автор(ы):

Пашкевич Мария Анатольевна (RU),
Быкова Марина Валерьевна (RU),
Смирнов Юрий Дмитриевич (RU),
Сверчков Иван Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 4961391 A1, 09.10.1990. US
6840712 B2, 11.01.2005. RU 2348472 C2,
10.03.2009. EP 2786974 B1, 23.12.2015. RU
2173223 C2, 10.09.2001. RU 2501852 C2,
20.12.2013.

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам очистки почв от органических веществ, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими и полусинтетическими маслами при возникновении разливов и утечек путем применения термической обработки, и может найти применение в области охраны окружающей среды на объектах минерально-сырьевого комплекса. Способ очистки почвы от органических веществ, включающий подачу матричного материала, загрязненного органическими веществами, во входной конец вращающейся печи косвенного нагрева таким образом, чтобы материал продвигался вращающейся печью от входного конца к разгрузочному концу, выгрузку материала из разгрузочного конца печи практически без опасных органических веществ. При этом вначале проводят выделение границ потенциальной территории загрязнения органическими веществами, представленных бензинами,

дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, а затем выявляют вид органического вещества в месте разлива или утечки. Далее проводят отбор проб и на спектрометре определяют содержание в них загрязняющих веществ, определяют среднее содержание загрязняющих веществ делением суммы значений содержания в точках отбора проб на количество точек, определяют содержание органического углерода в почвах, которые отобраны на фоновом не загрязненном участке, умножив на коэффициент 1,724, снимают слой загрязнённой почвы и транспортируют на место временного складирования. Нагрев барабана вращающейся печи производят излучением и конвекцией от электронагревательных элементов, которые изготовлены в виде спиралей, проводят термическую обработку загрязненной почвы, на спектрометре проводят контроль остаточного содержания загрязняющих веществ, после этого

очищенную почву доставляют в место изъятия и перемешивают с гумусом. При этом для почв с содержанием бензина от 1001 до 39100 мг/кг термическую обработку проводят при температуре от 150 до 160°C в течение от 210 до 220 минут, для почв с содержанием бензина от 39100 до 200000 мг/кг термическую обработку проводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 200 до 210 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 1001 до 3100 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 150 до 160°C в течение от 210 до 220 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 3100 до 6200 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 230 до 240 минут, для почв с

содержанием дизельного топлива от 6200 до 11500 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 250 до 260°C в течение от 170 до 180 минут, для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 1001 до 2100 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 260 до 270 минут, а для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 2100 до 3800 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 250 до 260°C в течение от 300 до 310 минут. Способ обеспечивает очищение почвы от органических веществ с сохранением части гумуса. 11 табл., 11 пр.

RU 2779186 C1

RU 2779186 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B09C 1/06 (2022.05)

(21)(22) Application: **2021138163, 22.12.2021**

(24) Effective date for property rights:
22.12.2021

Registration date:
05.09.2022

Priority:

(22) Date of filing: **22.12.2021**

(45) Date of publication: **05.09.2022** Bull. № 25

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO SPGU, Patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Pashkevich Mariia Anatolevna (RU),
Bykova Marina Valerevna (RU),
Smirnov Iurii Dmitrievich (RU),
Sverchkov Ivan Pavlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR CLEANING SOIL FROM ORGANIC SUBSTANCES**

(57) Abstract:

FIELD: soils cleaning.

SUBSTANCE: invention relates to methods for cleaning soils from organic substances represented by gasolines, diesel fuel, mineral, synthetic and semi-synthetic oils in the event of spills and leaks by applying heat treatment, and can be used in the field of environmental protection at the facilities of the mineral resource complex. A method for cleaning soil from organic substances, which includes supplying matrix material contaminated with organic substances to the inlet end of an indirectly heated rotary kiln so that the material is moved by the rotary kiln from the inlet end to the discharge end, unloading the material from the discharge end of the kiln practically free of hazardous organic substances. At the same time, the borders of the potential territory of contamination with organic substances, represented by gasolines, diesel fuel, mineral, synthetic or semi-synthetic oils, are first identified, and then the type of organic matter is identified at the place of the spill or leak. Next, sampling is carried out and the content of pollutants in them is determined on the spectrometer, the average content of pollutants is determined by dividing the sum of the values of the content at the sampling points by

