

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2712542

СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

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

Авторы: *Смирнов Юрий Дмитриевич (RU), Кремчев Эльдар Абдоллович (RU), Матвеева Вера Анатольевна (RU), Чукаева Мария Алексеевна (RU), Громыка Дмитрий Сергеевич (RU)*

Заявка № 2019124369

Приоритет изобретения 29 июля 2019 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 29 января 2020 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 29 июля 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B09C 1/105 (2019.08); *A01B 79/02* (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019124369, 29.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.07.2019

Дата регистрации:
29.01.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2019

(45) Опубликовано: 29.01.2020 Бюл. № 4

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел интеллектуальной
собственности и трансфера технологий, отдел
ИС и ТТ

(72) Автор(ы):

Смирнов Юрий Дмитриевич (RU),
Кремчеев Эльдар Абдоллович (RU),
Матвеева Вера Анатольевна (RU),
Чукаева Мария Алексеевна (RU),
Громыка Дмитрий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2229203 C1, 27.05.2004. SU
1658852 A1, 30.06.1991. RU 2499636 C1,
27.11.2013. UA 13664 U, 15.04.2006. KZ 22700 A4,
16.08.2010. CN 102764757 A, 07.11.2012. CN
106825011 A, 13.06.2017. DE 4100758 A,
23.07.1992.

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и может быть использовано для биологической очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами. Способ заключается в высадке травосмеси состава: 30% тимopheевка луговая, 10% райграс высокий, 20% донник желтый, 30% овсяница луговая, 10% люцерна желтая с нормой внесения семян 15-20 кг/га, с последующим ее скашиванием на стадии вегетационного периода и уборкой.

Предварительно на стадии проведения грубых планировочных работ осуществляют обогащение почвы буроугольной крошкой с нормой внесения 200-220 кг/га. Изобретение обеспечивает очистку загрязненной почвы от тяжелых металлов. Добавка буроугольной крошки способствует улучшению параметров роста травосмеси, что способствует увеличению массы извлекаемых тяжелых металлов из почвы. 4 табл.

RU
2 7 1 2 5 4 2
C 1

RU
2 7 1 2 5 4 2
C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B09C 1/00 (2006.01)
A01B 79/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B09C 1/105 (2019.08); *A01B 79/02* (2019.08)

(21)(22) Application: **2019124369, 29.07.2019**

(24) Effective date for property rights:
29.07.2019

Registration date:
29.01.2020

Priority:

(22) Date of filing: **29.07.2019**

(45) Date of publication: **29.01.2020** Bull. № 4

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel
intellektualnoj sobstvennosti i transfera
tekhnologij, otdel IS i TT**

(72) Inventor(s):

**Smirnov Yuriy Dmitrievich (RU),
Kremcheev Eldar Abdollovich (RU),
Matveeva Vera Anatolevna (RU),
Chukaeva Mariya Alekseevna (RU),
Gromyka Dmitrij Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF CLEANING SOIL FROM HEAVY METALS**

(57) Abstract:

FIELD: environmental protection.

SUBSTANCE: invention relates to environmental protection and can be used for biological treatment of soil contaminated with heavy metals. Method involves planting a mixture of the following components: 30 % timothy grass, 10 % false oat-grass, 20 % yellow melilot, 30 % meadow fescue, 10 % of yellow alfalfa with application rate of seeds of 15–20 kg/ha, with its subsequent mowing at the stage of vegetation period

and harvesting. First, at the stage of rough planning works, soil is treated with brown coal crumb with application rate of 200–220 kg/ha.

EFFECT: invention provides cleaning of contaminated soil from heavy metals; brown coal crumb additive improves growth parameters of the grass mixture, which increases weight of extracted heavy metals from soil.

1 cl, 4 tbl

C 1
2 7 1 2 5 4 2
R U

R U
2 7 1 2 5 4 2
C 1

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и может быть использовано для биологической очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Известен способ биологической очистки почв (патент РФ №2582352, опубл. 27.04.2016), включающий высев семян растений в загрязненную почву, прорастание 5 семян, скашивание и удаление зеленой массы, отличающийся тем, что высеивают семена донника желтого и белого (*Melilotus officinalis* Desr и *Melilotus Albus* Desr) в загрязненную мышьяксодержащими соединениями почву при значении рН почвы от 6,00 до 9,15 с нормой посева 15 кг/га, после прорастания семян растения доводят до вегетации, а скашивание и полное удаление растительной массы проводят после созревания семян.

10 Недостатком данного способа является малая биомасса выбранных растений, а также их низкие аккумуляционные свойства при очистке почв, загрязненных комплексом тяжелых металлов.