the number of points, the content of organic carbon in the soils, which are selected in the background non-contaminated area, is determined by multiplying by a factor of 1.724, the layer of contaminated soil is remove and transported to the place of temporary storage. The rotary kiln drum is heated by radiation and convection from electric heating elements, which are made in the form of spirals, the contaminated soil is thermally treated, the residual content of pollutants is monitored on the spectrometer, after that the cleaned soil is delivered to the place of withdrawal and mixed with humus. At the same time, for soils with a gasoline content of 1001 to 39100 mg/kg, heat treatment is carried out at a temperature of 150 to 160 ° C for 210 to 220 minutes, for soils with a gasoline content of 39,100 to 200,000 mg/kg, heat treatment is carried out at a temperature of from 200 to 210°C for 200 to 210 minutes, for soils with a diesel content of 1001 to 3100 mg/kg, heat treatment is carried out at a temperature of 150 to 160°C for 210 to 220 minutes, for soils with diesel fuel from 3100 to 6200 mg/kg, heat treatment is carried out at a temperature of 200 to 210 ° C for 230 to 240 minutes, for soils with a diesel fuel content of 6200 to 11500 mg/kg, heat treatment is carried out at

a temperature of 250 to 260 °C for 170 to 180 minutes, for soils containing mineral, synthetic or semi-synthetic oils from 1001 to 2100 mg/kg, heat treatment is carried out at a temperature of 200 to 210°C for 260 to 270 minutes, and for soils with content mineral, synthetic or semi-synthetic oils from 2100 to 3800 mg/kg heat

treatment is carried out at a temperature of from 250 to 260°C for 300 to 310 minutes.

EFFECT: method ensures the purification of the soil from organic matter while retaining part of the humus.

1 cl, 11 tbl, 11 ex

R U 2 7 7 9 1 8 6 C 1

R U 2 7 7 9 1 8 6 C 1

Изобретение относится к области охраны окружающей среды на объектах минерально-сырьевого комплекса и объектах прочей отраслевой принадлежности, в частности к способам очистки почв от органических веществ, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими и полусинтетическими маслами при возникновении разливов и утечек путем применения термической обработки.

Известен способ очистки дисперсного материала от нефтепродуктов и устройство для его осуществления (патент на изобретение РФ №2173223, опубл. 10.09.2001 г.), включающий нагрев загрязненного материала, обработку его водяным паром и отвод воды и нефтепродуктов, причем обработка в среде водяного пара проводится при температуре 250-600°C при массовом соотношении «водяной пар-нефтепродукты» не менее чем 1/15, и отводимую смесь паров воды и нефтепродуктов охлаждают до температуры, превышающей температуру конденсации паров воды.

Недостатками данного способа является необходимость проведения операций по отводу и охлаждению смеси паров воды, воды и нефтепродуктов, и повышенные требования к производственной безопасности при получении водяного пара с температурой обработки от 250 до 600°C.

Известен способ переработки нефтяного шлама (патент на изобретение РФ №2348472, опубл. 10.03.2009 г.), включающий предварительное отделение из шлама свободной воды и последующую термообработку полученного шлама во вращающейся печи, шлам подается в печь и прогревается до температуры на выходе печи 380-400°C при давлении парогазовой смеси 70-80 кПа, при этом регулируется скорость перемещения обрабатываемого шлама во вращающемся барабане печи вдоль трубной решетки основного нагревательного герметичного теплопровода, выделяющиеся из шлама в результате анаэробной термической десорбции, органические продукты разделяют на дисперсную фазу кека и парогазовую смесь, которая направляется в блок кондиционирования, а шлам из печи подается в гравитационную осадительную камеру, на компримацию и сепарацию, при этом в качестве продуктов переработки нефтяного шлама получается сухой кек, углеводородная жидкость, углеводородный газ и подтоварная вода.

Недостатками данного способа являются дополнительная операция по подготовке исходного продукта - отделение свободной воды, требующая дальнейшей вторичной переработки или утилизации, а также дополнительные стадии, заключающиеся в осаждения, компримации и сепарации.

Известен способ удаления загрязняющих летучих компонентов из загрязненного материала и устройство для его осуществления (патент на изобретение РФ №2099159, опубл. 20.12.1997 г.), включающий помещение загрязненного материала (буровой шлам или грунт) в газонепроницаемое пространство и промывку его инертным газом в металлическом сосуде, после чего в газонепроницаемом пространстве создают вакуум и осуществляют индукционный нагрев загрязненного материала, промывку инертным газом также осуществляют при поддержании вакуума, при этом перед промывкой инертным газом загрязненный материал перемешивают посредством нагретой мешалки.

Недостатками данного способа являются дополнительные технологические требования для обеспечения и поддержания вакуума в среде при промывке загрязненного бурового шлама или грунта инертным газом.

Известен способ очистки нефтезагрязненных грунтов от нефтепродуктов (патент на изобретение РФ № 2297289, опубл. 20.04.2007 г.), включающий нагрев нефтезагрязненного грунта, шнекование, сбор нефти и очищенного грунта, причем

корпус шнекового транспортера помещается в масляный обогреватель предварительно заполненный подогретым до 200°C маслом, нагрев нефтезагрязненного грунта производится во время шнекования до температуры 50-70°C бесконтактным способом.

5 Недостатками данного способа являются дополнительная операция по подготовке масла - нагрев до 200°C, возможность возникновения пожароопасной и взрывоопасной ситуации при использовании масляного обогревателя, а также низкая эффективность очистки от нефтепродуктов при температуре менее 70°C.

Известен способ термической очистки загрязненных твердых сред (патент на изобретение US № 6840712B2, опубл. 11.01.2005 г.), заключающийся в подаче 10 загрязненной твердой среды в винтовой конвейер с полым валом и транспортировку через вакуумный корпус с перемешиванием путем вращения, нагнетании горячего инертного неконденсируемого газа через множество отверстий для прямого нагрева загрязненной твердой среды в каждой из температурных зон до температур, достаточных для улетучивания одного или нескольких загрязнителей, удалении летучих загрязняющих 15 веществ и горячего неконденсируемого газа, поддержании вакуума на загрязненных твердых средах, отделении летучих загрязняющих веществ от неконденсируемого газа и выгрузке из вакуумного корпуса твердых сред с пониженным содержанием загрязняющих веществ.

Недостатками данного способа являются дополнительные технологические 20 требования при нагнетании горячего инертного неконденсируемого газа, при обеспечении и поддержании вакуума, при отделении летучих загрязняющих веществ от неконденсируемого газа.

Известен способ термической обработки органически загрязненного материала (патент на изобретение US № 4961391A, опубл. 09.10.1990 г.), принятый за прототип, 25 заключающийся в подаче матричного материала, загрязненного органическими веществами, во входной конец вращающейся печи косвенного нагрева таким образом, чтобы материал продвигался вращающейся печью от входного конца к разгрузочному концу, сжигании углеводородного топлива для получения высокотемпературных газов сгорания с относительно низкой концентрацией кислорода менее 2%, подаче 30 высокотемпературных газов таким образом, чтобы они контактировали с внешней поверхностью вращающейся печи, косвенно передавая тепло во внутреннее пространство печи через стенку печи с ее внешней поверхности, тем самым температура обработки поддерживается в диапазоне от 315 до 870°C, вызывая выделение компонентов органических веществ и воды из материала в виде пара, контактировании 35 материала после его выпуска из печи с водой для охлаждения, удалении смеси отходящих газов из печи, обработке смеси отходящих газов после удаления из печи для обеспечения безопасности смеси отходящих газов для выброса в атмосферу, выгрузке материала из разгрузочного конца печи практически без опасных органических веществ.

Недостатками данного способа являются повышенные требования к 40 производственной безопасности на стадии термической обработки с использованием высокотемпературных газов от 315 до 870°C, а также дополнительные стадии по сжиганию углеводородного топлива для получения высокотемпературных газов и охлаждению водой обработанного матричного материала при высоких температурах.

Техническим результатом является очищение почвы от органических веществ с 45 сохранением части гумуса.