Известен фиторемедиационный способ очистки почв от тяжелых металлов (патент РФ №2359444, опубл. 27.06.2009), включающий выращивание на дезактивируемой 15 местности растений, аккумулирующих через корневую систему радионуклиды и тяжелые металлы, содержащиеся в почве, удаление растительного покрова с дальнейшей его утилизацией, отличающийся тем, что в качестве средства дезактивации почв от тяжелых металлов используют растения солодки голой *Glycyrrhiza glabra* L., *Glycyrrhiza uralensis* Fisch и амаранта сорта Багряный, на дезактивируемой местности посадкой черенков четырех- 20 пятилетнего возраста.

Недостатком данного способа является большое число циклов вегетации растений.

Известен способ биологической очистки почв (патент РФ №2231944, опубл. 10.07.2004), сущность которого заключается в том, что в способе биологической очистки 25 почв, загрязненных тяжелыми металлами, включают высев семян растений в загрязненную почву, скашивание и удаление зеленой массы, высеивают семена одуванчика лекарственного в количестве 1,95-24,3 млн шт. на 1 га, после прорастания семян растения доводят до фазы образования розетки листьев, а скашивание и удаление зеленой массы производят многократно до образования семян.

Недостатком способа является необходимость большого числа укосов для очитков 30 земель, ввиду невысоких аккумуляционных характеристик выбранного растения.

Известен способ сидерации токсических почв (патент РФ №2684745, опубл. 12.04.2019), включающий посев в системе севооборота сидеральных культур, запахку их с поливом 35 минеральной водой, отличающийся тем, что после уборки кукурузы высеивают смесь рыжика озимого и клевера инкарнатного в соотношении 1:1, а на следующий год в фазу бутонизации бобового компонента зеленую массу обеих культур скашивают с одновременным измельчением смеси, покрывая ее слоем измельченной глины аланит в количестве 2-3 т/га, которую насыщают сероводородной водой в количестве 200-250 л/га, и при внесении удобрительной смеси добавляют 10-15% органических веществ - кукурузных кочерыжек с последующей запахкой всей биомассы в почву.

40 Недостатком данного способа является необходимость дополнительно внесения в почву дополнительных компонентов, к тому же, запаханная обратно в почву пророщенная зеленая масса может стать дополнительным источником загрязнения.

Известен фиторемедиационный способ очистки почв от тяжелых металлов, (патент РФ №2229203, опубл. 27.05.2004), принятый за прототип, отличающийся тем, что почву 45 засеивают семенами растений из семейств сложноцветных, бобовых и злаковых в соотношении 1:1:1 в количестве 1,50-22,90 млн. шт./га с последующим многократным скашиванием их на стадии вегетационного периода, высушиванием и удалением с поверхности почв.

Недостатком данного способа являются низкие аккумуляционные свойства применяемой травосмеси.

Техническим результатом является ускорение прорастания травосмеси и увеличение объемов извлечения тяжелых металлов из почвы.

5 Технический результат достигается тем, что в почву предварительно вносят бурого угольную крошку с нормой введения от 200 до 220 кг/га, затем проводят распределение крошки, профилирование поверхности и запашка на глубину от 15 до 20 сантиметров, а в качестве травосмеси используют следующий состав, при соотношении компонентов по массе: 30% тимофеевка луговая, 10% райграс высокий, 10 20% донник желтый, 30% овсяница луговая, 10% люцерна желтая, с нормой внесения семян от 15 до 20 кг/га.

Способ осуществляется следующим образом. На поверхность очищаемой почвы наносится слой бурого угольной крошки с нормой внесения, равной от 200 до 220 кг/га. Транспортировка и укладывание бурого угольной крошки на рекультивируемый объект 15 осуществляется автосамосвалами, загрузка кузова автосамосвала крошкой производится с помощью экскаватора.

Технические средства, применяемые на данном этапе должны соответствовать требованиям, указанным в ГОСТ 30067-93 «Экскаваторы одноковшовые универсальные полноповоротные» и ГОСТ Р ИСО 7132-2011 «Машины землеройные. Землевозы. 20 Терминология и эксплуатационные требования».

После транспортирования крошки на объект, производятся грубые планировочные работы для распределения бурого угольной крошки по поверхности объекта с помощью бульдозера. Применяемый в способе бульдозер должен соответствовать техническим требованиям, указанным в ГОСТ 23734-98 «Тракторы промышленные. Методы 25 испытаний».

Далее выполняются работы по чистой планировке поверхности, выполняемые с помощью автогрейдера для профилирования поверхности рекультивируемого объекта. Применяемый в способе автогрейдер должен соответствовать техническим требованиям, указанным в ГОСТ 11030-2017 «Автогрейдеры. Общие технические условия».