Технический результат достигается тем, что вначале проводят выделение границ потенциальной территории загрязнения органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или

полусинтетическими маслами, затем выявляют вид органического вещества в месте разлива или утечки, далее проводят отбор проб и на спектрометре определяют содержание в них загрязняющих веществ, определяют среднее содержание загрязняющих веществ делением суммы значений содержания в точках отбора проб на количество точек, затем определяют содержание органического углерода в почвах, которые отобраны на фоновом не загрязненном участке, умножив на коэффициент 1,724, снимают слой загрязнённой почвы и транспортируют на место временного складирования, нагрев барабана вращающейся печи производят излучением и конвекцией от электронагревательных элементов, которые изготовлены в виде спиралей, проводят термическую обработку загрязненной почвы, на спектрометре проводят контроль остаточного содержания загрязняющих веществ, после этого очищенную почву доставляют в место изъятия и перемешивают с гумусом, при этом для почв с содержанием бензина от 1001 до 39100 мг/кг термическую обработку проводят при температуре от 150 до 160°C в течение от 210 до 220 минут, для почв с содержанием бензина от 39100 до 200000 мг/кг термическую обработку проводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 200 до 210 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 1001 до 3100 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 150 до 160°C в течение от 210 до 220 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 3100 до 6200 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 230 до 240 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 6200 до 11500 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 250 до 260°C в течение от 170 до 180 минут, для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 1001 до 2100 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 260 до 270 минут, а для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 2100 до 3800 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 250 до 260°C в течение от 300 до 310 минут.

Способ осуществляется следующим образом.

Проводится выделение границ потенциальной территории загрязнения органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, по прямым и косвенным признакам: исследуемая территория частично или полностью лишена растительности; почвы имеют характерный запах различной интенсивности; близость производственных объектов с повышенной вероятностью возникновения утечек и разливов. На карты или планы наносят границы территории загрязнения органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, намечают места отбора проб по координатной сетке с равными расстояниями.

Выявляется вид или виды органического вещества, поступившего в почву, путем визуального определения источников разливов и утечек, которыми являются технические сооружения или оборудование.

Далее проводится отбор проб почвы на выделенной территории потенциального загрязнения органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, и фоновом незагрязненном участке. Отбор проб проводится лопатой в каждой точке с глубины от 0 до 40 см. Упаковка, транспортировка и хранение проб осуществляется в посуде из темного стекла.

После отбора проб почв проводится определение содержания в них органических

веществ, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами. Органические вещества экстрагируются из проб почв растворителем при комнатной температуре. Затем проводят измерение оптической плотности экстрактов при помощи ИК-Фурье спектрометра. Значения оптической плотности преобразуются в значения концентрации органического вещества в экстрактах при помощи программного обеспечения ИК-Фурье спектрометра. Значения концентраций в экстрактах пересчитываются на значения концентраций в почвах. Полученные результаты сравниваются с допустимым содержанием 1000 мг/кг. Определяются загрязненные почвы.

10 Проводят вычисление среднего содержания органических веществ, в загрязненных почвах путем деления суммы значений содержания органических веществ в точках отбора проб почв на количество точек отбора проб почв.

Далее проводится определение содержания органического углерода в почвах, отобранных на фоновом не загрязненном участке, с использованием анализатора с реактором низкотемпературного термокаталитического окисления и вычисляется содержание гумуса путем умножения процентного содержания органического углерода в почве на коэффициент 1,724.

Проводится снятие слоя загрязненных почв землеройной техникой и транспортировка автосамосвалами на место временного складирования.

20 После этого проводят термическую обработку загрязненной почвы, которую помещают во вращающуюся печь косвенного нагрева таким образом, чтобы материал продвигался вращающейся печью от входного конца к разгрузочному концу. Нагрев барабана производится излучением и конвекцией от электронагревательных элементов, изготовленных в виде спиралей. Из разгрузочного конца поступает очищенная почва с содержанием органических веществ, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, менее 1000 мг/кг.

Термическая обработка для почв с содержанием бензина от 1001 до 39100 мг/кг осуществляется при температуре от 150 до 160°C и временем обработки от 210 до 220 минут.