30 На следующем этапе проводится поверхностная обработка почвенного слоя, запашка бурого угля, с помощью трактора, с присоединенной к нему бороны дисковой. Борона должна соответствовать требованиям испытаний, указанным в ГОСТ 33687-2015 «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний». Используемая борона должна обладать максимальной глубиной обработки почвы от 35 15 до 20 см. Технические требования к используемым тракторам представлены в ГОСТ 19677-87 «Тракторы сельскохозяйственные».

На обработанной почве происходит высадка семян используемой в способе травосмеси. Высев производится весной, так как это время года обеспечивается оптимальный водный режим для переноса тяжелых металлов из корневой системы 40 растений в их наземную часть. Для высева семян на большие площади, а также для улучшения всхожести семян в способе используется метод гидропосева. В качестве травосмеси используется состав, при соотношении компонентов по массе: 30% тимофеевка луговая, 10% райграс высокий, 20% донник желтый, 30% овсяница луговая, 10% люцерна желтая. Норма внесения семян составляет от 15 до 20 кг/га.

45 Перечень технических решений, применяемых при посадке травосмеси указан в «Методических указаниях по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности».

Скашивание травы производится трактором с присоединенной косилкой-плющилкой

прицепного типа. Общие технические условия», к косилкам-плющилкам - в ГОСТ 28722-90 «Машины сельскохозяйственные и лесные. Косилки-плющилки. Методы испытаний».

Уборка травы производится с использованием граблей-ворошилок, присоединенных к трактору. Скашивание и уборка наземной части травосмеси проводится в фазу вегетационного периода, с периодическим повтором данных операций по мере роста травосмеси.

Применяемый в способе бурый уголь должен соответствовать техническим требованиям, указанным в ГОСТ 32464-2013 «Угли бурые, каменные и антрацит. Общие технические требования». Бурый уголь может принадлежать любой из технологических групп по классификации, представленной в ГОСТ 25543-2013 «Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам (с Поправкой)». Основное требование, выдвигаемое к используемому бурому углю - отсутствие превышений концентраций фитотоксичных соединений в почвенной водной вытяжке по сравнению с показателями ПДК, указанными в ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Применяемая в способе травосмесь обладает рядом отличительных качеств. Овсяница хорошо аккумулирует тяжелые металлы, в частности никель и медь, тимофеевка способствует набору травосмесью максимальной биомассы, райграсс способен иммобилизовать свинец, таким образом уменьшая фитотоксичность почвы, а донник и люцерна обогатят почву недостающим азотом. К тому же, все перечисленные растения неприхотливы к климатическим условиям и качеству грунта.

Способ поясняется примерами.

Пример 1. Проведение лабораторного эксперимента для определения положительного влияния добавки крошки бурого угля. Для проведения эксперимента вначале необходимо удостовериться в отсутствии фитотоксичных свойств у применяемого бурого угля. Для этого было проведено лабораторное исследование состава крошки бурого угля на атомно-эмиссионном спектрометре ICPE-9000 в аккредитованном Центре коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета. Результаты исследования указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрации тяжелых металлов в крошке бурого угля в водорастворимом состоянии

Эл-т	Концентрация тяжелых металлов		
	В угле, в водорастворимом состоянии, мг/кг	В почвенном растворе, с учетом нормы полива 25 л/м ² , мг/л	ПДК в воде, мг/л
Cd	0,025	0,000027	0,001
Co	0,21	0,000220	0,1
Mn	0,61	0,000640	0,1
Ni	0,62	0,000651	0,02
Pb	0,25	0,000262	0,01
Zn	1,335	0,001402	1

Как видно, из таблицы 1, применяемый в способе уголь не обладает фитотоксичными свойствами и пригоден для дальнейшего эксперимента.

Для исследования влияния буроугольной крошки, проводилось сравнение

характеристик роста травосмеси, выращенной в двух контейнерах с разными составами почвы. В контейнере 1 была загружена загрязненная почва без угольной добавки, в контейнер 2-е угольной добавкой. Контейнер представляет собой урезанную пирамиду, с габаритами 180×180×200 мм. Каждый контейнер был наполнен почвой до отметки

5
10

высоты в 180 мм, с итоговым объемом наполнения контейнера в 4050 см³. В каждый контейнер на глубину 1-2 см почвенного слоя были добавлены семена травосмеси. По мере прорастания семян осуществлялся их полив водой с частотой 1 раз в 3 дня с объемом полива 300-400 дм³ на контейнер. Для ускорения набора массы в лабораторных условиях прорастания травы, производилась подрезание растений каждые 10 дней до

15

высоты 50 мм., с момента первичного достижения травы высоты 50 мм. Результаты роста травосмесей указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики роста травосмеси в разных контейнерах

Почвосмесь №	1	2
Средняя скорость роста, мм/день	3,78	4,33
Средняя высота побегов перед подрезанием, мм	86	93
Густота роста травосмеси	средняя	высокая
Продолжительность периода вегетации, сут.	93	115

Как видно из таблицы 2, травосмесь, выращенная в контейнере 2, с добавкой буроугольной крошки, обладает лучшими характеристиками роста, чем травосмесь, выращенная в другом контейнере.