30 Термическая обработка для почв с содержанием бензина от 39100 до 200000 мг/кг осуществляется при температуре от 200 до 210°C и временем обработки от 200 до 210 минут.

Термическая обработка для почв с содержанием дизельного топлива от 1001 до 3100 мг/кг осуществляется при температуре от 150 до 160°C и временем обработки от 210 до 220 минут.

35 Термическая обработка для почв с содержанием дизельного топлива от 3100 до 6200 мг/кг осуществляется при температуре от 200 до 210°C и временем обработки от 230 до 240 минут.

40 Термическая обработка для почв с содержанием дизельного топлива от 6200 до 11500 мг/кг осуществляется при температуре от 250 до 260°C и временем обработки от 170 до 180 минут.

Термическая обработка для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 1001 до 2100 мг/кг осуществляется при температуре от 200 до 210°C и временем обработки от 260 до 270 минут.

45 Термическая обработка для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 2100 до 3800 мг/кг осуществляется при температуре от 250 до 260°C и временем обработки от 300 до 310 минут.

Термическая обработка для почв с содержанием нескольких видов органических

веществ, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, осуществляют при температуре и времени обработки соответствующих для органического вещества, имеющего более низкие показатели эффективности при термической обработке. Например, термическая
5 обработка почв с одновременным содержанием бензина и дизельного топлива 5000 мг/кг осуществляется при температуре от 200 до 210°C и временем обработки от 230 до 240 минут.

После проведения термической обработки почв проводят контроль остаточного содержания органических веществ, представленных бензинами, дизельным топливом,
10 минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами. Органические вещества экстрагируются из проб почв растворителем при комнатной температуре. Затем проводят измерение оптической плотности экстрактов при помощи ИК-Фурье спектрометра. Значения оптической плотности преобразуются в значения концентрации органического вещества в экстрактах при помощи программного обеспечения ИК-
15 Фурье спектрометра. Значения концентраций в экстрактах пересчитываются на значения концентраций в почвах. Полученные результаты сравниваются с допустимым содержанием 1000 мг/кг.

Очищенная почва доставляется в место изъятия. Где она перемешивается с гумусом. Расчет добавляемого количества гумуса на килограмм почвы после термической
20 обработки:

- при температуре от 150 до 160°C проводится с учетом остаточного содержания гумуса не менее 90 мас.% от исходного содержания;
- при температуре от 200 до 210°C проводится с учетом остаточного содержания гумуса не менее 80 мас.% от исходного содержания;
- 25 - при температуре от 250 до 260°C проводится с учетом остаточного содержания гумуса не менее 50 мас.% от исходного содержания.

Возврат очищенных почв также может производиться без добавления гумуса.

Далее проводят выравнивание поверхности почвообрабатывающими фрезерными
30 машинами.

Способ очистки матричного материала, в частности почв, от органических веществ поясняется следующими примерами. Для анализа эффективности термической обработки почв, загрязненных органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, были проведены экспериментальные исследования. В чистую почву вносились
35 гравиметрическим методом при помощи микролитрового шприца по отдельности органические вещества, представленные бензином, дизельным топливом, минеральными, синтетическими и полусинтетическими маслами.

Термическая обработка проводилась при помощи термогравиметрического анализатора. Требуемое время термической обработки почв, загрязненных
40 органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами определялось исходя из времени, по истечении которого устанавливается постоянный вес исследуемых загрязненных образцов в термогравиметрическом анализаторе, что свидетельствует о конце процесса термической десорбции.

45 Пример №1. При внесении в чистую почву гравиметрическим методом при помощи микролитрового шприца органического вещества, представленного бензином, были получены почвы с валовым содержанием бензина от 1001 до 39100 мг/кг.

Было определено содержание органического углерода в чистой почве при помощи

анализатора с реактором низкотемпературного термокаталитического окисления и вычислено содержание гумуса путем умножения процентного содержания органического углерода в почве на коэффициент 1,724.

Термическая обработка почв проводилась при температурах от 145 до 165°C. Время термической обработки почв определялось исходя из времени, по истечении которого устанавливается постоянный вес исследуемых загрязненных образцов в термогравиметрическом анализаторе, что свидетельствует о конце процесса термической десорбции.

После термической обработки определялось остаточное содержание органического вещества, представленного бензином, в почве при помощи ИК-Фурье спектрометра.

Образцы почвы не содержащих органического вещества, представленного бензином, были проанализированы после термической обработки на содержание органического углерода при помощи анализатора с реактором низкотемпературного термокаталитического окисления и было вычислено остаточное содержание гумуса путем умножения процентного содержания органического углерода в почве на коэффициент 1,724. Был рассчитан процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований почв после термической обработки

Показатели	Температура обработки, °C				
	145	150	155	160	165
Среднее значение остаточного содержания бензина по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	8,6	9,6	9,8	10,0	14,7
Время термической обработки, мин	230	220	215	210	205

Пример №2 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием бензина от 39100 до 200000 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 195 до 215°C. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °C				
	195	200	205	210	215
Среднее значение остаточного содержания бензина по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	18,9	19,7	19,7	19,9	23,9
Время термической обработки, мин	210	210	205	200	190

Пример №3 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием дизельного топлива от 1001 до 3100 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 145 до 165°C. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °C				
	145	150	155	160	165
Среднее значение остаточного содержания дизельного топлива по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	8,7	9,7	9,9	10,1	14,3
Время термической обработки, мин	215	220	215	210	200

Пример №4 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым

содержанием дизельного топлива от 3100 до 6200 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 195 до 215°C. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °C				
	195	200	205	210	215
Среднее значение остаточного содержания дизельного топлива по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	17,7	19,9	19,8	20,0	24,1
Время термической обработки, мин	245	240	235	230	225

Пример №5 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием дизельного топлива от 6200 до 11500 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 245 до 265°C. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °C				
	245	250	255	260	265
Среднее значение остаточного содержания дизельного топлива по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	45,8	48,5	48,8	49,8	55,2
Время термической обработки, мин	185	180	175	170	170

Пример №6 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием минерального масла от 1001 до 2100 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 195 до 215°C. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °C				
	195	200	205	210	215
Среднее значение остаточного содержания минерального масла по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	16,9	19,6	19,6	19,9	25,3
Время термической обработки, мин	285	270	270	260	250

Пример №7 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием синтетического масла от 1001 до 2100 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 195 до 215°C. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °C				
	195	200	205	210	215
Среднее значение остаточного содержания минерального, синтетического и полусинтетического масел по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	16,7	19,7	19,7	19,9	25,2
Время термической обработки, мин	285	270	270	260	250

Пример №8 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием полусинтетического масла от 1001 до 2100 мг/кг, термическая обработка

почв проводилась при температурах от 195 до 215°C. Результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °С				
	195	200	205	210	215
Среднее значение остаточного содержания минерального, синтетического и полусинтетического масел по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	16,6	19,6	19,7	19,8	25,4
Время термической обработки, мин	285	270	270	260	250

Пример №9 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием минерального масла от 2100 до 3800 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 245 до 265°C. Результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °С				
	245	250	255	260	265
Среднее значение остаточного содержания минерального, синтетического и полусинтетического масел по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	44,9	49,7	49,8	50,0	54,2
Время термической обработки, мин	305	310	305	300	300

Пример №10 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием синтетического масла от 2100 до 3800 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 245 до 265°C. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °С				
	245	250	255	260	265
Среднее значение остаточного содержания минерального, синтетического и полусинтетического масел по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	45,0	49,7	49,7	49,9	54,2
Время термической обработки, мин	305	310	305	300	300

Пример №11 осуществляли как в примере №1, только были получены почвы с валовым содержанием полусинтетического масла от 2100 до 3800 мг/кг, термическая обработка почв проводилась при температурах от 245 до 265°C. Результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты исследований почв после термической обработки

	Температура обработки, °С				
	245	250	255	260	265
Среднее значение остаточного содержания минерального, синтетического и полусинтетического масел по всем образцам загрязненных почв, мг/кг	>1000	<1000	<1000	<1000	<1000
Процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве, %	44,4	49,6	49,7	50,0	54,4
Время термической обработки, мин	305	310	305	300	300

Исходя из примера №1 при содержании в почвах органического вещества, представленного бензином, от 1001 до 39100 мг/кг термическая обработка при 145°C

не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 165°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 150 до 160°C.