25
30

Пример 2. Проведение лабораторного эксперимента с целью определения оптимальной нормы внесения буроугольной крошки. В ходе эксперимента, в 3 контейнера 180×180×200 мм была введена почва, однородная по химическому составу и физическим параметрам, предварительно смешанная с буроугольной крошкой, причем норма ее внесения во все контейнеры была различна. Далее в каждый контейнер на

35

глубину 1-2 см почвенного слоя были добавлены семена травосмеси. По мере прорастания семян осуществлялся их полив водой с частотой 1 раз в 3 дня с объемом полива 300-400 дм³ на контейнер. В ходе эксперимента измерялись параметры роста травосмеси травосмеси, такие как скорость роста, высота побегов, густота роста травосмеси и продолжительность периода вегетации. Для предотвращения набором травосмесью максимальной высоты, производилось подрезание растений каждые 10 дней до высоты 50 мм, с момента первичного достижения травы высоты 50 мм. Параметры роста травосмеси представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры роста травосмеси при разной норме внесения буроугольной крошки

Почвосмесь №	1	2	3
Норма вноса буроугольной крошки, кг/га	130-150	200-220	280-300
Средняя скорость роста, мм/день	3,94	4,33	4,24
Средняя высота побегов перед срезкой, мм	87	93	91
Густота роста травосмеси	высокая	высокая	высокая
Продолжительность периода вегетации, сут.	99	115	90

Как видно из таблицы 3, при низкой норме внесения буроугольной крошки, наблюдается снижение всех параметров роста травосмеси, по сравнению с контролем, а при высокой норме внесения - наблюдается незначительное снижение параметров скорости роста и высоты побегов, однако значительно уменьшается продолжительность периода вегетации. Таким образом, лучшими параметрами роста обладает травосмесь, выращенная в контрольном контейнере №2, соответственно оптимальная норма внесения травосмеси составляет 200-220 кг/га.

Пример 3. Эффективность фиторемедиации оценивалась по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в золе растений, полученной в результате сжигания пророщенной за 60-дневный период фитомассы растений. За время данного периода, травосмесь подрезалась каждые 10 дней до высоты 50 мм с момента первичного достижения травы высоты 50 мм. Срезанная наземная фитомасса высушивалась и отправлялась в зип-пакет для дальнейшего анализа. После набора необходимой высушенной фитомассы, растения озольались в муфельной печи в аккредитованном Центре коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета при следующих параметрах нагрева: начальная температура - 20°C, конечная температура - 700°C, продолжительность нагрева - 30 мин., продолжительность выдержки на максимальной температуре - 90 мин. Измерения содержания тяжелых металлов в подвижном состоянии в золе проводились на атомно-эмиссионном спектрометре ICPE-9000 (табл. 4).

Таблица 4 – Фиторемедиационные свойства травосмеси

Эл-т	Концентрация тяжелых металлов в подвижном состоянии, мг/кг			
	В золе	В загрязненной почве до фиторемедиации	В загрязненной почве после фиторемедиации	ПДК/ОДК
Cd	0,5	2	1,5	Не нормируется
Co	3,5	5,25	1,75	5
Mn	191	71,8	0	100
Ni	8,2	13,4	5,2	4
Pb	5	4	0	Не нормируется
Zn	73,9	19,3	0	23

Полученные результаты, указанные в таблице 3, указывают на эффективность

данного способа, так как всего за 60-суточный период почва была очищена от всех искомых тяжелых металлов, кроме никеля, для очистки от которого необходимо повторение цикла.

5 Использование заявленного способа позволяет произвести очистку загрязненной почвы от тяжелых металлов. Добавка буроугольной крошки способствует улучшению параметров роста травосмеси, что способствует увеличению массы извлекаемых тяжелых металлов из почвы.

(57) Формула изобретения

10 Способ очистки почв от тяжелых металлов, включающий посев семян травосмеси, ее скашивание и уборку на стадии вегетационного периода, отличающийся тем, что в почву предварительно вносят буроугольную крошку с нормой введения от 200 до 220 кг/га, затем проводят распределение крошки, профилирование поверхности и запашку на глубину от 15 до 20 см, а в качестве травосмеси используют следующий состав, при
15 соотношении компонентов по массе: 30% тимофеевка луговая, 10% райграс высокий, 20% донник желтый, 30% овсяница луговая, 10% люцерна желтая, с нормой внесения семян от 15 до 20 кг/га.

20

25

30

35

40

45