Исходя из примера №2 при содержании в почвах органического вещества, представленного бензином, от 39100 до 200000 мг/кг термическая обработка при 195°C не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 215°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 200 до 210°C.

Исходя из примера №3 при содержании в почвах органического вещества, представленного дизельным топливом, от 1001 до 3100 мг/кг термическая обработка при 145°C не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 165°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 150 до 160°C.

Исходя из примера №4 при содержании в почвах органического вещества, представленного дизельным топливом, от 3100 до 6200 мг/кг термическая обработка при 195°C не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 215°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 200 до 210°C.

Исходя из примера №5 при содержании в почвах органического вещества, представленного дизельным топливом, от 6200 до 11500 мг/кг термическая обработка при 245°C не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 265°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 250 до 260°C.

Исходя из примеров №6-8 при содержании в почвах органических веществ, представленных минеральным (№6), синтетическим (№7) и полусинтетическим (№8) маслами, от 1001 до 2100 мг/кг термическая обработка при 195°C не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 215°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 200 до 210°C.

Исходя из примеров №9-11 при в почвах органических веществ, представленных минеральным (№9), синтетическим (№10) и полусинтетическим (№11) маслами, от 2100 до 3800 мг/кг термическая обработка при 245°C не позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня – менее 1000 мг/кг. Проведение термической обработки при температуре 265°C позволяет снизить содержание загрязнителя до допустимого уровня, но значительно увеличивается процент потери гумуса от исходного содержания гумуса в чистой почве относительно обработки при температуре от 250

до 260°C.

Предложенный способ позволяет за счет использования соответствующего температурного и временного режима в зависимости от вида органического вещества и его количественного содержания очистить почву с сохранением части гумуса.

5

(57) Формула изобретения

Способ очистки почвы от органических веществ, включающий подачу матричного материала, загрязненного органическими веществами, во входной конец вращающейся печи косвенного нагрева таким образом, чтобы материал продвигался вращающейся
10 печью от входного конца к разгрузочному концу, выгрузку материала из разгрузочного конца печи практически без опасных органических веществ, отличающийся тем, что вначале проводят выделение границ потенциальной территории загрязнения органическими веществами, представленных бензинами, дизельным топливом, минеральными, синтетическими или полусинтетическими маслами, затем выявляют
15 вид органического вещества в месте разлива или утечки, далее проводят отбор проб и на спектрометре определяют содержание в них загрязняющих веществ, определяют среднее содержание загрязняющих веществ делением суммы значений содержания в точках отбора проб на количество точек, затем определяют содержание органического углерода в почвах, которые отобраны на фоновом не загрязненном участке, умножив
20 на коэффициент 1,724, снимают слой загрязнённой почвы и транспортируют на место временного складирования, нагрев барабана вращающейся печи производят излучением и конвекцией от электронагревательных элементов, которые изготовлены в виде спиралей, проводят термическую обработку загрязненной почвы, на спектрометре проводят контроль остаточного содержания загрязняющих веществ, после этого
25 очищенную почву доставляют в место изъятия и перемешивают с гумусом, при этом для почв с содержанием бензина от 1001 до 39100 мг/кг термическую обработку проводят при температуре от 150 до 160°C в течение от 210 до 220 минут, для почв с содержанием бензина от 39100 до 200000 мг/кг термическую обработку проводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 200 до 210 минут, для почв с содержанием
30 дизельного топлива от 1001 до 3100 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 150 до 160°C в течение от 210 до 220 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 3100 до 6200 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 230 до 240 минут, для почв с содержанием дизельного топлива от 6200 до 11500 мг/кг термическую обработку поводят при
35 температуре от 250 до 260°C в течение от 170 до 180 минут, для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 1001 до 2100 мг/кг термическую обработку поводят при температуре от 200 до 210°C в течение от 260 до 270 минут, а для почв с содержанием минерального, синтетического или полусинтетического масел от 2100 до 3800 мг/кг термическую обработку поводят при
40 температуре от 250 до 260°C в течение от 300 до 310 минут.

45